

REVISTA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICOS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE AGROFORESTERIA UNILLANOS



VOLUMEN 9 NÚMERO 2 AÑO 2018

EDITORIAL

La deforestación en la zona tropical y la intensificación agropecuaria, especialmente en África Central y América de Sur, han modificado de manera negativa las propiedades del suelo en su estructura física, composición química y características microbiológicas, conllevando a una degradación de estas zonas, porque se han convertido en ecosistemas áridos y semiáridos con tendencia a la desertificación; la intensificación agropecuaria se define como los altos niveles de producción por unidad de área en menos tiempo. Estos cambios de usos del suelo son una realidad que acontece desde los orígenes de la humanidad y han sido mediados precisamente por el hombre, quien debido a las condiciones socioeconómicas ha buscado siempre la máxima productividad del suelo, sin tener conocimiento en la mayoría de los casos, de las consecuencias negativas de estas prácticas, que aparentemente solucionan problemas a corto plazo, pero con efectos futuros adversos sobre los ecosistemas. El suelo es afectado por contaminantes orgánicos e inorgánicos, lo que ha generado la búsqueda de nuevas alternativas aceptadas ambientalmente y que están enfocadas para hacer frente al problema. Estas técnicas han surgido utilizando procesos de bajo costo, con el fin de satisfacer las necesidades de conservación de los ecosistemas en forma económica y sostenible. El uso del bio-carbón como técnica de remediación ha sido desarrollada e investigada por diversos países en los últimos años con buenos resultados. Sin embargo, la incorporación y disponibilidad de esta tecnología en forma comercial es aún incipiente, es un proceso de tipo “*In-situ*” que puede tener varias aplicaciones solo o en combinación con compost, bioremediación y fitoremediación, entre otras. El bio-carbón es un material sólido rico en carbono, de grano fino y poroso, es producido por la descomposición térmica de biomasa en condiciones y temperaturas por debajo de 1.000 ° C y en ausencia limitada de oxígeno, que con modificaciones especiales y aplicación directa permite la inmovilización de contaminantes orgánicos como hidrocarburos e inorgánicos como metales pesados en aguas y suelos, ofreciendo una protección al recurso hídrico cercano y a la vegetación de los ecosistemas.

Z. MSc. Esp. MARÍA LIGIA ROA VEGA

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE AGROFORESTERIA

Alternativas para el control de antracnosis (*Colletotrichum spp*) en maracuyá (*Passiflora edulis*)

Alternatives for the control of anthracnose (*Colletotrichum spp*) in passion fruit (*Passiflora edulis*)

Alternativas para o controle da antracnose (*Colletotrichum spp.*) em maracujá (*Passiflora edulis*)

Niño Jiménez Fredy Alonso¹ y Mogollón Ortiz Ángela María²

¹Ingeniero Agrónomo, Universidad de los Llanos y

²Ingeniera Agrónoma, MSc. Docente Universidad de los Llanos

amogollon@unillanos.edu.co

Recibido 31 de Enero 2018, Aceptado 30 de Agosto 2018

RESUMEN

La antracnosis en el maracuyá (*Passiflora edulis*) es uno de los problemas más limitantes en las zonas tropicales de Colombia causante de considerables pérdidas económicas. Este experimento fue realizado bajo condiciones de campo en un cultivo que estaba afectado por *Colletotrichum spp* (antracnosis) en un 50%. Con los resultados se demostró que existen alternativas diferentes al manejo químico convencional que reducen la dependencia de agroquímicos, con menor impacto negativo sobre el medio ambiente. Los ocho tratamientos evaluados para el control de antracnosis incluyeron productos biológicos y preparados con minerales, y fueron los siguientes: T1, *Trichoderma spp* (TR); T2, fosfito de potasio (FP); T3, caldo sulfocalcico (CS); T4, bacterias promotoras de crecimiento *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, licheniformes, *Azobacter chroococcum* y *Pseudomonas fluorescens* (BPC); T5, caldo bordelés (CB); T6, mezcla de: BPC, TR, CS y FP; T7, control químico con un producto que contiene N-(triclorometiltio) ciclohex-4-eno-1,2-dicarboximida (CQ) y T8, testigo absoluto (TA), los cuales fueron aplicados cada 15 días, una vez iniciada la floración. Se midió el porcentaje de incidencia, teniendo en cuenta ramas, hojas y botones que manifestaron la sintomatología la enfermedad. Se estableció un diseño experimental

completamente al azar con tres repeticiones para cada periodo de floración, para lo cual se seleccionaron tres ramas; se aplicó un análisis de varianza y posteriormente prueba Tukey. Durante el tiempo de evaluación se presentaron dos periodos de floración en el cultivo de maracuyá, se destacó un mayor control de la enfermedad con CB y FP con 55.1 y 56.2% de incidencia respectivamente, valores significativamente diferentes ($P < 0.05$) a los demás tratamientos; en tercer lugar, se destacó TR con 61.8%, es de anotar que estos tres tratamientos lograron un mejor efecto que el control químico (67.6%). En general, el porcentaje de incidencia de antracnosis fue reducido con la aplicación de los tratamientos que incluyeron inductores de resistencia como fosfito de potasio, caldo Bordelés y *Trichoderma spp*, cuyo comportamiento fue similar o incluso mejor que el control químico. Por su bajo costo el caldo Bordelés constituye la mejor alternativa efectiva para disminuir la incidencia de este patógeno causante de pérdidas económicas en los cultivos de maracuyá.

Palabras clave: Enfermedad, hongos, frutas tropicales, fungicidas.

ABSTRACT

The anthracnose in passion fruit (*Passiflora edulis*) is one of the most limiting problems in the tropical zones of Colombia, causing considerable economic losses. This experiment was carried out under field conditions in a crop that was affected by *Colletotrichum spp* (anthracnose) in 50%. The results showed that there are alternatives to conventional chemical management that reduce the dependence on agrochemicals, with less negative impact on the environment. The eight treatments evaluated for the control of anthracnose included biological products and preparations with minerals, and they were the following: T1, *Trichoderma spp* (TR); T2, potassium phosphite (PF); T3, sulfocalcic broth (SB); T4, growth promoting bacteria *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, licheniformis, *Azobacter chroococcum* and *Pseudomonas fluorescens* (BPC); T5, Bordeaux mixture (BM); T6, mixture of: BPC, TR, SB and PF; T7, chemical control with a product containing N- (trichloromethylthio) cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide (QC) and T8, absolute control (AC), which were applied every 15 days, once the flowering started. The

percentage of incidence was measured, taking into account branches, leaves and buttons that manifested the symptomatology of the disease. A completely randomized experimental design was established with three repetitions for each flowering period, for which three branches were selected; an analysis of variance was applied and later Tukey test. During the time of assessment two periods of flowering in the passion fruit culture were presented, was highlighted a greater control of the disease with BM and PF with 55.1 and 56.2% incidence respectively, significantly different values ($P < 0.05$) to the other treatments; in third place, TR was highlighted with 61.8%, it is to note that these three treatments achieved a better effect than chemical control (67.6%). In general, the incidence rate of anthracnose was reduced with the application of treatments that included resistance inducers such as potassium phosphite, Bordeaux mixture and *Trichoderma spp*, whose behavior was similar or even better than chemical control. Because of its low cost, Bordeaux mixture is the best effective alternative to reduce the incidence of this pathogen causing economic losses in passion fruit crops.

Keywords: Disease, fungi, tropical fruits, fungicides.

RESUMO

A antracnose do maracujá (*Passiflora edulis*) é um dos problemas mais limitantes nas zonas tropicais da Colômbia, causando consideráveis perdas econômicas. Este experimento foi conduzido em condições de campo em um cultivo que foi afetado por *Colletotrichum spp* (antracnose) em 50%. Os resultados mostraram que existem alternativas ao manejo químico convencional que reduzem a dependência de agroquímicos, com menos impacto negativo sobre o meio ambiente. Os oito tratamentos avaliados para o controle da antracnose incluíram produtos biológicos e preparações com minerais, e foram os seguintes: T1, *Trichoderma spp* (TR); T2, fosfito de potássio (FP); T3, caldo sulfocalcico (CS); T4, bactérias promotoras de crescimento *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, licheniformis, *Azobacter chroococcum* e *Pseudomonas fluorescens* (BPC); T5, mistura de Bordéus (MB); T6, mistura de: BPC, TR, CS e FP; T7, controle químico com um produto contendo N-(triclorometiltio) ciclo-hex-4-eno-1,2-dicarboximida (CQ) e T8, controle absoluto

(CA), que foram aplicados a cada 15 dias, uma vez iniciada a floração. O percentual de incidência foi medido, levando em consideração ramos, folhas e botões que manifestaram a sintomatologia da doença. Um delineamento experimental inteiramente casualizado foi estabelecido com três repetições para cada período de floração, para o qual três ramos foram selecionados; foi aplicada uma análise de variância e posterior teste de Tukey. Durante o tempo de avaliação foram apresentados dois períodos de floração na cultura do maracujá, se destacou maior controle da doença com CB e FP com 55.1 e 56.2% de incidência respectivamente, valores significativamente diferentes ($P < 0.05$) aos outros tratamentos; em terceiro lugar, o TR foi destacado com 61.8%, é de notar que esses três tratamentos obtiveram um efeito melhor do que o controle químico (67.6%). Em geral, a taxa de incidência de antracnose foi reduzida com a aplicação de tratamentos que incluíram indutores de resistência como fosfito de potássio, mistura de Bordéus e *Trichoderma spp*, cujo comportamento foi similar ou até melhor que o controle químico. Devido ao seu baixo custo, a mistura de Bordéus é a melhor alternativa eficaz para reduzir a incidência desse patógeno, causa de perdas econômicas nas culturas de maracujá.

Palavras-chave: Doença, fungos, frutas tropicais, fungicidas.

INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es un cultivo tropical promisorio para Colombia, que ocupa el tercer lugar en producción a nivel mundial. Es originario de Brasil, se le considera una planta trepadora, de raíces ramificadas y poco profundas, alógama, con flores hermafroditas, sin embargo, su polen es auto incompatible, lo que le hace depender de polinizadores (SENA, 2014). El control de insectos con el uso indiscriminado de químicos ha afectado a los polinizadores, además el ataque masivo de hongos como *Fusarium* y *Colletotrichum gloeosporioides*, así como un sin número de patógenos que son controlados utilizando productos tóxicos, han hecho que muchos agricultores reduzcan su área sembrada, no obstante con la nueva tendencia de las buenas prácticas agrícolas se está implementando la conciencia de conservación de los recursos naturales a través de la utilización de

microorganismos eficientes y caldos de minerales, entre otros. Es necesario que dichas prácticas se implementen en la medida que se le garantice al agricultor que no le causarán daños a los sistemas de producción (IPES y FAO, 2010).

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* está presente en hojas, tallos, ramas, flores y frutos, e independientemente de su ubicación es capaz de causar antracnosis en cualquier parte de la planta (Tarnowski y Ploetz, 2010). Este patógeno es uno de los de mayor distribución en el mundo, periodos de invierno con lluvias intensas y fuertes, y alta humedad relativa favorecen su desarrollo, ocasionando en muy poco tiempo brotes epidémicos severos que comprometen casi todo cultivo (de Medeiros y Martins, 2012).

La antracnosis del maracuya (*Passiflora edulis*) causada por *Colletotrichum gloeosporioides* ocasiona graves pérdidas económicas en los cultivos de regiones tropicales y subtropicales del mundo, es la principal enfermedad fúngica que afecta la parte aérea de la planta dando lugar a reducciones en el rendimiento del cultivo, a nivel de postcosecha es considerada la enfermedad más limitante (Almeida y Coêlho, 2007).

Tradicionalmente y en la mayoría de países la aplicación de fungicidas químicos ha resultado ser el método más común para el control de la antracnosis, pero debido a la resistencia generada por el patógeno a estos compuestos y al efecto negativo sobre el medio ambiente y las personas, son necesarias nuevas alternativas de manejo de la enfermedad (Ali *et al.*, 2016), sin embargo, existen pocos estudios sobre el control de la enfermedad en campo evaluando el uso de sustancias alternativas que puedan eliminar el hongo sin que se afecte el medio ambiente y la salud de las personas (de Medeiros y Martins, 2012).

En busca de una agricultura más sustentable se vienen investigando sobre otros métodos de control de la antracnosis en maracuyá, en los cuales se incluyen el uso de hongos antagonistas, inductores de resistencia y caldos minerales enriquecidos con extractos vegetales. Según Landero *et al.*, (2015) el control biológico basado en el uso de hongos antagonistas como *Trichoderma harzianum* es una alternativa con

alta eficiencia, lo cual se demostró con el control de *Colleotrichum gloeosporioides* agente causal de antracnosis en papaya sin efectos nocivos sobre el ambiente, siendo su mecanismo de acción la invasión del micelio del fitopatógeno y dando como resultado la reducción en el tamaño de las lesiones en frutos de papaya. Por su parte, el uso de inductores de resistencia en el control de antracnosis ha resultado ser efectivo, debido a que la molécula, en este caso fosfito de potasio, actúa de manera indirecta sobre el patógeno induciendo la síntesis de peroxidasas y polifenol oxidasas, enzimas que intervienen en la defensa contra el ataque de patógenos y que están relacionadas con las proteínas PR (*pathogenesis related proteins*) o de patogénesis, que se inducen en los tejidos vegetales después de la infección (Castro *et al.*, 2017). Sumado a lo anterior, los preparados minerales como el caldo bordelés también son eficaces alternativas de control de los hongos fitopatógenos, puesto que su efecto es directo al inhibir la germinación de esporas y el crecimiento del micelio, como es el caso del microorganismo *Moniliophthora roreri* (Ochoa *et al.*, 2015).

El uso de microorganismos en la agricultura ha resultado ser una excelente alternativa que permite reducir el uso de productos químicos y por consiguiente contribuir con la protección del medio ambiente. Un claro ejemplo de lo anterior es el uso de bacterias promotoras de crecimiento, claves en el camino hacia una agricultura sostenible, las cuales favorecen el crecimiento de las plantas, inducen resistencia sistémica y funcionan como biofertilizantes (Maheshwari, 2010). Por su parte los hongos antagonistas del género *Trichoderma* han sido ampliamente utilizados en el control de fitopatógenos, siendo reconocidos como bio-fungicidas, puesto que actúan como micoparásitos, compiten por nutrientes y sintetizan enzimas que favorecen la degradación de la pared celular de hongos.

Se ha demostrado que las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) ayudan a capturar mayores cantidades de nitrógeno, mejoran las condiciones fisiológicas y se han sido utilizados como agentes controladores de enfermedades en las plantas (García, 2012); dichos microorganismos producen una amplia gama de compuestos secundarios que pueden actuar como señalizadores, es decir,

aleloquímicos que incluyen metabolitos, sideróforos, antibióticos, metabolitos volátiles, enzimas y otros, los cuales reducen las enfermedades en los cultivos (Saraf *et al.*, 2014). Haciendo uso de los microorganismos se puede disminuir la dependencia global de productos químicos, los cuales pueden llegar a desestabilizar los diferentes ecosistemas agrícolas (Ahemad y Kibret, 2014).

Por su parte el género *Trichoderma* es reconocido por actuar de manera antagónica sobre otros hongos. Al respecto, investigaciones realizadas por de los Santos *et al.*, (2013) con cepas aisladas a partir del suelo demostraron una inhibición total del crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* tanto a nivel *in vitro* como *in vivo*, dicha acción se asoció con enzimas líticas, exactamente celulasas que son sintetizadas por el *Trichoderma*. En estudios más recientes Landero *et al.*, (2015) evaluaron el efecto antagonista de *Trichoderma harzianum* sobre el control de antracnosis en papaya, reportando excelentes resultados en la reducción del tamaño de las lesiones. Adicional a los microorganismos también se encuentran disponibles los caldos minerales a base de azufre, siendo recomendado el uso de caldo sulfocálcico no solo para controlar antracnosis sino también insectos y como suplemento mineral, pero como sucede con la anterior alternativa, no existen investigaciones enfocadas específicamente al uso en el cultivo de maracuyá (IPES y FAO, 2010).

Con el fin de reconocer nuevas alternativas de control de antracnosis, el objetivo de este proyecto fue determinar el efecto de la aplicación de productos biológicos a base de *Trichoderma spp*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Azobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens* (bacterias promotoras), y compuestos inorgánicos de fosfito de potasio y caldos sulfocálcico y Bordelés (caldos de minerales), aplicados solos y en combinación, sobre el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en maracuyá bajo condiciones de campo.

METODOLOGÍA

El experimento se realizó en una hectárea de cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) previamente establecido, ubicado en el departamento del Meta, municipio de

Villavicencio, vereda el Zulia, finca “Los Samanes”, la cual se encuentra a una altura de 390 msnm, con temperatura promedio de 25.5°C y precipitación anual de 3856 mm. Las plantas fueron sembradas a cinco metros entre ellas y 2.5 metros entre surcos, la orientación del cultivo fue de oriente-occidente buscando que todas las plantas recibieran la luz solar en diferentes horas del día (Figura 1).

La aplicación de tratamientos se realizó una vez iniciada la floración cada 15 días, cuando el cultivo tenía 50% de incidencia de antracnosis (Tabla 1), realizando tres aspersiones en tres periodos: botón floral, flor abierta y fruto en desarrollo, para los tratamientos que fueron: T1, *Trichoderma spp*; T2, fosfito de potasio; T3, caldo sulfocálcico que contiene 20 kg azufre y 10 kg cal viva disueltos en 100 litros de agua caliente, dejándola hervir con estos componentes; T4, caldo Bordelés que es una combinación de sulfato cúprico y cal hidratada; T5, mezcla de bacterias promotoras *Trichoderma*, caldo sulfocálcico y fosfito de potasio; y T6, control químico. El tratamiento con bacterias promotoras de crecimiento contenía: *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, lincheniformes, *Azobacter chroococcum* y *Pseudomonas fluorescens*. Para comparar la efectividad de los tratamientos se utilizó un testigo, al cual se le hizo seguimiento en la etapa de floración sin ninguna aplicación. Con el fin de hacer un seguimiento adecuado, las plantas que fueron evaluadas en los diferentes tratamientos se identificaron con cintas (Figura 2).



Figura 1. Cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis*)



Figura 2. Plantas identificadas con cintas

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos tres repeticiones para cada periodo de floración, para lo cual se seleccionaron tres ramas, para un total de nueve repeticiones por tratamiento. Con el fin de determinar

el porcentaje de incidencia de la enfermedad, se analizaron muestras de ramas, hojas y botones cada 15 días durante tres meses (Figura 3); a los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza y posteriormente comparación de medias mediante prueba de Tukey.

Tabla 1. Tratamientos y dosis por litro de agua utilizados para el control de la antracnosis en el cultivo de maracuyá.

Tratamiento	Dosis
T1 = <i>Trichoderma spp</i> (TR)	1 ml
T2 = Fosfito de potasio (FP)	27 ml
T3 = Caldo sulfocálcico (CS)	50 ml
T4 = Bacterias promotoras de crecimiento (BPC)	1 gr
T5 = Caldo Bordelés (CB)	Aplicación directa sin dilución
T6 = Mezcla de: BPC, TR, CS y FP (Mezcla)	1 g + 1 ml + 50 ml + 27 ml
T7 = Control químico con un producto que contiene N-(triclorometiltio) ciclohex-4-eno-1,2-dicarboximida (CQ)	1.35 g
T8 = Testigo absoluto (TA)	Sin aplicación



Figura 3. Determinación del porcentaje de incidencia a partir de ramas marcadas correspondientes en cada tratamiento

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas y signos del patógeno

Los síntomas de la antracnosis en maracuyá, para las condiciones del lugar de estudio, se manifestaron con mayor intensidad durante la etapa de floración con lesiones necróticas en flores y ramas, mostrando una muerte descendente, mientras que los frutos no fueron afectados por este hongo (Figura 4).



Figura 4. Síntomas de la antracnosis en el cultivo de maracuyá en ramas (izquierda) y en botones florales (derecha)

Se confirmó el agente causal de la enfermedad al realizar el diagnóstico microscópico y encontrar la presencia de acérvulos en el tejido afectado, los cuales se caracterizaron por carecer de setas, también se observaron conidias unicelulares ovaladas formadas a partir de los acérvulos (Figura 5).

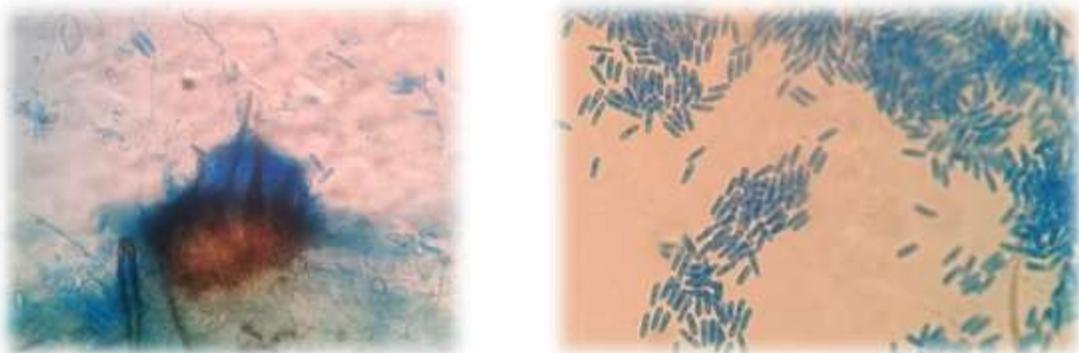
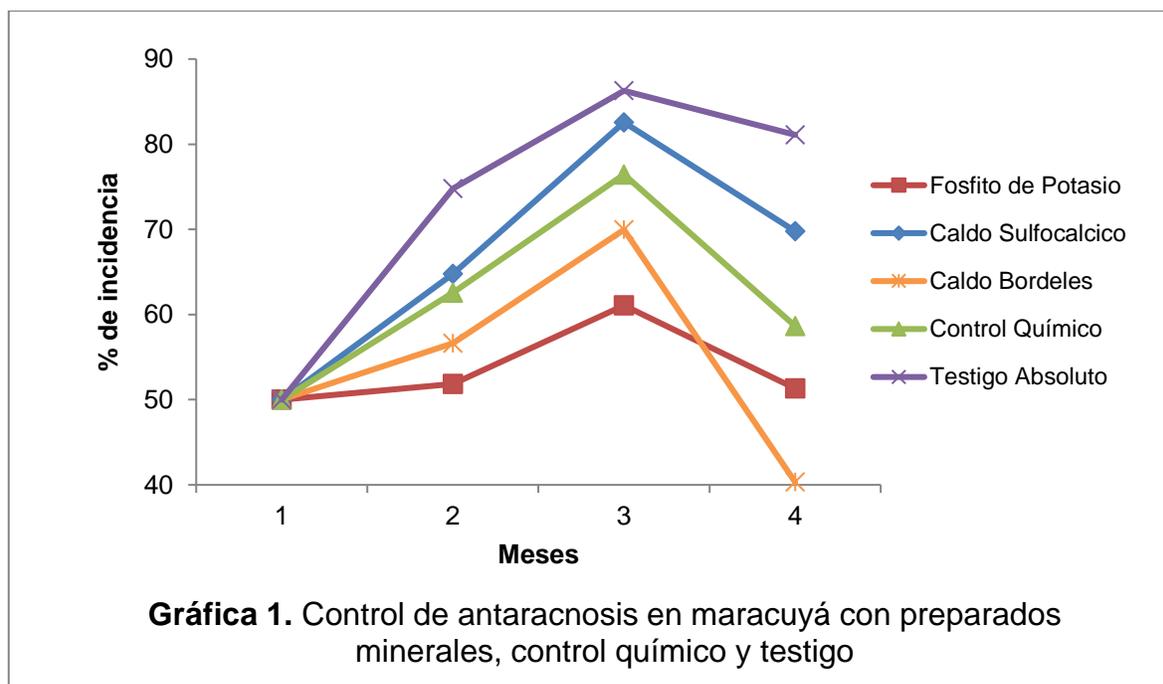


Figura 5. Signos de *Colletotrichum* spp: Fructificaciones asexuales (izquierda) y conidias asexuales (derecha)

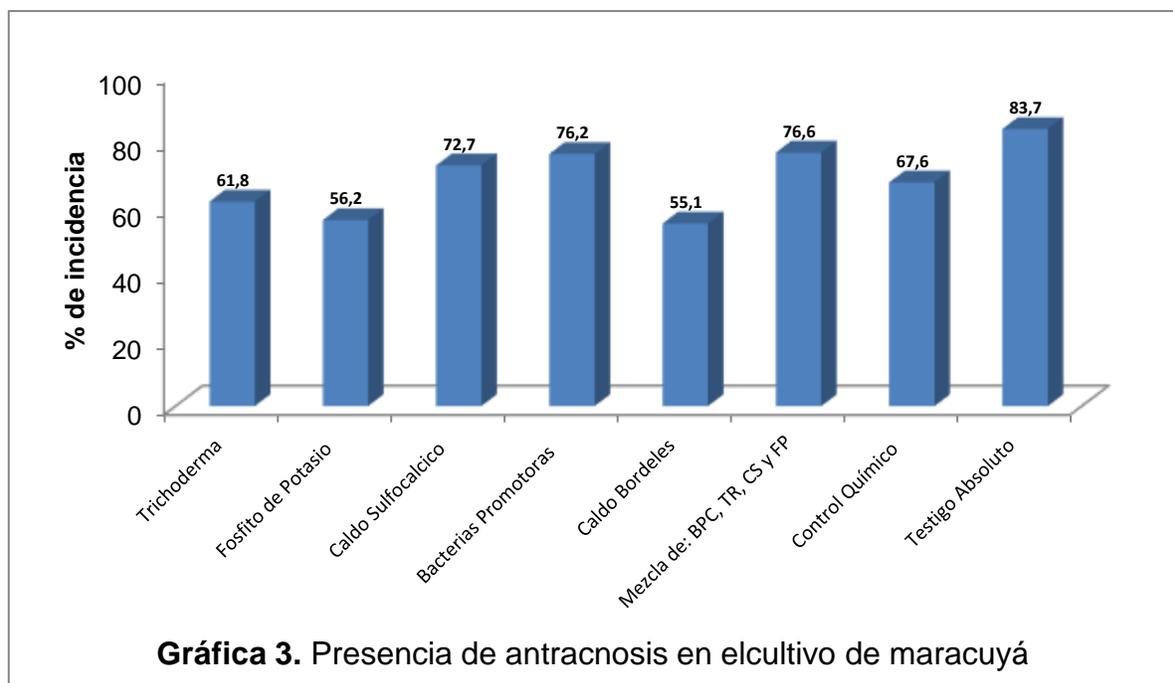
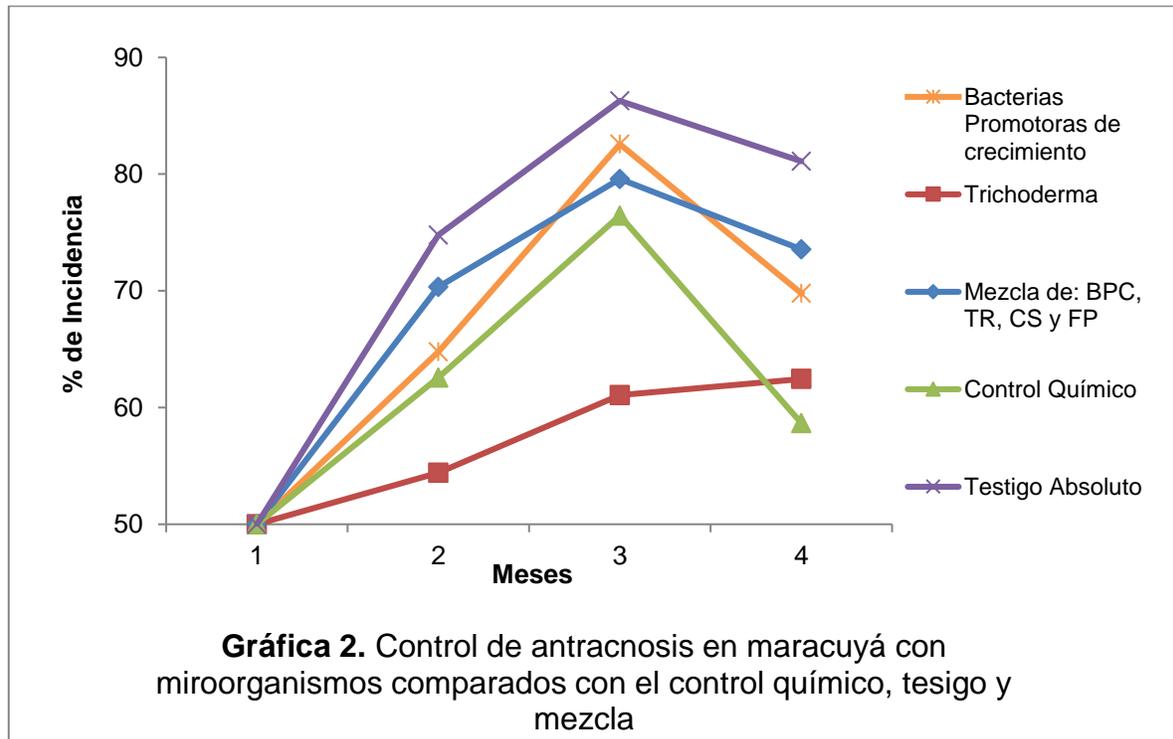
Efecto de los tratamientos sobre la incidencia de la antracnosis en maracuyá

Cuando se comparó el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de incidencia de antracnosis en etapa de floración del maracuyá en el primer mes de evaluación, el comportamiento del cultivo con los productos utilizados (Tabla 1) para el control de esta enfermedad fue similar, mientras que en el segundo mes se observó una menor incidencia ($P<0.001$) con fosfito de potasio (FP), caldo Bordelés (CB) y control químico (CQ), con 60, 70 y 75% respectivamente, comparados con el testigo (TA) (Gráfica 1). En el tercer mes fue menor la incidencia ($P<0.001$) con CB, FP, CQ, y *Trichoderma spp* (TR) con 40, 52, 58 y 62% respectivamente con respecto a TA (Gráficas 1 y 2).



Durante el tiempo de evaluación se presentaron dos periodos de floración en el cultivo de maracuyá, los cuales mostraron la misma tendencia con respecto a la efectividad de los tratamientos, destacándose un mayor control de la enfermedad con CB y FP con 55.1 y 56.2% de incidencia respectivamente, valores significativamente diferentes ($P<0.05$) a los demás tratamientos. En tercer lugar, se destaca TR con 61.8%, es de anotar que estos tres tratamientos lograron un mejor efecto que el CQ (67.6%). Los tratamientos que no fueron efectivos fueron: mezcla

(BPC, TR, CS y FP), CS y BMC, los cuales registraron los porcentajes más altos de plantas enfermas con valores de incidencia de antracnosis entre 72.7 y 76.6%, siendo similar ($P>0.05$) el comportamiento del cultivo bajo estos tratamientos que con el testigo (Gráfico 3).



Se confirmó en campo el efecto del patógeno *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en maracuyá, sobre las flores con valores de incidencia que llegaron hasta 83.7% cuando no se aplicó ningún tratamiento, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Gañán *et al.*, (2015) quienes señalan que la antracnosis es una de las enfermedades que afecta considerablemente la producción de frutales tropicales en el mundo. En este experimento, los tratamientos con fosfito de potasio lograron reducir de manera considerable el porcentaje de incidencia de la enfermedad, reportes previos confirman que este compuesto actúa de manera directa e indirecta induciendo resistencia; con relación al efecto directo Araújo *et al.*, (2008) demostraron que el fosfito de potasio afecta el desarrollo del micelio de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal de la mancha foliar en el manzano, inhibiendo hasta en un 94% su crecimiento *in vitro*. Estos mismos autores en ensayos *in vivo*, observaron que los porcentajes de incidencia de la enfermedad se redujeron hasta el 62%, efectos atribuidos a las características ácidas del compuesto (pH = 3) que inhiben el desarrollo de este patógeno, al tiempo que se favorece la absorción del ion fosfito o potasio por las plantas.

De igual manera, la efectividad del tratamiento con fosfito de potasio también fue confirmada por Ogoshi *et al.*, (2013) en ensayos *in vitro* realizados con *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de antracnosis en plantas de café, utilizando dosis de 5 a 10 ml por litro de agua, redujeron en gran medida la germinación de conidias, inhibiendo la formación del apresorio y disminuyendo el crecimiento del micelio; cuando se aplicó la dosis de 10 ml/L de agua se observó una reducción de la severidad de la enfermedad en un 62.5%, demostrando el potencial del fosfito de potasio en el manejo de enfermedades causadas por hongos como *Colletotrichum*. Con relación al efecto indirecto Flores, (2017) utilizando fosfito de potasio para controlar enfermedades causadas por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo del plátano, logro demostrar que este compuesto reduce la severidad de la enfermedad porque se incrementan la actividad de peroxidasas y polifenol oxidasas, activando el sistema de defensa de las plantas, lo cual tiene un efecto indirecto sobre el patógeno (Mogollón y Castaño, 2011).

La efectividad del hongo antagonista se explica por el micoparasitismo de *Trichoderma harzianum* frente a *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en papaya, puesto que al inocular los frutos las lesiones se reducen de tamaño, además se recomienda realizar aplicación preventiva en frutos sanos, lo cual no influye en la calidad y presentación durante el proceso de pos cosecha de la papaya (Landeró *et al.*, 2015). Referente a los mecanismos directos, estudios más recientes demuestran que extractos obtenidos a partir de cultivos de *Trichoderma* tienen la capacidad de causar cambios morfológicos en hifas de patógenos como *Phytophthora*, que incluyen hinchamiento, ruptura y necrosis. *Trichoderma* produce metabolitos que interfieren con la síntesis de la pared celular dando lugar a cambios morfológicos del patógeno (Bae *et al.*, 2016).

El uso de caldos para el control de enfermedades ha demostrado ser una excelente alternativa en el control de enfermedades fúngicas, y así fue confirmado frente al control de *Colletotrichum* en maracuyá, puesto que los resultados fueron similares a los obtenidos con el tratamiento químico. La efectividad de estos caldos coincide con ensayos previos realizados a nivel *in vitro* frente a *Moniliophthora roreri*, agente causal de moniliasis, usando una concentración del 10% de caldo se logró inhibir el 100% del crecimiento micelial del patógeno, bajando la germinación de esporas que se inhibió como consecuencia de la rotura de las paredes celulares y deshidratación de las mismas, demostrando un efecto fungicida sobre los patógenos (Ochoa *et al.*, 2015).

Por otro lado, el caldo Bordelés en un ensayo realizado por Nashwa y Abo-ElyouSr, (2013) fue mezclado con ajo (*Allium sativum*), formando un extracto con el cual fue posible reducir el tizón temprano en tomate causado por *Alternaria*, dando como resultado una reducción del crecimiento del micelio del 42.2%. Por su parte en estudios a la misma concentración del extracto de ajo bajo condiciones de invernadero, demostraron que la severidad de la enfermedad fue reducida en un 25.1%, además el rendimiento en el cultivo de tomate fue incrementado en un 76.2%.

CONCLUSIÓN

El porcentaje de incidencia de antracnosis causado por *Colletotrichum spp.* en maracuyá (*Passiflora edulis*) fue reducido de manera considerable cuando se aplicaron los tratamientos que incluyeron inductores de resistencia como fosfito de potasio, caldo Bordelés y *Trichoderma spp.*, los cuales se comportaron de manera similar en comparación con el tratamiento de control químico. Por su bajo costo el caldo Bordelés constituye una alternativa efectiva para disminuir la incidencia de este patógeno que ha causado pérdidas económicas en los cultivos de esta fruta tropical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*. 26 (1): 1-20. 2014.
2. Ali A., Bordoh P.K., Singh A., Siddiqui Y., Droby S. Post-harvest development of anthracnose in pepper (*Capsicum spp.*): Etiology and management strategies. *Crop protection*. 90 132-141. 2016.
3. Almeida L.C., Coêlho R. Caracterização da agressividade de isolados de *Colletotrichum* de maracujá amarelo com marcadores bioquímico, fisiológico e molecular. *Fitopatologia Brasileira*. 32 (4): 318-328. 2007.
4. Anaruma N.D., Schmidt F.L., Duarte M.C.T., Figueira G.M., Delarmelina C., Benato E.A., Sartoratto A. Control of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in yellow passion fruit using *Cymbopogon citratus* essential oil. *Brazilian Journal of Microbiology*. 41 (1): 66-73. 2010.
5. Araújo L., Stadnik M.J., Borsato L.C., Valdebenito R.M. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. *Tropical Plant Pathology*. 33 (2): 148-152. 2008.
6. Bae S.-J., Mohanta T.K., Chung J.Y., Ryu M., Park G., Shim S., Hong S.-B., Seo H., Bae D.-W., Bae I. *Trichoderma* metabolites as biological control agents against *Phytophthora* pathogens. *Biological control*. 92 128-138. 2016.
7. Castro S.J., Sobral M., Vilela M.L., Ribeiro P.M. Phosphites for the control of anthracnose in common bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52 (1): 36-44. 2017.
8. de los Santos S., Guzmánz D.A., Gómez M.A., Délano J.P., de Folter S., Sánchez P., Peña J.J. Potential use of *Trichoderma asperellum* (Samuels, Liechfeldt et Nirenberg) T8a as a biological control agent against anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.). *Biological control*. 64 (1): 37-44. 2013.
9. de Medeiros A.M., Martins L.A. Fungicidas e argila silicatada no controle da antracnose do maracujá amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*. 33 (5): 1803-1808. 2012.
10. Flores V.J. Evaluación de tres dosis de fosfito de potasio para prevención de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), en el cultivo de plátano (*Musa*

- paradisiaca), en finca “La Vega”, Retalhuleu, Ingeniero Agrónomo Tropical. Centro Universitario de Suroccidente. Carrera de Agronomía Tropical, Universidad de San Carlos de Guatemala, Mazatenago, Guatemala. 56 p. 2017.
11. Gañán L., Álvarez E., Zapata J.C. Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 39 (152): 339-347. 2015.
 12. García I.E. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 5 12-16. 2012.
 13. Promoción del Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (IPES, FAO). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. 93 p. 2010.
 14. Landero N., Nieto D., Téliz D., Alatorre R., Ortíz C.F., Orozco M. Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp. on maradol papaya fruit. *Biological Control*. 91 88-93. 2015.
 15. Loredó C., López L., Espinosa D. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*. 22 (2): 225-239. 2004.
 16. Maheshwari D.K. *Plant growth and health promoting bacteria*. Springer-Verlag Berlín Heidelberg, Alemania. 2010.
 17. Mogollón Á., Castaño J. Efecto de inductores de resistencia en plántulas de plátano Dominico-Hartón (*Musa balbisiana* AAB) contra *Mycosphaerella* spp. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 35 (137): 463-471. 2011.
 18. Nashwa S.M., Abo-ElyouSr K.A. Evaluation of various plant extracts against the early blight disease of tomato plants under greenhouse and field conditions. *Plant Protection Science*. 48 (2): 74-79. 2013.
 19. Ochoa L.E., Ramírez S.I., López O., Moreno J.L., Espinosa S. Efecto de preparados minerales sobre el crecimiento y desarrollo in vitro de *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) Evans. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 6 (5): 1065-1075. 2015.
 20. Ogoshi C., Sobral M., Marques B., Santos H., Ribeiro P.M., Vilela M.L. Potassium phosphite: a promising product in the management of diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in coffee plants. *Bioscience Journal*. 29 (5): 1558-1565. 2013.
 21. Rives N., Acebo Y., Hernández A. Reseña bibliográfica Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Perspectivas de su uso en Cuba. Cultivos Tropicales*. 28 (2): 29-38. 2007.
 22. Saraf M., Pandya U., Thakkar A. Role of allelochemicals in plant growth promoting rhizobacteria for biocontrol of phytopathogens. *Microbiological research*. 169 (1): 18-29. 2014.
 23. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). *Manual técnico del cultivo de maracuyá bajo buenas prácticas agrícolas*. Gobernación de Antioquia, Medellín, Colombia. 112 p. 2014.
 24. Tarnowski T., Ploetz R. First report of *Colletotrichum boninense*, *C. capsici*, and a *Glomerella* sp. as causes of postharvest anthracnose of passion fruit in Florida. *Plant Disease*. 94 (6): 786-786. 2010.

Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya L.*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos

Germination of seeds of tomato (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya L.*) and passion fruit (*Passiflora edulis*) using organic substrates

Germinação de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*), mamão (*Carica papaya L.*) e maracujá (*Passiflora edulis*) utilizando substratos orgânicos

Reina García Jhusua David¹ y Parra González Sergio David²

¹I.A., Universidad de los Llanos y

²I.A., MSc. Docente de la Universidad de los Llanos

sparra@unillanos.edu.co

Recibido 25 de Mayo 2018, Aceptado 30 de Agosto 2018

RESUMEN

La calidad de las plántulas es uno de los aspectos más importantes en el establecimiento del material vegetal proveniente del vivero, dentro de las problemáticas fitosanitarias que se presentan se encuentra el volcamiento, mal de talluelo o *damping off* causada por diferentes hongos. El biochar o biocarbón es considerado como alternativa para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mostrando potencial como sustrato de crecimiento. Este trabajo fue realizado bajo un diseño completamente al azar evaluando el crecimiento y desarrollo en vivero de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya L.*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). Los tratamientos fueron cinco sustratos de siembra: suelo, turba y tres mezclas de suelo con biocarbón al 10%, el cual fue obtenido a 450 °C utilizando como materia prima cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*), plátano (*Musa paradisiaca L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Los diferentes sustratos de crecimiento no presentaron hongos patógenos asociados a enfermedades de interés como el mal de talluelo, que afecta las plántulas en vivero; esto se puede explicar por el aumento de la actividad biológica de los sustratos producida por la adición de biocarbón, que puede generar condiciones similares a las de los suelos supresivos. De acuerdo a los resultados el biocarbón de maracuyá

y plátano tuvieron un efecto mortífero, las plantas sembradas en la mezcla de suelo con biocarbón de naranja presentaron un comportamiento estadísticamente similar ($P>0.05$) con respecto al tratamiento control (turba). El comportamiento de la papaya y el maracuyá fue similar ($P>0.05$), a pesar de esto, la germinación en los tres experimentos fue inferior a la de la prueba realizada en laboratorio. Se concluye que la materia prima usada como sustrato influye en el contenido de nutrientes que tiene el biocarbón, es así que la mezcla suelo con biocarbón de naranja al 10% es un óptimo sustrato para la producción de plántulas de tomate.

Palabras clave: Biocarbón, nutrientes, plántulas, vivero, frutales.

ABSTRACT

The quality of the seedlings is one of the most important aspects in the establishment of the vegetal material coming from the nursery, within the phytosanitary problems that are presented is the overturning, badly damaged or damping off caused by different fungi. Biochar is considered as an alternative to improve physical conditions, chemical and biological of soil, showing potential as a growth substrate. This work was carried out under a completely randomized design evaluating the growth and development in nursery of tomato (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya L.*) and passion fruit (*Passiflora edulis*). The treatments were five substrates of sowing: soil, peat and three mixtures of soil with biochar to the 10%, which was obtained at 450 °C using as raw material husks of passion fruit (*Passiflora edulis*), banana (*Musa paradisiaca L.*) and orange (*Citrus sinensis*). The different growth substrates did not present pathogenic fungi associated with diseases of interest such as the short-leaf disease, that affects the nursery seedlings; this can be explained by the increase in the biological activity of the substrates produced by the addition of biochar, which can generate conditions similar to those of suppressive soils. According to the results, the passionfruit and banana biochar had a deadly effect, the plants sown in the soil mixture with orange biochar presented a statistically similar behavior ($P>0.05$) with respect to the control treatment (peat). The behavior of papaya and passion fruit was similar ($P>0.05$), despite this, the germination in the three experiments was lower than that of the laboratory test. It is concluded that the

raw material used as a substrate influences the nutrient content of the biochar, thus, the soil mix with 10% orange biochar is an optimal substrate for the production of tomato seedlings.

Keywords: Biochar, nutrients, seedlings, nursery, fruit trees.

RESUMO

A qualidade das mudas é um dos aspectos mais importantes no estabelecimento do material vegetal proveniente do viveiro, Dentro dos problemas fitossanitários apresentados estão o volcamento, mal de talluelo o *damping off* causada por diferentes fungos. Biocarvão ou biochar é considerado como uma alternativa para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, mostrando potencial como substrato de crescimento. Este trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, que avaliou o crescimento e desenvolvimento em viveiros de tomateiro (*Solanum lycopersicum*), mamão (*Carica papaya L.*) e maracujá (*Passiflora edulis*). Os tratamentos foram cinco substratos de semeadura: solo, turfa e três misturas de solo com biocarvão a 10%, obtido a 450 °C usando como matéria-prima casca de maracujá (*Passiflora edulis*), banana (*Musa paradisiaca L.*) e laranja (*Citrus sinensis*). Os diferentes substratos de crescimento não apresentaram fungos patogênicos associados a doenças de interesse como a doença das folhas curtas, que afeta as mudas de viveiro; isso pode ser explicado pelo aumento da atividade biológica dos substratos produzidos pela adição de biocarvão, que podem gerar condições semelhantes às dos solos supressivos. De acordo com os resultados, o biocarvão de maracujá e banana teve um efeito mortal, as plantas semeadas na mistura do solo com o biocarvão de laranja apresentaram comportamento estatisticamente similar ($P>0.05$) em relação ao tratamento testemunha (turfa). O comportamento do mamão e maracujá foi semelhante ($P>0.05$), apesar disso, a germinação nos três experimentos foi menor que a do teste laboratorial. Conclui-se que a matéria prima utilizada como substrato influencia o teor de nutrientes do biocarvão, assim, a mistura do solo com 10% de biocarvão de laranja é um ótimo substrato para a produção de mudas de tomateiro.

Palavras-chave: Biochar, nutrientes, mudas, viveiro, árvores frutíferas.

INTRODUCCIÓN

La etapa de germinación se considera de gran importancia para obtener una planta de buena calidad, sin embargo, dentro de las problemáticas fitosanitarias que se presentan se encuentra el volcamiento, mal de talluelo o *damping off* causada por diferentes hongos como *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Phytophthora spp.* entre otros, los cuales pueden encontrarse en el suelo o en las semillas (Castro *et al.*, 2008).

El mal de talluelo es considerado la principal enfermedad de los germinadores, debido a que reduce en un alto porcentaje la germinación de las semillas e impide el crecimiento de las plántulas (Tovar, 2008). La enfermedad ha sido diagnosticada con mayor frecuencia en semilleros que en almácigos, se puede presentar en semillas (preemergencia), ocasionando su pudrición reduciendo la germinación; en plántulas (postemergencia), el patógeno se localiza en el cuello produciendo necrosis y su estrangulamiento, lo cual ocasiona retraso en el crecimiento y muerte repentina. Esta patología es ocasionada por hongos que son habitantes naturales del suelo, por lo cual su control debe enfocarse de manera preventiva, mediante el tratamiento químico o físico del suelo. Cuando la enfermedad se presenta en semilleros, después de la emergencia, se recomienda eliminar las plántulas afectadas y la aplicación de fungicidas químicos (Balatti *et al.*, 2017; Tamayo *et al.*, 1999).

En regiones de clima cálido en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) uno de los problemas fitosanitarios limitantes en la germinación y crecimiento es el marchitamiento vascular ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) causante de grandes pérdidas económicas (Carrillo *et al.*, 2003). Otras de las enfermedades que se encuentran en los sustratos utilizados para la germinación del tomate son cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), el nematodo del nudo causada por *Meloidogyne spp.*, observándose que la mayor pérdida de plántulas es

por hongos como *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Rizoctonia spp.*, causantes de la enfermedad conocida como mal del talluelo (PH, 2006).

La papaya (*Carica papaya L.*) tiene un valor económico importante a nivel mundial por su alta rentabilidad y aceptación del fruto, sin embargo, su semilla tiene un proceso de germinación tardío y errático que es afectado por la presencia de la sarcotesta, membrana que contiene compuestos fenólicos inductores de latencia, misma que inhibe el intercambio de líquidos y gases, prolongando el período de secado y facilitando la colonización de hongos (Gardan *et al.*, 2004). Cuando se utiliza almácigo es común que ocurra germinación incompleta y emergencia irregular, así como incidencia de “secadera” o “*Damping off*”, que reduce la población de plantas. La plantación definitiva exige plantas vigorosas y sanas, por lo cual es necesario enfatizar en aspectos de la semilla relacionados con la calidad fisiológica y sanitaria. Uno de los patógenos de la papaya que se transmite por semilla es *Erwinia*, que provoca la muerte de plantas y reduce la producción. La pudrición de semilla, raíces y tallo causada por *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* también reduce significativamente la población de plantas de papaya (Romero *et al.*, 2013).

La enfermedad de la secadera de la familia *Passifloraceae* ocasionada por *Fusarium solani*, es la más importante en Colombia, la muerte de plántulas es más frecuente en almácigos que en semilleros y pasa desapercibida porque las plantas se tardan 45 días en manifestar los primeros síntomas, lo cual causa que se lleven plantas “aparentemente sanas” al campo de cultivo. Otras enfermedades que afectan en semillero y almacigo a esta familia son: mildew blanco (*Ovulariopsis spp.*), mancha del ojo de pollo (*Phomopsis*) y nematodo del nudo (*Meloidogyne spp.*) (Ortiz y Hoyos, 2012).

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es un cultivo tropical promisorio para Colombia, que ocupa el segundo lugar en producción a nivel mundial, sin embargo, se ha registrado una importante disminución de la producción originada por el inadecuado manejo agronómico del cultivo, conllevando a problemas fitosanitarios, provocados principalmente por patógenos como *Fusarium oxysporum* y *F. solani* causantes de

la enfermedad conocida como pudrición seca, marchitez, fusariosis o secadera. Lo anterior ha generado demanda de investigaciones sobre el control de estos patógenos desde la etapa en la que se colocan las semillas en los germinadores (Suárez *et al.*, 2008). Otros hongos como *Alternaria spp.* son frecuentes en los cultivos de maracuyá y se caracterizan por la presencia de manchas de color pardo rojizo en hojas con márgenes acuosas, en tallos y pecíolos las lesiones son alargadas de color rojizo y se desarrollan también abundantes cuerpos fructíferos de patógenos sobre ellas, la infección con estos hongos es favorecida por alta humedad relativa y altas temperaturas, principalmente cuando hay cambios repentinos de lluvia a sol y viceversa (Neusa, 2016).

La producción de plántulas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del suelo utilizado para los semilleros, porque éstas pueden ser atacadas por hongos, bacterias, nematodos, insectos y malezas, afectando sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, lo que causa pérdidas económicas. Tradicionalmente, la desinfección de semilleros se ha realizado con productos químicos, los cuales, aunque son efectivos para el control de hongos, nematodos y bacterias, están prohibidos o restringidos en muchos países por su alta toxicidad para los seres humanos y animales y por su efecto adverso sobre el medio ambiente (MAG, 2005). Por esta razón existe preocupación en el mundo por reducir la contaminación y conservar los recursos naturales; dada esta situación se han considerado otros factores para la selección de sustratos como: 1. Suprimir patógenos, 2. Ser reciclables, 3. Evitar lavado de nutrientes, 4. Optimizar el consumo del agua, y 5. Estar libres de patógenos y no causar daño al medio ambiente (Román *et al.*, 2013).

Uno de los sustratos que cumplen con dichas características es el biocarbono o “*biochar*”, en inglés, que es un producto de grano fino y poroso similar en apariencia al carbón vegetal; se produce a partir de un proceso denominado pirólisis, que consiste en la descomposición química de sustancias orgánicas a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, sin embargo, en términos prácticos realizar

un proceso de pirólisis en ausencia total de oxígeno no es posible, por lo que siempre ocurre una oxidación mínima de materia orgánica (Verheijen *et al.*, 2010).

Hay varios factores en el proceso de producción del biocarbón que determinan sus características, entre los cuales está el tipo de biomasa utilizada para su fabricación, que puede tener efectos sobre el suelo y la microbiota, lo cual va a influir en la estructura y función del biocarbón. Para su producción se utiliza restos de materia orgánica en descomposición, desechos de cultivos, mazorcas ó cascaras de nueces, ramas de árboles, arbustos o cualquier otro residuo agrícola, estando su rendimiento productivo condicionado al grado de descomposición de la celulosa, hemicelulosa y lignina (Fagbenro *et al.*, 2015).

Para la producción de biocarbón se utiliza la pirólisis lenta debido a que hay un mayor rendimiento de subproducto sólido (biocarbón) que de subproducto líquido (bioóleo) y gaseoso (sintegas). La pirolisis lenta consiste en utilizar una temperatura baja-moderada entre 400 y 650°C, un reactor operando a presión atmosférica y un tiempo de residencia largo (Sohi *et al.*, 2009).

El biocarbón puede mantener altos niveles de materia orgánica y nutrientes aprovechables para las plantas, reteniéndolos, lo que es importante en suelos que tienen baja capacidad iónica. La producción y aplicación de biomasa pirolizada (biocarbón) al suelo ha sido una herramienta utilizada para el almacenamiento de carbono en ecosistemas terrestres porque puede incrementar la fertilidad del suelo puesto que mejora su capacidad para absorber e intercambiar nutrientes y materia orgánica, teniendo un efecto positivo sobre la abundancia y diversidad de microorganismos, por lo tanto su uso contribuye con la reducción del uso de agua y de fertilizantes químicos (Khodadad *et al.*, 2011).

El biocarbón ha tomado importancia dentro de la agricultura como enmienda orgánica debido a sus potenciales beneficios en el secuestro de carbono en suelo, rendimiento de los cultivos y lixiviación de nutrientes. Este producto guarda una similitud con el carbón activado, el cual reacciona con moléculas orgánicas tóxicas adsorbiéndolas y disminuyendo su disponibilidad en el suelo (Escalante *et al.*,

2016), por lo que se le puede atribuir que también esté involucrado en el proceso de adsorción, sin ser elementos idénticos, además debido a la textura y estructura del biocarbón, la humedad en el suelo aumenta, permitiendo que se genere un ambiente propicio para el establecimiento de la microbiota (Leiva, 2012).

Al observar el gran potencial que tiene el biocarbón como enmienda en el suelo, se realizó un estudio de viabilidad para utilizarlo como sustrato libre de patógenos para la germinación y crecimiento tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y papaya (*Carica papaya L.*) en etapa de vivero, por lo tanto el objetivo de este proyecto fue evaluar el comportamiento de estas plantas utilizando biocarbón, obtenido de cáscaras de: maracuyá (*Passiflora edulis*), naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*).

METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en el municipio de Villavicencio, Meta ubicado en el Piedemonte llanero, una altura de 426 msnm, la temporada de lluvias tiene una duración de 8.6 meses, la humedad relativa del aire es menor en el primer trimestre del año, la cual se encuentra entre 70 y 84% La clasificación del clima tropical monzonico, la temperatura promedio 25.5°C y precipitación de 3856 mm anuales, presión atmosférica 1015 hPa y velocidad de viento 7 km/h - E (90°) (IDEAM, 2016).

La investigación se dividió en dos etapas, la primera consistió en la elaboración del biocarbón a partir de las cascaras de maracuyá (*Passiflora edulis*), naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*) y la segunda en la evaluación del desarrollo y crecimiento de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y papaya (*Carica papaya L.*) germinadas en los sustratos a base de biocarbón preparados previamente.

La materia prima para elaborar el biocarbón se limpió y cortó en fragmentos pequeños para facilitar su secado en una estufa de circulación de aire a una temperatura de 70°C, el tiempo de esta operación varió en un rango de 72 a 96 horas, en función del contenido de humedad de los residuos, mediante observación se determinó el fin de esta actividad, inmediatamente después, una muestra de 100

g de cada materia prima fue tomada y enviada al laboratorio para su caracterización química. Una vez seco el material fue carbonizado en una estufa a gas con un tiempo de permanencia de tres horas a temperatura de 450°C (Belalcázar, 2013), después de este proceso una alícuota de 100 g de cada tipo de biocarbón (naranja, plátano y maracuyá) se caracterizó para conocer el contenido de nutrientes como fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S), los cuales se determinaron realizando digestión húmeda y siguiendo los protocolos de análisis de tejido vegetal consignados en el manual de métodos analíticos de laboratorio de suelos (IGAC, 2006).

De la granja experimental de la Universidad de los Llanos ubicada en Villavicencio se recolectaron 100 kg de suelo, que fue solarizado y fumigado con una solución de formol al 10%, posteriormente secado a la sombra, desterronado y tamizado, el cual fue usado para ser mezclado con el sustrato en una relación 1:10 (IGAC, 2014).

Los siguientes parámetros fueron caracterizados en cada una de las muestras que conformaron los tratamientos evaluados en la fase de vivero: pH en agua (método potenciométrico relación 1:1); materia orgánica (MO) (Walkley Black); azufre (S) (fosfato monobásico de calcio); calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) (acetato de amonio 1N pH 7.0); fósforo (P) (Bray II); aluminio (Al) (cloruro de potasio 1N); elementos menores (DTPA); boro (B) (ácido clorhídrico); la determinación de: MO, Ca, Mg y Al se efectuaron por titulación; P, B, S por espectrofotometría uv-bis y Cu, Fe, Mn, Zn por espectrofotometría de absorción atómica (IGAC, 2006).

Se evaluó el crecimiento y desarrollo del tomate, maracuyá y papaya en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada especie, plantadas en cinco sustratos de crecimiento diferentes (tratamientos) (Tabla 1). La unidad experimental estuvo constituida por 40 plántulas de cada especie sembradas en bandejas. El experimento se estableció en una estructura que buscaba asemejar las condiciones de un invernadero, con un registrador de datos con exactitud de ± 0.01 ubicado en el centro del área de estudio, midiendo cada minuto la temperatura y humedad relativa; el análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de significancia por

el estadígrafo de Student Newman-Keuls (SNK) fue realizada con el software R (R-Project, 2008).

Tabla 1. Formulaciones de los sustratos de crecimiento

SUSTRATO	TRATAMIENTO
Suelo + Biocarbón de Plátano	T1 (BP)
Suelo + Biocarbón de Maracuyá	T2 (BM)
Suelo + Biocarbón de Naranja	T3 (BN)
Suelo sin Biocarbón	T4 (S)
Turba	T5 (T)

Turba: Es un abono orgánico, rico en carbono, de estructura esponjosa donde se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Composición de la turba calcinada a 500°C: SiO₂: 10-45; Al₂O₃: 1-11; Fe₂O₃: 1.1-5.5; CaO: 2-45; MgO: 1-20; MnO: 0.1-0.3; K₂O: 0.1-2.5; Na₂O: 0.2-5; P₂O₅: 1-3 y SO₃: 5-20.

Una prueba de germinación fue realizada antes de la siembra, evaluando cuarenta semillas en cajas de Petri con papel húmedo, previo a la siembra, las bandejas fueron desinfectadas con solución de hipoclorito a una concentración de 10% y una semilla se plantó en cada alveolo. Después del montaje del ensayo iniciaron las evaluaciones de: porcentaje de germinación (PG), velocidad media de germinación (VMG) y tiempo medio de germinación (TMG); continuando 45 días después de la siembra con la medición de altura y diámetro de tallo en cuello de la raíz con pie de rey digital (± 0.01 mm). Finalmente, las plantas fueron secadas en una estufa de circulación de aire a una temperatura de 45°C para la determinación de la materia seca. En el momento de la extracción de las plantas una muestra de aproximadamente 30 g de sustrato fue tomada por cada tratamiento, con la finalidad de determinar la presencia de hongos fitopatógenos, usándose el método de la dilución del suelo en placa (Moreira *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar los contenidos de nutrientes de la materia prima del biocarbón (Tabla 2) con los cánones de interpretación propuestos por Silva, (1999), se observa que los niveles de: P, Ca, Mg, K, en la cáscara se encuentran encima de los niveles de

suficiencia en tejido foliar. Cabe destacar que las plantas de plátano y de naranja tienen altos requerimientos de potasio (Ronchini *et al.*, 2004), el potasio tiene alta movilidad en la planta y cumple funciones de transporte de fuentes a sumideros, explicando su alto contenido en el epicarpio (Tabla 2) (Maathuis, 2009). En contraste, el contenido de elementos menores de cada una de las materias primas no superó los niveles de suficiencia (Silva, 1999), probablemente a causa del uso poco frecuente de elementos menores en los planes de fertilización en las áreas en que se realizaron las colectas, además en esa región los suelos son deficientes en estos micronutrientes (Tabla 3) (IGAC, 2014).

Tabla 2. Caracterización de la materia prima usada en la elaboración del biocabón

Material	K	Ca	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
	%			Ppm						
Plátano	4.89	0.21	0.07	0.10	3.50	20.00	52.50	19.00	23.74	999.51
Maracuyá	0.76	0.85	0.08	0.05	4.50	51.00	8.50	14.00	24.41	647.38
Naranja	2.89	0.30	0.10	0.10	3.00	65.50	16.00	99.50	16.65	1892.58

Contenidos de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) expresados como porcentaje (%). Fósforo (P), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S) expresados como partes por millón (ppm).

Tabla 3. Contenido de nutrientes en el suelo y bio-char usados en las mezclas

Sustrato	pH	MO	Na	Al	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
		%	Cmolc Kg ⁻¹						Ppm					
Suelo*	4.5	3.1	0.01	2.4	0.8	0.10	0.09	1.20	0.85	27.50	1.70	0.30	0.77	0.51
Plátano	8.7	49.4	1.13	0.3	3.00	3.00	174.52	350.20	1.20	21.25	35.00	9.20	4.58	152.73
Maracuyá	8.0	52.5	1.23	0.3	5.00	6.00	110.00	362.83	0.80	25.00	120.0	45.00	5.04	393.89
Naranja	5.6	50.7	1.14	0.4	21.0	3.00	26.79	289.10	1.80	5.00	40.00	4.90	4.01	218.51

*Textura FA. Contenidos de materia orgánica (MO) expresado como porcentaje (%). Sodio (Na), aluminio (Al), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) expresados como centimoles (Cmolc Kg⁻¹). Fósforo (P), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S) expresados como partes por millón (ppm).

Después de convertir la materia prima en biocarbón se observa un incremento en la concentración de carbono orgánico, elementos mayores (bases), fósforo y pH

(Tabla 3), sin embargo esta tendencia no fue observada en el contenido de elementos menores; el aumento del carbono orgánico se debe a la reducción del hidrogeno y oxigeno por la evaporación del agua adsorbida (Novak *et al.*, 2009), la temperatura usada en la elaboración (450°C), aumentó la concentración de elementos mayores; la volatilización de P, K, Ca, Mg sucede a temperaturas superiores a 700°C., lo contrario se observa cuando las altas temperaturas son usadas en el proceso de elaboración, el contenido de elementos menores aumenta (Lehmann y Joseph, 2015).

Los contenidos de nutrientes y pH del biocarbón obtenido en este experimento fueron comparables con los reportados por otros autores que usaron bajas temperaturas en la elaboración (Alonso *et al.*, 2016; Peterson *et al.*, 2013), estos mismos autores también han reportado el aumento en el contenido de nutrientes cuando el biocarbón es adicionado al suelo. Inicialmente el suelo usado en este trabajo tenía bajo contenido de elementos mayores y menores, y alta acidez potencial e intercambiable (Tabla 3), indicando una baja fertilidad natural; después de aplicar los tratamientos hubo disminución en los diferentes tipos de acidez (Tabla 4).

Tabla 4. Contenido de nutrientes en el suelo después de aplicar las mezclas de biocarbón

Sustrato	pH	MO	Na	Al	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
		%	Cmolc Kg ⁻¹					Ppm						
Plátano	7.7	9.5	0.48	0.10	1.30	0.70	30.00	166.9	1.35	239.37	12.85	3.95	3.64	66.30
Maracuyá	7.5	8.2	0.58	0.10	2.30	1.30	22.00	176.3	1.35	208.75	10.05	4.00	3.35	129.55
Naranja	6.6	6.4	0.12	0.15	3.10	0.70	7.00	45.1	1.10	335.62	5.75	1.30	2.57	24.25

*Textura FA. Contenidos de materia orgánica (MO) expresado como porcentaje (%). Sodio (Na), aluminio (Al), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) expresados como centimoles (Cmolc Kg⁻¹). Fósforo (P), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S) expresados como partes por millón (ppm).

Es evidente el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes después de mezclar el suelo con biocarbón al 10% (Tabla 4), tal efecto es explicado por la presencia de componentes oxidables como anhidro celulosa, polisacáridos y alcoholes, la baja condensación de estructuras aromáticas y la poca

formación de grafito, resultado de la baja temperatura usada en la pirolisis (Novak *et al.*, 2009). El aumento en el pH y la reducción del aluminio intercambiable (Tabla 4) puede ser explicado por la formación de carbonatos y óxidos de Ca, Mg, y K del proceso de pirolisis, estos óxidos reaccionan con el aluminio y los hidrogeniones presentes en suelo, lo cual también fue reportado por Alonso *et al.*, (2016). Los incrementos en el contenido de nutrientes en los sustratos de los tratamientos evaluados son el resultado de las reacciones de disolución, precipitación y lixiviación de sales solubles cuando el biocarbón entra en contacto con el suelo, estas reacciones ocurren porque el compuesto es termodinámicamente inestable en condiciones oxidativas (Joseph *et al.*, 2010).

El contenido de K en el sustrato después de aplicar los tratamientos puede ser calificado como alto en la mezcla suelo con biocarbón de plátano (BP) y en la de suelo con biocarbón de maracuyá (BM), es decir T1 y T2 respectivamente (Tabla 4). Es importante recordar que los altos contenidos de sales de K, Na, y Mg pueden afectar la germinación de semillas de plantas no halófitas como las hortalizas (Tobe *et al.*, 2003). En los experimentos realizados el tratamiento T1 (BP) tuvo un efecto deletéreo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Tabla 5).

Tabla 5. Crecimiento y desarrollo de las especies evaluadas en los diferentes experimentos

Tratamiento	Tomate					Papaya					Maracuyá				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
% de germinación	0.00 ^a	6.67 ^a	30.00 ^b	8.33 ^a	36.67 ^b	0.00 ^a	3.33 ^a	32.50 ^a	35.00 ^b	6.67 ^a	-	-	3.33	3.33	6.67
T50'	-	15.33	15.33	14.33	12.67	-	17.00	19.33	17.67	13.00	-	-	-	15.33	16.00
Diámetro de tallo	-	-	1.25 ^b	0.61 ^a	0.97 ^{ab}	-	-	1.37	1.30	1.00	-	-	0.28	0.67	0.75
Altura de planta	-	-	87.91 ^b	48.36 ^a	66.08 ^{ab}	-	-	51.02 ^b	28.68 ^a	43.33 ^b	-	-	16.92 ^a	42.60 ^b	58.70 ^c
Longitud de raíz	-	-	3.51 ^a	2.02 ^a	7.82 ^b	-	-	3.53 ^b	0.96 ^a	6.29 ^c	-	-	5.10 ^b	2.70 ^a	5.90 ^b
MST	-	-	0.04 ^b	0.01 ^a	0.02 ^a	-	-	0.05 ^b	0.02 ^a	0.02 ^a	-	-	0.02	0.03	0.03

Superíndices con letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$) por la prueba Student Newman-Keuls (SNK). T1 = Suelo + Biocarbón de Plátano; T2 = Suelo + Biocarbón de Maracuyá; T3 = Suelo + Biocarbón de Naranja; T4 = Suelo sin Biocarbón; T5 = Turba. B = Biocarbón. P = Plátano, M = Maracuyá y N = Naranja. S = Suelo y T = Turba. T50' = Tiempo medio de germinación. MST = Materia seca total

Se observó un comportamiento similar ($P>0.05$) en el tiempo medio de germinación ($T50'$) de todas las especies evaluados; en el tomate, el porcentaje de germinación fue mayor en los tratamientos T3 y T5, el diámetro del tallo, altura de la planta y materia seca total fue mayor ($P<0.05$) en T3, mientras que longitud de la raíz lo fue en T5; en la papaya el porcentaje de germinación fue mayor ($P<0.05$) en T4, en altura de la planta fue superior en T3 y T5, mientras que la longitud de la raíz fue mayor en T5 y la materia seca total en T3; en el maracuyá el porcentaje de germinación, diámetro de tallo y materia seca total fue similar ($P>0.05$) en los tratamientos, en altura de las plantas el mejor comportamiento ($P<0.05$) se observó en T5, mientras que en longitud de raíz lo fue en T3 y T5 (Tabla 5). A pesar que en campo el porcentaje de germinación fue más alto en T3 y T5, en todos tratamientos evaluados en las diferentes especies vegetales fue inferior al de la prueba realizada en laboratorio (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de germinación de las especies evaluadas realizada en laboratorio

Especie	% Germinación	T50'
Tomate	91.67	3.00
Papaya	25.83	14.67
Maracuyá	57.5	7.00

T50' = Tiempo medio de germinación.

Los diferentes sustratos de crecimiento no presentaron hongos patógenos asociados a enfermedades de interés relacionadas con el mal de talluelo que afecta a las plántulas en vivero; esto se puede explicar por el aumento de la actividad biológica de los sustratos producida por la adición del biocarbón que genera condiciones similares a las de suelos supresivos (Jha *et al.*, 2010; Lehmann y Joseph, 2015).

El potasio es conocido por ser un elemento esencial que mitiga el efecto de diferentes tipos de estrés abiótico por tener funciones biofísicas y bioquímicas en la planta (Cakmak, 2005), sin embargo, al comparar el contenido de este elemento en

las mezclas evaluadas su disponibilidad fue más alta en BM y BP (Tabla 4), tratamientos en los que las plantas no se desarrollaron (Tabla 5); La despolarización parcial del plasmalema reduce la capacidad de absorción de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (antagonismo de iones) y genera su deficiencia, y esto ocurre cuando hay una alta disponibilidad de K^+ en el suelo o medios de crecimiento. Igualmente, altas concentraciones de sales afectan la germinación, prolongando su periodo y reduciendo su porcentaje debido a la reducción del potencial osmótico, que afecta el factor hídrico, situación que se puede interpretar como una “sequía fisiológica” (Taiz y Zeiger, 2015).

Las condiciones ambientales afectan la germinación, la temperatura influye en la absorción de agua de la semilla y otras reacciones bioquímicas, la foto-conversión del fitocromo es un factor que aumenta o reduce la germinación y es dependiente de la temperatura (Heschel *et al.*, 2007), en las especies estudiadas la mayor germinación se obtiene cuando la temperatura se encuentra en rangos de 20 a 25°C en tomate (Estrada y Vallejo, 2004) y 20 a 30°C para el maracuyá (Fernandes y Nakagawa, 2005) (Osipi y Nakagawa, 2005). La temperatura y humedad relativa en que se desarrolló este trabajo en algunas ocasiones superaron las consideradas óptimas para la fase inicial de las plantas evaluadas, esto también puede explicar las diferencias observadas en la prueba de germinación en laboratorio (Tabla 6) y esta variable evaluada en campo en los tres experimentos realizados (Tabla 5).

CONCLUSIONES

La materia prima usada influye en el contenido de nutrientes que tiene el biocarbón, es así que el de naranja al 10% al mezclarlo con suelo presentó un comportamiento similar al de la turba en la producción de plántulas de tomate.

El del biocarbón obtenido de plátano y maracuyá ambos al 10% tuvo un efecto mortífero en el crecimiento y desarrollo inicial de plántulas, permitiendo pensar que la relación ideal es menor a la usada en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso L., Cruz A., Jiménez D., Ocampo Á., Parra S. Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 19 (2): 341-349. 2016.
2. Balatti P., Lorrán S., Lori G., Malbrán I., Mónaco C., Parelló A., Rollán C., Rolleri J., ronco L., Sisterna M., Stocco M. Curso de fitopatología. Guía de trabajos prácticos. 2017. Recuperado 06 Diciembre 2017. Disponible En: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/36295/mod_resource/content/1/Fitopatolog%C3%ADa%20-%20Gu%C3%ADa%20Parte%20Especial%202017.pdf
3. Belalcázar S. Evaluación del biocarbón derivado de cascarilla de arroz como potenciador del establecimiento y proliferación de bacterias en suelos no perturbados, Bióloga. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad ICESI, Santiago de Cali. 59 p. 2013.
4. Cakmak I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168 (4): 521-530. 2005.
5. Carrillo J.A., Montoya T.d.J., García R.S., Cruz J.E., Márquez I., Sañudo A.J. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21 (2): 123-127. 2003.
6. Castro T., Rivillas O., Serna C., Mejía C. Germinadores de café: construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costos. *Avances Técnicos Cenicafé*. 368 1-12. 2008.
7. Escalante A., Pérez G., Hidalgo C., López J., Campo J., Valtierra E., Etchevers J.D. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 34 (3): 367-382. 2016.
8. Estrada E., Vallejo F. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia., Palmira, Cali. 346 p. 2004.
9. Fagbenro J.A., Oshunsanya S.O., Oyeleye B.A. Effects of gliricidia biochar and inorganic fertilizer on moringa plant grown in an oxisol. *Communications in soil science and plant analysis*. 46 (5): 619-626. 2015.
10. Fernandes E.A., Nakagawa J. Avaliação da potencialidade fisiológica de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander) submetidas ao armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 27 (1): 52-54. 2005.
11. Gardan L., Christen R., Achouak W., Prior P. *Erwinia papayae* sp. nov., a pathogen of papaya (*Carica papaya*). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 54 (1): 107-113. 2004.
12. Heschel M.S., Selby J., Butler C., Whitlam G.C., Sharrock R.A., Donohue K. A new role for phytochromes in temperature-dependent germination. *New Phytologist*. 174 (4): 735-741. 2007.
13. IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Tiempo y clima. 2016. Recuperado 16 Diciembre 2016. Disponible En: <http://www.ideam.gov.co/>

14. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Imprenta Nacional, Bogotá, Colombia. 648 p. 2006.
15. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Estudio general de suelos y zonificación de tierras: departamento de Vichada, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia. 385 p. 2014.
16. Jha P., Biswas A., Lakaria B., Rao A.S. Biochar in agriculture—prospects and related implications. *Current science*. 99 (9): 1218-1225. 2010.
17. Joseph S., Camps M., Lin Y., Munroe P., Chia C., Hook J., Van Zwieten L., Kimber S., Cowie A., Singh B., Lehmann J., Foid N., Simemik R., Amonette J. An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research*. 48 (7): 501-515. 2010.
18. Khodadad C.L., Zimmerman A.R., Green S.J., Uthandi S., Foster J.S. Taxa-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments. *Soil Biology and Biochemistry*. 43 (2): 385-392. 2011.
19. Lehmann J., Joseph S. Biochar for environmental management: Science, technology and implementation. Routledge, Earthscan, London & Sterling. 944 p. 2015.
20. Leiva N. Metodología para el cálculo de la humedad del suelo usando parámetros topográficos (MDE), climáticos y edáficos en un sector del piedemonte depositacional del municipio de Villavicencio, Magister en Geomática. Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 129 p. 2012.
21. Maathuis F.J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current opinion in plant biology*. 12 (3): 250-258. 2009.
22. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Programa Nacional de Frutas de El Salvador. Guía técnica de semilleros y viveros de frutales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), El Salvador. 40 p. 2005.
23. Moreira F.M., Huisling J., Bignell D. Manual de biología de suelos tropicales. Instituto Nacional de Ecología, México DF. 2012.
24. Neusa A.N. Establecimiento de un sistema productivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en el municipio de Uribe Meta como alternativa de fortalecimiento empresarial y conocimientos técnicos, Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Salle, 92 p. 2016.
25. Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W., Niandou M.A. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil science*. 174 (2): 105-112. 2009.
26. Ortiz E., Hoyos L.M. Descripción de la sintomatología asociada a fusariosis y comparación con otras enfermedades en gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) en la región del Sumapaz (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 6 (1): 110-116. 2012.
27. Peterson S.C., Appell M., Jackson M.A., Boateng A.A. Comparing corn stover and switchgrass biochar: Characterization and sorption properties. *Journal of Agricultural Science*. 5 (1): 1-8. 2013.
28. Productores de Hortalizas (PH). Plagas y enfermedades del tomate. Guía de identificación y manejo. Publicación de Meister Media, 23 p. 2006.

29. R-Project. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 2008. Recuperado 08 Diciembre 2017. Disponible En: <http://www.R-project.org>
30. Román P., Martínez M.M., Pantoja A. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile 108 p. 2013.
31. Romero J.A., Rangel J.A., Rojas M., Rodríguez R., Robles L. Identificación y patogenicidad de hongos en semilla de papaya (*Carica papaya* L.). Ciencia y Tecnología Agropecuaria México. 1 (2): 12-19. 2013.
32. Ronchini P.R., Quaggio J.A., Ferreira M., Bataglia O.C. Nutrient balance for citrus nurseries production in substrate under screen-house. Revista Brasileira de Fruticultura. 26 (2): 300-305. 2004.
33. Silva D.J. Análise de plantas: amostragem e interpretação, Embrapa Semiárido- Documentos (INFOTECA-E), 1-9. 1999.
34. Sohi S., Lopez E., Krull E., Bol R. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, Reino Unido, p 17-31. 2009.
35. Suárez C.L., Fernández R.J., Valero N.O., Gámez R.M., Páez A.R. Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., asociado a la marchitez en maracuyá. Revista Colombiana de Biotecnología. 10 (2): 35-43. 2008.
36. Taiz L., Zeiger E. Fisiología vegetal. Artmed, Porto Alegre. 954 p. 2015.
37. Tamayo P.J., Giraldo B., Morales J.G. 1999. Enfermedades en semilleros y almácigos de granadilla. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 52 (2): 773-779.
38. Tobe K., Zhang L., Omasa K. Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. Seed Science Research. 13 (1): 47-54. 2003.
39. Tovar J.C. Evaluación de la capacidad antagonista "in vivo" de aislamientos de *Trichoderma* spp frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*, Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Facultad de Ciencias, Facultad de Ciencias, Bogotá, DC. 76 p. 2008.
40. Verheijen F., Jeffery S., Bastos A., van der Velde M., Dias I. Biochar Application to Soils, a Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 166 p. 2010.

Extracción de taninos de cortezas de tres especies árboles de la región de la Orinoquia

Extraction of bark tannins from three tree species in the Orinoquia region

Extração de taninos de casca de três espécies arbóreas da região de Orinoquia

Carreño Morales Alba Milena¹ y Jiménez Forero Javier Alexander²

¹Ingeniera Agroindustrial, Universidad de los Llanos y ²Ingeniero de Producción - Agroindustrial, MSc. Docente de la Universidad de los Llanos

jajimenez@unillanos.edu.co

Recibido 25 de Mayo 2018, Aceptado 22 de Octubre 2018

RESUMEN

La Orinoquia se caracteriza por su gran riqueza forestal nativa y comercial, a través del tiempo se han desarrollado investigaciones con el fin de fomentar su desarrollo y los diferentes usos de las especies vegetales. En esta investigación se evaluó la extracción de taninos a partir de la corteza de árboles que se encuentran en la región de la Orinoquia en Colombia, las especies evaluadas fueron pino (*Pinus caribaea*), acacia (*Acacia mangium*) y eucalipto (*Eucalypto pellita*). Se realizó una selección de las cortezas de los árboles mencionados para secarlas y luego molerlas, y así poder reducir sus partículas hasta un tamaño de 1 mm, se llevó a cabo una operación de lixiviación solido-líquido para evaluar los siguientes factores: concentración de NaOH: 1 y 5%, relación solido-líquido (S/L): 1/60, 1/90 y 1/120, y temperatura de extracción: 70 y 80°C, observándose el efecto sobre el porcentaje de rendimiento de extracción de taninos. Se realizó un análisis estadístico en el programa R-Project, mediante el test de Fisher con un 95% de confiabilidad. Se obtuvo como resultado que la corteza con mayor producción fue la de pino en condiciones de 5% NaOH, relación S/L de 1/90 y temperatura de 80°C, en eucalipto se obtuvieron mejores rendimientos con 5% NaOH, 1/120 y 80°C, por último, en acacia el mejor comportamiento se observó con 1% NaOH, 1/90 y 80°C ($P < 0.05$). Se concluye que la temperatura no influye directamente en el rendimiento de la extracción, puesto

que la diferencia entre los dos niveles no fue importante, caso contrario se observó con los factores de alcalinidad y la relación S/L, obteniéndose mayores rendimientos con 5% Vs 1% de NaOH y una relación ente soluto solvente 1/90 Vs 1/60 y 1/120.

Palabras clave: Metabolitos secundarios, polímeros, toxinas, lixiviación.

ABSTRACT

The Orinoquia is characterized by its great native and commercial forest wealth, throughout time, research has been developed in order to promote their development and the different uses of plant species. In this research, the extraction of tannins from the bark of trees found in the Orinoquia region of Colombia was evaluated. The evaluated species were pine (*Pinus caribaea*), acacia (*Acacia mangium*) and eucalyptus (*Eucalypto pellita*). A selection of the barks of the mentioned trees was made to dry them and then grind them, and thus be able to reduce its particles to a size of 1 mm, a solid-liquid leaching operation was carried out to evaluate the following factors: NaOH concentration: 1 and 5%, solid-liquid ratio (S/L): 1/60, 1/90 and 1/120, and extraction temperature: 70 and 80°C, observing the effect on the percentage of extraction yield of tannins. A statistical analysis was carried out in the R-Project program, using the Fisher test with 95% reliability. It was obtained as a result that the bark with the highest production was pine under conditions of 5% NaOH, S/L ratio of 1/90 and temperature of 80°C, in eucalyptus, better yields were obtained with 5% NaOH, 1/120 and 80°C, finally, in acacia the best performance was observed with 1% NaOH, 1/90 and 80°C ($P < 0.05$). It is concluded that the temperature does not directly influence the extraction performance, since the difference between the two levels was not important, otherwise it was observed with the alkalinity factors and the S/L ratio, obtaining higher yields with 5% Vs 1% NaOH and a solvent solute ratio 1/90 Vs 1/60 and 1/120.

Keywords: Secondary metabolites, polymers, toxins, leaching.

RESUMO

A Orinoquia é caracterizada por sua grande riqueza florestal nativa e comercial, ao longo do tempo, pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de promover o seu desenvolvimento e os diferentes usos das espécies vegetais. Nesta pesquisa, avaliou-se a extração de taninos da casca das árvores encontradas na região de Orinoquia, na Colômbia. As espécies avaliadas foram pinus (*Pinus caribaea*), acácia (*Acacia mangium*) e eucalipto (*Eucalypto pellita*). Uma seleção das cascas das árvores mencionadas foi feita para secá-las e depois moê-las, e assim poder reduzir suas partículas a um tamanho de 1 mm, uma operação de lixiviação sólido-líquido foi realizada para avaliar os seguintes fatores: Concentração de NaOH: 1 e 5%, relação sólido-líquido (S/L): 1/60, 1/90 e 1/120, e temperatura de extração: 70 e 80°C, observando o efeito na porcentagem de rendimento de extração de taninos. Uma análise estatística foi realizada no programa R-Project, utilizando o teste de Fisher com 95% de confiabilidade. Obteve-se como resultado que a casca com maior produção era pinheiro sob condições de 5% NaOH, relação S/L de 1/90 e temperatura de 80°C, em eucalipto, melhores rendimentos foram obtidos com NaOH 5%, 1/120 e 80°C, finalmente, em acácia, o melhor desempenho foi observado com NaOH a 1%, 1/90 e 80°C ($P < 0.05$). Conclui-se que a temperatura não influencia diretamente no desempenho da extração, já que a diferença entre os dois níveis não foi importante, caso contrário foi observado com os fatores de alcalinidade e a relação S/L, obtendo rendimentos mais elevados com 5% Vs 1% NaOH e uma razão solvente soluto 1/90 Vs 1/60 e 1/120.

Palavras-chave: Metabolitos secundários, polímeros, toxinas, lixiviação.

INTRODUCCIÓN

En Colombia 17 millones de hectáreas son aptas para reforestación distribuidas en varios pisos altitudinales, actualmente sólo se está usando el 2.06% del potencial de las plantaciones forestales en 350.000 hectáreas. La Orinoquia se caracteriza por su gran riqueza forestal nativa y comercial, a través del tiempo se han desarrollado investigaciones con el fin de fomentar su desarrollo y los diferentes

usos de la madera, siendo esta zona propicia para establecer un renglón agroindustrial fuerte para la transformación u obtención de productos a partir de esta materia prima (PROEXPORT, 2012).

El eucalipto (*Eucalipto pellita*) es una variedad comercial, su madera y subproductos son muy utilizados en la región, tiene la cualidad de contener polifenoles en niveles superiores al 30.6%, lo cual despierta interés como fuente de taninos objeto de esta investigación (Borrallho y Nieto, 2012). Otra especie de interés es el pino caribe (*Pinus caribaea*), plantación que es de transcendencia en el mundo por su madera fuerte y manejable para la elaboración de muebles y otros objetos, siendo su corteza un residuo de la transformación de la madera sin uso eficiente que ha generado un problema de contaminación debido al gran volumen de comercialización de esta especie (Villanueva *et al.*, 2015). La corteza de pino es rica en compuestos fenólicos (Jerez *et al.*, 2006), en algunos estudios realizados han encontrado taninos como catequina, epicatequina, epigalocatequina y galato de epicatequina (Jahanshahi *et al.*, 2016). Los extractos de la corteza del pino tienen propiedades anti-radicales, anti-inflamatorios y antioxidantes (Amoako y Awika, 2016).

La *Acacia mangium* otra de las especies usadas en la investigación, crece rápidamente y se adapta con facilidad a las diferentes condiciones que pueden ofrecer los suelos, por tal motivo se ha convertido en una especie en desarrollo para mantener la sostenibilidad de la madera en el mundo (Nadhari *et al.*, 2014). La corteza es un material de composición química más compleja que la de la madera, distinguiéndose sobre todo por el alto contenido de sustancias extraíbles, principalmente polifenoles y suberina; entre los polifenoles se encuentran los fenoles simples, lignanos, estilbenos, flavonoides, quinonas y taninos (Álvarez, 2007).

Las cortezas de los mencionado árboles son importante fuente de polifenoles, los cuales son un grupo extenso de sustancias no energéticas presentes en diferentes estructuras de origen vegetal (Quiñones *et al.*, 2012); estos compuestos tienen propiedades antioxidantes que las hacen sustancias de interés para diferentes áreas entre esas la de salud y nutrición (Casares, 2010; Coronado *et al.*, 2015).

Entre esta gran variedad de sustancias se encuentran los taninos, los cuales según su definición química son metabolitos secundarios derivados de plantas que pueden ser esterres de ácido gálico o sus derivados, unidos a una amplia variedad de polioles, catequinas u oligómeros de proantocianidinas (Olivas *et al.*, 2015).

Los taninos se dividen en dos tipos: condensados e hidrolizables, y se encuentran como metabolitos secundarios en diferentes especies vegetales, dentro de todos los polifenoles son considerados como los de mayor valor económico siendo su principal uso como curtiente de pieles de animales (Colín *et al.*, 2013), puesto que cuentan con una cualidad sensorial de generar sabor amargo, astringencia y estabilidad de color, factores importantes para generar características deseables en los vinos (Durán, 2010), por lo tanto las uvas, materia prima de los vinos, son ricas en taninos.

La extracción química es la separación de un componente específico, en este caso los taninos, proceso que se inicia con una molienda formando astillas o virutas; existen varios métodos dependiendo de la parte de la planta utilizada, los cuales pueden darse de manera empírica e industrial, que puede realizarse por difusión a tanque abierto (Wadnerkar *et al.*, 2016), colado, autoclave, contracorriente y por último el que fue utilizado es esta investigación el de lixiviación (Casares, 2010), el cual puede realizarse por medio alcohólico u alcalino (Naima *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue aplicar diferentes tratamientos con factores o condiciones, realizando combinaciones de los medios y obteniendo así una respuesta con cada una de las especies de árboles.

METODOLOGÍA

Obtención y acondicionamiento de las muestras

Se realizó la obtención del material vegetal en una empresa productora de maderas y sus subproductos ubicada en Villavicencio, Meta, Colombia (Figura 1), se colectaron cortezas correspondientes a las variedades de acacia (*Acacia mangium*), eucalipto (*Eucalipto pellita*) y pino (*Pinus caribaea*). Se realizó el acondicionamiento de las cortezas, reduciendo su tamaño en dos equipos de molienda; inicialmente se

usó un molino de granos con tamices que permitieron dejarlas en partículas más pequeñas, para luego ser procesadas en un molino analítico, logrando obtener un tamaño de un 1 mm, empleando tamices N°. 20 en la serie de Tyler (Chupin *et al.*, 2013) (Anexo 2). Como última parte del acondicionamiento de las muestras se realizó un secado en una estufa de aire forzado a temperatura de 40°C, evitando las pérdidas por volatilización de los taninos (Figura 1).

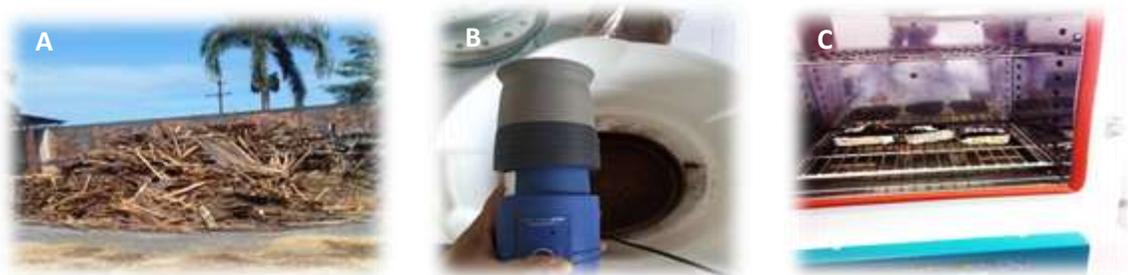


Figura 1. A. Cortezas del sector forestal, B. Molino analítico de laboratorio. C. Horno de secado

Extracción

Se realizó un proceso de lixiviación sólido-líquido con solventes, bajo un diseño de 12 tratamientos con tres replicas cada uno, teniendo en cuenta los siguientes tres factores: relación sólido-líquido S/L: 1/60, 1/90 y 1/120; concentración de NaOH con dos niveles de 1 y 5%; y como tercer factor dos niveles de temperatura 70 y 80°C, para un total de 36 unidades experimentales (Tabla 1). Se realizó un análisis estadístico en el programa R-Project, mediante el test de análisis estadístico Fisher con un 95% de confiabilidad, obteniendo resultados de rendimiento según los factores involucrados.

Todos los tratamientos se disolvieron en 50 ml de agua destilada, además de estos solventes se adicionó de manera estándar sulfito de sodio (Na_2SO_3) 0.125 g y sulfito de sodio hidrogenado (Na_2HSO_3) 0.32 ml que sirvieron de coadyuvantes para la extracción.

Tabla 1. Componentes y tratamientos para la extracción de taninos

Tratamiento	T° (°C)	NaOH (gr)	Extracto (gr)	Relación S/L	Árbol
1	80	0.5	0.83	1 a 60	Acacia
2	80	0.5	0.55	1 a 90	Eucalipto
3	80	0.5	0.4	1 a 120	Pino
4	80	0.25	0.83	1 a 60	Acacia
5	80	0.25	0.55	1 a 90	Eucalipto
6	80	0.25	0.4	1 a 120	Pino
7	70	0.5	0.83	1 a 60	Acacia
8	70	0.5	0.55	1 a 90	Eucalipto
9	70	0.5	0.4	1 a 120	Pino
10	70	0.25	0.83	1 a 60	Acacia
11	70	0.25	0.55	1 a 90	Eucalipto
12	70	0.25	0.4	1 a 120	Pino

Cada uno de los tratamientos se disolvieron en 50 ml de agua y se les adicionaron: 0.125 de Na₂SO₃ y 0.32 ml de Na₂H₂SO₃. T° = Temperatura de extracción. S/L = Solido-liquido. Concentración de NaOH 1% (0.5 g) y 5% (0.25g).

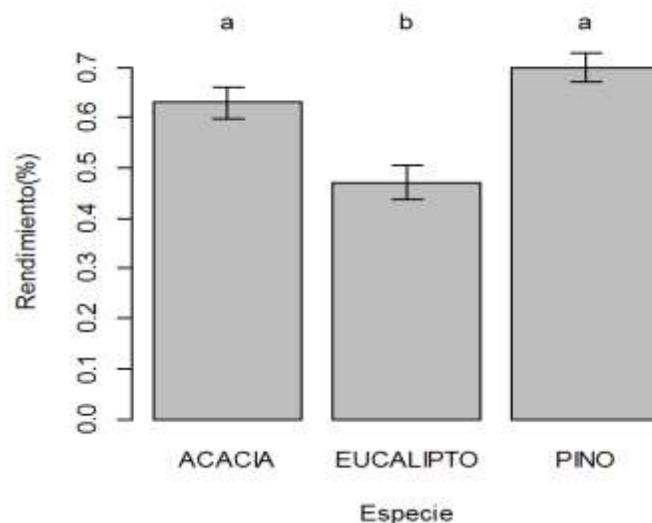
A cada una de los tratamientos ya mezclados se les aplicó un calentamiento en plancha con agitación constante por un periodo de 120 minutos, terminando este proceso, se hizo un filtrado del sobrenadante utilizando papel whattman #1 y el residuo se lavó con agua, los filtrados se secaron a 50°C, obteniendo la muestra seca correspondiente al extracto recuperado, para conocer el rendimiento se empleó la ecuación propuesta por Granados *et al.*, (2014):

$$\% \text{ Rendimiento extracción} = \frac{\text{Masa recuperada}}{\text{Masa inicial}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de rendimiento de extracción de taninos fue menor con la corteza de eucalipto con un promedio de 48% (Gráfica 1), estos resultados concuerdan con otras investigaciones en las cuales se confirma que los compuestos fenólicos como los taninos tienen una descomposición rápida al momento de realizarse la

extracción, puesto que son antioxidantes su cantidad se reduce drásticamente (Min *et al.*, 2015). El rendimiento de pino fue mayor en 0.7% con respecto a la acacia, generando una extracción de taninos de 0.69%, al respecto Aguilar *et al.*, (2012) coinciden en que la corteza con mayor rendimiento de extracción es la de pino; es importante resaltar que la misma está condicionada a la hidrólisis, tipo y concentraciones de los reactivos utilizados en los materiales lignocelulósicos como las cortezas de árboles, pues la rotura de la hemicelulosa es selectiva para liberar los taninos y en ocasiones conduce a la producción de otros compuestos bajando la producción de estos fenoles (Garrote *et al.*, 2007).



Promedios con letra distinta indica significativa según la prueba de Fisher ($P < 0.05$)

Gráfica 1. Porcentaje (%) de rendimiento de extracción de taninos en las tres especies de árboles

Se observó que durante el proceso de extracción las temperaturas evaluadas no presentaron una diferencia estadística ($P > 0.05$) en el rendimiento de extracción de taninos, lo cual indica que no se apreciaron cambios en los niveles evaluados (Gráfica 2), por el contrario con el factor de concentración de NaOH (Gráfica 3) se observó que a una mayor alcalinidad la extracción fue mayor ($P < 0.05$); estos resultados concuerdan con los de Chupin *et al.*, (2013) quienes encontraron una relación directa entre la concentración del NaOH con el rendimiento de la extracción,

la cual se incrementó cuando fueron mayores los niveles de alcalinidad en el extracto.

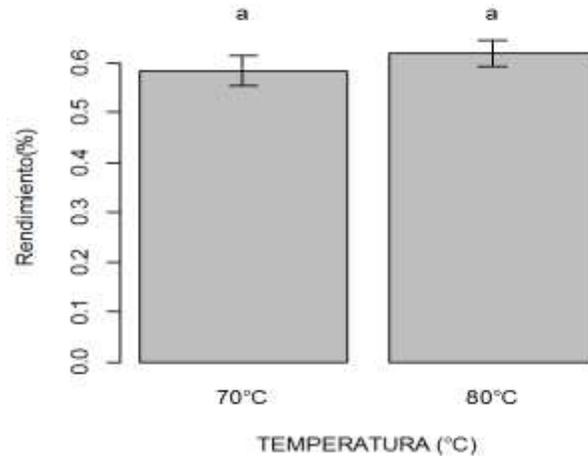
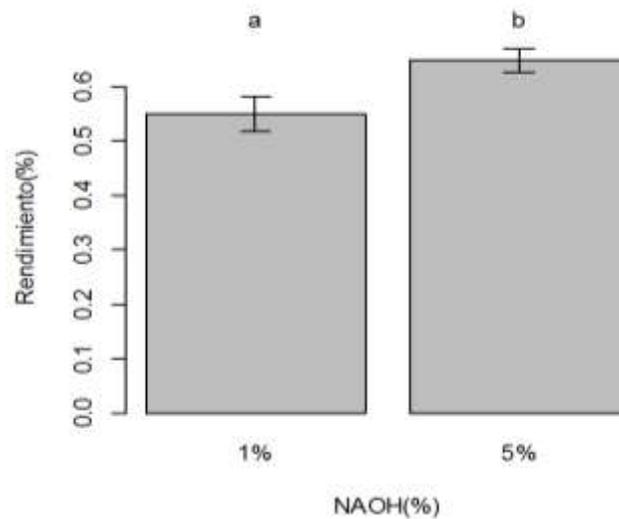


Figura 2. Porcentaje (%) de rendimiento de extracción en función de la temperatura

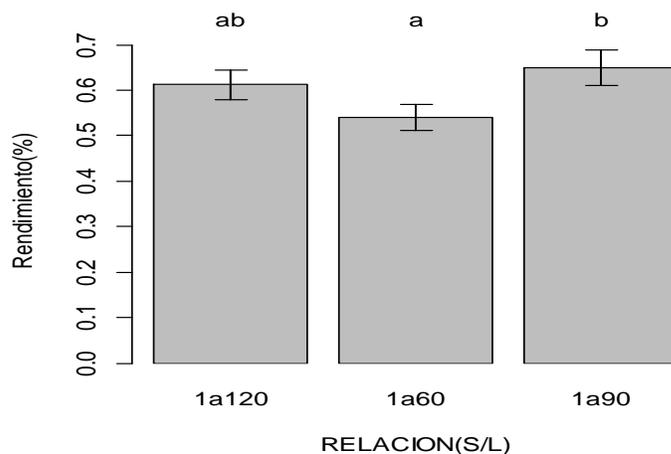


Promedios con letra distinta indica significativa según la prueba de Fisher ($P < 0.05$)

Figura 3. Porcentaje (%) de rendimiento de extracción en función de la concentración de NaOH usada

La relación sólido/líquido también influyó en el porcentaje de extracción, siendo la menor la de 1/60, que obtuvo rendimientos del 0.55%, mientras que la relación 1/90

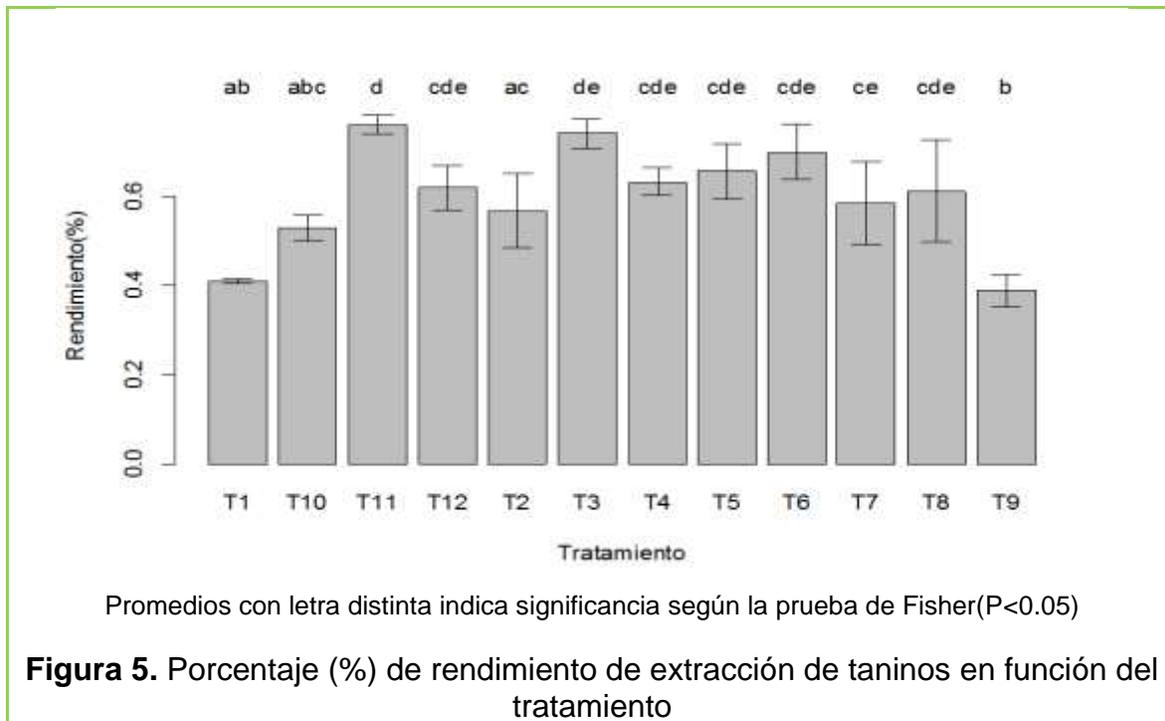
obtuvo la mayor extracción (0.65%) ($P < 0.05$), aunque su comportamiento fue similar con la de 1/120 ($P > 0.05$) (Gráfica 4). Estos resultados se explican porque la proporción 1/90 tiene un mejor equilibrio entre la cantidad de extracto y de solución, siendo en este caso el agua, sugiriendo que en la extracción de polifenoles no es conveniente ni un medio muy diluido, ni un medio muy saturado de corteza (Ping *et al.*, 2011).



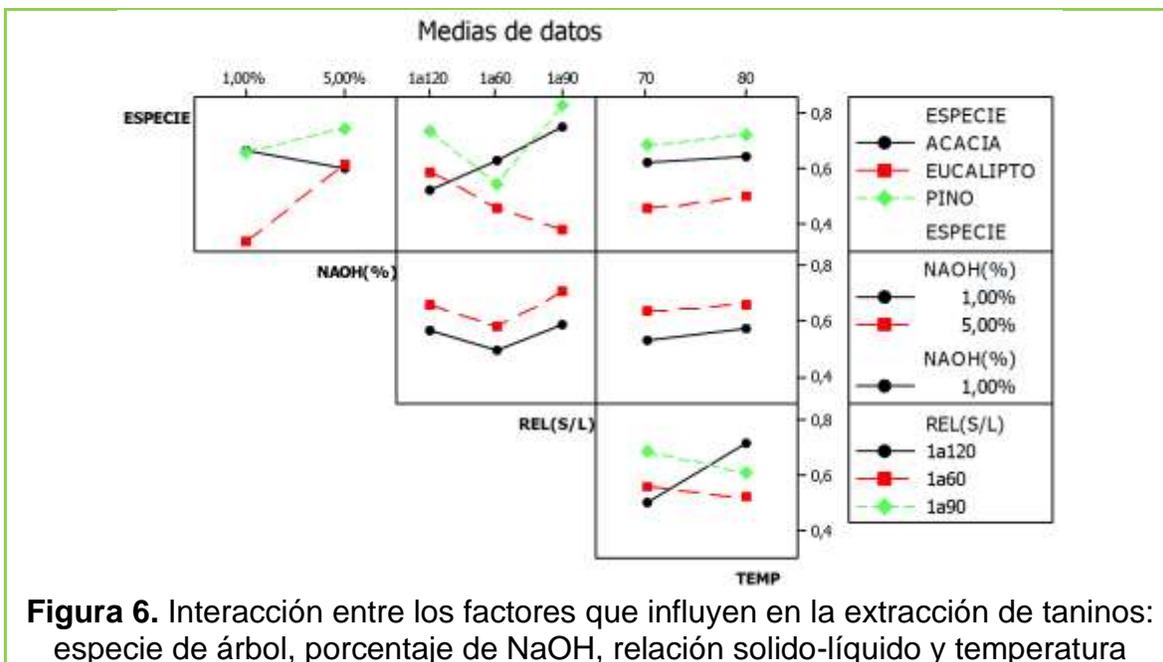
Promedios con letra distinta indican diferencias significativas según la prueba de Fisher ($P < 0.05$)

Figura 4. Porcentaje (%) de rendimiento de extracción en función de la relación sólido/líquido

Al combinar los diferentes factores evaluados (Gráfica 5), se puede observar que T11 y T3 fueron los tratamientos que generaron mayores rendimientos de extracción con valores de 0.85 y 0.80% respectivamente; sin embargo, T11 comprueba lo planteado anteriormente en relación a cada uno de los factores en función del rendimiento de extracción, por lo tanto, dicho tratamiento cumple con la composición ideal según esta investigación. Los tratamientos con rendimientos menores fueron T1 y T9, demostrando que la temperatura no es un factor de relevancia, y al mismo tiempo que la relación sólido/líquido de 1/60 y 1/120, combinadas con una baja alcalinidad no genera buen rendimiento de extracción. Colín *et al.*, (2013) afirman en su investigación que la mejor relación S/L de extracción es 1/60, sin embargo, es conveniente una alcalinidad alta para mejorar dicho proceso.



Para el caso de los árboles, el pino muestra mayor rendimiento con NaOH al 5%, relación S/L: 1/120 y temperatura de 80°C, siendo esta especie la de mayor porcentaje de extracción en comparación con las otras especies evaluadas, le sigue la acacia con NaOH al 1%, S/L: 1/90 y 80°C ($P < 0.05$), aunque se reitera que la temperatura no afectó el rendimiento extracción ($P > 0.05$). El eucalipto mostró su mayor rendimiento con NaOH al 5%, S/L: 1/90 y 80°C, aunque no se presentó diferencia ($P > 0.05$) en función de los factores que se analizaron (Figura 6). El porcentaje de NaOH con respecto a la relación S/L tiene un comportamiento homogéneo en los dos niveles, mostrando mejores rendimientos con la relación 1/90 (Colín *et al.*, 2013); y en la temperatura se presentó la misma situación puesto que no generó cambios importantes en el rendimiento de extracción ($P > 0.05$). Para el caso de la relación S/L en función de la temperatura la interacción fue importante con 1/120 a 80°C ($P < 0.05$), los demás tratamientos se comportaron sin variaciones ($P > 0.05$). Los resultados de esta investigación concuerda con lo reportado por dos Santos *et al.*, (2017), estableciendo que la temperatura ideal de extracción está entre 60 y 80°C, quizás ese fue el motivo por el cual este factor no alteró los resultados de forma significativa.



La corteza de pino presentó los mejores rendimientos con 5% de NaOH y relación S/L de 1/90 puesto que la concentración de fenoles en este árbol se encuentra en una buena proporción con este extracto (Gráfica 7); mientras que en la *Acacia mangium* (Gráfica 8) aunque la relación S/L siguió siendo la misma que generó buenos rendimientos en el pino, la mayor alcalinidad aplicada no funcionó, lo cual indica que indudablemente los niveles de sus metabolitos son diferentes a los del pino, lo cual influye en las condiciones de polaridad cuando reacciona con el NaOH. Los taninos condensados tienen buena relación con la sal, los hidrolizables no tanto y pueden estar presentes en una buena concentración en la acacia (Filgueira *et al.*, 2017), para un futuro estudio de caracterización puede determinarse si la acacia contiene taninos hidrolizables.

En el comportamiento del rendimiento de eucalipto es notable que la superficie de respuesta es diferente a las otras dos cortezas, su mayor extracción se presentó con la relación S/L de 1/120 y 5% de NaOH, lo cual indica que estos factores influyeron en el contenido de taninos hidrolizables y en su afinidad con los reactivos (Lee *et al.*, 2017).

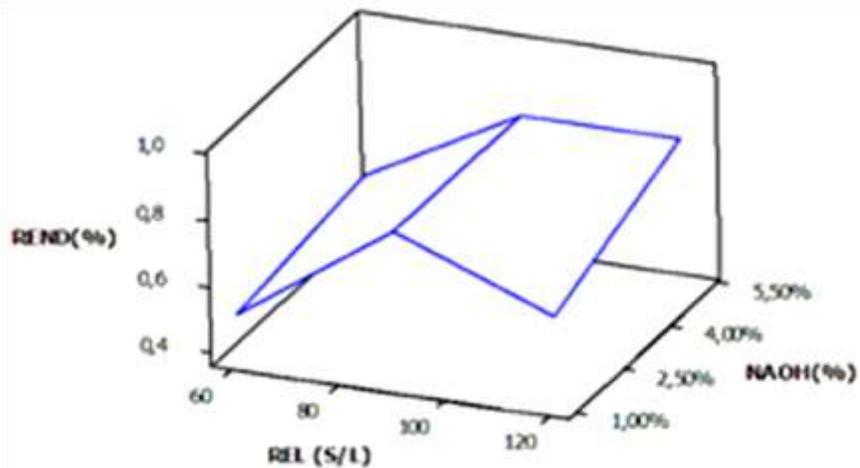


Figura 7. Superficie de respuesta del rendimiento (%) de extracción de taninos en pino en función de la concentración de NaOH y relación solido/líquido (S/L)

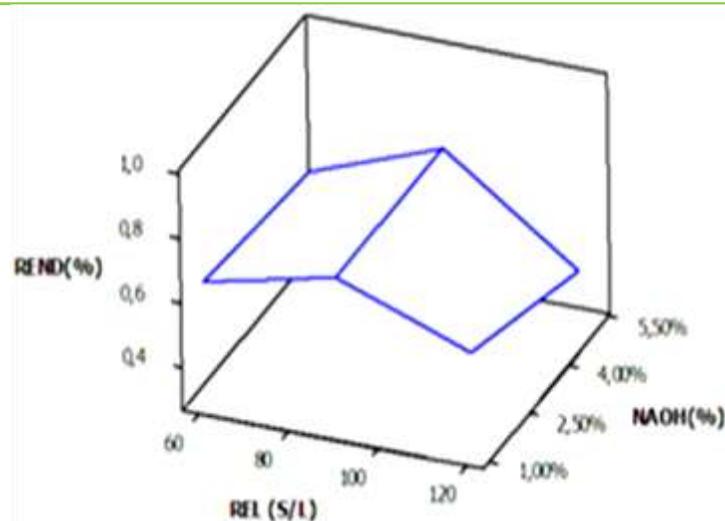


Figura 8. Superficie de respuesta del rendimiento (%) de extracción de taninos de acacia en función de la concentración de NaOH y relación solido/líquido (S/L)

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de extracción de taninos que se observó en las tres especies de árboles según las condiciones de extracción para cada una fue: *Pinus caribaea* NaOH al 5%, relación S/L 1/90 a temperatura de 80°C; *Eucalipto pellita* de manera similar NaOH 5%, pero con relación S/L 1/120 y también a 80°C; y como último *Acacia mangium* NaOH al 1%, S/L 1/90 y 80°C. Comparando las tres cortezas la de

menor rendimiento fue eucalipto, mientras que la de pino fue la mayor, aunque su producción fue similar al de la acacia.

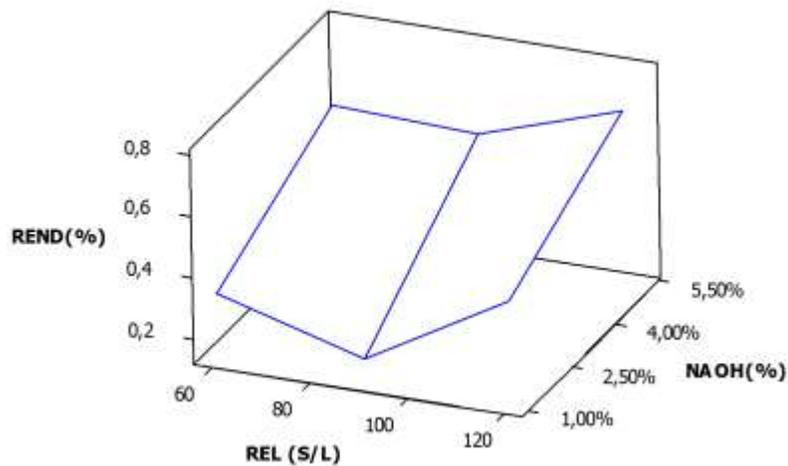


Figura 9. Superficie de respuesta del rendimiento (%) de extracción de taninos en eucalipto en función de la concentración de NaOH y relación sólido/líquido (S/L)

Al evaluar el efecto de cada uno de los factores estudiados en el proceso de extracción de taninos, se observó que la temperatura no influyó probablemente debido que eran temperaturas muy cercanas; por el contrario, el factor de alcalinidad, es decir porcentaje de NaOH, y la relación S/L lograron una interacción en su mayoría directamente proporcional con el rendimiento de la extracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar J., Jaén J.C., Vargas A.S., Jiménez P., Vega I., Herrera J., Borbón H., Soto R.M. Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 25 (4): 15-22. 2012.
2. Álvarez J. Tanino. La revolución enológica mito o realidad. *Revista Enología*. 2 (IV): 1-15. 2007.
3. Amoako D.B., Awika J.M. Polymeric tannins significantly alter properties and in vitro digestibility of partially gelatinized intact starch granule. *Food Chemistry*. 208: 10-17. 2016.
4. Bernhard F., Main G., Holl K., Loumeto J., Ngao J. Fast disappearance of the water-soluble phenolic fraction in eucalypt leaf litter during laboratory and field experiments. *Applied Soil Ecology*. 23 (3): 273-278. 2003.

5. Borralho N., Nieto V. Eucalyptus para la Orinoquia: retos y oportunidades, *El mueble y la madera*, 75: 26-33. 2012. Recuperado 10 Diciembre 2017. Disponible En: https://www.researchgate.net/publication/275892989_Eucalyptus_para_la_Orinoquia_retos_y_oportunidades
6. Casares A.B. Análisis de polifenoles en los vinos mediante técnicas de separación, Ingeniera Técnica Industrial Especialista en Química. Escola Universitaria d'Enginyeria Técnica Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. 70 p. 2010.
7. Colín S., Ochoa H.G., Rutiaga J.G. Contenido de taninos en la corteza de dos especies de parácata (*Erythroxylon compactum* Rose y *Senna skinneri* Benth. Irwin & Barneby). *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 19 (1): 115-124. 2013.
8. Coronado M., Vega y León S., Gutiérrez R., Vázquez M., Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*. 42 (2): 206-212. 2015.
9. Chupin L., Motillon C., Charrier F., Pizzi A., Charrier B. Characterization of maritime pine (*Pinus pinaster*) bark tannins extracted under different conditions by spectroscopic methods, FTIR and HPLC. *Industrial Crops and Products*. 49: 897-903. 2013.
10. dos Santos C., Vargas Á., Fronza N., dos Santos J.H.Z. Structural, textural and morphological characteristics of tannins from *Acacia mearnsii* encapsulated using sol-gel methods: Applications as antimicrobial agents. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 151: 26-33. 2017.
11. Durán T.M. Efecto de un deshoje tardío en la composición fenólica de semillas de bayas del cultivar Carménère, Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 38 p. 2010.
12. Filgueira D., Moldes D., Fuentealba C., García D. Condensed tannins from pine bark: A novel wood surface modifier assisted by laccase. *Industrial Crops and Products*. 103: 185-194. 2017.
13. Garrote G., Falqué E., Domínguez H., Parajó J.C. Autohydrolysis of agricultural residues: study of reaction byproducts. *Bioresource Technology*. 98 (10): 1951-1957. 2007.
14. Granados C., Yáñez X., Acevedo D. Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Myrcianthes leucoxyla* de norte de Santander (Colombia). *Información tecnológica*. 25 (3): 11-16. 2014.
15. Jahanshahi S., Pizzi A., Abdulkhani A., Doosthoseini K., Shakeri A., Lagel M., Delmotte L. MALDI-TOF, ¹³C NMR and FT-MIR analysis and strength characterization of glycidyl ether tannin epoxy resins. *Industrial Crops and Products*. 83: 177-185. 2016.
16. Jerez M., Pinelo M., Sineiro J., Núñez M.J. Influence of extraction conditions on phenolic yields from pine bark: assessment of procyanidins polymerization degree by thiolysis. *Food chemistry*. 94 (3): 406-414. 2006.
17. Lee D.Y., Kim H.W., Yang H., Sung S.H. Hydrolysable tannins from the fruits of *Terminalia chebula* Retz and their α -glucosidase inhibitory activities. *Phytochemistry*. 137: 109-116. 2017

18. Min K., Freeman C., Kang H., Choi S.-U. The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment. *BioMed research international*. Article ID 825098: 1-11. 2015.
19. Nadhari W.N.A.W., Hashim R., Hiziroglu S., Sulaiman O., Boon J.G., Salleh K.M., Awalludin M.F., Sato M., Sugimoto T. Measurement of some properties of binderless composites manufactured from oil palm trunks and *Acacia mangium*. *Measurement*. 50: 250-254. 2014.
20. Naima R., Oumam M., Hannache H., Sesbou A., Charrier B., Pizzi A., Charrier F. Comparison of the impact of different extraction methods on polyphenols yields and tannins extracted from Moroccan *Acacia mollissima* barks. *Industrial Crops and Products*. 70: 245-252. 2015.
21. Olivás F.J., Wall A., González G.A., López J.A., Álvarez E., Rosa L.A., Ramos A. Taninos hidrolizables: bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*. 31 (1): 55-66. 2015.
22. Ping L., Pizzi A., Guo Z.D., Brosse N. Condensed tannins extraction from grape pomace: characterization and utilization as wood adhesives for wood particleboard. *Industrial Crops and Products*. 34 (1): 907-914. 2011.
23. Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones (PROEXPORT). Sector Forestal en Colombia. Bogotá, Colombia. 17 p. 2012.
24. Quiñones M., Miguel M., Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*. 27 (1): 76-89. 2012.
25. Villanueva J., Cerano J., Fulé P.Z., Cortés C., Vázquez L., Yocom L.L., Ruizl J.A. Cuatro siglos de variabilidad hidroclimática en el noroeste de Chihuahua, México, reconstruida con anillos de árboles. *Investigaciones Geográficas*. 87: 141-153. 2015.
26. Wadnerkar D., Tade M.O., Pareek V.K., Utikar R.P. CFD simulation of solid-liquid stirred tanks for low to dense solid loading systems. *Particuology*. 29: 16-33. 2016.

Colibacilosis en gallinas reproductoras

Colibacillosis in breeding hens

Colibacilose em galinhas reprodutoras

Díaz María del Pilar¹ y González Paya Gustavo Gratiniano²

¹MVZ, Universidad de los Llanos, ²MV, Esp. Docente Universidad de los Llanos

ggonzalez@unillanos.edu.co

Recibido 03 de Septiembre 2018, Aceptado 20 de Noviembre 2018

RESUMEN

La colibacilosis en gallinas reproductoras se da por la bacteria Gram negativa, enterobacteria *Escherichia coli* patogénica aviar (APEC), la cual presenta un porcentaje alto de polimorfismos y plasticidad en su genes, las investigaciones reportan hallazgos macroscópicos comunes: salpingitis, peritonitis y poliserositis, que conlleva a la muerte del ave, se definen tres rutas de contaminación, de forma ascendente por la cloaca del ave, ingreso por vía respiratoria o por translocación bacteriana desde el intestino; el diagnóstico de la colibacilosis se realiza a partir del historial del galpón, realizando necropsias y tomando muestras a partir de hisopos o tejido de órganos como oviducto, pulmón, corazón u otros órganos afectados, que se llevan a medios como McConkey, eosina-metileno azul o agar drigalki para su aislamiento, como pruebas específicas para *Esceherichia coli* se conocen métodos basados en fenotipos como serotipo de O/H inmunológico, tipificación de bacteriófago, electroforesis con enzimas multilocus, desorción/ionización láser asistida por matriz (MALDI-TOF) y métodos basados en genotipos como polimorfismo de longitud de restricción (RFLP), ensayo de suspensión basado en liminex, polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) y mapeo óptico. Las vacunas para esta bacteria no se han desarrollado a la perfección ya que presenta respuesta inmune ante sus homólogos, pero nada de resistencia a desafíos con heterólogos, sigue en investigación el desarrollo de vacunas que puedan presentar respuesta ante varios serotipos de la bacteria, por ahora la forma

eficaz de controlar la bacteria es a partir de protocolos de bioseguridad y prevención para la mantener la sanidad de la granja.

Palabras clave: *Escherichia coli*, salpingitis, peritonitis, diarrea, prevención.

ABSTRACT

The colibacillosis in breeding hens is given by Gram negative bacteria, avian pathogenic enterobacteria *Escherichia coli* (APEC), which presents a high percentage of polymorphisms and plasticity in its genes, research reports common macroscopic findings: salpingitis, peritonitis and polyserositis, which entails at the death of the bird, three routes of contamination are defined, ascending through the cloaca of the bird, entry by respiratory way or bacterial translocation from the intestine; the diagnosis of colibacillosis is made from the history of the chicken coop, making necropsies and taking samples from swabs or tissue from organs such as oviduct, lung, heart or others affected organs are carried to means such as McConkey, eosin-methylene blue or drigalki agar for their isolation, as specific tests to *Esceherichia coli* are known methods based in phenotypes such as serotyping of immunological O/H, bacteriophage typing, electrophoresis with multilocus enzymes, Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization (MALDI-TOF) and methods based on genotypes such as restriction length polymorphism (RFLP), liminex-based suspension assay, amplified fragment length polymorphism (AFLP) and optical mapping. The vaccines for this bacterium have not been developed to perfection because it presents an immune response to its homologous, but no resistance to challenges with heterologous, is still researching the development of vaccines that may present a response to several serotypes of the bacteria, for now the effective way to control the bacteria is from of biosafety and prevention protocols to maintain the health of the animal.

Keywords: *Escherichia coli*, salpingitis, peritonitis, diarrhea, prevention.

RESUMO

Colibacilose em galinhas reprodutoras é causada pela bactéria Gram-negativa, enterobactéria *Escherichia coli* aviária de alta patogenicidade (APEC), a qual apresenta uma elevada percentagem de polimorfismos e plasticidade em seus genes, as investigações relatam achados macroscópicos comuns: salpingite, peritonite e poliserosite, o que leva à morte do pássaro, três rotas de poluição são definidas, subindo pela cloaca do pássaro, entrada por via respiratória ou por translocação bacteriana do intestino; o diagnóstico de colibacilose é feito a partir da história do galinheiro, realizando necropsias e tomando amostras de cotonetes ou tecido de órgão, como oviduto, pulmão, coração ou outros órgãos afetados, que são levados para meios como McConkey, eosina-metileno azul ou agar drigalki para seu isolamento, como testes específicos para *Escherichia coli* são conhecidos métodos baseados em fenótipos como sorotipo O/H imunológico, tipagem de bacteriófagos, eletroforese com enzimas multilocus, dessorção/ionização laser assistido por matriz (MALDI-TOF) e métodos baseados em genótipos como o polimorfismo de comprimento de restrição (RFLP), ensaio de suspensão baseado em Liminex, polimorfismo de comprimento de fragmento amplificado (AFLP) e mapeamento óptico. As vacinas para esta bactéria não foram desenvolvidas à perfeição porque apresentam uma resposta imune aos seus homólogos, mas nenhuma resistência a desafios com heterólogos, ainda está sob investigação o desenvolvimento de vacinas que podem responder a vários sorotipos da bactéria, por agora a maneira eficaz de controlar a bactéria é a partir de protocolos de biossegurança e prevenção para manter a saúde da fazenda.

Palavras-chave: *Escherichia coli*, salpingite, peritonite, diarreia, prevenção.

INTRODUCCIÓN

La industria avícola comprende dos tipos de producción: carne y huevo, lo cual implica dos mercados distintos, que da origen a diferentes tipos de organizaciones, cuyo diseño y estructura de modelo de negocio también difieren. En las gallinas reproductoras se maneja un porcentaje del material genético para la producción de

pollo de engorde; en Colombia se manejan dos líneas de reproductoras, Cobb y Ross, cada una con características genotípicas para rendimiento y conversión del alimento en carne.

Con el fin de evitar enfermedad en las aves, la avicultura se rige por procesos de bioseguridad estrictos para controlar el ingreso de patógenos a las granjas, pero existen microorganismos que son habitantes normales del ave, y que durante un desequilibrio en su salud pueden producir enfermedad, es el caso de *Escherichia coli* bacteria Gram negativa, hospedero natural que en condiciones de estrés produce enfermedad causando gran mortalidad y bajos índices de producción. *E coli* puede causar daño en las reproductoras al iniciar su etapa productiva, cuyas principales lesiones son: salpingitis, peritonitis, salpingoperitonitis; lo cual implica una disminución en la producción de huevo fértil, mayor contaminación en la incubadora, aumento en el tiempo de la ventana de nacimiento por aumento de la muerte embrionaria, e inconformidad de los clientes por muerte temprana de los pollitos de engorde (Barnes y Gross, 1997).

En el sector avícola las enfermedades bacterianas como la colibacilosis son un desafío que enfrentan los veterinarios y productores, por la alta inversión y pérdidas económicas que representan, por ello se implementan protocolos de bioseguridad y normas sanitarias que se deben cumplir estrictamente, por ese motivo es necesario realizar una revisión literaria del desarrollo, causas y prevención que se deben tener en cuenta con *Escherichia coli* y así mejorar la comprensión de la enfermedad.

GENERALIDADES DE *Escherichia coli*

Theodor Escherichia fue pediatra y microbiólogo, reportó el primer aislamiento y caracterización de la bacteria, dándole el nombre de *Bacterium coli commune*. El organismo fue descrito después con diferentes sinónimos e interacciones por diferentes investigadores, hasta que en 1954 se le reconoció como *Escherichia coli* (Croxen *et al.*, 2013).

E. coli se ha convertido en uno de los organismos modelo para investigaciones en los cuales se utilizan cepas de laboratorio y estudios comparativos y analíticos (Breland *et al.*, 2017). Hasta la fecha, más de 3600 genomas de *E. coli*, se han secuenciado en parte o en su totalidad, revelando siete grupos filogenéticos: A, B1, B2, C, D, E, y F con los subtipos no clasificados en un octavo grupo (Clermont *et al.*, 2013).

Evolución de *E. coli*

Las cepas de *E. coli* presentan filogenéticamente cinco grupos principales a saber, A, B1, B2, D y E; *Escheria coli* enteroinvasiva (EIEC) también forma filogrupos adicionales, aunque los patotipos no siempre se agrupan en el mismo filogrupo, por ejemplo las cepas híbridas de *E. coli* enteronegativa (EAEC) y *E. coli* productora de toxina Shiga (STEC), *E. coli* patógena extraintestinal (ExPEC) o *E. coli* patógena aviar (APEC), y *E. coli* enterotoxigenica (ETEC) se han aislado en humanos y animales (Croxen *et al.*, 2013).

El tamaño del genoma de *E. coli* puede diferir hasta en un millón de pares de bases, entre los comensales y las variantes patógenas, este contenido genético adicional puede contener los genes de virulencia (Touchon *et al.*, 2009). La genómica comparada ha demostrado que los genomas de *E. coli* se dividen entre un conjunto de genes compartidos y conservados, denominado genoma central, y un conjunto de genes flexible llamado pangenoma; una comparación reciente de 186 genomas de *E. coli* encontró 1.700 grupos de genes homólogos compartidos en todos los genomas y un pangenoma de 16.400 grupos de genes (Kaas *et al.*, 2012). Por lo tanto, la patogenicidad de *E. coli* está otorgada por el conjunto de genes flexibles, a través de la ganancia y pérdida de material genético, en varios puntos del genoma (Croxen *et al.*, 2013).

El polimorfismo de la bacteria sugiere que la virulencia es la fuerza que impulsa la recombinación frecuente que se produce en *E. coli*, manteniendo bajas frecuencias de recombinación homóloga, pero que en ocasiones puede adquirir nuevos genes dando como resultado virulencia por intercambio genético horizontal (HGT); el

resultante tiene mayor exposición a las defensas inmunes del hospedero, que a su vez selecciona variantes que pueden evadir esas defensas, la selección de tales variantes da como resultado tasas de mutación y recombinación más altas (Hacker y Kaper, 2000).

La mayoría de veces *E. coli* coloniza el tracto gastrointestinal de los humanos y otros mamíferos, y son parte de la flora normal del organismo, sin embargo, la adquisición de elementos genéticos, principalmente a través de la transferencia horizontal de genes da lugar a *E. coli* patógenas con distintos factores de virulencia (Breland *et al.*, 2017). Los patotipos de *E. coli* gastrointestinales o diarreicos incluyen adherentes difusamente (DAEC), enteroagregativos (EAEC), enterohemorrágicos (EHEC), enteroinvasivos (EIEC), enteropatógenos (EPEC) y enterotoxigénicos (ETEC), han surgido también patotipos de *E. coli* patógenos extraintestinales (ExPEC), incluyendo *E. coli* patogénica aviar (APEC), *E. coli* causante de meningitis neonatal o asociada a meningitis (NMEC/MAEC) y *E. coli* uropatógena (UPEC); las constantes mutaciones que ocurren en los serotipos de *E. coli* han causado resistencia frente a los antimicrobianos, lo cual ha llevado a ocupar un papel importante en la incidencia y letalidad de las infecciones extraintestinales (Breland *et al.*, 2017; Russo y Johnson, 2000).

***Escherichia coli* patogénica aviar**

APEC es un importante patógeno en la industria avícola, considerado miembro patogénico de ExPEC, que puede infectar a pollos de engorde, pavos y gallinas en postura, causando la enfermedad denominada colibacilosis; las cepas de APEC inducen una amplia gama de infecciones localizadas y sistémicas, siendo una de las principales causas de mortalidad y morbilidad asociadas con grandes pérdidas económicas en la industria en todo el mundo (Zhuang *et al.*, 2014).

La relación genética que tienen las APEC y las ExPEC está asociada con enfermedades humanas, sumado a la evidencia de modelos animales experimentales que han llegado a sugerir que las APEC pueden representar un riesgo zoonótico (Guabiraba y Schouler, 2015; Moulin *et al.*, 2007).

La mayoría de las enfermedades asociadas a APEC son secundarias a factores ambientales y predisposición del hospedero, por lo tanto, las pérdidas debidas a estas enfermedades pueden reducirse considerablemente controlando estos factores, actualmente APEC se reconoce como patógeno primario en lugar de una consecuencia de infecciones virales o inmunosupresiones, aunque el conocimiento de APEC y su patogénesis es limitado debido a su gran diversidad y plasticidad genética (Collingwood *et al.*, 2014).

EPIDEMIOLOGÍA

E. coli son habitantes normales del tracto digestivo de muchas especies de aves, aunque, también colonizan el tracto respiratorio superior (faringe y tráquea) y pueden aislarse en plumas, dependiendo del nivel de contaminación ambiental (Gross, 1994). La contaminación de las aves con *E. coli* ocurre en las primeras horas después de la eclosión, las cepas se multiplican rápidamente en el intestino, y muchas cepas diferentes se pueden adquirir durante la vida, la contaminación vertical resulta de la transmisión de las reproductoras, en el momento de la salida del huevo por la cloaca, o *in ovo*, como resultado de la salpingitis (Piercy y West, 1976), la contaminación horizontal ocurre por contacto con otras aves a través de las heces, agua contaminada y alimento, aunque las aves se contaminan frecuentemente por inhalación de partículas presentes en el polvo que pueden contener hasta 10^6 UFC de bacterias por gramo (Dho-Moulin y Fairbrother, 1999). La prevalencia de infecciones por *E. coli* en aves de corral es alta, en las gallinas ponedoras las lesiones incluyen salpingitis, peritonitis y salpingoperitonitis (Collingwood, 2016; Jordan *et al.*, 2005).

La mortalidad en pollos recién eclosionados suele atribuirse a infecciones por APEC, mientras que los brotes de APEC en pollos de engorde resultan en tasas de mortalidad de hasta 20%, y en aves que no muestran signos evidentes de infección pueden observarse lesiones en el momento del sacrificio; anteriormente se pensaba que las infecciones por *E. coli* en pollos ocurrían después de la infección primaria por virus como Newcastle u otros microorganismos como *Mycoplasma*, sin embargo hoy se reconoce que las infecciones por APEC pueden ser primarias, siendo sus

factores predisponentes: estrés, exposición a amoníaco y polvo, agua contaminada, y razas modernas de rápido crecimiento son especialmente susceptibles (Barnes *et al.*, 2008).

Factores de virulencia

Varias investigaciones han aportado conocimientos sobre los mecanismos patogénicos expresados por los patotipos APEC, los factores de virulencia que se han descrito incluyen adhesinas, toxinas, sistemas de absorción de hierro y resistencia al suero del hospedero (Nakazato *et al.*, 2009).

- Adhesinas: La adhesión bacteriana al epitelio es importante para el establecimiento de la infección, porque permite el enlace bacteriano y contacto cercano con el hospedero; las adhesinas interactúan con receptores específicos, aunque la presencia de una adhesina no significa que la bacteria pueda adherirse a todas las superficies (Collingwood, 2016).
- Fimbria F1: Se caracteriza por su capacidad para unirse a la D-manosa, y por ende a diferentes tipos de células eucarióticas, incluyendo células intestinales, pulmonares, vesicales, epiteliales, renales y diversas células inflamatorias (La Ragione y Woodward, 2002).
- Fimbria P: Denominada así por el pili o antígeno sanguíneo P asociado a la pielonefritis; se ha descrito principalmente en *E. coli* uropatógena humana, ocasionalmente en aislados urinarios caninos, en septicemia porcina y en APEC; se ha establecido que las fimbrias se expresan *in vivo* en las infecciones del tracto urinario y en los alvéolos de los pollos (Collingwood, 2016). Pourbakhsh *et al.*, (1997) sugirieron que las fimbrias podrían estar involucradas en la colonización de los órganos sistémicos y la subsecuente septicemia. El papel de las fimbrias P en la patogenicidad de APEC aún no se ha aclarado, pero se sugiere que estas adhesinas no serían importantes para la colonización inicial del tracto respiratorio superior, aunque sí lo serían en las últimas etapas de infección, y también podría estar involucrada en la transformación de cepas avirulentas en virulentas (Kariyawasam *et al.*, 2006).

- Curly fimbria: Se cree que están involucrados en la supervivencia de la bacteria fuera del huésped y también desempeñan un papel en la colonización temprana (Olsen *et al.*, 1993). Se encuentran en la superficie celular y son responsables del enlace bacteriano con proteínas de la matriz extracelular, y de la supervivencia en el ambiente externo (Olsen *et al.*, 1993). Se cree que participan en la virulencia de ExPEC a través de interacciones con el complejo mayor de histocompatibilidad (MHC), encontrado en la mayoría de los tipos de células de mamíferos o mediante interacciones con proteínas de matriz y plasmáticas (Collingwood, 2016).
- Fimbria S: Se cree que intervienen en el cruce de la barrera hematoencefálica y también se adhieren a las células epiteliales del tracto urinario humano, lo cual sugiere un papel en la infección del tracto urinario; hasta el momento, no se ha sugerido ningún papel para la fimbria S en las infecciones de APEC, sin embargo, se produce esporádicamente en patotipos APEC con una prevalencia entre 5 y 10%, por lo tanto, puede desempeñar un papel en las infecciones de especies de aves, y también puede presentar un riesgo zoonótico para los humanos (Wright y Hultgren, 2006).
- Flagela: La mayoría de APEC son flagelados y móviles; los flagelos son apéndices superficiales finos, que se encuentran en una variedad de bacterias Gram negativas y positivas, que confieren movilidad en medios acuosos, tienen aproximadamente 150 μm de longitud y 20 nm de diámetro, con una disposición de 5 a 10 flagelos por célula (Nakazato *et al.*, 2009). Los flagelos también promueven la penetración bacteriana del moco intestinal *in vivo*, que puede atribuirse a la motilidad activa guiada por la quimiotaxis a lo largo de un gradiente de toxina, para acercarse a las células epiteliales subyacentes; las bacterias deben atravesar la capa de moco, que actúa como un sitio inicial para la adhesión bacteriana, como barrera protectora, como fuente de nutrientes y matriz para la replicación bacteriana, colonización e infección (Collingwood *et al.*, 2014).
- Cápsula: Algunas cepas de *E. coli* tienen una cápsula de ácido N-acetilmurámico en su superficie celular que puede interactuar con los

activadores C3 y C3b en las vías del complemento clásico y alternativo, que confiere resistencia inmune a las bacterias y que induce la resistencia inmune, el antígeno capsular K1 se asocia frecuentemente a patotipos de APEC que pertenecen a los serogrupos O1, O2 y a cepas no tipificables (Pourbakhsh *et al.*, 1997).

- Resistencia sérica: Es la resistencia bacteriana al complemento, mediada por estructuras superficiales bacterianas como LPS, cápsula, colicina Col V y proteínas de membrana externa, y se ha asociado con cepas de APEC; el factor Iss (aumento de la supervivencia sérica) está asociado con la patogenicidad de APEC puesto que el gen iss se ha encontrado con mayor frecuencia entre cepas patógenas que no patógenas (Nakazato *et al.*, 2009).
- Hemaglutinina sensible a la temperatura (TSH): La TSH es una proteína autotransportadora de serina-proteasa que se sintetiza como un precursor de 140 KDa, y se divide en dos subunidades en el periplasma bacteriano: una subunidad de 33 KDa que permanece insertada en la membrana externa y funciona como un dominio del pasajero y otra subunidad con 106 KDa que se secreta al ambiente extracelular la cual permanece temporalmente en la membrana externa y media la adhesión bacteriana durante las etapas iniciales de la infección, después de su secreción, la subunidad de 106 KDa probablemente presenta una actividad proteolítica, lo cual convierte a la proteína TSH en una proteína bifuncional con actividades adhesivas y proteolíticas (Mellata *et al.*, 2003).
- Sistema de transportadores de metales: Metales tales como hierro, zinc, níquel y cobre son esenciales para muchos procesos celulares, la concentración de estos iones metálicos dentro del citoplasma debe ser estrictamente regulada, si la concentración de hierro es demasiado baja, ciertas metaloproteínas y enzimas estarán inactivas, mientras que una concentración demasiado alta causará toxicidad (Waldron *et al.*, 2009).
- Toxinas: Las bacterias secretan sustancias en su ambiente con diferentes propósitos, como descomponer las sustancias para absorber, metabolizar y dañar otros microorganismos, para reducir la competencia por los recursos,

para comunicarse con otras bacterias, y para mejorar su capacidad de colonizar un hospedero o permitir el movimiento hacia un nicho diferente (Collingwood, 2016). Algunas cepas de APEC pueden producir toxinas como enterotoxina labil al calor (LT) y enterotoxina resistente al calor (ST), y las verotoxinas conocidas como toxinas Shiga, además se ha descrito también una toxina vacuolizante expresada por APEC (Ewers *et al.*, 2004).

- Colicinas: Son proteínas expresadas por *E. coli* que inhiben el crecimiento bacteriano de la misma especie o especies relacionadas, se componen de dos subunidades, una que provoca lesiones de células bacterianas y otra que protege a la bacteria contra sus propias colicinas, las colicinas pueden ser codificadas por genes localizados en plásmidos, la mayoría de las cepas de APEC tienen plásmidos de colicina V (Collingwood, 2016).

SÍNDROME DE PERITONITIS, SALPINGITIS Y PERISALPINGITIS POR *Escherichia coli* EN GALLINAS REPRODUCTORAS

E. coli es considerado como el agente etiológico de mayor causa de salpingitis y peritonitis en gallinas, en las aves adultas puede infectar el aparato reproductivo, mientras que la infección temprana es asintomática, y es responsable de alta mortalidad embrionaria en las plantas de incubación (Gross, 1994).

Genómica aviar

En las aves la colibacilosis produce una alta morbilidad y mortalidad; en todo el mundo la enfermedad se asocia con los serotipos O1, O2 y O78, los dos últimos constituyen alrededor del 80% de los casos. Las bacterias involucradas varían según el origen clonal, lo que lleva a un alto grado de diversidad en el pangenoma, sin embargo, hay varios factores de virulencia que son conservados en todas las cepas APEC, uno de ellos es el plásmido ColV grande, este plásmido porta muchos genes asociados a la virulencia que junto con los genes de virulencia transmitidos en el cromosoma promueven la patogénesis (Guabiraba y Schouler, 2015).

Huja *et al.*, (2015) realizaron un análisis genómico de las cepas de APEC aisladas en aves con colisepticemia que representa los principales serotipos septicémicos

aviar O78 y O2, observando que APEC constituyen un grupo de bacterias que son filogenéticamente distantes, aunque causan la misma enfermedad y tienen factores de virulencia similares.

El genoma de *E. coli* tiene un alto grado de plasticidad, de los muchos aislamientos secuenciados completamente, se comparte un núcleo central genómico de alrededor de 2000 genes y un pangenoma que presenta más de 18.000 genes, el cual permite un gran grado de flexibilidad y adaptación a través de la transferencia horizontal de genes (Touchon *et al.*, 2009). La secuenciación del se relaciona con la patogenicidad que puede presentar el serotipo, dependiendo de las características de supervivencia que tenga en el hospedero. En un estudio realizado por Ewers *et al.*, (2004) evaluando las principales serogrupos aislados en la colisepticemia de la industria avícola, encontraron la distribución así: O1 (6%), O2 (28%), O78 (14.7%) y comensales (50.4%); los siguientes genes fueron identificados con una alta prevalencia: fimC (92.0%), iss (82.7%), colV (62.7%), iucD (78.0%) y la combinación de fyuA e irp2 (71.3%), los genes tsh (53.3%) y vat (48.7%) estuvieron presentes en aproximadamente la mitad de las cepas, y en menor prevalencia se identificó astA (20.0%) y papC (22.7%) en las cepas septicémicas.

Patogénesis aviar

Las condiciones biológicas y ambientales, así como las infecciones virales o de micoplasmas, el hacinamiento y la mala ventilación, predisponen a las aves a infecciones por *E. coli* (Gross, 1994). Las cepas de APEC pertenecen a clones y serogrupos limitados, siendo los más comunes y generalizados O1, O2 y O78, asociándose varios factores de virulencia potenciales con APEC, que incluyen las fimbrias tipo 1 (F1A), P (F11), curli y el sistema secuestrante de hierro de aerobactina K1 (Mellata *et al.*, 2003).

Han sido reconocidas tres rutas de infección: el ascenso de las bacterias por la cloaca al oviducto, la infección por el tracto respiratorio y la colonización del tracto gastrointestinal; y se describen tres pasos de la bacteremia: colonización, adquisición de nutrientes e inmunoevasión:

- Colonización: Se encuentran, adhesinas (fimbrias tipo 1, fimbrias Curly, fimbria P, YqiStg fimbria, adhesina autotrasportadora AatA) que son proyecciones que se adhieren a la mucosa del hospedero y producen la colonización.
- Adquisición de nutrientes para su sobrevivencia, las cepas de APEC secuestran iones férricos de las proteínas ligadoras de hierro, elemento fundamental requerido para la respiración y síntesis de ADN. Los factores de virulencia tienen afinidad por quelantes de hierro como la aerobactina, salmochelin y sistema sit, que es una proteína transportadora ChuA, que se encargan del crecimiento bacteriano dentro de los fluidos biológicos del hospedador, en los que el hierro, tiene bajas concentraciones.
- La inmunoevasión que presenta la APEC para no ser atacada por la fagocitosis y leucocitos del hospedero se da a partir del polisacárido capsular K1 con resistencia sérica y el sistema de secreción degenerador tipo III, dos factores de virulencia que conllevan a la patogénesis y la causa de la enfermedad en las gallinas reproductoras (Lutful *et al.*, 2017).

Como se mencionó anteriormente, hay varias rutas de entrada para infectar el tracto reproductivo de las hembras, una de ellas es la contaminación por las heces presentes en la cloaca pueden resultar en un proceso ascendente hacia la vagina y hacia las secciones restantes del oviducto, puesto que la producción intensiva de huevos y la actividad estrogénica asociada predisponen a las gallinas a relajar el esfínter entre la vagina y la cloaca causando salpingitis, y si la pared del oviducto de las gallinas con salpingitis se ve comprometida puede producirse invasión peritoneal por APEC, lo que puede conducir a salpingoperitonitis. La patogénesis de la enfermedad se da por la capacidad de las bacterias para adherirse y colonizar los tejidos del hospedero (Barnes *et al.*, 2008; Landman y Cornelissen, 2006).

Las propiedades de adherencia de las cepas de *E. coli in vitro*, presentan mayor adherencia al epitelio ciliado, en los oviductos de las reproductoras adultas (50 semanas) en comparación con los de las aves jóvenes (12 semanas de edad) (Monroy *et al.*, 2005). La salpingitis afecta a las aves adultas en producción cuando ya se ha producido la citodiferenciación del oviducto a partir de la producción de

hormonas, la diferencia en las propiedades de adherencia puede estar asociada con dicha diferenciación, dado que el epitelio maduro presenta diferentes tipos de células epiteliales, es probable que ciertas proteínas presentes en la membrana celular permitan la unión con *E. coli*. La presencia de cilios en la mucosa diferenciada también podría estar involucrada en la adherencia bacteriana (Barnes y Gross, 1997).

La infección del tracto respiratorio de las aves por APEC ocurre a través de la inhalación de partículas de aerosol contaminado, las bacterias inhaladas en el pulmón son atacadas por los macrófagos, primera línea de defensa del organismo y medio de diseminación de la bacteria, las APEC son fagocitadas por células epiteliales auriculares e infundibulares de la región parabronquial. El saco aéreo no tiene mecanismos de defensa celular conocidos y depende de la afluencia inflamatoria de neutrófilos, como parte de la primera línea de defensa celular, por tanto, las regiones de intercambio de aire de los pulmones y sacos aéreos son vulnerables a la colonización bacteriana. La región aire-capilar del pulmón, es un sitio importante de entrada de *E. coli* al torrente sanguíneo de las aves, después de colonizar tráquea y sacos aéreos se considera que los siguientes órganos afectados son el pericardio e hígado causando bacteremia (Dho-Moulin y Fairbrother, 1999).

Los pulmones de las aves poseen parabronquios, estructuras que permiten el flujo unidireccional del aire a través del pulmón, los cuales están en contacto cercano con los capilares sanguíneos, es decir un área para el intercambio de gases en el sistema respiratorio aviar donde el aire entra y sale por distensión y compresión, el aire puede entrar y salir del pulmón, pero también permanecer en los parabronquios, lo cual puede favorecer la colonización bacteriana de las vías respiratorias inferiores del ave. La colibacilosis pulmonar es prevalente, sin embargo, células residentes podrían ayudar a reconocer y eliminar las bacterias invasoras en los pulmones de las aves, tanto los macrófagos como las células dendríticas están presentes en la mucosa de las vías respiratorias más grandes (Guabiraba y Schouler, 2015).

Respuesta inmune del hospedero

Diversos niveles de defensa del hospedador se desarrollan, dependiendo del número de organismos que ingresan y de la virulencia que presenten; si el tamaño del inoculo y la virulencia son bajos, los fagocitos tisulares son capaces de eliminar la bacteria, mientras que organismos con mayor virulencia inducen una reacción inmunitaria específica y adaptativa en el animal (Kindt *et al.*, 2007). Las bacterias extracelulacelulares producen endotoxinas como los lipolisacaridos, que son componentes de la pared celular bacteriana que producen una respuesta inmune básica.

Para responder a un microorganismo invasor, las células inmunes receptoras responden a través de receptores como los Toll-like (TLR) que distinguen diferentes clases de patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP), la activación microbiana de las células inmunitarias inducida por el patógeno conduce a la activación de vías de señalización intracelular relacionadas con los mecanismos de destrucción microbiana y la producción de citosinas (Guabiraba y Schouler, 2015). Las funciones de los macrófagos incluyen: fagocitosis de partículas extrañas, secreción de enzimas y metabolitos oxidativos, producción de citocinas involucradas en la respuesta proinflamatoria como interleucinas (IL1, IL6) y factor de necrosis tumoral (TNF α), y opsonización, además también tienen un papel importante en la activación de la respuesta inmune celular (Sun *et al.*, 2016). Las células natural killer (NK) tienen características similares a las células T citotóxicas, puesto que ambas responden contra una amplia variedad de patógenos mediante la producción de serina proteasa, que es una proteína formadora de poros; estas células desempeñan un papel clave en la defensa primaria del hospedero y en la homeostasis de los tejidos normales como parte del sistema inmune innato (Yoder y Litman, 2011).

Hallazgos patológicos

La infección por *E. coli* incluye septicemia, pericarditis subaguda, aerosaculitis, salpingitis y peritonitis; muchos serotipos se encuentran en las aves de corral, pero

solo APEC posee factores de virulencia específicos y es capaz de causar salpingitis y peritonitis, lesiones que pueden ser causadas por una infección sistémica o ascendente del oviducto desde la cloaca (Landman y Cornelissen, 2006); suele encontrarse exudados fibrinosos en la vagina y oviducto (itsmo, utero), ovarios atrofiados y mucosa del oviducto engrosada y edematosa (Ozaki y Murase, 2009; Roberts *et al.*, 2011).

A nivel microscópico, los procesos inflamatorios causados por APEC llevan a necrosis y acumulación de fibrina en los tejidos. En un estudio realizado por Chaudhari y Kariyawasam, (2014) con modelos de infección experimental con *E. coli* O78 en reproductoras pesadas se observaron lesiones en el tejido ovárico con engrosamiento de la membrana perivitelina, reemplazo de células de la granulosa por células inflamatorias y presencia de colonias bacterianas.

EFFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN

La infección del oviducto por *E. coli* causa alta mortalidad en las reproductoras, disminución de la producción de huevo, contaminación de huevos fértiles, aumento en la mortalidad embrionaria o en la primera semana de vida del pollo de engorde (Barnes *et al.*, 2008). La entrada del microorganismo tiene lugar en diferentes sitios del sistema de producción, hay transmisión horizontal en las incubadoras y en la línea de procesamiento en el criadero pudiendo afectar a polluelos; el transporte de pollos y la higiene de la granja también son puntos críticos que presentan un riesgo de transmisión (Yassin *et al.*, 2009). La transmisión vertical es una importante ruta para los genes que confieren resistencia a los antimicrobianos (Olsen *et al.*, 2012; Petersen *et al.*, 2006).

Trasmisión a la progenie

Se considera que la transmisión vertical de agentes infecciosos generalmente ocurre por el oviducto antes de la formación de la cáscara del huevo, *E. coli* es capaz de penetrar la cáscara de huevo y ha sido aislado de huevos fértiles (Olsen *et al.*, 2012). También se ha demostrado la transmisión vertical para otras especies

bacterianas tales como *Salmonella enterica* y *Enterococcus faecalis* (Landman *et al.*, 1999).

Wang *et al.*, (2018) evaluaron la muerte embrionaria después de la inoculación de dos cepas de *E. coli* (ST95 y ST141) encontrando que todos los embriones murieron a las 48 horas post inyección, destacando la habilidad que tiene *E. coli* para penetrar la cascara del huevo y así poder desarrollar una ruta de infección y alterar el desarrollo del embrión.

Factores como la diferencia de temperatura entre el huevo y suspensión bacteriana, el pH de la misma, la concentración bacteriana, la humedad y la calidad de la cáscara pueden influir en la tasa de penetración bacteriana en la cáscara. La calidad de la cáscara disminuye durante la vida de la gallina ponedora, lo que resulta en una mayor tasa de huevos contaminados en aves mayores a 45 semanas; se ha reportado que la deposición de la cutícula, es un factor que influye en la tasa de penetración de la bacteria a la cáscara de huevo, mientras que otros factores como el grosor de la cáscara y el número de poros en la cáscara no contribuyen significativamente en la misma (De Reu *et al.*, 2006).

Poulsen *et al.*, (2017) encontraron que la mayor prevalencia de colonización de *E. coli* se presenta en el huevo de piso y que fue significativamente mayor ($P < 0.05$) a la de los huevos puestos en nido, esto podría sugerir que, excluir los huevos del piso de la nacedora podría minimizar la infección de los pollos recién nacidos con *E. coli*. Estos mismos autores encontraron que pollitos de padres con mayor edad presentaban mayor riesgo de contaminarse que los de padres que eran jóvenes, puesto que, como se mencionó anteriormente, la calidad de la cascara del huevo puede influir en este aspecto.

DIAGNÓSTICO

El primer paso para iniciar llegar al diagnóstico es realizar necropsias evaluando lesiones macroscópicas como pericarditis, peritonitis, perihepatitis y/o salpingitis, aunque estos hallazgos son muy generales, por lo tanto, el diagnóstico debe confirmarse mediante el aislamiento a partir de sangre cardíaca o tejidos afectados,

como hígado, bazo, pericardio y médula ósea; los medios selectivos como McConkey, eosina-metileno azul o agar drigalki son usados para su cultivo, la identificación adicional de las colonias se basa en reacciones bioquímicas como producción de indol, fermentación de glucosa con producción de gas, presencia de β -galactosidasa, ausencia de producción de sulfito de hidrógeno y ureasa, e incapacidad de usar citrato como fuente de carbono (Dho-Moulin y Fairbrother, 1999).

La membrana externa de *E. coli* está compuesta por lipopolisacáridos (LPS) que incluyen lípido A, oligosacáridos centrales y un polisacárido único, denominado antígeno-O, algunos de los cuales han sido seleccionados como biomarcadores para su clasificación. El método diagnóstico de la O-serotipificación es de uso frecuente, siendo una herramienta valiosa en la evaluación epidemiológica, el análisis de riesgos y la prevención. La serotipificación molecular hace referencia a ensayos genéticos que se dirigen a genes específicos del grupo O que se encuentran dentro de los grupos genéticos de *E. coli*. Existen métodos rápidos como ELISA basado en la detección de anticuerpos contra dos serotipos patógenos importantes de *E. coli* O78: K80 y O2: K1; también ELISA basado en el antígeno fimbrial, pero ambos tienen un valor limitado porque solo pueden detectar tipos de APEC homóloga (Fratamico *et al.*, 2016).

La electroforesis en gel de campo pulsado (PFGE) es un método confiable y altamente discriminatorio y se ha considerado como el "estándar de oro" de los métodos de tipificación del genoma; también está disponible la tecnología de repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas (CRISPR), que se basa en repeticiones de ADN cortas altamente conservadas separadas por secuencias únicas de longitud similar, y que se han utilizado para la subtipificación, identificación y detección de bacterias con base en el contenido la secuenciación de loci CRISPR. Los análisis de tipificado basados en CRISPR se pueden utilizar para la detección y diferenciación de cepas en investigaciones epidemiológicas (Shariat y Dudley, 2014).

Factores de riesgo

El riesgo de colibacilosis aumenta con la contaminación del medio ambiente relacionado con un inadecuado manejo de la bioseguridad en la granja, puesto que la mala higiene del galpón, del personal, de los equipos y materiales, y la ausencia de fumigaciones rutinarias de las camas de los galpones para disminuir la carga bacteriana pueden predisponer a la enfermedad. Un ambiente desfavorable con exceso de amoníaco o polvo hace que el sistema respiratorio sea más susceptible a las infecciones por APEC, por ello es importante tener buena limpieza de las mallas, nidos, lámparas y todos los materiales que se encuentren en el galpón; el estado de la cama puede ser un riesgo de colonización rápida de la bacteria (Barnes y Gross, 1997). Otro factor a tener en cuenta es la sobrepoblación, y los cambios bruscos que se dan en el momento de la apertura o comienzo de la producción de las aves, porque hay contacto directo entre machos y hembras, y si no se maneja adecuadamente la densidad de machos por metro cuadrado, se genera sobreapareamiento causando laceraciones en las gallinas y aumentando el riesgo de celulitis que conllevan a la septicemia.

También es importante la duración de la exposición, la virulencia propia de la cepa, la raza y el estado inmunológico del ave. Los daños causados en el sistema respiratorio por otro patógenos pueden favorecer la infección por APEC. El consumo del agua en los animales es otro factor crítico, y ésta debe cumplir con estándares de calidad aceptados, con un adecuado manejo para que las concentraciones de bacterias totales y de coliformes no excedan 100 y 500 UFC/100 ml respectivamente.

Por otro lado, las deficiencias severas de los nutrientes requeridos pueden deteriorar la inmunidad del hospedero y por ende la resistencia a las enfermedades, es importante evaluar las condiciones de presentación e higiene del alimento suministrado a las aves, porque si no son las ideales se da lugar a alteraciones en la inmunidad del intestino y con ello favorecer la invasión de bacterias patógenas que producen daño a las aves. El manejo que se le da a la recogida del huevo de piso es importante para disminuir el riesgo de contaminación y colonización

bacteriana que posteriormente lleva a muerte embrionaria o contaminación de la máquina de nacimiento.

PREVENCIÓN

Diferentes frentes deben ser abordados para lograr una eficaz prevención de las enfermedades, en primer lugar, disminuir la contaminación ambiental para minimizar el contacto con los patógenos, teniendo una adecuada infraestructura con zonas limpias y sucias, zonas para cambio de ropa y lavado de manos, adecuado manejo de las heces y control de plagas; además es de vital importancia controlar estrictamente factores como la densidad, humedad, ventilación, polvo y amoniaco. De otro lado el un buen manejo del huevo como la recogida a las horas correspondientes, uso de desinfectantes, fumigación de los huevos dentro de las dos horas posteriores a su postura y descarte de huevos fragmentados o aquellos con una contaminación fecal evidente (Barnes y Gross, 1997; Dho-Moulin y Fairbrother, 1999).

Vacunas

Las aves responden a las vacunas desarrollando respuestas inmunes humorales y celulares, la bolsa de Fabricio y el timo sirven como los principales órganos linfoides de su sistema inmune; las células B usan inmunoglobulinas de superficie como receptores de antígenos y se diferencian en células plasmáticas para secretar anticuerpos, se producen tres clases de inmunoglobulinas: IgM, IgG e IgA, el éxito de la respuesta vacunal en una parvada generalmente se controla midiendo el aumento en los títulos de anticuerpos a los pocos días de la vacunación (Ghunaim *et al.*, 2014).

Los esfuerzos para encontrar una vacuna eficaz contra las APEC se han centrado en el uso de bacterinas, posteriormente se desarrollaron las vacunas *in vivo* y luego las de subunidades. Se deben superar varios obstáculos al intentar diseñar una vacuna eficaz, en general deben ser capaces de inducir protección cruzada contra varios serogrupos de APEC, su administración debe ser masiva como en el agua potable, el alimento, *in ovo* o spray, por último se deben ser administradas a aves

jóvenes para que desarrollen una inmunidad protectora (Dho-Moulin y Fairbrother, 1999; Ghunaim *et al.*, 2014).

PERSPECTIVA PROFESIONAL

Los mecanismos subyacentes a la evolución y aparición de nuevos patógenos bacterianos no son suficientes para explicar la evolución de las cepas patogénicas de *Escherichia coli*. Se ha determinado que es una bacteria con una gran diversidad de genes polimórficos que presentan un ambiente detallado para ser estudiado, este polimorfismo define los factores de virulencia y los genes responsables de la diferenciación que presenta cada cepa, estos factores de virulencia son los responsables de la supervivencia del patógeno dentro del hospedero.

Se puede entender que hay tres tipos de contaminación posible en el ave, ya sea ingresando por vía respiratoria, translocación bacteriana en el intestino, o por el ingreso ascendente desde la cloaca al oviducto, conllevando a la muerte del ave y generando lesiones como pericarditis, perihepatitis, ooforitis, salpingitis, o en general una poliserositis, lesiones que pueden ser evidentes en la necropsia.

Dado que en la industria avícola se manejan sumas altas de dinero, es importante controlar los factores de riesgo que pueden resultar en brotes de *E. coli* mediante las buenas prácticas de manejo y la bioseguridad dentro de las instalaciones. Cuando hay infección pero sin evidencia clínica, se presentan problemas como bajos porcentajes de nacimientos, ventanas de nacimiento muy abiertas, aumento de mortalidad en pollitos de un día, que pueden llevar reclamos por parte de los clientes.

Un método de prevención contra la colibacilosis es la vacunación, que forma parte integral de los planes sanitarios de los lotes y las granjas. Los sistemas de administración de vacunas incluyen inyección *in ovo*, aerosol, pulverización, dilución en agua potable, colirio e inyección en la membrana del ala. Al entender el genoma de la bacteria se comprende la dificultad para crear una vacuna que responda ante diferentes cepas que se puedan presentar en campo; también se han hecho

estudios para encontrar un medio de aspersión que le brinde una adecuada inmunidad a las aves.

CONCLUSIÓN

Es de vital importancia controlar los puntos de riesgo que presenta la granja, para disminuir la contaminación de las aves y de los subproductos, manteniendo buenos protocolos de bioseguridad, sanitización de los galpones, adecuado manejo de desechos de las aves, tiempos de retiros entre lotes, realizando control microbiológico del agua y de materias primas, ventilación de los galpones, inmunización de aves y capacitaciones a los operarios que manejan los animales.

RECOMENDACIONES

Realizar evaluaciones microbiológicas rutinarias a los elementos de los galpones, agua, alimento y mano de los operarios que manipulan las aves.

Llevar un reporte de los casos presentados en la granja a partir de la fecha del evento, edad del lote, etapa de producción, alimento suministrado, operario que maneja el lote y lo correspondiente a los hallazgos de necropsias, con el objetivo de valorar la presentación de la enfermedad, posibles causas y así determinar en qué puntos críticos se están fallando dentro de la granja.

Realizar un diagnóstico certero basado en las necropsias y análisis microbiológicos, y en lo posible aislamiento y genotipificación de la bacteria, puesto que las nuevas tecnologías facilitan una mejor comprensión de la patogénesis microbiana.

Cuando se realicen tratamientos antibióticos sobre las aves se debe tener en cuenta que debido a su polimorfismo y variabilidad genética de *E. coli* su puede incrementar la presión de selección dando lugar a cepas con resistencia antibiótica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barnes H., Nolan L., Vaillancourt J. Colibacillosis. En: Saif Y., Fadly A., McDougald L., Nolan L. y Swayne D. (Ed). Disease of Poultry. Blackwell Publishing, Iowa, USA, p 691-737. 2008.

2. Barnes J., Gross W. Colibacillosis. En: Calnek B. (Ed). Diseases of poultry. State University Press, Ames: Iowa, p 131-141. 1997.
3. Breland E.J., Eberly A.R., Hadjifrangiskou M. An overview of two-component signal transduction systems implicated in extra-intestinal pathogenic *E. coli* infections. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 7 (Art. 162): 1-14. 2017.
4. Clermont O., Christenson J.K., Denamur E., Gordon D.M. The Clermont *Escherichia coli* phylo-typing method revisited: improvement of specificity and detection of new phylo-groups. *Environmental Microbiology Reports*. 5 (1): 58-65. 2013.
5. Collingwood C., Kemmett K., Williams N., Wigley P. Is the concept of avian pathogenic *Escherichia coli* as a single pathotype fundamentally flawed? *Frontiers in Veterinary Science*. 1 (Art. 5): 1-4. 2014.
6. Collingwood C.R. Pathogenomic characterization of a novel, layer-associated Avian Pathogenic *Escherichia coli*, PhD. Universidad de Liverpool, Liverpool, Inglaterra. 176 p. 2016.
7. Croxen M.A., Law R.J., Scholz R., Keeney K.M., Wlodarska M., Finlay B.B. Recent advances in understanding enteric pathogenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*. 26 (4): 822-880. 2013.
8. Chaudhari A.A., Kariyawasam S. An experimental infection model for *Escherichia coli* egg peritonitis in layer chickens. *Avian Diseases*. 58 (1): 25-33. 2014.
9. De Reu K., Grijspeerdt K., Messens W., Heyndrickx M., Uyttendaele M., Debevere J., Herman L. Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella enteritidis*. *International Journal of Food Microbiology*. 112 (3): 253-260. 2006.
10. Dho-Moulin M., Fairbrother J.M. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC). *Veterinary Research, BioMed Central*. 30 (2-3): 299-316. 1999.
11. Ewers C., Janßen T., Kießling S., Philipp H.-C., Wieler L.H. Molecular epidemiology of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) isolated from colisepticemia in poultry. *Veterinary Microbiology*. 104 (1-2): 91-101. 2004.
12. Fratamico P.M., DebRoy C., Liu Y., Needleman D.S., Baranzoni G.M., Feng P. Advances in molecular serotyping and subtyping of *Escherichia coli*. *Frontiers in Microbiology*. 7 (Art. 644): 1-8. 2016.
13. Ghunaim H., Abu-Madi M.A., Kariyawasam S. Advances in vaccination against avian pathogenic *Escherichia coli* respiratory disease: potentials and limitations. *Veterinary Microbiology*. 172 (1-2): 13-22. 2014.
14. Gross W. Diseases due to *Escherichia coli* in poultry. En: Carlton L.G. (Ed). *Escherichia coli* in Domestic Animals and Man. CAB International, Wallingford, Connecticut, USA, p 237-259. 1994.
15. Guabiraba R., Schouler C. Avian colibacillosis: still many black holes. *FEMS Microbiology Letters*. 362 (15): fnv118. 2015.
16. Hacker J., Kaper J.B. Pathogenicity islands and the evolution of microbes. *Annual Reviews in Microbiology*. 54 (1): 641-679. 2000.
17. Huja S., Oren Y., Trost E., Brzuszkiewicz E., Biran D., Blom J., Goesmann A., Gottschalk G., Hacker J., Ron E.Z., Dobrindt U. Genomic avenue to avian colisepticemia. *MBio*. 6 (1): e01681-14. 2015.

18. Jordan F., Williams N., Wattret A., Jones T. Observations on salpingitis, peritonitis and salpingoperitonitis in a layer breeder flock. *Veterinary Record*. 157 (19): 573-577. 2005.
19. Kaas R.S., Friis C., Ussery D.W., Aarestrup F.M. Estimating variation within the genes and inferring the phylogeny of 186 sequenced diverse *Escherichia coli* genomes. *BMC genomics*. 13 (1): 577. 2012.
20. Kariyawasam S., Johnson T.J., Nolan L.K. The pap operon of avian pathogenic *Escherichia coli* strain O1: K1 is located on a novel pathogenicity island. *Infection and immunity*. 74 (1): 744-749. 2006.
21. Kindt T.J., Goldsby R., Osborne B. *Inmunología de Kuby*. McGraw Hill, México. 695 p. 2007.
22. La Ragione R., Woodward M.J. Virulence factors of *Escherichia coli* serotypes associated with avian colisepticemia. *Research in Veterinary Science*. 73 (1): 27-35. 2002.
23. Landman W., Cornelissen R. *Escherichia coli* salpingitis and peritonitis in layer chickens: an overview. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde*. 131 (22): 814-822. 2006.
24. Landman W., Feberwee A., Mekkes D., Veldman K., Mevius D. A study on the vertical transmission of arthropathic and amyloidogenic *Enterococcus faecalis*. *Avian Pathology*. 28 (6): 559-566. 1999.
25. Lutful S., Hasan M., Alam J., Basu S., Yamasaki S. Colibacillosis and its impact on egg production. En: Hester P. (Ed). *Egg Innovations and Strategies for Improvements*. Academic PressElsevier, Londres, Inglaterra, p 523-535. 2017.
26. Mellata M., Dho-Moulin M., Dozois C.M., Curtiss III R., Lehoux B., Fairbrother J.M. Role of avian pathogenic *Escherichia coli* virulence factors in bacterial interaction with chicken heterophils and macrophages. *Infection and Immunity*. 71 (1): 494-503. 2003.
27. Monroy M.A., Knöbl T., Bottino J.A., Ferreira C.S.A., Ferreira A.J.P. Virulence characteristics of *Escherichia coli* isolates obtained from broiler breeders with salpingitis. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 28 (1): 1-15. 2005.
28. Moulin M., Répérant M., Laurent S., Brée A., Mignon S., Germon P., Rasschaert D., Schouler C. Extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* strains of avian and human origin: link between phylogenetic relationships and common virulence patterns. *Journal of Clinical Microbiology*. 45 (10): 3366-3376. 2007.
29. Nakazato G., Campos T.A.d., Stehling E.G., Brocchi M., Silveira W.D.d. Virulence factors of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 29 (7): 479-486. 2009.
30. Olsen R., Frantzen C., Christensen H., Bisgaard M. An investigation on first-week mortality in layers. *Avian Diseases*. 56 (1): 51-57. 2012.
31. Ozaki H., Murase T. Multiple routes of entry for *Escherichia coli* causing colibacillosis in commercial layer chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*. 71 (12): 1685-1689. 2009.
32. Petersen A., Christensen J.P., Kuhnert P., Bisgaard M., Olsen J.E. Vertical transmission of a fluoroquinolone-resistant *Escherichia coli* within an integrated broiler operation. *Veterinary Microbiology*, 116 (1-3): 120-128. 2006.

33. Piercy D., West B. Experimental *Escherichia coli* infection in broiler chickens: course of the disease induced by inoculation via the air sac route. *Journal of Comparative Pathology*, 86 (2): 203-210. 1976.
34. Poulsen L.L., Thøfner I., Bisgaard M., Christensen J.P., Olsen R.H., Christensen H. Longitudinal study of transmission of *Escherichia coli* from broiler breeders to broilers. *Veterinary Microbiology*. 207: 13-18. 2017.
35. Pournakhsh S.A., Boulianne M., Martineau B., Dozois C.M., Desautels C., Fairbrother J.M. Dynamics of *Escherichia coli* infection in experimentally inoculated chickens. *Avian Diseases*. 41 (1): 221-233. 1997.
36. Roberts J., Souillard R., Bertin J. Avian diseases which affect egg production and quality. En: (Ed). *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Egg Chemistry, Production and Consumption*. Woodhead Publishing Limited, p 376-393. 2011.
37. Russo T.A., Johnson J.R. Proposal for a new inclusive designation for extraintestinal pathogenic isolates of *Escherichia coli*: ExPEC. *The Journal of infectious diseases*. 181 (5): 1753-1754. 2000.
38. Shariat N., Dudley E.G. CRISPRs: molecular signatures used for pathogen subtyping. *Applied and Environmental Microbiology*. 80 (2): 430-439. 2014.
39. Sun H., Liu P., Nolan L.K., Lamont S.J. Thymus transcriptome reveals novel pathways in response to avian pathogenic *Escherichia coli* infection. *Poultry science*. 95 (12): 2803-2814. 2016.
40. Touchon M., Hoede C., Tenaillon O., Barbe V., Baeriswyl S., Bidet P., Bingen E., Bonaccorsi S., Bouchier C., Bouvet O., Calteau A., Chiapello H., Clermont O., Cruveiller S., Danchin A., Diard M., Dossat C., El Karoui M., Frapy E., Garry L., Ghigo J.M., Gilles A.M., Johnson J., Le Bouguéne C., Lescat M., Mangenot S., Martinez V., Matic I., Nassif X., Oztas S., Petit M.A., Pichon C., Rouy Z., Saint Ruf C., Schneider D., Turret J., Vacherie B., Vallenet D., Médigue C., Rocha E., Denamur E. Organised genome dynamics in the *Escherichia coli* species results in highly diverse adaptive paths. *PLoS genetics*. 5 (1): e1000344. 2009.
41. Waldron K.J., Rutherford J.C., Ford D., Robinson N.J. Metalloproteins and metal sensing. *Nature*. 460: 823-830. 2009.
42. Wang C., Pors S.E., Olsen R.H., Bojesen A.M. Transmission and pathogenicity of *Gallibacterium anatis* and *Escherichia coli* in embryonated eggs. *Veterinary Microbiology*. 217: 76-81. 2018.
43. Wright K.J., Hultgren S.J. Sticky fibers and uropathogenesis: bacterial adhesins in the urinary tract. *Future Medicine*. 1 (1): 75-87. 2006.
44. Yassin H., Velthuis A.G., Boerjan M., van Riel J. Field study on broilers' first-week mortality. *Poultry Science*. 88 (4): 798-804. 2009.
45. Yoder J.A., Litman G.W. The phylogenetic origins of natural killer receptors and recognition: relationships, possibilities, and realities. *Immunogenetics*. 63 (3): 123-141. 2011.
46. Zhuang Q.-Y., Wang S.-C., Li J.-P., Liu D., Liu S., Jiang W.-M., Chen J.-M. A clinical survey of common avian infectious diseases in China. *Avian Diseases*. 58 (2): 297-302. 2014.

Proyectos pedagógicos productivos una herramienta para el proceso de enseñanza-aprendizaje

Productive pedagogical projects a tool for the teaching-learning process

Projetos pedagógicos produtivos uma ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem

Becerra Guavita Jhon Jairo¹, Herrera Gutiérrez Nataly¹ y
Rodríguez Rodríguez Mónica del Pilar²

¹Licenciados en Producción Agropecuaria, Universidad de los Llanos y

²LPA, Esp. MSc. Docente Universidad de los Llanos

mrodriguez@unillanos.edu.co

Recibido 14 de Marzo 2018, Aceptado 22 de Octubre 2018

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar y analizar los proyectos pedagógicos productivos (PPP) desarrollados por los estudiantes de la práctica profesional docente del programa de Licenciatura en Producción Agropecuaria, durante un periodo de tres años, con el fin de evidenciar el fortalecimiento de la modalidad agropecuaria en las distintas instituciones educativas ubicadas en el departamento del Meta, Colombia. Para la recolección de la información se consultaron bases de datos de cinco instituciones educativas de la zona, se diseñaron encuestas que fueron aplicadas a estudiantes, asesores de prácticas, padres de familia y estudiantes en práctica pedagógica (EPP) de la Universidad de los Llanos; también se realizaron reuniones con los EPP donde presentaron los proyectos en los cuales participaron, allí se evidenciaron los factores que incidieron en el impacto generado por estos proyectos en las distintas instituciones educativas, y así mismo se analizó su beneficio en la formación de los EPP tanto a nivel profesional como personal e incluso en sus familias. Se concluye que estas acciones curriculares en la mayoría de los casos fortalecen contenidos temáticos de la modalidad agropecuaria, por lo tanto, su participación fue dinámica para el éxito de los PPP, los cuales incidieron en el mejoramiento de la calidad de vida de algunas familias que participaron,

permitiendo ofrecer alternativas de seguridad alimentaria y el fortalecimiento de los procesos productivos en las instituciones. Así mismo, los practicantes manifestaron que el ejercicio de la práctica profesional docente permite desarrollar destrezas, habilidades, conocimientos académicos, y personales que son aplicados en el diseño, ejecución y evaluación de los PPP, lo cual es una preparación para abordar los retos del campo laboral.

Palabras clave: Práctica docente, comunidad educativa, seguridad alimentaria, agricultura familiar.

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize and analyze the productive pedagogical projects (PPP) developed by the students of the professional teaching practice of the Bachelor program in Agricultural Production, during a period of three years in order to demonstrate the strengthening of the agricultural modality in the different educational institutions located in the department of Meta, Colombia. For the collection of information, databases of five educational institutions in the area were consulted, surveys were designed that were applied to students, practice advisors, parents and students in pedagogical practice (SPP) of the Universidad de los Llanos; meetings were also held with the SPP where they presented the projects in which they participated, there were evidenced the factors that influenced the impact generated by these projects in the different educational institutions, and likewise, was analyzed their benefit in the formation of SPP, both professionally and personally, and even in their families. It is concluded that these curricular actions in most cases strengthen thematic contents of the agricultural modality, therefore, their participation was dynamic for the success of the PPP, which affected the improvement of the quality of life of some families that participated, allowing to offer alternatives of food security and the strengthening of the productive processes in the institutions. Likewise, the practitioners stated that the exercise of professional teaching practice allows to develop skills, abilities, academic knowledge, and personal that are applied in the design, execution and evaluation of PPP, which is a preparation to address the challenges of the workplace.

Keywords: Teaching practice, educational community, food security, family farming.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e analisar os projetos pedagógicos produtivos (PPP) desenvolvidos pelos alunos da prática docente profissional do programa de Bacharel em Produção Agrícola, durante um período de três anos, a fim de demonstrar o fortalecimento da modalidade agrícola nas diferentes instituições educacionais localizadas no departamento de Meta, Colômbia. Para a coleta de informações foram consultadas bases de dados de cinco instituições de ensino da área, foram elaboradas questionários que foram aplicadas a estudantes, orientadores de prática, pais de família e estudantes em prática pedagógica (EPP) da Universidad de los Llanos; também foram realizadas reuniões com o EPP, onde apresentaram os projetos dos quais participaram, e os fatores que afetaram o impacto gerado por esses projetos nas diferentes instituições de ensino foram evidenciados, e da mesma forma, foi analisado seu benefício na formação de EPP, tanto profissional quanto pessoalmente, e até mesmo em suas famílias. Conclui-se que essas ações curriculares, na maioria dos casos, fortalecem conteúdos temáticos da modalidade agrícola, portanto, sua participação foi dinâmica para o sucesso da PPP, que afetou a melhoria da qualidade de vida de algumas famílias que participaram, permitindo oferecer alternativas de segurança alimentar e o fortalecimento dos processos produtivos nas instituições. Da mesma forma, os praticantes afirmaram que o exercício da prática profissional docente permite desenvolver habilidades, habilidades, conhecimento acadêmico e pessoal que é aplicado na concepção, execução e avaliação de PPP, que é uma preparação para enfrentar os desafios do campo de trabalho.

Palavras-chave: Prática docente, comunidade educativa, segurança alimentar, agricultura familiar.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos pedagógicos productivos (PPP) pueden estar orientados al diseño y elaboración de un producto, al aprovechamiento del material didáctico mediante el

dominio de alguna técnica o tecnología, solución de un caso particular de la vida académica, social, política o económica y en general, al desarrollo de intereses de los educandos que promuevan su espíritu investigativo, y cualquier otro propósito que cumpla los fines y objetivos en el proyecto educativo, puesto que la meta de la formación de los profesionales no es solo enseñarles a los estudiantes en prácticas laborales cómo ejercer su profesión, es más importante que ellos aprendan a dar continuidad en contextos laborales diversos (MEN, 2012a).

La planificación de proyectos pedagógicos es el resultado de un proceso de búsqueda ante el imperativo de acercar la escuela a las experiencias de vida, en este sentido, el proyecto se asume como una construcción en la que es necesaria la participación del maestro, alumnos, representantes y otros miembros de la sociedad; como es una construcción, los criterios para su formulación y desarrollo no se pueden imponer desde fuera, porque se generan a partir de la discusión y reflexión en el aula u otros espacios donde se realiza actividad pedagógica (Ortíz, 2013).

A través de esta concepción de la planificación, en proyectos de aula se logra mayor congruencia con los aportes acerca del conocimiento y el aprendizaje, a la vez que está a tono con las aspiraciones filosóficas y las bases legales que todavía sustentan nuestra educación. Además de lo anterior, la planificación por proyectos contribuye al desarrollo del docente como intelectual, pues lo inquieta y conduce a una constante actualización de sus saberes en la construcción de herramientas cognoscitivas (Becerra, 2004).

Cuando se inició todo este proceso de la necesidad de cambio, la planificación de la enseñanza se tornó en una actividad difícil surgiendo entonces la necesidad urgente de experimentar en la práctica pedagógica metodologías más pertinentes y convenientes determinando su viabilidad para contribuir con la sistematización de las mismas (Moreno *et al.*, 2010).

Los proyectos pedagógicos productivos (PPP) son una herramienta que se puede utilizar en la transformación participativa y comunitaria de la educación rural a partir

del diseño y puesta en marcha de proyectos agropecuarios pertinentes y sostenibles. Puede considerarse como dedicación por parte de la comunidad educativa a la producción de determinados bienes o servicios para acrecentar sus beneficios económicos sociales y culturales. En este contexto los PPP tienen por beneficiarios a la comunidad educativa en la localidad donde se realicen, en estos se deben dimensionar las circunstancias particulares de la zona y ser pertinentes a las necesidades de las mismas, valorando las potencialidades culturales, deportivas y artísticas de la comunidad educativa, sin dejar nunca de lado, los saberes locales. En los PPP se proponen alternativas económicas para desarrollar en un proceso integral de formación académica aplicando conceptos mediante actividades prácticas, que contribuyan al fortalecimiento y la construcción de alternativas de vida, que posibiliten la convivencia y supervivencia de las comunidades y su cultura en reciprocidad y equilibrio armónico con los procesos naturales, partiendo de la identificación e implementación pedagógica de alternativas para mejorar o cambiar las formas de producción y el uso de los recursos, y el mejoramiento de la calidad de vida teniendo como fundamento la sustentabilidad social, económica, cultural y ambiental de las comunidades rurales (GVC y UV, 2013).

El principal reto es propender por la construcción de alternativas económicamente viables, ecológicamente respetuosas, culturalmente aceptables y socialmente justas para las comunidades rurales, proponiendo así alternativas de desarrollo sin destruir los recursos naturales y sin transformar las unidades familiares campesinas en unidades especializadas y asalariadas (MEN, 2012b).

Los componentes de los PPP, como su nombre lo indica incluye elementos pedagógicos y productivos, concebidos para que funcionen de manera interdependiente y complementaria; esto quiere decir que, si uno de ellos no es considerado, o existe un desbalance en su énfasis, se corre el riesgo de limitar su alcance o errar en su concepción. Además, en los PPP se analizan y planean acciones tales como la identificación, priorización y análisis de los impactos ambientales sobre el capital natural; la toma de decisiones para la intervención ambiental sostenible; la formación para la responsabilidad ambiental; y la

priorización del bienestar de los proyectos de vida, personales, laborales, profesionales y comunitarios (MEN, 2010b; Ortíz, 2013). Esto permite a los docentes tener una oportunidad para transformar y desarrollar sus prácticas pedagógicas e interdisciplinarias al establecer relaciones entre el conocimiento escolar, la vida cotidiana y el mundo productivo. Igualmente, consiguen hacer pertinentes y flexibles los conocimientos en el proceso educativo (MEN, 2010a).

Un proyecto en su dimensión educativa, es el resultado de una metodología de trabajo interdisciplinar donde la enseñanza y el aprendizaje están guiados por los conceptos, procedimientos, habilidades y actitudes que los estudiantes vienen desarrollando en un escenario escolar que promueve una formación para la vida, e interacción permanente con el mundo social, cultural y deportivo. A través de la metodología por proyectos se da respuesta a situaciones o aspectos que pueden ser potenciados en contextos productivos específicos, permitiendo así transferir el conocimiento escolar a situaciones reales donde los estudiantes toman decisiones de manera autónoma, mientras aprenden a trabajar de forma colaborativa.

Además, el componente pedagógico está relacionado con la construcción del aprendizaje significativo, mediante el desarrollo de competencias en estudiantes y procesos de enseñanza, que teniendo en cuenta la flexibilidad en tiempos y espacios vinculan los diferentes aportes de estudiantes, docentes, directivos, padres, comunidad, instituciones técnicas y sector productivo. Este componente propone dejar atrás el trabajo disciplinar que se basa en la reproducción de conocimientos, la fragmentación de la realidad y el desconocimiento de los contextos y saberes previos construidos por los estudiantes (FMM, 2010).

El componente productivo se refiere a la productividad entendida en términos económicos, intelectuales y actitudinales lo que implica actividades diversas en agricultura, artesanía, industria, servicios, cultura, recreación y otros, además conlleva a una relación permanente con los contextos locales, regionales, nacionales y globales, observando las formas de producción y comercialización, lo que significa mayor correspondencia con empresas industriales y de distribución, lo cual permite prácticas de gestión innovadoras. En el sector agrario se promueve el

desarrollo de acciones para la conservación y cuidado del medio ambiente, como la agricultura orgánica y ecológica, la preservación de bosques, fuentes de agua, y la transformación de productos agropecuarios como la elaboración de mermeladas, embutidos, bocadillos, arequipe y otros productos (Pacheco *et al.*, 2009).

Hay que recordar que la cultura del emprendimiento fortalece los conocimientos, habilidades y actitudes que permiten a los estudiantes, docentes y comunidades construir grupos de trabajo para abordar mejor las problemáticas sociales. Igualmente, los proyectos pedagógicos productivos permiten involucrar de manera proactiva al mundo económico y el desarrollo social, promoviendo autonomía, autoestima, sentido de pertenencia, creatividad, asociatividad y solidaridad (Martínez y Esteban, 2005).

INSTITUCIONES EDUCATIVAS CARACTERIZADAS

La ley 115 de 1994, decretada por el Congreso de la Republica de Colombia, en su artículo 13, establece que es objetivo primordial de todos y cada uno de los niveles educativos el desarrollo integral de los educandos mediante acciones estructuradas encaminadas a: 1) Formar la personalidad y la capacidad de asumir con responsabilidad y autonomía sus derechos y deberes; 2) Proporcionar una sólida formación ética y moral, y fomentar la práctica del respeto a los derechos humanos; 3) Fomentar en la institución educativa, prácticas democráticas para el aprendizaje de los principios y valores de la participación y organización ciudadana, y estimular la autonomía y la responsabilidad; 4) Desarrollar una sana sexualidad que promueva el conocimiento de sí mismo y la autoestima, la construcción de la identidad sexual dentro del respeto por la equidad de los sexos, la afectividad, el respeto mutuo y prepararse para una vida familiar armónica y responsable; 5) Crear y fomentar una conciencia de solidaridad internacional; 6) Desarrollar acciones de orientación escolar, profesional y ocupacional; 7) Formar una conciencia educativa para el esfuerzo y el trabajo, y 8) Fomentar el interés y el respeto por la identidad cultural de los grupos étnicos.

Considerando estos objetivos plasmados en la ley de educación en Colombia, el objetivo de este trabajo fue caracterizar los proyectos pedagógicos productivos desarrollados en la práctica profesional docente del programa de Licenciatura en Producción Agropecuaria (LPA) de la Universidad de los Llanos, analizando evidencias de actores involucrados en el diseño, ejecución y evaluación de los mismos como lo son estudiantes, asesores de práctica, padres de familia, comunidades y practicantes de LPA, quienes trabajaron en el área de influencia los PPP en las siguientes cinco instituciones educativas, ubicadas en los municipios de Puerto López, San Martín, Acacias, San Juan de Arama y Lejanías, todos ubicados en el Departamento del Meta.

Institución Educativa Triétnica Yaaliakeisy

Se encuentra ubicada en Puerto López, siendo su principal actividad económica la agricultura, ganadería, pesca, comercio, transporte, prestación de servicios públicos y de manera incipiente la agroindustria. Se ha desarrollado el turismo porque es el centro geográfico de Colombia, ubicado en el Alto de Menegua donde se encuentra el pozo de los deseos, adicionalmente en los últimos años la cultura hace parte fundamental del desarrollo de Puerto López puesto que es muy común escuchar la música llanera propia de la región (ALPL, 2017).

Institución Educativa Iraca

Se localiza en el municipio de San Martín, ha sido considerada la mejor institución educativa pública del departamento gracias a los excelentes resultados logrados en las pruebas del ICFES alcanzados por sus estudiantes de grado once. Tiene una granja donde se desarrollan proyectos productivos de palma de aceite, agroturismo, piscicultura, caucho, árboles maderables, conservación de ganado Sanmartinero, ganadería doble propósito, especies menores, cítricos y zootecnia de especies nativas como el chigüiro (ALSM, 2004).

San Martín posee diferentes ecosistemas que lo convierten en una unidad ecológica, en la cual diferentes grupos de organismos interactúan con el ambiente; la dinámica de estos ecosistemas en algunos casos se encuentra alterada por el

desequilibrio presente en la cadena trófica debido a la pérdida de la cobertura vegetal, que se ve afectada por la intervención antrópica, del mismo modo la fauna sufre procesos de desplazamiento hacia áreas que le ofrezcan mejores condiciones para su existencia. Con relación a sus actividades económicas, el sector ganadero dispone del 63 % de la superficie total del municipio mientras que el agrícola ocupa el 1.74%, prevalece la ganadería extensiva, aunque se pueden encontrar cultivos de palma africana, arroz patilla, yuca, cítricos y plátano. Se realizan actividades culturales como el Festival Internacional Folclórico y Turístico del Llano y la presentación de las famosas cuadrillas de San Martín, que son un original ballet ecuestre, de gran calidad artística, argumento, ritmo y colorido, ejecutadas por cuarenta y ocho jinetes, distribuidos en cuatro grupos de doce chalanos cada uno (ALSM, 2012).

Institución Educativa Campestre San José

Ubicada en la vereda de su mismo nombre, municipio de Acacias Meta, a siete km del casco urbano. La Alcaldía concedió un terreno ubicado en la vereda de Rancho Grande a 1.400 metros del Colegio, con un área de cuatro hectáreas para que se realicen allí las prácticas propias de la modalidad. En Acacias el principal sector económico es el agropecuario, la industria es pequeña predominando los procesos artesanales, aunque la minería y la explotación petrolera han adquirido últimamente gran importancia. El sector terciario se evidencia en un comercio fuerte en la zona urbana con énfasis en la venta de productos terminados más que de servicios. Algunas actividades culturales son: Encuentros de Colonias y Festival del Retorno (ALA, 2016).

Institución Educativa Manacal

Ubicada en la vereda Buenos Aires, Municipio de San Juan de Arama, localizado cerca de la sierra de la Macarena, por lo tanto, su paisaje cuenta con hermosos valles y grandes sabanas de la región del río Ariari, que cuenta con vegas de alta fertilidad las cuales contribuyen considerablemente al desarrollo de esta región, por

lo tanto, la principal actividad económica en la zona es la producción ganadera y agrícola (CMSJA, 2016).

Institución Educativa de Lejanías

Recibe el nombre del mismo del municipio, cuenta con una gran diversidad climática, variedad de fauna, paisajes y una inmensa hidrografía. El uso del suelo se presenta por el mayor o menor grado de desarrollo del sector agropecuario, principalmente el eje de crecimiento económico ha sido el agrícola que tiene mayor relevancia que la ganadería. Los cultivos más representativos son: cítricos, guayaba, pera, cacao, café, frijol, maracuyá, piña, mora, aguacate, soya, papaya, lulo, plátano, caña panelera, maíz, arazá y noni, y en el sector pecuario se destaca la piscicultura y avicultura (ALL, 2016).

METODOLOGÍA

Este proyecto es de tipo descriptivo con enfoque pedagógico y social, el cual fue realizado con las comunidades educativas de los siguientes colegios agropecuarios, ya mencionados: Triénica Yaaliakeisy (Puerto López), Iraca (San Martín), San José (Acacias), Macanal (San Juan de Arama) e Institución Educativa de Lejanías (Lejanías). Entendida la investigación descriptiva desde la perspectiva de Sabino, (2014) como aquella que trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta; para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento, de tal manera que se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada. Esta investigación también tuvo un enfoque social, teniendo en cuenta que el desarrollo de proyectos pedagógicos productivos se ha constituido en la herramienta didáctica, a partir de la cual se intervienen las comunidades educativas con orientación hacia el mejoramiento de la calidad de vida y de los sistemas de producción.

La población estuvo conformada por 48 estudiantes de la Universidad de los Llanos pertenecientes al programa Licenciatura en Producción Agropecuaria (LPA), quienes realizaron su práctica profesional docente durante el periodo comprendido entre los tres años evaluados en las mencionadas instituciones educativas, además participaron: asesores práctica, estudiantes de las instituciones educativas y padres de familia.

Para la recolección de la información se consultaron las bases de datos de las instituciones educativas para la identificación de los PPP y a partir de allí se elaboró una encuesta que fue aplicada a los estudiantes, asesores, practicantes y padres de familia. También se realizaron visitas para hacer observaciones directas en los escenarios educativos con el fin de determinar características que pudieran aportar elementos para establecer el impacto de los PPP desarrollados durante un periodo de tres años, que fue el tiempo evaluado. Con el fin de validar y ampliar la información sobre el impacto de los PPP desarrollados, se conformó un grupo focal donde se reunían profesores de las instituciones educativas donde los estudiantes de la práctica pedagógica (EPP) presentaron los proyectos en los cuales participaron y las etapas del proceso que ellos alcanzaban a ejecutar con éxito.

Este proyecto fue ejecutado según el seguimiento y la evaluación de estudios realizados por los miembros pertenecientes al proyecto institucional “Impacto de los proyectos pedagógicos productivos desarrollados en la práctica profesional docente del programa LPA de UNILLANOS”, en su contexto de aplicación durante el periodo evaluado, esto con el fin de contribuir con el mejoramiento de las propuestas relacionadas con la ejecución de los PPP por parte de los practicantes.

Teniendo en cuenta los objetivos específicos planteados se organizaron las siguientes actividades: 1) Visita de acercamiento a las instituciones educativas y presentación del proyecto por parte del equipo investigador, lo cual se realizó durante cinco meses; 2) Aplicación de la encuesta a los asesores de práctica, estudiantes de las instituciones educativas y padres de familia; 3) Análisis de la información y elaboración de matrices y rejillas; 4) Devolución de resultados a las comunidades para validar la información; y 5) Validación de la información a través

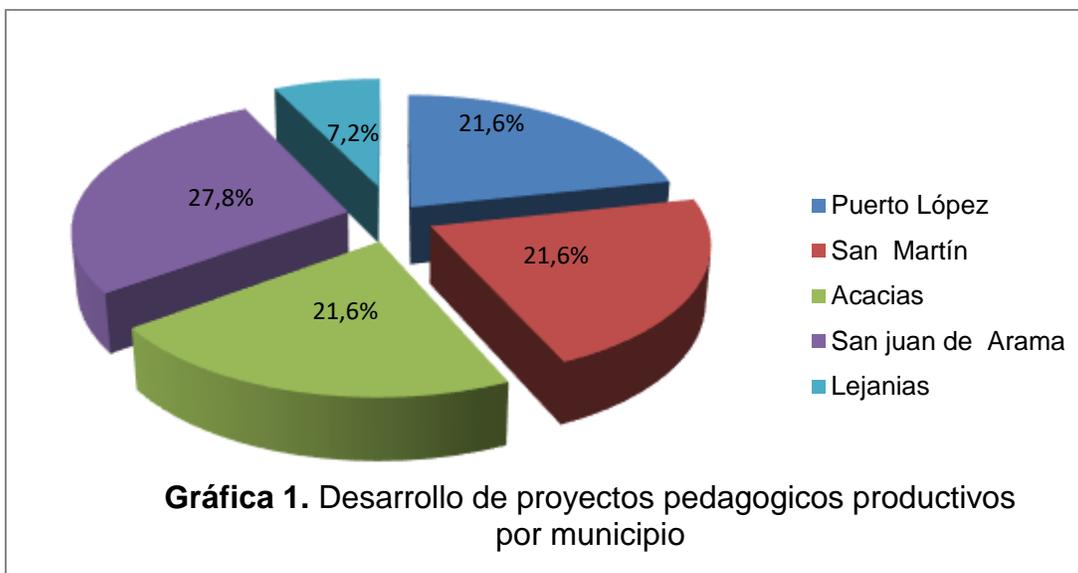
del grupo focal con practicantes y docentes de las instituciones educativas, (Figura 1).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La participación de las instituciones educativas en los PPP por municipio, se detalla en la Gráfica 1, siendo la de mayor participación Macanal en San Juan de Arama con el 27%. De total de los PPP el 65% pertenecen a la línea agrícola; en el análisis de la información recolectada se encontró que esto se debe en gran parte, a que, en el momento de la llegada del practicante, las instituciones educativas se encuentran adelantando contenidos relacionados con el área agrícola; además disponen de amplios terrenos para el establecimiento de los cultivos. También se puede influir la seguridad, puesto que hay menor riesgo de pérdidas en un proyecto agrícola, y posiblemente la infraestructura, equipos y materiales disponibles también influyeron a la hora de seleccionar el PPP.

Por otro lado, la mayoría de las instituciones educativas no contaban con recursos suficientes para la implementación de propuestas con especies pecuarias, siendo más económico y de mayor facilidad la consecución de los insumos para implementar los proyectos agrícolas, teniendo en cuenta el interés del practicante, asesor y de la institución.



Las temáticas en las cuales se desarrollaron los PPP de la línea agrícola fueron: huertas con plantas medicinales, laboratorio artesanal para la producción de harina de yuca, huertas de hortalizas orgánicas, viveros, plantas ornamentales, cultivo de plátano, buenas prácticas ambientales, abonos orgánicos y biopreparados, técnicas de producción agrícola ecológica sostenible, policultivos de moringa-plátano y ahuyama, granja agropecuaria de autoconsumo, cítricos, bancos de proteínas con árboles, pasto de corte y ensilaje, programas de seguridad alimentaria, caña de azúcar, maracuyá y papa aérea.

En cuanto a los proyectos desarrollados en la línea pecuaria el porcentaje arrojado fue del 25%, donde se evidencian el interés del estudiante de la Universidad por cuanto influye en gran medida la línea de profundización a la que perteneció, también se encontró en algunas instituciones educativas un interés institucional, con el fin de optimizar las instalaciones y apoyo financiero para la ejecución de proyectos pecuarios.

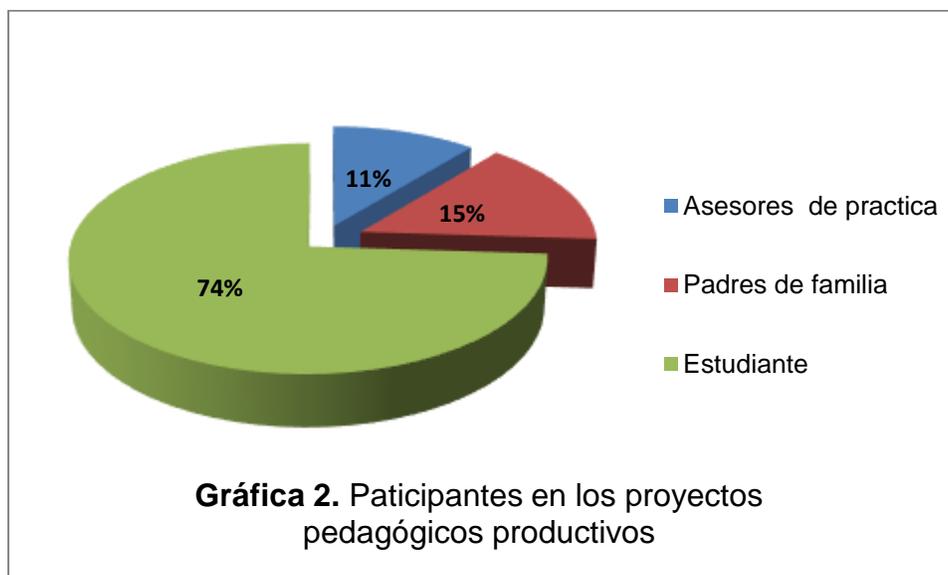
El 10% restante de los PPP en extensión lo realizaron instituciones de educación no formal o dedicadas al desarrollo y al trabajo humano, como asociaciones de productores, madres comunitarias y personas en condición de desplazamiento. Con quienes se realizaron proyectos de emprendimiento, comercialización de productos, procesos de seguridad alimentaria y educación ambiental. Este análisis da

cumplimiento a lo establecido en la ley 115 de 1994 que plantea la educación no formal, como estrategia que conlleva al desarrollo comunitario, y además se confirma que la pedagogía permite la interacción entre los referentes teóricos y conceptuales apropiados y reflexionados en los diferentes contextos donde se desarrollan los procesos educativos.

Con relación a la evidencia de los aportes que desde los PPP se han hecho a las modalidades de educación agropecuaria, los resultados se sustentan en la acción misma de los practicantes de UNILLANOS, en tanto que algunos han hecho aportes desde lo curricular, con propuestas para fortalecer los contenidos temáticos, otros a partir de su gestión y liderazgo han logrado establecer alianzas con entidades del orden público y privado, permitiendo mejorar los procesos y dejando puertas abiertas para adelantar otros proyectos en las instituciones, así mismo, se ha fortalecido desde la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, el rescate de la parte cultural, la inclusión del desarrollo tecnológico, la tecnificación de procesos, logrando promover el emprendimiento en los estudiantes, incentivando la curiosidad a partir de experiencias reales, contribuyendo con la generación de conciencia en los estudiantes para la implementación de la producción agroecológica de alimentos a partir de los sistemas de producción en sus granjas, aplicando prácticas para la conservación de especies agrícolas, procesos de seguridad alimentaria, y por último y no menos importante, mediante las respuestas de los estudiantes de las instituciones también se evidencio que, por medio de los PPP se impulsó el trabajo en equipo mediante la unión de los docentes y los estudiantes.

Referente a la vinculación de los miembros de las comunidades educativas, la participación de los estudiantes fue del 74%, y el de los asesores fue de 11%, en el diseño, ejecución y evaluación de los PPP, pero el estudio muestra como una gran dificultad la vinculación de padres de familia (participación del 15%) (Gráfica 2). En instituciones educativas que cuentan con internados, especialmente presentaron mayores inconvenientes porque ellos asisten solo algunos fines de semana para visitar a sus hijos y para la entrega de informes académicos, lo cual dificulta la

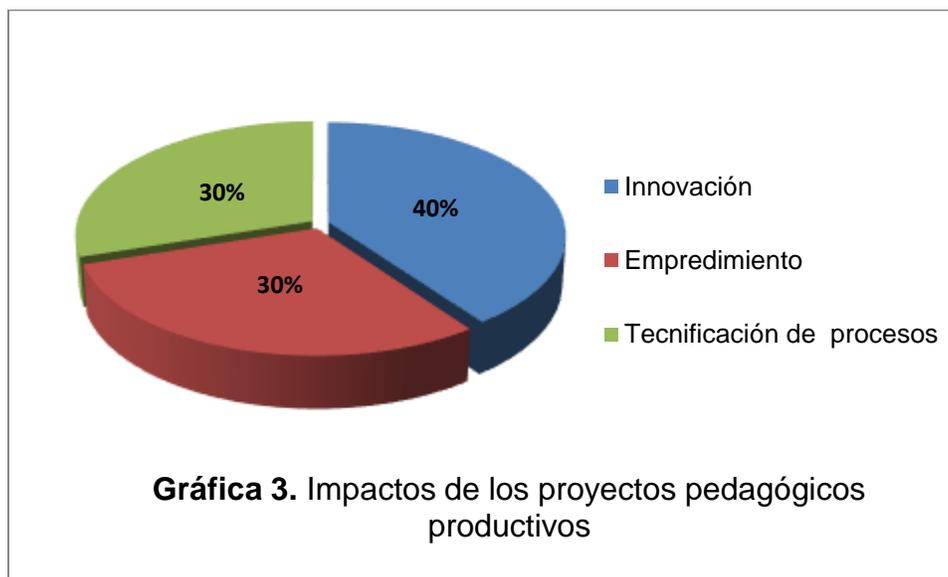
interacción con el practicante, especialmente si éste no se encuentra interno; situación contraria sucede con los padres de familia que viven en cercanía a la institución educativa, puesto que allí se encontró un apoyo interesante interactuando con el practicante en el desarrollo del proyecto, haciendo que el impacto trascendiera hacia los padres y se aprovechara el conocimiento para el progreso familiar.



Por su parte los asesores no solo participaron de la selección, diseño y ejecución de los PPP, sino que además en muchas ocasiones imponen el problema de investigación, lo que obedece a un interés personal, interés institucional, o del área, lo que puede ser uno de los argumentos que hace posible la continuidad del proyecto en las instituciones, esta afirmación refleja la importancia que tienen los PPP como herramienta didáctica para el fortalecimiento del proceso enseñanza-aprendizaje tal y como lo plantea la Ley 115 de 1994 (CRC, 1994).

Algunos estudiantes integrados en los PPP cuando logran ser motivados por el practicante replican el proyecto en sus familias y en sus proyectos de vida, cuando no sucede así, los proyectos como ellos lo manifestaron desaparecen porque no se generó identidad y apropiación. Contrario a lo anterior para los PPP que se desarrollaron en instituciones de educación no formal, se encontró que la vinculación se realizó de manera voluntaria y motivada desde las entidades hacia

sus usuarios, siendo el papel del practicante fortalecer esa motivación y sembrar en los miembros de las comunidades habilidades innovadoras que fueron las de mayor impacto (40%) en comparación con las emprendedoras y tecnificación de procesos, siendo su impacto del 30% (Gráfica 3).



Referente a las respuestas de las preguntas de la encuesta relacionadas con el impacto de los PPP (Cuadro 1), es importante señalar que la enseñanza ha ayudado a reforzar el conocimiento mediante la práctica, estimulando la investigación aplicada para la solución de problemas agropecuarios y en ocasiones algunas familias de los estudiantes han obtenido ingresos adicionales por este proceso.

En el marco de los convenios de cooperación interinstitucional, el equipo investigador encontró que las instituciones educativas han mostrado poco compromiso para lograr la continuidad de los PPP dentro del proceso educativo, lo que refleja un bajo impacto en las competencias de los cursos que fueron involucrados estos proyectos, porque con el tiempo desaparecen sin que sea posible evidenciar la sostenibilidad y fortalecimiento de las competencias en los estudiantes por parte de los docentes de la institución.

Por último, para los hoy egresados del programa de LPA, practicantes en el periodo analizado, ellos consideran que el los PPP han contribuido para mejorar la calidad de vida de las comunidades educativas, y desde la perspectiva personal, el diseñar,

ejecutar y evaluar estos proyectos fue una gran oportunidad que les permitió experimentar e innovar, y que esta experiencia ha trascendido a su vida laboral. Estas afirmaciones permiten evidenciar el cumplimiento del propósito de formación plateado por el programa, que literalmente argumenta que formar un maestro con alto contenido social, humanístico, pedagógico y científico es capaz de transformar la realidad y liderar procesos en lo educativo y en lo agropecuario.

Cuadro 1. Respuestas a las preguntas relacionadas con el impacto de los proyectos pedagógicos productivos

Preguntas de la encuesta	Respuestas de los encuestados
<p>¿Qué aspectos positivos encuentra usted en los proyectos pedagógicos productivos desarrollados por los practicantes?</p>	<p>“Nos enseñan sobre la utilización de los recursos en pro de las actividades de campo; se pone a prueba los conocimientos en lo práctico”</p> <p>“Orientan procesos de investigación y desarrollar y reforzar el aprendizaje.”</p> <p>“Traen ideas nuevas para el desarrollo de los proyectos pedagógico productivo en la institución educativa”</p> <p>“Los estudiantes ven otras oportunidades de aprendizaje a través de los proyectos pedagógicos productivos”.</p> <p>“El proyecto pedagógico productivo permite generar ingresos a la comunidad a través de la elaboración de productos”.</p>
<p>¿Considera que los proyectos ejecutados por los practicantes han sido pertinentes?</p>	<p>“Si, responden a una problemática o necesidad de la comunidad”.</p> <p>“Si, por que los estudiantes profundizan temáticas y desarrollan diferentes tipos de aprendizaje”.</p> <p>“Si, por que dan a conocer de manera práctica los conocimientos a través de la investigación e innovación”.</p>
<p>¿La realización del proyecto pedagógico productivo dejó a la institución algún valor agregado?</p>	<p>“Procesos de investigación y conocimientos innovadores”.</p> <p>“Convenios y alianzas con otras instituciones”</p> <p>“Recursos”.</p> <p>“Posibilidad de becas para algunos estudiantes”.</p>

CONCLUSIONES

La caracterización de los proyectos pedagógicos productivos desarrollados en la práctica profesional docente por estudiantes del programa LPA de UNILLANOS durante un periodo de tres años evidencian que los actores involucrados en el diseño, ejecución y evaluación de los mismos fueron estudiantes de las instituciones educativas, asesores y padres de familia, debido al desarrollo del objetivo pedagógico que involucra acciones curriculares y que en la mayoría de los casos fortalecen contenidos temáticos de la modalidad agropecuaria, por lo tanto, su participación fue dinámica para el éxito de los PPP.

El estudio permitió evidenciar que los PPP desarrollados han incidido en el mejoramiento de la calidad de vida de algunas familias, permitiendo ofrecer alternativas de seguridad alimentaria y el fortalecimiento de los procesos productivos en las instituciones.

Los practicantes concluyeron que el ejercicio de la práctica profesional docente permite desarrollar destrezas, habilidades, conocimientos académicos, y personales que, en términos del diseño, ejecución y evaluación de los PPP, los preparan para abordar retos el campo laboral.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar periodo de la práctica profesional docente en el cual los practicantes tengan suficiente tiempo para ejecutar con la comunidad los PPP en todas sus etapas: diagnóstico, planeación y ejecución.

Se recomienda a las instituciones educativas dar mayor importancia y acompañamiento económico para el desarrollo de los PPP realizados por los estudiantes de UNILLANOS, con el fin de fortalecer sus prácticas docentes y así mismo, de esta manera apoyar la consecución de proyectos, fortaleciendo, los convenios que se tienen con otras instituciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcaldía Local de Acacias (ALA). Plan de desarrollo municipal "Para vivir bien" 2016-2019 Alcaldía de Acacias, Acacias, Colombia. 219 p. 2016.
2. Alcaldía Local de Puerto López (ALPL). Informe de gestión "Puerto López para todos 2016-2019". Alcaldía de Puerto López, Puerto López, Colombia. 55 p. 2017.
3. Alcaldía Local de San Martín de los Llanos (ALSM). Municipio de San Martín de los Llanos. Plan de desarrollo "Por el San Martín que queremos" 2004-2007. Alcaldía de San Martín, San Martín, Colombia. 54 p. 2004.
4. Alcaldía Local de San Martín de los Llanos (ALSM). Municipio de San Martín de los Llanos. Plan de desarrollo "La nueva fuerza del cambio" 2012-2015. Alcaldía de San Martín, San Martín, Colombia. 123 p. 2012.
5. Alcaldía Local de Lejanías (ALL). Plan de desarrollo del Municipio de Lejanías 2016-2019 "Compromiso serio". Lejanías, Colombia. 191 p. 2016.
6. Becerra G.Y. Los proyectos pedagógicos de aula y la globalización. *Educere*. 8 (24): 111-118. 2004.
7. Consejo Municipal de San Juan de Arama (CMSJA). Acuerdo No. 004 "Por el cual se adopta el plan de desarrollo para el municipio de San Juan de Arama, Meta 2016-2019, Oportunidades con equidad social" Municipio de San Juan de Arama, San Juan de Arama, Colombia. 44 p. 2016.
8. Congreso de la República de Colombia (CRC). Ley 115 de Febrero 8 de 1994 "Por la cual se expide la ley general de educación". Congreso de la República de Colombia, Bogotá, Colombia. 50 p. 1994.
9. Fundación Manuel Mejía (FMM). Los proyectos pedagógicos productivos (PPP) y el desarrollo de competencias. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia. 34 p. 2010.
10. Gobernación del Valle del Cauca y Universidad del Valle (GVC, UV). Estrategias y propuestas de educación y pedagogía rural: Nuevas opciones para la nueva ruralidad. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 177 p. 2013.
11. Herrera J.L. La formación de los profesionales universitarios en las empresas en el contexto cubano. *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*. 1 (4): 1-18. 2006.
12. Martínez M. Formación para la ciudadanía y educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*. 42: 85-102.
13. Martínez M., Esteban F. Una propuesta de formación ciudadana para el EEES. *Revista Española de Pedagogía*. 63 (230): 63-83. 2005.
14. Ministerio de Educación Nacional (MEN). Introducción a los PPP. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia. 30 p. 2010a.
15. Ministerio de Educación Nacional (MEN). Manual de implementación caminar en secundaria. Estrategia para la nivelación de los estudiantes en extra edad de básica secundaria en establecimientos educativos del sector rural. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia. 112 p. 2010b.
16. Ministerio de Educación Nacional (MEN). Los proyectos pedagógicos productivos, estrategias para el mejoramiento de la calidad de la educación. (Informe final: Contrato OIM-PS 7123, Evaluación del acompañamiento

- realizado a establecimientos educativos e instituciones educativas para el desarrollo de proyectos pedagógicos productivos – PPP). Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia. 121 p. 2012a.
17. Ministerio de Educación Nacional (MEN). Proyectos pedagógicos productivos. Orientaciones para estudiantes. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia. 85 p. 2012b.
 18. Moreno J.J., Anaya S.L., Benavides P., Hernández U. Los proyectos pedagógicos de aula para la Integración de las TIC, Convenio entre la Universidad del Cauca y Computadores para Educar Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones Departamento de Sistemas, 48 p. 2010. Recuperado 17 Diciembre 2017. Disponible En: www.ciudadaniadigital.gov.co/627/articles-12649_recurso_PDF.pdf
 19. Ortiz A.L. Modelos pedagógicos y teorías del aprendizaje. ¿Cómo elaborar el modelo pedagógico de la institución educativa? Ediciones de la U, 160 p. 2013.
 20. Pacheco J.C., Gómez G., Barrero G. El desafío de las comunidades artesanales rurales: una propuesta ecotecnológica para una artesanía sostenible. Acta Agronómica. 58 (3): 206-220. 2009.
 21. Sabino C. El proceso de investigación. Editorial Episteme, Guatemala. 240 p. 2014.

Establecimiento de un sistema silvopastoril con *Sambucus peruviana***Establishment of a silvopastoral system with *Sambucus peruviana*****Estabelecimento de um sistema silvipastoril com *Sambucus peruviana***Soto Monroy Miguel Ángel¹ y Sánchez Moreno Hugo Vladimir²¹Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de los Llanos y²Médico Veterinario Zootecnista Esp, MSc. Grupo de Agroforesteríavladimirsanchez@unillanos.edu.co

Recibido 18 de Abril 2017, Aceptado 30 de Agosto 2018

RESUMEN

El proyecto se desarrolló en el municipio de Tuta, Departamento de Boyacá, Colombia. Se seleccionaron diez fincas y se entregó a cada propietario entre 168 a 490 árboles de *Sambucus peruviana* para que fueran usados como cercas vivas o banco forrajero. Las plantas se propagaron en vivero por medio de estacones, durante 90 días, posteriormente fueron transportadas a cada finca seleccionada, para proceder con la respectiva siembra, la cual se realizó en época de lluvias, para dicha actividad se cavaron huecos de 30 cm de diámetro con 40 cm de profundidad; en algunos predios se sembraron como banco forrajero y en otras fincas como cerca viva. Una vez sembrados los árboles se tomaron medidas de altura, observando la mortalidad y la supervivencia en cada una de las fincas durante los primeros 60 días de siembra, y se continuó la evaluación y seguimiento de la altura de los árboles a los 60 y 120 días. Durante seis meses, simultáneamente se capacitó a los productores pecuarios de la región, donde se explicó la importancia de los sistemas silvopastoriles, estas capacitaciones favorecieron el interés de los productores por establecer la especie en la región, puesto que se observaron los mejores resultados en términos de supervivencia y crecimiento en los predios donde los productores cumplieron con las instrucciones impartidas. Además, los sistemas establecidos han servido de modelo para que otros productores inicien el proceso de adopción. Las condiciones climatológicas y el consumo del árbol por los animales, debido a su alta

palatabilidad o por falla en la cerca, fueron factores determinantes en el establecimiento del sistema silvopastoril.

Palabras clave: Alimentación, suplementación, ramoneo, cultivo, banco forrajero.

ABSTRACT

The project was developed in the municipality of Tuta, Department of Boyacá, Colombia. Ten farms were selected and each owner was given between 168 to 490 trees of *Sambucus peruviana* to be used as live fences or forage bank. The plants were propagated in nursery by means of stables, during 90 days, later they were transported to each selected farm, to proceed with the respective planting, which was carried out in the rainy season, for this activity holes of 30 cm in diameter with 40 cm depth were drilled; in some farms they were planted as fodder bank and in other as living fence. Once the trees were planted, height measurements were taken, observing the mortality and survival in each one of the farms during the first 60 days of planting, and the evaluation and monitoring of the height of the trees at 60 and 120 days was continued. For six months, simultaneously livestock producers in the region were trained, where the importance of silvopastoral systems was explained, these trainings favored the interest of the producers to establish the species in the region, since the best results in terms of survival and growth were observed in the farms where the producers complied with the instructions given. In addition, the established systems have served as a model for other producers to initiate the adoption process. The climatic conditions and the consumption of the tree by the animals, due to its high palatability or fence failure, were determining factors in the establishment of the silvopastoral system.

Keywords: Feeding, supplementation, browse, cultivation, forage bank.

RESUMO

O projeto foi desenvolvido no município de Tuta, departamento de Boyacá, Colômbia. Dez fazendas foram selecionadas e cada proprietário recebeu entre 168 e 490 árvores de *Sambucus peruviana* para serem usadas como cercas vivas ou

banco de forragem. As plantas foram propagadas em viveiro por meio de estâbulos, durante 90 dias, depois foram transportadas para cada fazenda selecionada, para prosseguir com o respectivo plantio, que foi realizado na estação chuvosa, para esta atividade foram cavados buracos de 30 cm de diâmetro com 40 cm de profundidade; em algumas fazendas eles foram plantados como banco de forragem e em outras como cerca viva. Uma vez que as árvores foram plantadas, foram tomadas medidas de altura, observando a mortalidade e sobrevivência em cada uma das fazendas durante os primeiros 60 dias de plantio, e continuou a avaliação e monitoramento da altura das árvores aos 60 e 120 dias. Durante seis meses, simultaneamente os produtores de gado da região foram treinados, onde foi explicada a importância dos sistemas silvipastoris, esses treinamentos favoreceram o interesse dos produtores em estabelecer as espécies na região, já que os melhores resultados em termos de sobrevivência e crescimento foram observados nas fazendas onde os produtores cumpriram as instruções dadas. Além disso, os sistemas estabelecidos têm servido de modelo para outros produtores iniciarem o processo de adoção. As condições climáticas e o consumo da árvore pelos animais, devido a sua alta palatabilidade ou falha na cerca, foram fatores determinantes no estabelecimento do sistema silvipastoril.

Palavras-chave: Alimentação, suplementação, ramonear, cultivo, banco de forragem.

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria en el municipio Tuta, Boyacá, Colombia, actualmente está enfocada a la ganadería doble propósito, actividad económica de gran importancia para la población rural, quienes son personas de escasos recursos que tienen como única fuente de ingresos la venta de terneros y leche cruda. Las razas predominantes son: Normando y Holstein, siendo la primera la que mejor se adapta a las condiciones topográficas del terreno, aceptando de manera adecuada las pasturas tradicionales con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Además, en esta zona se han disminuido la actividad agrícola contando con suelos de valles fértiles a lo largo de los ríos, teniendo como ventaja comparativa su cercanía a grandes

ciudades como Tunja y Bogotá, por lo cual ha tomado fuerza la comercialización de leche. Es importante señalar que los nuevos retos con los que se enfrenta el sector pecuario en Colombia obliga a ser competitivo, por lo tanto, es urgente modificar y cambiar este panorama en el municipio de Tuta, para continuar con una producción doble propósito con sistemas sustentables y sostenibles, desde el punto de vista económico y ambiental respectivamente (AMT, 2012).

En Tuta los bovinos se encuentran en pasturas con baja productividad y calidad nutricional, la comunidad tiene conocimientos mínimos sobre prácticas de manejo adecuado de praderas, por lo cual manejan una alta carga animal con pastoreo intenso que termina por afectar la calidad y producción de biomasa. Además, en la mayoría de las veredas de este municipio fue cultivada la cebada de manera permanente, sin implementar rotación de cultivos, lo cual conllevó a la degradación de los suelos, con baja presencia de árboles, sumado a la variabilidad de las condiciones agroclimáticas, con largos periodos de lluvias y sequía (MADR, 2013).

La producción agropecuaria se ha enfrentado a la tala y quema indiscriminada de árboles, ocasionadas por el hombre o por las altas temperaturas, presentándose incendios forestales, cambiando las condiciones climáticas, que en general contribuyen con el calentamiento global, lo cual se ve representado en las praderas con baja capa vegetal y mínima presencia de árboles como se observa en las veredas del municipio de Tuta: Alizal y Hacienda, siendo sus suelos muy susceptibles para una erosión futura. Los indicadores económicos y productivos de la ganadería en Tuta son muy deficientes, puesto que los animales tienen una baja condición corporal 2.5/5, con intervalos entre parto de hasta 16 meses, producción promedio día cinco litros de leche y terneros destetos de 16 meses con pesos entre 160 a 180 kg aproximadamente (MADR, 2013).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, surge como alternativa la implementación de diez sistemas silvopastoriles para alimentación y suplementación del ganado bovino en el Municipio de Tuta, el propósito es mejorar la cantidad y la calidad de forraje en proteína y energía, enfocando estos sistemas hacia servicios ambientales, restauración de suelos, agro forestación, conservación

del agua, y además proporcionando cercas vivas y barreras rompe vientos, y de esta forma, dar un buen manejo silvopastoril con el fin de aumentar las producciones en cada uno de sus ciclos o etapas productivas en la que se encuentren los animales. Para lograr esto se promovió entre los productores, capacitaciones en el establecimiento de sistemas silvopastoriles con tilo (*Sambucus peruviana*), registrando el comportamiento de este árbol bajo las condiciones edafoclimáticas del municipio de Tuta (Boyacá). Lo anterior se sustenta con los trabajos realizados por Fajardo y Gómez, (2015) que suplementaron vacas lecheras con harina de tilo con edad de 120 días, observando un aumento en la producción de leche en dos litros/día por vaca.

El sistema de silvopastoreo se conoce como un modelo de agroforestería que puede ser utilizado en producción pecuaria, que con pastos mejorados de alto vigor y productividad, pueden fortalecer un programa de alimentación para el ganado, como por ejemplo: falsa poa (*Holcus lanatus*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) trébol rojo y blanco (*Trifolium pratense* y *Trifolium repens*), que asociados con los componentes tradicionales como animales, plantas forrajeras nativas y herbáceas, se puede lograr un manejo de programas nutricionales de manera integral, con suministro de energía y proteína (Uribe *et al.*, 2011).

Una de las especies arbóreas más usada es el tilo, así como los árboles que generalmente se utilizan para dar sombra al ganado y sirven para la producción de leña, extracción de madera y postes; también se puede involucrar en bancos de proteína, cercas vivas y asociados con árboles frutales, o a pasturas naturales o mejoradas (IICA, 2016). El tilo es un árbol o arbusto forrajero de 3 a 6 metros de alto, su tronco suele ser torcido con copa irregular con hojas de color verde claro característico de los árboles jóvenes, sus tallos son tiernos y poco resistentes porque tienen una medula esponjosa, las hojas miden de 4 a 16 cm de largo y de 3 a 7 cm de ancho, son pecioladas, imparipinnadas, opuestas y ovalo-lanceoladas que miden entre 10 y 13 cm de largo y entre 3 y 5 cm de ancho, sus flores son aromáticas y muy pequeñas de color blanco amarillento, que forman una especie de sombrilla, su fruto es redondo de color negro violáceo y de sabor agradable, que

mide entre 3 y 5 mm de diámetro con 3 semillas en su interior (Blanco *et al.*, 2005; Grandtner y Chevrette, 2013) (Figura 1).



Figura 1. Sistema silvopastoril en cercas vivas con *Sambucus peruviana* en Tuta Boyacá

Las ventajas que tiene este árbol forrajero son adaptación a todos los suelos, proporciona sombrero durante las elevadas temperaturas, su follaje tiene un 23.36% de proteína que lo convierte en un excelente suplemento capaz de reemplazar el concentrado que se proporciona al ganado, y tiene buena producción de biomasa verde durante toda la época del año (Cárdenas *et al.*, 2011).

ACTIVIDADES PLANEADAS

El proyecto se desarrolló en el municipio de Tuta que pertenece a la provincia centro del Departamento de Boyacá, Colombia. Su zona poblada está localizada a los 05° 41' 36" de latitud norte y 73° 13' 51" de longitud oeste. Tiene ocho veredas y el sector urbano, ubicado a una altura de 2600 msnm, con temperatura media de 14°C y precipitación anual promedio de 935 mm.

Para la ejecución de este proyecto se seleccionaron diez fincas, donde se entregó a cada propietario entre 168 y 490 árboles de tilo, dependiendo del área de la finca,

con el fin de ser usados como cercas vivas o banco forrajero, se realizaron medidas de altura y supervivencia después de la siembra. Las fincas están ubicadas en las veredas: San Nicolás, Leonera, Hacienda Regencia y Sector el Salival. Para la selección de las fincas se consideró lo siguiente; potreros, cercas, estado del pasto kikuyo, reservorios de agua, tipo de suelo, siendo el ideal franco-arenoso, el cual es óptimo para la siembra del tilo.

Las plantas a sembrar se propagaron en el vivero del municipio por medio de estacones durante 90 días, después de este tiempo fueron transportadas a cada finca seleccionada para proceder a la respectiva siembra, la cual se realizó en época de lluvias, aunque en algunas zonas no hubo precipitaciones por los cambios climáticos. Se hicieron huecos de 30 cm de diámetro con 40 cm de profundidad, sembrando en surcos de 2 m entre plántulas, ubicadas alrededor de las cercas de cada potrero, y en algunos predios se sembraron como banco forrajero estableciendo su respectiva protección con cerca de corriente eléctrica o con alambre de púas, esto con el fin de garantizar el cuidado y la protección del árbol. Una vez sembrados los árboles se tomaron las medidas, observando los primeros 60 días la mortalidad y la supervivencia en cada una de las diez fincas, y posteriormente se hizo la evaluación y seguimiento de la altura de los árboles a los 60 y 120 días. Simultáneamente durante seis meses se realizaron capacitaciones periódicas a los productores pecuarios de la región, en las cuales se explicaba la importancia de los sistemas silvopastoriles, además se realizaron visitas a cada finca para realizar un adecuado seguimiento y toma de la información sobre el establecimiento de este sistema.

CAPACITACIONES

La primera capacitación se realizó en la alcaldía y trató acerca de los conceptos de los sistemas silvopastoriles con tilo y otros árboles que se emplean para este fin, sus cuidados, ventajas de siembra, recomendaciones para el cuidado de plantas establecidas para el nuevo sistema, rotación de praderas con cerca eléctrica, implementación de cercas perimetrales para garantizar la protección de los árboles

del consumo directo de animales antes del tiempo de poda, plateo o quema del pasto alrededor de los árboles sembrados.

La segunda capacitación se realizó en cada una de las fincas seleccionadas, con el fin de definir qué tipo de sistema se utilizaría: sí el de cercas vivas o banco de proteína, indicando que la distancia de siembra era de 2.5 m² para banco de proteína y 2.5 a 3 m para cercas vivas, todo esto dependiendo de la topografía del terreno. Además, se hizo énfasis en los requisitos para la siembra de cercas perimetrales, abono orgánico disponible, y para disminuir los costos se aconsejó utilizar materias primas disponibles en cada una de las fincas. También se indicó las dimensiones de los huecos, 40 cm de profundidad y 30 cm de ancho, y para cada árbol disponer de 0.5 a 1 kg de abono orgánico, para lo cual se utilizó estiércol de ganado, cabras ovinos, o conejos y en algunos predios humus, también se dieron las indicaciones de almacenamiento en un lugar fresco donde no se mojaran, y se indicó que cada tres días se revolviere con pala, dándole vuelta para hacer partículas más pequeñas e ir mezclándolo con cal dolomita de 4 a 5 kg para 50 kg de abono orgánico. Además, se indicó cómo hacer plateo alrededor de los árboles sembrados.

Se explicó las ventajas de implantar este sistema en la finca como nueva alternativa de alimentación para el ganado, el uso de las hojas para suministrarlas al ganado, bien sea para ramoneo, o elaborar ensilajes o convertirlas en harina. Se resaltó que los árboles de tilo tienen un rápido crecimiento proporcionando una buena producción de forraje en tiempos de verano y que sus hojas contienen alto nivel de proteína, siendo un árbol de fácil propagación por lo cual se puede producir un buen número de árboles, es resistente a heladas, generando un efecto sombrilla que disminuye impacto de éstas hasta un 80% permitiendo aumentar el periodo de pastoreo durante más tiempo en esta época crítica (Figura 2).

Se explicó acerca de la importancia de rotar y renovar las praderas, manejando el pasto como cultivo, cuidando el suelo y sus condiciones físicas y químicas, puesto que en algunas fincas los terrenos fueron degradados por el exceso de maquinaria agrícola y la intensificación del pastoreo sin ningún control. Además, se capacitaron a los productores sobre cómo realizar aforos y estimar la producción de biomasa

por área y de esta forma, ellos pudieron predecir el requerimiento de forraje de acuerdo al número de animales en cada finca.



SIEMBRA EN VIVERO

La propagación del material vegetativo fue por estacones de tilo de 20 a 30 cm de largo podados de árboles adultos, luego se procedió a hidratarlos por cinco días, lo cual se realizó en canecas plásticas con 10 litros de agua, transcurrido este tiempo se sembraron en bolsas de un kg, que previamente se habían llenado con tierra y cascarilla de arroz. Luego de colocar los estacones en bolsas, se inició el riego todos los días en la mañana y tarde para garantizar su prendimiento, para favorecer nuevos rebrotes se fertilizó cada ocho días con 100 g de triple 15, diluidos en 20 litros de agua y se aplicó por aspersion con bomba de espalda (Figura 3).

Se sembraron 700 estacones de tilo por semana, hasta obtener el material suficiente para entregar a las fincas seleccionadas, lo cual tomó aproximadamente dos meses, al cabo de este tiempo fue entregando el material prendido, garantizando así el éxito de su prendimiento y desarrollo en campo (Figura 4).



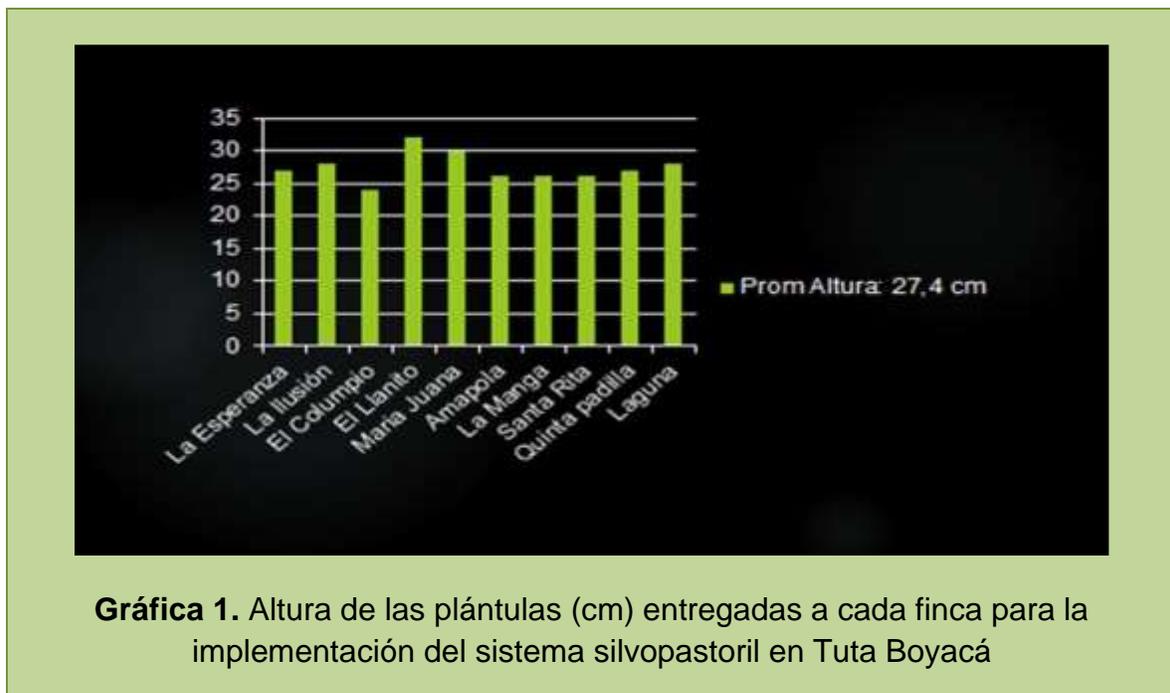
Figura 3. Riego de las estacas dos veces por días



Figura 4. Estacas prendidas para sembrar en fincas

RESULTADOS EN CAMPO

Las estacas de tilo fueron sembradas en las siguientes fincas: La Esperanza, La Ilusión, El Columpio, El Llanito, María Juana, La Manga, Las Amapolas, Santa Rita, Quinta Padilla y La laguna, en dicho momento las plantas tenían una altura promedio de 27.4 cm (Gráfica 1).



Gráfica 1. Altura de las plántulas (cm) entregadas a cada finca para la implementación del sistema silvopastoril en Tuta Boyacá

Para la siembra en campo como se siguieron las indicaciones dadas en las capacitaciones. Se cavaron los huecos de las dimensiones mencionadas anteriormente, y antes de realizar la siembra del árbol en campo, se les colocó el abono orgánico con cal dolomita mezclando 5 kg para un bulto de 50 kg de abono (Figura 5). Cuando el sistema era para bancos forrajeros la distancia entre plantas fue de 2.5 m² y para el sistema de cercas vivas 3 m al lado de la cerca (Figura 6).



Figura 5. Siembra de los árboles de tilo posterior al abonado



Figura 6. Siembra de árboles de tilo para cerca viva

A los 60 y 120 días de siembra se contabilizó el número de árboles vivos y se hicieron las medidas de altura en las diez fincas seleccionadas (Figura 7). Hubo pérdida árboles porque se secaron después de ser sembrados debido a condiciones ambientales o daño causado por el ganado, los cuales fueron remplazados en su totalidad para cada una de las fincas, cabe resaltar que en la vereda La Hacienda no llueve igual en comparación con las otras zonas, donde fueron sembrados los árboles de tilo, condiciones que influyeron en el normal desarrollo y crecimiento de las plantas (Figura 8). El promedio de supervivencia de los árboles a los 60 días de sembrados fue 93.5% (Gráfica 2), y entre los 60 a 120 días no se registró mortalidad de los árboles (Tabla 1), aunque si hubo pérdida de arbustos que, por su alta palatabilidad y falta de pasturas, se estimuló su consumo por parte de los animales, pero se debe mencionar que también influyó la adecuación de cercas perimetrales, puesto que algunas quedaron muy cerca de los árboles (menos de 1 m). Debido a

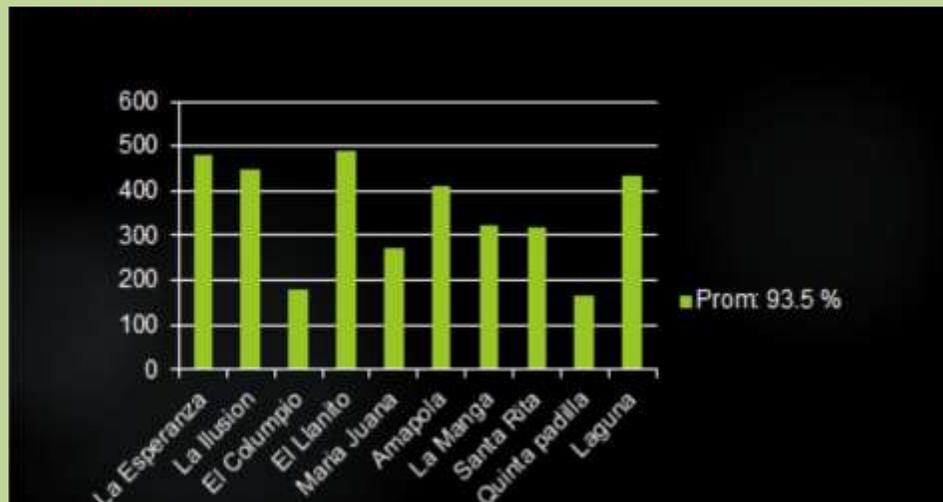
las condiciones de clima seco en algunas fincas fue necesario colocar sistema de riego por goteo.



Figura 7. Medida de la altura de los árboles de tilo en Tuta Boyacá



Figura 8. Banco de proteína con los árboles de tilo



Gráfica 2. Supervivencia de los árboles de tilo a los 60 días en Tuta Boyacá

El tilo es también llamado sauco en Perú, lugar de donde se originó, tiene un amplio rango altitudinal para que su adecuado desarrollo, el cual va desde los 2800 hasta los 3900 msnm, preferiblemente en suelos franco limosos (Castañeda *et al.*, 2016), Tuta está ubicada a una altura promedio de 2600 msnm y posee suelos franco arenosos, condiciones que favorecieron en parte, el desarrollo de este árbol en sus

primeras etapas (Tabla 2), aunque es una especie poco exigente en suelos, su crecimiento fue mejor en las fincas en donde se utilizó el humus, en comparación con aquellas donde se abonó con estiércol y se preparó su propio fertilizante. Es importante señalar que se requiere de buena humedad (riego), lo cual fue una dificultad por la época en la que fueron sembrados los arboles de tilo, tanto así que en algunas fincas fue necesario colocar riego por goteo, de tal forma que se disminuyó la tasa de crecimiento de la planta con relación al tiempo, haciéndola más lenta (Calle *et al.*, 2009).

Tabla 1. Supervivencia a los 120 días de los árboles sembrados en las finca en Tuta Boyacá

Finca	Árboles sembrados	Árboles que no prendieron	Porcentaje de mortalidad (%)
La Esperanza	479	26	5.4
La Ilusión	450	32	7.1
El Columpio	180	25	13.9
El Llanito	490	10	2.0
María Juana	270	19	7.0
La Manga	325	29	8.9
Las Amapolas	410	23	5.6
Santa Rita	320	25	7.8
Quinta Padilla	168	21	12.5
La Laguna	432	14	3.2
Total	3424	224	6.5

El agua es uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés, por lo cual muchas plantas han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit de agua, que van desde un estrés hídrico leve, causado por la disminución del potencial hídrico al mediodía, hasta aquellas que les permiten sobrevivir en ambientes desérticos; estas respuestas incluyen modificaciones en el crecimiento y cierre de estomas (Shao *et al.*, 2008).

Tabla 2. Altura (cm) de los árboles de tilo sembrados en fincas de Tuta Boyacá

Finca	Altura 60 días	Altura 120 días	Crecimiento
La Esperanza	56.7	86.4	29.7
La Ilusión	54.4	80.8	26.4
El Columpio	55.1	86.2	31.1
El Llanito	57.7	83.4	25.7
María Juana	53.9	77.8	23.9
La Manga	44.6	63.2	18.6
Las Amapolas	46.7	67.4	20.7
Santa Rita	46.8	67.6	20.8
Quinta Padilla	50.9	74.8	23.9
La Laguna	52.9	77.8	24.9
Promedio	51.9	76.5	24.6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las capacitaciones ofrecidas a los productores favorecieron el interés por establecer la especie en un sistema silvopastoril favoreciendo los recursos naturales de la región, observándose los mayores valores en términos de sobrevivencia y crecimiento de las plantas, en los predios donde los productores cumplieron con las instrucciones impartidas. Además, el establecimiento de las plantas fue mejor en las fincas donde se utilizó fertilizante orgánico comercial, en comparación con aquel que se preparó en los predios.

Las condiciones climatológicas en algunas zonas con baja precipitación, en parte causados por los cambios climáticos, y el consumo del árbol de tilo por los animales debido a su alta palatabilidad o por falla en la cerca, fueron determinantes en la pérdida de plantas en el proceso de establecimiento.

Los sistemas establecidos, han servido de modelo para que otros productores inicien el proceso de adopción.

Una vez establecidos los sistemas en las fincas seleccionadas, se recomienda iniciar trabajos de investigación sobre el consumo y ganancias en carne y leche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcaldía Municipal de Tuta (AMT). Plan de desarrollo 2012-2015 "Pasos firmes hacia el progreso". Alcaldía de Tuta, Tuta, Colombia. 253 p. 2012.
2. Blanco G.M., Chamorro D.R., Arreaza L.C. Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa* usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 6 (2): 86-90. 2005.
3. Calle Z., Naranjo J., Murgueitio R. El tilo: puerta de entrada a los silvopastoriles en el trópico alto, Carta Fedegan, (110): 118-125. 2009. Disponible En: <https://docplayer.es/36916867-El-tilo-puerta-de-entrada-a-los-silvopastoriles-en-el-tropico-alto.html>
4. Cárdenas C.A., Rocha C., Mora J.R. Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima. Revista Colombiana de Ciencia Animal. 4 (1): 29-35. 2011.
5. Castañeda N.P., Álvarez F., Arango J., Chanchy L., García G.F., Sánchez V., Solarte A., Sotelo M., Zapata C. Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá, Colombia. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 84 p. 2016.
6. Fajardo V., Gómez D. El tilo una fórmula para ahorro significativo por el concepto de la reducción de gastos en la compra de concentrados: la inclusión de la harina de Tilo en las dietas de las vacas, Página del Ganadero Fedegán - Fondo Nacional del Ganado, 261 p. 2015. Recuperado 18 Diciembre 2016]. Disponible En: http://files.fedegan.org.co/pg_31_mayo_2015.pdf
7. Grandtner M.M., Chevrette J. Dictionary of trees, volume 2: South America: Nomenclature, taxonomy and ecology. Academic Press, 1172 p. 2013.
8. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Establecimiento y uso de sistemas silvopastoriles en República Dominicana. Programa de préstamos para el sector agropecuario, agroindustrial y comercial. Programa de apoyo al mejoramiento de la productividad y competitividad del sector agropecuario. Ministerio de Agricultura de la República Dominicana, Santo Domingo, República Dominicana. 36 p. 2016.
9. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Sistema de información geográfica municipal Tuta-Boyacá. Bogotá, Colombia. 20 p. 2013.
10. Navas A. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. Revista de Medicina Veterinaria. (19): 113-122. 2010.
11. Shao H.-B., Chu L.-Y., Jaleel C.A., Zhao C.-X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies. 331 (3): 215-225. 2008.
12. Taiz L., Zeiger E. Plant physiology. Sinauer Associates Sunderland, MA. 2006.
13. Uribe F., Zuluaga A., Murgueitio E., Valencia L., Zapata A., Solarte L., Cuartas C., Naranjo J., Galindo W., González J., Sinisterra J., Gómez J., Molina C., Molina E., Galindo A., Galindo V., Soto R. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCIÓN, TNC, Bogotá, Colombia. 78 p. 2011.