

COMPORTAMIENTO DE AJÍ (*Capsicum annuum*), VARIEDAD TABASCO, BAJO INVERNADERO EN POPAYÁN, CAUCA - COLOMBIA

Sandra Lorena López-Quintero

Fundación Universitaria de Popayán,
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales.
Grupo de Investigación para la Producción
y Agronegocios sostenibles (GINPAS).
Popayán, Colombia

Yudy Paola Valencia Florez

Fundación Universitaria de Popayán,
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias,
Administración de empresas agropecuarias,
Popayán, Colombia

Jenny Marcela Delgado

Fundación Universitaria de Popayán,
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias,
Administración de empresas agropecuarias,
Popayán, Colombia

Lina María Garzón

Fundación Universitaria de Popayán,
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias,
Administración de empresas agropecuarias,
Popayán, Colombia

Edgar Mauricio Quintero

Fundación Universitaria de Popayán,
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias,
Administración de empresas agropecuarias,
Popayán, Colombia

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: El cultivo de ají ha demostrado tener un alto potencial económico en diferentes regiones de Colombia, sin embargo, la información sobre la adaptación y las condiciones edafoclimáticas óptimas para la producción en el municipio de Popayán es escasa, limitando el establecimiento del cultivo en la zona. En el presente trabajo se evaluó aspectos agronómicos y económicos del ají var. Tabasco en el municipio de Popayán bajo un diseño experimental de parcelas divididas en arreglo factorial, dos localidades, fertilización (químico, orgánico y orgánico-químico) y sistema de cobertura (invernadero y plena exposición). Las variables evaluadas fueron altura, vigorosidad, sanidad, y producción y rentabilidad como variable económica, hasta la fase final de la primera cosecha. Se realizó el análisis estadístico con ANOVA y prueba de promedios Tuckey en el programa estadístico SPSS. Los resultados arrojaron diferencias estadísticas significativas en crecimiento vegetativo y producción en plantas bajo el sistema de cobertura y nutrición con fertilizante químico, sin embargo, se observó que este tratamiento genera una mayor rentabilidad sin el sistema de cobertura. La mayor sanidad y vigorosidad se presentó en plantas sin cobertura con fertilización química en los primeros dos meses de establecimiento. Finalmente, esta variedad no genera rentabilidad con sistema de cobertura en ningún tipo de fertilización para la primera cosecha.

Palabras clave: Fertilización, nutrición, cobertura plástica, rentabilidad, vigorosidad.

INTRODUCCIÓN

La situación económica y productiva del sector rural del departamento del Cauca necesita alternativas que permitan la sostenibilidad y rentabilidad de los productores agropecuarios, la información sobre alternativas de producción limita el

establecimiento de cultivos con alto potencial económico para las familias, así como también el aprovechamiento máximo de los espacios de sus unidades productivas.

Alrededor de los últimos 10 años los estudios climáticos arrojan un aumento en la temperatura de las zonas agrícolas de Colombia, cambios debidos en gran medida al calentamiento global, siendo uno de los factores que influye en la rentabilidad de los cultivos debido a que la temperatura incide directamente en los procesos físicos, fisiológicos y bioquímicos de las plantas afectando la productividad y calidad de la cosecha (Fernández, 2013), por tal motivo se necesitan alternativas productivas de especies vegetales que se adapten a esas nuevas condiciones de clima de tal manera que generen mayor productividad para la región.

Es importante resaltar que, la producción no solo depende de la fertilidad del suelo, sino de factores relacionados con la genética de la planta y el ambiente, es decir, la interacción de ambos. (Romero *et al.*, 2016)

Dentro de las alternativas de producción agrícola, el ají puede ser considerado como una opción social y económica para el municipio de Popayán, no obstante, existen pocos antecedentes de cultivos de ají, variedad Tabasco, que permitan identificar el mejor sistema de producción, establecimiento y nutrición, motivo por el cual se abstienen los productores a la posibilidad de acceder a una nueva fuente de ingresos de alta rentabilidad, (UNIMEDIOS, 2014).

En este orden de ideas, el trabajo de investigación evaluó el comportamiento agronómico y económico de *Capsicum annuum* var. Tabasco bajo cubierta plástica y la influencia de tres tipos de fertilización, en dos localidades del municipio de Popayán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se llevó

a cabo en dos localidades del municipio de Popayán, Cauca, vereda La Calera y El Tablón. La Calera se ubicada al noroccidente del municipio a 1668 m.s.n.m., en 02°52'N, 76°41'O y El Tablón al suroccidente a 1733 m.s.n.m y 02°29'N 76°43'O.

Material vegetal. Se empleó semilla sexual de ají var. Tabasco proveniente del municipio de Yumbo, Valle del Cauca. La semilla se obtuvo mediante extracción manual de frutos maduros y sanos, se separó la semilla de la pulpa realizando cernido y lavado, se secó a la sombra sobre papel periódico evitando la humedad y se almacenó en bolsas de sellado hermético a baja temperatura (5°C + 2°C). Las semillas se colocaron en sustrato de turba sobre bandejas esterilizadas de 128 alveolos durante 56 días y riego dos veces al día.

Diseño Experimental. Se implementó un diseño en parcelas divididas bajo un arreglo factorial 2 x 3 x 2, dos localidades, tres tipos de fertilización y dos sistemas de producción. Cada factor con tres repeticiones y cinco plantas como unidad experimental en eras de 24 plantas.

Las plántulas se sembraron en eras de 10 m de largo por 2 metros de ancho y 50 cm de alto cubiertas con polietileno negro -plateado y sistema de riego por goteo, la distancia de siembra de 40 cm entre planta y 2m entre surco con 24 plantas por era, para un total de 576 plantas en cada parcela. Se realizó corrección de pH de acuerdo al análisis de suelo con cal dolomita. Las labores agronómicas se realizaron bajo el esquema que emplean los productores de ají en el Valle del Cauca.

Variables evaluadas. Se registraron datos semanales de:

1. *Altura de la planta.* Se midieron con cinta métrica desde la superficie del suelo a la última hoja totalmente abierta.
2. *Vigorosidad.* Se evaluó mediante una escala visual de 1 a 5, donde 1 es la menos vigorosa y 5 la menos vigorosa (Toledo,

1982)

3. *Sanidad.* Valoración en escala visual, de 1 a 4 siendo 1 la menos afectada y 4 la más afectada de acuerdo con la metodología de Toledo (1982); adicionalmente se determinó mediante observación y revisión literaria el agente causante.

4. *Producción.* Se recolectó la totalidad de frutos maduros por planta hasta finalizar la primera cosecha.

Localidad. La vereda El Tablón cuenta con una temperatura promedio de 20°C y humedad relativa de 74,6%; suelo franco-arenoso, con evidencia de cenizas volcánicas, pH de 5.1, materia orgánica de 10,39 %. Por su parte, La Calera cuenta con una temperatura promedio de 22,3°C, humedad relativa de 85,8%, pH en suelo de 5.14, materia orgánica de 14,32% y nitrógeno total adecuado con 0,72%.

Fertilización. Se emplearon cuatro tratamientos, químico, con fertilización foliar de urea al 2% para la primera aplicación y fertilización edáfica con 10-30-10 y micronutrientes y orgánico con abono orgánico fermentado de hoja de coca. Los autores Ambuila *et al.*, (2022), utilizaron abono orgánico en concentración C100 (Agua, sulfato de Cobre, Zinc, Magnesio, Manganeso, Calcio, Potasio, Hierro, zumo de limón como agente quelante vitaminas granuladas, ácido bórico, levadura comercial, cal fosforita, ceniza cernida, compost maduro, miel de purga, ácidos húmicos y fúlvicos), elaborado por la biofábrica del Centro Agropecuario del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA de Popayán. Se realizaron tres aplicaciones radiculares por mes en relación de 1:40 foliar y 1:20 radicular. Para la mezcla químico – orgánico se aplicó 10-30- 10, micronutrientes y aspersion foliar con urea al 2% y abono orgánico fermentado de coca en relación 1:20 radicular, para el Testigo no se aplicó

ningún fertilizante. Todos los tratamientos se aplicaron hasta terminar la evaluación. La fertilización química, a partir del análisis de suelo, se realizó con fertilizante 10-30-10 micronutrientes, aplicando un total de 64 gr por planta durante la etapa de desarrollo y urea foliar 20 gr por bomba de 20 litros realizando cuatro (4) aplicaciones.

Sistema de producción. Se evaluó el sistema de cobertura plástica, y como testigo el cultivo a plena exposición. Para la cobertura se empleó una estructura completa de invernadero elaborada en guadua, con dimensiones de 25 m de largo por 11m de ancho, 3.20 m de altura en la parte baja y 4.30m en la parte más alta, con techo a dos caídas; para la cubierta se utilizó plástico calibre 6 y en los laterales se usó plástico a una altura de 1.30 metros y poli sombra negra a 1 metro, con sistema móvil para la adecuada ventilación. En los dos sistemas se midió temperatura y humedad relativa semanalmente con un termo-higrómetro y termómetro de máximas y mínimas.

Rentabilidad. Se analizó la relación de costos parciales de producción y la utilidad relativa de la venta de producto para cada tratamiento.

Análisis de datos. Los datos se almacenaron en una matriz de Excel y se analizaron a través de un ANOVA para diferencias estadísticas significativas y prueba de promedios Tuckey; los datos se analizaron con el programa estadístico SPSS (Statistics Editor de datos) versión 23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPORTAMIENTO DE LAS PLANTAS POR LOCALIDADES

Se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en altura, vigorosidad, sanidad y producción de *C. annum* var. Tabasco para las dos localidades de estudio.

Se reportó mayor crecimiento en La Calera

con un valor de 93,06 cm en promedio, respecto a El Tablón con un valor de 64,62 cm promedio; esta diferencia en crecimiento pudo estar determinada por la mayor temperatura que se reporta en La Calera, al favorecer el crecimiento de las plantas como lo plantean Rodríguez *et al.*, (2010) al reportar que las plantas de ají tienen una respuesta favorable a temperaturas superiores a los 19°C, con disponibilidad de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo y crecimiento de la planta (Figura 1).

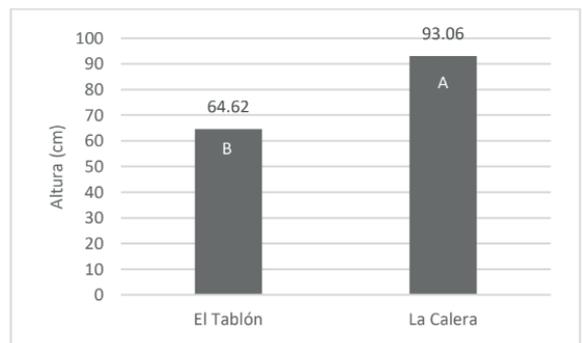


Fig. 1. Altura de las plantas según la localidad

Ambas localidades contaron con las mismas labores agronómicas para el cultivo, además de la aplicación del plan de fertilización necesario para cada localidad de acuerdo con los requerimientos nutricionales que se tenían, sin embargo, la altura de estas localidades fue diferente, esto puede deberse a que La Calera se encuentra a menor latitud que El Tablón por lo tanto su temperatura es mayor al igual que la humedad relativa coincidiendo así con los requerimientos del cultivo de ají.

En cuanto a la sanidad y vigorosidad de las parcelas en las diferentes localidades, se obtuvo el mejor resultado de sanidad en la vereda El Tablón con un valor de 2,3 con respecto a La Calera que presentó un valor de 2,9 en promedio durante todo el ciclo productivo; Este resultado coincide con lo reportado por Gladstone y Hruska (2013), el ataque de las plagas y enfermedades afecta el follaje, la raíz, el desarrollo y crecimiento de

las plantas (Figura 2).

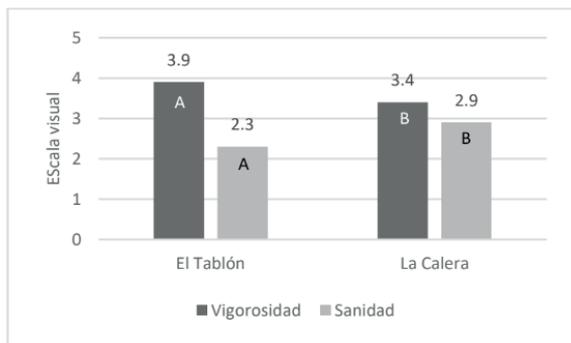


Fig. 2. Vigorosidad y sanidad de las plantas según la localidad

Los resultados analizados permiten determinar que durante el periodo evaluado, El Tablón mantuvo menores temperaturas durante todo el periodo de investigación por lo que el desarrollo de plagas en el cultivo puede ser menor que en La Calera, de acuerdo a lo planteado por Arias (2015) el aumento de la temperatura influye directamente en el desarrollo de enfermedades y la incidencia de plagas dentro del cultivo; otro factor importante planteado por Brechelt (2004), es el establecimiento de un nuevo monocultivo en una área silvestre puede ser atacado por insectos que no habían estado en contacto con las plantas generando daños en el crecimiento, desarrollo y producción de las mismas, respecto a esto, el ají variedad Tabasco se instala por primera vez sobre el municipio de Popayán lo que requiere especial importancia las investigaciones referentes a plagas y enfermedades en el cultivo.

Las altas temperaturas reportadas para La Calera (21°C a 36°C) pudo favorecer la aparición de plagas que no se presentaron en El tablón y que ocasiono graves daños en las plantas, como la infestación de Arañita roja *Tetranychus urticae* y pulgones *Myzus persicae* que de acuerdo con Ortega (2004) se propagan más rápido a temperaturas de 24°C a 31°C y humedad relativa entre 60% a 80%. También se presentó en La Calera

enfermedades ocasionadas por hongos como la mancha foliar por *Alternaria* sp.

En la vereda El Tablón las plantas presentaron mayor vigorosidad con normalidad y diferencia significativa, en esta localidad las plantas presentaron menor incidencia de plagas en comparación a La Calera, el ataque de las plagas y enfermedades afecto el follaje, la raíz, el desarrollo y crecimiento de la planta (Gladstone y Hruska, 2013), además el terreno de la calera tenía una pendiente más pronunciada que el tablón lo que hace que las plantas crezcan con menos vigor ya que la lluvia arrastra parte del suelo fértil (Ausecha, 2014).

Las variables de sanidad y vigorosidad en ambas localidades evidencian que la planta de ají para el municipio de Popayán es susceptible al ataque de plagas y enfermedades presentes en la zona, sin embargo, también se concluye que la respuesta de recuperación a los tratamientos químicos aplicados fue de forma rápida mejorando considerablemente los aspectos mencionados después de realizado el control.

Respecto a la producción por localidad se presentó mayor resultado en La calera con la cosecha de 567gr promedio por planta y en la vereda El tablón 452gr por planta (Figura 3).

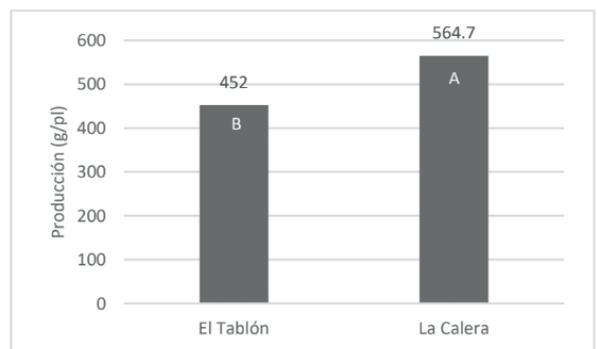


Fig. 3. Producción de las plantas según la localidad

Guzmán (2004) coincide con la FAO y argumenta que el agua no solo es aplicada para satisfacer la demanda hídrica de la planta sino

también para que esta ayude a la disolución de los fertilizantes aplicados, generando el mínimo costo energético y que le permita a esta desarrollar todo su potencial productivo.

Manquillo (2007) determinó que la fertilización en la planta es necesaria para poder crecer, desarrollarse y ser productiva, el agua es importante para la disolución del fertilizante y la absorción de este ayudando al aumento de la biomasa de la planta, un elemento esencial que necesita ser disuelto en la etapa de floración y llenado del fruto es el potasio quien es el encargado de la producción y calidad de los frutos.

Por otro lado, Ligarreto *et al.* (2004) afirman que el rendimiento y la producción de plantas cultivadas puede medirse mediante el índice de crecimiento, los cuales indican aprovechamiento de las plantas en factores ambientales del sitio donde crecen y la forma y cantidad en que las plantas distribuyen sus frutos.

En la figura 3 se muestra que hubo una producción mayor en la localidad de La Calera con respecto a El Tablón de 115gr por planta por encima, esto posiblemente se debe a que la localidad de El Tablón tuvo un déficit de agua durante el periodo de evaluación debido a la extracción de agua por motobomba a diferencia de La Calera que tenía agua disponible mediante gravedad, es por esta razón que la humedad en el suelo de El Tablón era menor lo que pudo haber inferido ya que la falta de dicha humedad disminuye la disolución de nutrientes y por tanto la disponibilidad de estos, como también pudo influir la altura de las plantas, ya que este factor arrojó diferencias estadísticas significativas mostrando más altas las plantas de la calera, siendo así las plantas con mayor desarrollo vegetativo y por ende más espacios para flores y frutos.

INFLUENCIA DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN

El tipo de fertilización influye significativamente ($p < 0,05$) en la altura, sanidad, vigorosidad y producción de *C. annuum* var. Tabasco.

Se presentó mayor crecimiento en aquellas plantas con fertilización de síntesis química al alcanzar una altura promedio de 98,2cm, seguido por el tratamiento con mezcla entre químico y orgánico que obtuvo una altura de 80,57cm, el orgánico con 80,26cm y el testigo con 56,36cm (Figura 4).

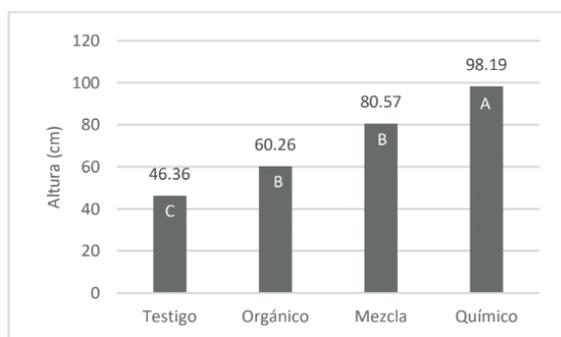


Fig. 4. Altura de las plantas según tipo de fertilización

La respuesta favorable de las plantas de ají a procesos de nutrición de síntesis química, coinciden con Rodríguez *et al.*, (2010), quienes afirman que la fertilización de las plantas de *C. annuum* obtienen mayor altura bajo una fertilización de síntesis química debido a que se ofrece a la planta mayor disposición de nutrientes de forma inmediata y en las cantidades necesarias con respecto a la fertilización orgánica en donde la asimilación de nutrientes se hace de forma lenta (O'Hallorans, 2009).

La fertilización química, a partir del análisis de suelo, se realizó con fertilizante 10-30-10 micronutrientes, aplicando un total de 64gr por planta durante la etapa de desarrollo y urea foliar 20gr por bomba de 20 litros realizando de esta 4 aplicaciones; la composición del fertilizante 10-30-10 permite que las plantas obtenga los nutrientes que

necesita para cada etapa de crecimiento, la aplicación de micronutrientes contribuye al crecimiento y al rendimiento elevado de las plantas según Mount (2007) y la urea foliar como complemento de la fertilización edáfica contribuye a la optimización de la capacidad productiva de acuerdo a Trinidad y Aguilar (2016)

Lo anterior se corrobora con el planteamiento de Martínez (2015) quien afirma que en los requerimientos nutricionales de Ají el nitrógeno y el fósforo son importantes en la etapa de crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que estos dos nutrientes ayudan al crecimiento de hojas y de raíces desde el momento del trasplante y durante todo su ciclo vegetativo; el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento ya que este permite la transferencia de energía dentro de la planta, ayuda al proceso de fotosíntesis y degradación de carbohidratos además de influir en la producción de esta (Agronómicas, 2001).

Otros nutrientes importantes para las plantas de ají son Calcio, Magnesio y Boro; el primero es usado para la síntesis de nuevas paredes celulares, el magnesio que es importante para la pigmentación de hojas y constituye el núcleo de la molécula de la clorofila y el boro transporta azúcares en la planta y hace el papel de estimulante de crecimiento (Cervilla, 2009).

En cuanto a crecimiento de las plantas por procesos de fertilización el trabajo de investigación tiene coherencia con lo que evidencian otros autores, reflejando más altas las plantas con fertilización química, debido posiblemente a la absorción de nutrientes y la aplicación de requerimientos necesarios en cada etapa de desarrollo.

Respecto a sanidad, el sistema de fertilización bajo una mezcla de fertilizantes de síntesis química y abono orgánico generaron que las plantas presentaran mejores condiciones de sanidad con un valor de 2,

seguido por el tratamiento químico, orgánico y por último el testigo (Figura 5).

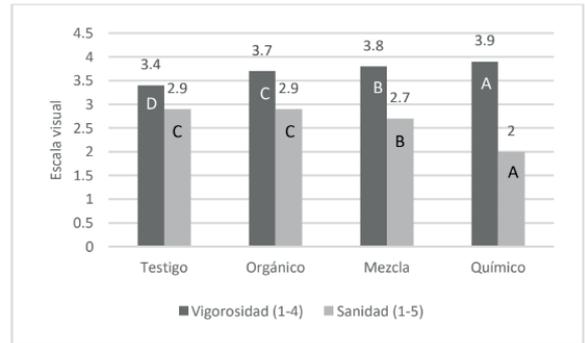


Fig. 5. Vigorosidad y sanidad de las plantas según tipo de fertilización

Autores como Munévar (2004), Martínez (2011) y Altieri y Nicholls (2007) coinciden en que la fertilización de los cultivos tiene una relación directa en la aparición de plagas y enfermedades. Según Munévar (2004) el desbalance de algunos elementos como el nitrógeno puede causar efectos apetecibles que atraen algunos insectos o para la aparición de algunos hongos; esto se debe a que el nitrógeno soluble ocasiona tejidos más fibrosos con mayor contenido de sabia, coincidiendo con lo encontrado en este estudio puesto que los pulgones fueron una de las plagas que más afectó la sanidad en el cultivo de ají.

Martínez (2011) indica que, cultivos que se encuentran con una fertilización resistente. Para Altieri y Nicholls (2007) los cultivos con fertilización Orgánica son menos propensos a las plagas ya que los niveles de concentración de nitrógeno en la planta son menores evitando así el ataque de los áfidos.

El tratamiento de fertilización que más favoreció la sanidad fue el de la mezcla de químico – orgánico evidenciando que se aportaron los requerimientos nutricionales que el suelo no le puede brindar, las aplicaciones foliares con abono a base de coca en concentración c-100 también ayudaron al desarrollo del follaje y tallos (Rodríguez, 2009); por otra parte, el tratamiento menos

vigoroso fue el testigo ya que sin aplicación de fertilizantes o abono orgánico las plantas presentaron mayor debilidad y susceptibilidad a plagas y enfermedades.

La investigación sobre el vigor de las plantas, según Barbazán, (1998), se basa en la concentración de nutrientes aportados y este es un factor que afecta su crecimiento y desarrollo, junto con las condiciones de suelo, condiciones climáticas y hasta de la misma planta tomando en cuenta la selección de semilla que se escoge para el cultivo que se está evaluando, en el ají tabasco la concentración de nutrientes en hojas *et al.* órganos fluctúan con los rebrotes estacionales, crecimientos y desarrollo de frutos, también varían entre hojas de ramas vegetativas y fructíferas, tallos y aspecto de sanidad y vigor de la planta.

En cuanto a la mejor producción, se obtuvo con el tratamiento de fertilización química con 907,9gr por planta promedio, seguido de la mezcla químico orgánico con 732,1gr y orgánico con 334,4gr el tratamiento que reporto menor cantidad de frutos cosechados es el testigo donde no se aplicó ningún tipo de fertilizante (Figura 6).

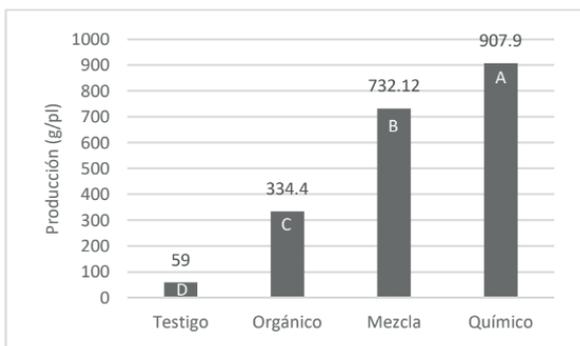


Fig. 6. Producción de las plantas según tipo de fertilización

Algunos autores como Rodríguez (2009) plantean que, la fertilización química favorece en la producción debido a que este aporta los nutrientes que necesita la planta para poder expresar todo su potencial productivo.

Los datos obtenidos por la investigación en

las parcelas demostrativas tienen semejanza con lo encontrado por Rojo (2005) donde muestra que la fertilización química produce rangos significativos en los frutos como el peso, calidad y cantidad obtenida de cada planta en comparación a la aplicación de abono orgánico o de la combinación de ambas.

El tratamiento de fertilización química obtuvo mejores resultados en la producción de la planta de ají tabasco ya que este proporciona a la planta los nutrientes que son deficientes en el suelo. Estos resultados coinciden con lo dicho por Rodríguez *et al.* (2010) donde encuentran que la aplicación de N.P.K. genera un aumento considerable de ramas, número y diámetro de frutos y el rendimiento productivo en comparación a la aplicación de abono orgánico o la mezcla de ambos. Las cosechas obtenidas de las plantas con fertilización química fueron de mayor cantidad y calidad obteniendo de ellas frutos de 1gr de peso.

SISTEMA DE COBERTURA EN EL COMPORTAMIENTO

Se realizó la comparación de los dos sistemas de cobertura encontrando que la altura, la vigorosidad, la sanidad y la producción de *C. annuum* es significativamente diferente ($p < 0,05$) bajo el sistema de cobertura plástica.

La variedad Tabasco, obtiene mayor crecimiento en el sistema de producción bajo cubierta con una altura alcanzada de 97,8cm en comparación con las plantas sembradas a plena exposición solar que obtuvieron una altura promedio de 60,6cm (Figura 7).

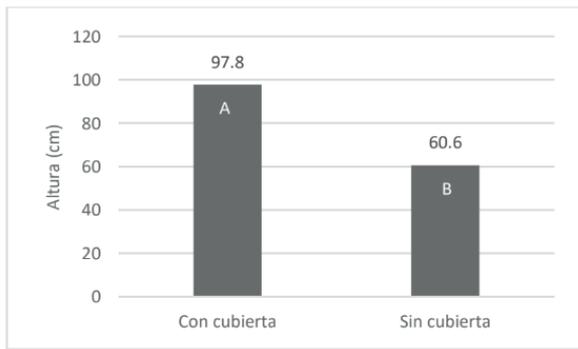


Fig. 7. Altura de las plantas con cobertura plástica

Los resultados indican que las altas temperaturas dentro del invernadero, pudo influir en la altura de las plantas debido a que bajo cobertura la temperatura osciló entre 32°C y 44°C para La Calera y de 25°C a 41°C en El Tablón en los meses de baja precipitación, por lo que al aumentar la temperatura esta favoreció a acelerar los procesos fotosintéticos de las plantas aumentando crecimiento de las mismas como lo menciona (Yepes y Buckeridge, 2011).

Por su parte, Romero *et al.* (2016) plantea que para el establecimiento de un cultivo que no está adaptado a las condiciones naturales de la región debe cultivarse bajo condiciones climáticas controladas; las plantas bajo cobertura mantienen un crecimiento vegetativo acelerado mientras que las plantas que se encuentra a plena exposición pueden traer consecuencias en algunos casos de baja fertilidad, producción lenta y desordenes fisiológicos debido a la inestabilidad de los entornos climáticos.

De acuerdo con Fernández (2013), manifiesta que, la planta *C. annum* está sometida a variaciones sensibles de temperatura que afectan el crecimiento y desarrollo de la misma, por lo que el establecimiento del cultivo bajo cobertura tiene como objetivo conseguir crecimiento precioso aprovechando al máximo la radiación solar.

Con los resultados obtenidos en el presente

trabajo se puede intuir que el sistema de cobertura evaluado nos permite concluir que la planta de ají variedad tabasco obtiene la altura que las condiciones climáticas de su entorno le brindan, es decir que el calor del invernadero provocó a las plantas un mayor desarrollo vegetativo.

Por otro lado, las plantas con mayor sanidad fueron las que se encontraban a plena exposición con un valor de 2 frente a las plantas que se desarrollaron bajo cubierta al presentar mayor infestación por plagas e incidencia de enfermedades (Figura 8).

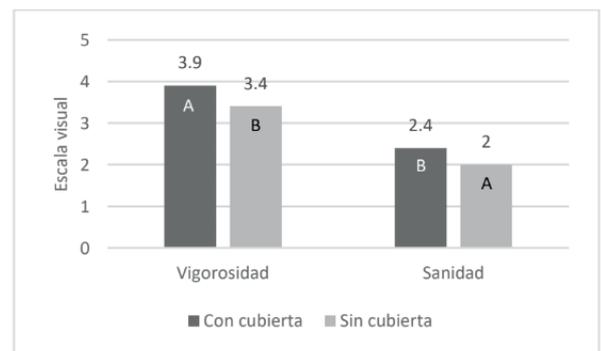


Fig. 8. Vigoridad y sanidad de las plantas con cobertura plástica

La FAO (2002) y Adlercreutz, *et al.*, (2014), expresan que, la variación de los factores climáticos dentro de los sistemas de cobertura son determinantes para la aparición y proliferación de patógenos, contribuyendo a la creación de un hábitat atractivo para las plagas y enfermedades como la araña roja, palomilla y ácaros. En el caso de la infestación por enfermedades, las bacterias y hongos más comunes son: mancha bacteriana, alternaria y antracnosis.

Por lo tanto, la diferencia estadística encontrada para los dos sistemas de producción bajo cobertura y plena exposición puede indicar posiblemente, que el desarrollo de patógenos y el aumento en la población de organismos se debe a las temperaturas encontradas dentro del invernadero, dado

que se presentaban en un rango de 32°C hasta 44°C en los meses de menor precipitación, esto incidió en que la sanidad dentro del invernadero fuera menor con respecto a las plantas que se encontraban a plena exposición.

En cuanto a la vigorosidad en el sistema sin cobertura, donde se evidencia que el clima de la zona ayudo en el desarrollo de las plantas de ají, proporcionando a plena exposición aire, luz y agua.

En cuanto a la producción, los resultados de producción de 538,5gr dentro del invernadero y de 478,2gr por planta a plena exposición demuestra que, así mismo como lo plantea Iglesias (2006), el sistema de cobertura en cultivos incrementa su productividad como consecuencia directa de los fenómenos climáticos óptimos que se le proporcionan a la planta, influyendo de manera determinante en la calidad de los frutos (Figura 9).

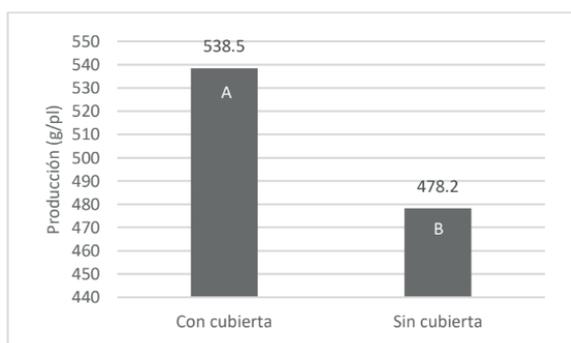


Fig. 9. Producción de las plantas con cobertura plástica

Martínez y Narváez (2013) también indica la importancia de los factores climáticos con relación a la producción, en el cultivo de ají variedad tabasco la temperatura es determinante para la etapa de reproducción, ya que cuando se encuentra por debajo de 10°C o mayores a 37°C se ve afectada la floración y fructificación de las plantas ocasionando bajo crecimiento de hojas y caída de flores, la humedad relativa también genera daños en la producción ya que humedades relativas altas produce frutos deformes y de baja calidad. Las producciones obtenidas durante las 7 cosechas bajo el sistema de cobertura permiten concluir que el calor proporcionado a las plantas genera un desarrollo mayor de flores y frutos.

RENTABILIDAD

Para el análisis de costos de producción en cultivo de ají, se contabilizó los gastos para las dos localidades, bajo los dos sistemas de cobertura y con la aplicación de los tres tratamientos de fertilización, teniendo en cuenta los costos directos e indirectos desde el establecimiento del cultivo hasta la recolección de los frutos (Figura 10), evaluando el precio de venta en el mercado local, la utilidad y rentabilidad del cultivo y el punto de equilibrio en las veredas; también se realizó depreciación así: sistema de riego a tres años, invernadero a ocho años.

	La Calera							
	Cubierta				Sin Cubierta			
	Testigo	Orgánico	Mezcla	Químico	Testigo	Orgánico	Mezcla	Químico
Costo total	16.505.728	34.427.878	37.720.020	36.673.222	16.505.728	23.479.635	26.771.776	25.901.625
Rendimiento (Kg)	1.688	10.125	14.234	14.250	1.547	7.000	10.938	15.313
Precio de venta	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Venta aji	4.556.250	27.337.500	38.432.813	38.475.000	4.176.563	18.900.000	29.531.250	41.343.750
Utilidad	11.949.478	-7.090.378	712.793	1.801.778	-12.329.165	-4.579.635	2.759.474	15.442.125
Rentabilidad (%)	-72	-21	2	5	-75	-20	10	60
Punto de equilibrio	6.113	12.751	13.970	13.583	6.113	8.696	9.915	9.593
Unidad mínima rentable	7089 m2							

	El Tablón							
	Cubierta				Sin Cubierta			
	Testigo	Orgánico	Mezcla	Químico	Testigo	Orgánico	Mezcla	Químico
Costo total	45.206.662	42.158.343	45.450.485	44.393.687	25.130.204	32.349.262	34.502.241	33.445.443
Rendimiento (Kg)	4.375	1.656	14.813	15.219	4.219	2.656	8.547	14.000
Precio de venta	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Venta aji	11.812.500	4.471.875	39.993.750	41.090.625	11.390.625	7.171.875	23.076.563	37.800.000
Utilidad	33.394.162	-37.686.468	-5.456.735	-3.303.062	-13.739.579	-25.177.387	-11.425.678	4.354.557
Rentabilidad (%)	-74	-89	-12	-7	-55	-78	-33	13
Punto de equilibrio	16.743	15.614	16.834	16.442	9.307	11.981	12.779	12.387

Fig. 10. Costos de producción por localidad.

Los gastos totales de inversión para el establecimiento del cultivo, también el rendimiento por tratamiento el cual se sacó de la producción por planta multiplicado por el número de plantas vivas de las cuales se obtuvo la cosecha, el precio de venta es el actual en el mercado local por kilo, la utilidad de lo obtenido en ventas menos los gastos totales, la rentabilidad se sacó de la división de utilidad sobre gastos multiplicado por 100 para la obtención del porcentaje y por último se realizó un punto de equilibrio donde observamos que cantidad de plantas nos puede suplir los gastos generados desde el establecimiento hasta su primera cosecha.

La unidad mínima rentable es de 7089m² con una densidad de 11076 plantas a una distancia de 1,6 entre calle por 0,40m entre plantas, este resultado para la localidad La Calera sin sistema de cobertura con síntesis química, siendo este el único resultado de la investigación que genero una rentabilidad significativa.

De acuerdo con los resultados sobre costos de producción se observa que se obtuvo rentabilidad en la localidad de La Calera, con tratamiento de fertilización química en un porcentaje de 61% seguida de la mezcla con porcentaje de 10% con cultivo a plena exposición, en el sistema de

cobertura se obtuvo una rentabilidad de 5% para tratamiento químico y 2% para mezcla, mientras que la vereda El Tablón obtuvo una rentabilidad de 13% con tratamiento químico (Figura 10), se puede observar que el testigo, la mezcla y la fertilización orgánica fueron los tratamientos que no generan rentabilidad ya que las producciones obtenidas durante la primera cosecha no suplen con los gastos de establecimiento.

La localidad el Tablón tuvo que asumir un gasto adicional para la extracción del agua desde el arroyo hasta el almacenamiento del sistema de riego con la implementación de un equipo de bombeo, por tal razón los costos para la localidad aumentaron considerablemente ya que se designó una mensualidad para el alquiler del quipo como también para los gastos de combustible.

Para los tratamientos de fertilización se observó rentabilidad para el tratamiento T2 y T4 ambos generaron altas producciones debido a que estos suplieron las necesidades nutricionales de las plantas generando así un mayor desarrollo productivo, este hecho se asocia a que los productos de síntesis química brinda a la planta nutrientes solubles que se puede tomar fácilmente, acelerando los procesos de desarrollo vegetativo y productivo, (Rodríguez, 2009) caso contrario ocurre con,

la mezcla de fertilización química y orgánica, donde el proceso de aprovechamiento de la materia orgánica es lento sin embargo este tratamiento mantiene niveles altos de sanidad y vigorosidad en las plantas (O'Hallorans, 2009).

los productores de las fincas El Tablón y La Calera, por su colaboración y disposición del área de estudio en sus unidades productivas.

CONCLUSIONES

Las plantas de *C. annum* var. Tabasco responden positivamente a cualquier tipo de fertilización, sin embargo, el uso de fertilizantes de síntesis química favorece la producción y rentabilidad del cultivo en la localidad La Calera. Además, la fertilización a partir de la mezcla de fertilizante químico y abono orgánico en esta especie, brinda a las plantas mejor vigorosidad y sanidad.

Por otra parte, el mayor crecimiento vegetativo de las plantas de ají variedad Tabasco se obtuvo bajo el sistema de cobertura, pero el desarrollo de insectos y patógenos que ocasionan daños severos al cultivo también es mayor, ya que se propicia las condiciones para su incidencia.

Respecto al sistema de cobertura plástica, este tipo de infraestructura, no genera rentabilidad económica en el primer año de cosecha para el establecimiento de *C. annum* var. Tabasco.

El sistema de riego es fundamental para el establecimiento del cultivo de ají ya que la deficiencia de agua puede ocasionar la disminución del crecimiento y la producción de estas.

La utilidad en términos financieros del cultivo sin sistema de cobertura resultó positiva en comparación al manejo del cultivo en el invernadero, donde se evidenció mayores costos de producción por kilo del producto.

AGRADECIMIENTOS

A la Cámara de Comercio del Cauca y la Fundación Universitaria de Popayán por la financiación del proyecto de investigación y a

REFERENCIAS

- Adlercreutz, E.; Huarte, D.; López C, A.; Manzo, E.; Szczesny, A., Viglianchino, L. (2014). Producción hortícola bajo cubierta. *Ed: Szczesny, A. E., Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 150 p.* (ISBN 978-987-521-458-3), 32. Obtenido de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_prod_hort_bc.pdf
- Agronómicas, I. (2001). *Instituto Internacional de nutrición para las plantas*. Obtenido de: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/\\$file/Funciones+del+F%C3%B3rforo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/7EFD356D05AA06EA05256A31007595F9/$file/Funciones+del+F%C3%B3rforo.pdf)
- Altieri, M.; Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 16 (1).
- Ambuila C., N.; Córdoba, E. E.; Montes R., C.; Anaya F., M. D. (2022). Efecto del abono a base de hoja de coca en *Pisum sativum* L. en el Cauca, Colombia. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 20(1).
- Arias L., R. A. (2015). Identificación, Incidencia y ocurrencia poblacional de enfermedades encontradas en dos variedades de Pimiento (*Capsicum annum* L.) para agroexportación en la irrigación de santa Rita de Siguan durante los meses de octubre 2008 a mayo 2009. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín.
- Ausecha, F. (2014). Estudio de terrenos salinos. Recuperado el 14 de 03 de 2018, de educación formal: <http://www.forumformalambiental.org/projectes/edo/sans>
- Barbazán, M. (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Informe de asistente de fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, 3. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Recuperado el 22 de 05 de 2018, de Facultad de agronomía: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/AnPlantas.pdf>
- Brechelt, A. (2004). El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). RD. Recuperado el 04 de 03 de 2018, de http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf
- Cervilla M., L. M. (2009). Respuesta fisiológica y metabólica a la toxicidad por boro en plantas de tomate. Estrategias de tolerancia. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. Recuperado el 04 de 04 de 2018, de Fisiología Vegetal: <http://hera.ugr.es/tesisklr/18062900.pdf>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002). Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos bajo invernadero. *Proyecto TCP/ECU/066*, 36.
- Fernández, L. (2013). Cultivos de Pimentón en invernadero. *RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 21. Recuperado el 05 de 04 de 2018, de <http://ppct.caicyt.gov.ar/RIA>
- Gladstone, S.; Hruska, A. (2013). Contribución al cumplimiento ambiental. Recuperado el 23 de 05 de 2018, de http://www.nisperal.org/docs/Guia_MIP_esp.pdf
- Guzmán, M. (2004). Población, Agua, Suelo y Fertilizantes. *Tecnologías y programación en agroplasticultura*, Recuperado el 23 de 03 de 2018 Obtenido de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3138/F01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Iglesias, N. (2006). Producción De Hortalizas Bajo Cubierta. Estructura y manejo de cultivo para la Patagonia Norte. Centro Regional Patagonia Norte - Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. En I. N. Agropecuaria., INTA, Boletín de Divulgación Técnica N° 49 (pág. 89), 3er edición. Rio Negro- Argentina: Carlos Belles.
- Ligarreto, G. A.; Espinosa, B. N.; Mendez, P. M. (2004). Recursos genéticos y cultivo de ají y pimentón *Capsicum* sp. Trabajo docente. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Manquillo, C. F. F.; Gómez, W. A. R.; Mesa, J. M. T.; Corredor, J. A. G.; Rengifo, E. (2007). Evaluación agronómica de ocho variedades de ají en la vereda Villanueva municipio de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 5(2), 126-136.
- Martínez E., D. S. (2011). Efecto de cuatro Bio estimulantes en el crecimiento y productividad del cultivo de Pimiento (*Capsicum annum*). El Ángel, Carchi, Ecuador. Recuperado el 12 de 02 de 2018, de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/120>

- Martínez M., A. C. (2015). Requerimientos nutricionales del ají *Capsicum annuum* L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48562/1/1116233280.pdf>
- Martínez F., F. M.; Narváez J., R. Y. (2013). Utilización de 3 variedades de pimiento (*Capsicum annuum* var. Annum, *Capsicum sinense*, *Capsicum baccatum* L.) y 3 variedades de ají (*Capsicum frutescens*, *Capsicum pubescens*, *Capsicum chinense*), fresco y deshidratado para la elaboración de queso fresco prensado (Bachelor's thesis). Escuela de desarrollo integral agropecuario. Universidad Politécnica Estatal. Recuperado el 22 de 02 de 2018, de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/129605901/20>
- Mount, R. (2007). Importancia de los micronutrientes. *BR GLOBAL*. Recuperado el 06 de 12 de 2017 Obtenido de Importancia de los Micronutrientes en las Plantas: <http://www.brglimited.com/download/MicroNutrientes.pdf>
- Munévar, F. (2004). Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. *Revista Palmas, Cenipalma*, 25(especial), 171-178.
- O'Hallorans, J. (2009). *Fertilización de Suelos en la producción orgánica*. Obtenido de Estación experimental: Recuperado el 16 de 01 de 2018 http://academic.uprm.edu/mbarragan/OHallorans_Fertilizacion.pdf
- Ortega, A. (2004). Plagas y enfermedades del cultivo de pimiento *Capsicum*. *Guía de productores de Pimiento y pimentón*, 19. Recuperado el 13 de 04 de 2018
- Rodríguez. A. E. 2009. Efecto de la fertilización integrada (química, orgánica y biofertilización) sobre la nutrición y rendimiento del ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca?. Tesis para optar al título de Máster en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca. 134 p. Recuperado el 26 de 10 de 2017, de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39797/1/8106007.2009.pdf>
- Rodríguez A., E. A.; Bolaños B., M. M.; Menjivar F., J. C. (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta agronómica*, 59(1), 55-64. Recuperado el 29 de 03 de 2018, de: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/14032/14935
- Rojo, W. (2005). Manejo nutricional en la producción intensiva de ajíes y especies afines. Presentado en: I Seminario Internacional en *Capsicum*, (pág. 35). Trujillo, Perú.
- Romero L., M. del P; Enciso M., C. F.; Garcia, S. M.; Wagner G., J. J.; Puentes P, Y. J.; Menjivar F., J. C. (2016). Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq). *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 7(2), 121–127. <https://doi.org/10.22490/21456453.1562>. Recuperado el 04 de 04 de 2018, de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1562/1898>
- Toledo, J. M. (1982). Manual para la evaluación agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. doi:84-89206-12-0
- Trinidad S., A.; Aguilar M., D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 247-255. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309>
- UNIMEDIOS. (2014). Exportación de ají requiere ajustar prácticas agrícolas. Recuperado el 01 de 04 de 2018, de Universidad nacional de Colombia: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/exportacion-de-aji-requiere-ajustar-practicas-agricolas.html>
- Yepes, A.; Buckeridge, M. S. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global: Revisión. *Colombia forestal*, 14(2), 213-232. Recuperado el 16 de 06 de 2018 Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3562/5184>