



Acta Agronómica

ISSN: 0120-2812

ISSN: 2323-0118

Universidad Nacional de Colombia

Solís-Mera, Julián A.

Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas
de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúneles

Acta Agronómica, vol. 70, núm. 4, 2021, Octubre-Diciembre, pp. 394-406

Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.92460>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169975160009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

UAEM [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúneles

Response of three *Rubus* spp. cultivars in their stages of vegetative and reproductive growth under macro tunnels

Julián A. Solís-Mera 

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Colombia. ✉ julian.solis@correounivalle.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.92460>

2021 | 70-4 p 394-406 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 21-12-2020. Acep.: 09-02-2022

Resumen

La tecnología de macrotúneles es una alternativa que permite disminuir el impacto ocasionado por las condiciones climáticas adversas y la incidencia de plagas y enfermedades, mejorando el rendimiento y la calidad. El trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta de los tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúnel, así como la incidencia y severidad de plagas y enfermedades, con el fin de encontrar las características propias de cada cultivar que permitan diferenciarlos morfológica y fenológicamente. Mediante un análisis de varianza se determinó que los cvs. San Antonio y Castilla sin espinas presentan características morfológicas similares; mientras que el cv. Brazos se caracteriza por ser un cultivar rústico el cual presenta el mayor peso de fruto (10.60g) y rendimiento (179.03g/planta/ciclo-4), sin embargo, es el que menor sólidos solubles presenta (5.8°Brix) en comparación con 'Castilla' que alcanza el mayor valor (10.88 °Brix). En cuanto al desarrollo fenológico, el más precoz es 'Brazos' (155 días de trasplante a cosecha) y el más tardío es 'Castilla' (169 días). Por otra parte, los resultados muestran que, en promedio, la temperatura al interior de los macrotúneles aumenta de 5 a 10 °C, siendo estas condiciones inadecuadas para el desarrollo del cultivo, favoreciendo la incidencia y proliferación de enfermedades como el mildew polvoso y plagas como los áfidos. 'Brazos' se caracteriza por tener una alta capacidad de resistencia a plagas (1 %) y enfermedades (11 %); mientras que 'Castilla' es el cultivar más susceptible con una alta incidencia (76 %) y severidad (12%).

Palabras clave: Fenología, invernadero, morfología, plagas, enfermedades, rendimiento

Abstract

Macro-tunnel technology is an alternative that reduces the impact caused by climatic conditions and the incidence of pests and diseases, improving yield and quality. The objective of the work is to evaluate the response of the three *Rubus* spp. Cultivars in their vegetative and reproductive growth under macro-tunnel, as well as the incidence and severity of pests and diseases, to find the characteristics of each cultivar that allow them to be differentiated morphologically and phenologically. Through an analysis of variance, it is determined that the cvs. San Antonio and Castilla present similar morphological characteristics; while the cv. Brazos is characterized by being a rustic cultivar which presents the highest fruit weight (10.60g) and yield (179.03g/plant/cycle-4), however, it is the one that presented the lowest soluble solids (5.8 °Brix) in comparison with 'Castilla' that reaches the highest value (10.88°Brix). Regarding the phenological development, the earliest is 'Brazos' (155 days from transplant to harvest) and the latest is 'Castilla' (169 days). On the other hand, the results show that on average the temperature inside the macro tunnels increases from 5 to 10 °C, and these conditions are inadequate for the development of the crop, favoring the incidence and proliferation of diseases such as powdery mildew and pests such as aphids. 'Brazos' is characterized by having a high resistance to pests (1%) and diseases (11%); while 'Castilla' is the most susceptible cultivar with a high incidence (76%) and severity (12%).

Keywords: Greenhouse, morphology, phenology, plagues, diseases, yield

Introducción

El cultivo de mora se considera uno de los más importantes en Colombia por el número de hectáreas cultivadas y de predios existentes; además, este sistema de producción se caracteriza por estar conformado por pequeños productores de economía campesina (Franco y Bernal, 2020). En el año 2018, aproximadamente se sembraron 13.584 ha y se cosecharon 129.976 t con rendimientos hasta de 9.57 t/ha⁻¹ de mora en Colombia, constituyéndose en el sexto renglón productivo dentro de los frutales transitorios (Agronet, 2020).

La mora se adapta a diferentes alturas sobre el nivel del mar en un rango desde los 1200 a 3500 m; pero el rango de altura más apropiado es de 1.800 a 2.400 m, con temperatura de 16 a 18 °C, humedad del ambiente de 70 a 80 % y precipitación de 1200 a 1700 mm anuales. Por encima de los 2400 m de altura, la producción es menor y se afecta la calidad y el tamaño de los frutos (López-Gonzales y Gómez, 2008).

El aumento en la producción de mora en Colombia en los últimos años está relacionado con la idoneidad de zonas que cumplen las condiciones agroclimáticas para el desarrollo óptimo del cultivo, las cuales influyen de manera directa en la calidad, productividad y rendimiento de la fruta cosechada, además de brindar un alto valor nutricional y propiedades antioxidantes (potencial nutraceutico), que implican altas posibilidades agroindustriales (MinAgricultura, 2013).

De acuerdo con Barrero (2009). a pesar de la riqueza y del gran potencial de la mora, no ha adquirido el grado de importancia esperado, lo cual puede atribuirse a varias limitaciones dentro de las que se destaca, por un lado, la dependencia de un número reducido de variedades, la baja calidad genética del cultivar de siembra y el uso de tecnologías inadecuadas para su manejo. En Colombia se cultiva, en mayor medida, la mora de Castilla, ampliamente adaptada, originaria de la zona andina tropical alta de América y perteneciente a la familia de las Rosáceas. Sin embargo, esta variedad presenta limitaciones de susceptibilidad fitosanitaria y bajo contenido de grados Brix (p. 5).

En Colombia, el cultivo de mora se implementa principalmente a campo abierto, lo que presenta algunas limitaciones de carácter biótico como el ataque de plagas como ácaros, trips y áfidos, y enfermedades ocasionadas por el mildew polvoso y vellosa, antracnosis y moho gris (Franco y Bernal, 2020), las cuales pueden generar pérdidas importantes en la producción, sumadas a las causas por factores abióticos relacionados con la exposición a condiciones climáticas adversas (Rubio *et al.*, 2014). Por eso, se hace necesario la búsqueda de nuevas y mejores alternativas tecnológicas que permitan contrarrestar estos efectos y mejorar el rendimiento

y la calidad del producto, lo cual permitiría tener una agricultura cada vez más abierta al comercio mundial con cultivos más productivos y competitivos.

Investigaciones recientes indican que existe la necesidad en avanzar acerca de la utilización de nuevas tecnologías que brinden mejores condiciones para el cultivo a un menor costo, por eso, autores como Lamont, (2009); Demchak y Hanson, (2013); Salamé-donoso *et al.* (2010); Lang, (2009); Rubio *et al.* (2014), recomiendan ampliamente desde su experiencia la utilización de la tecnología de macrotúneles como una alternativa para la producción de pequeños frutales, debido a su practicidad en la instalación, adaptación a diversas condiciones topográficas y a la vida útil que puede ser hasta de 10 años. En el mundo existen cerca de 769 millones de hectáreas de cultivos comerciales cubiertas por macrotúneles, siendo Estados Unidos el mayor productor de pequeños frutales bajo esta tecnología (Rubio *et al.*, 2014).

De acuerdo con los ensayos de investigación realizados con frutales y hortalizas bajo macrotúneles en la mayoría de los casos, estos aumentaron los rendimientos de los cultivos, mejoraron la calidad y disminuyeron la incidencia de la mayoría de las enfermedades en comparación con la producción en campo (Demchak y Hanson, 2013). Estos resultados obtenidos en diferentes países con sistemas productivos tecnificados pueden ser justificados en parte por la implementación de macrotúneles ya que estos favorecen el desarrollo del cultivo.

Por las razones expuestas, se hace necesario avanzar en la investigación acerca de la utilización de los macrotúneles para evaluar y caracterizar la respuesta en la producción de mora en los principales municipios productores del departamento del Valle del Cauca (Colombia), con el propósito de mejorar las prácticas de manejo y que los agricultores dispongan de mejores tecnologías para la toma de decisiones al momento de la implementación del cultivo.

Respecto al uso de macrotúneles para incrementar el rendimiento y reducir la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de la mora, no se conocen reportes o investigaciones previas. En este contexto, el presente trabajo se puede considerar como un aporte importante y los resultados obtenidos de este constituyen la base para desarrollar una tecnología agrícola útil sobre este cultivo de importancia a nivel nacional.

Por tanto, se propuso evaluar la respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. (San Antonio, Brazos y Castilla sin espinas) en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo la cubierta de macrotúnel en el municipio de Pradera en el departamento del Valle del Cauca (Colombia), utilizando descriptores morfológicos, fenológicos y de calidad para establecer cuál de los cultivares responde mejor ante las condiciones establecidas, brindando nuevas opciones a los pequeños productores.

Materiales y métodos

El estudio se lleva a cabo en la finca San Marcos ubicada en el corregimiento la Carbonera del municipio de Pradera, Valle del Cauca (Colombia), con coordenadas geográficas 3°26'0.26" N y 76°4'0" O, a una altitud de 2020 m, con una precipitación promedio anual de 1800 mm y una temperatura media 14.5°C.

Se evalúan tres cultivares de *Rubus* spp.: los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas, provenientes de plantas adquiridas en el Vivero San José, ubicado entre los municipios de Fusagasugá y Silvania en el departamento de Cundinamarca, y Brazos, proveniente de la finca Flor María, ubicada en el municipio de Paipa (Boyacá). Los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas son propagados sexualmente, donde las extracciones de las semillas son obtenidas de cultivos establecidos en los municipios de Pasca, Silvania (Cundinamarca) y el cultivar Brazos es propagado asexualmente por medio de estacas (Figura 1).

Para realizar la construcción de los macrotúneles se lleva a cabo la adecuación del terreno, desmonte y eliminación de rastrojo o barbecho de manera manual en los lotes seleccionados de la finca y demás objetos que interfirieran en el proceso de construcción. La instalación de las bases y cimientos para la estructura en acero galvanizado es dispuesta según las especificaciones técnicas y estudios al terreno desarrollados por la empresa Scientia comprendiendo: la nivelación del terreno en sentido de la pendiente para facilitar la instalación de la estructura y el marcaje de base para los postes y tensores. La cobertura del techo es de plástico de origen israelí, de 8.5 m de ancho con una alta resistencia mecánica.

El área total de la parcela demostrativa experimental de macrotúneles es de 1308 m², con ocho macrotúneles y dos módulos. El módulo A con un área de 490.56 m² con tres macrotúneles, uno a continuación del otro, donde se establece el cultivar de San Antonio, con un total de 130 plantas distribuidas en 13 surcos de aproximadamente 10 plantas cada uno, con una distancia de siembra de 2m entre surcos y 1.6m entre plantas.

El módulo B con un área de 817.6 m² con cinco macrotúneles de igual forma, donde se establecen los cultivares Brazos y Castilla sin espinas divididos en dos submódulos; en primer lugar, se cuenta con una población del cultivar de brazos de 54 plantas, distribuidas en 3 surcos de aproximadamente 18 plantas cada uno, con una distancia de siembra entre plantas de 1.46 m y entre surcos de 2 m; en segundo lugar, se tiene una población de 109 plantas del cultivar Castilla sin espina con 7 surcos aproximadamente de 15 plantas cada uno, sembradas a una distancia entre plantas de 1.82 m y entre surcos de 3 m.

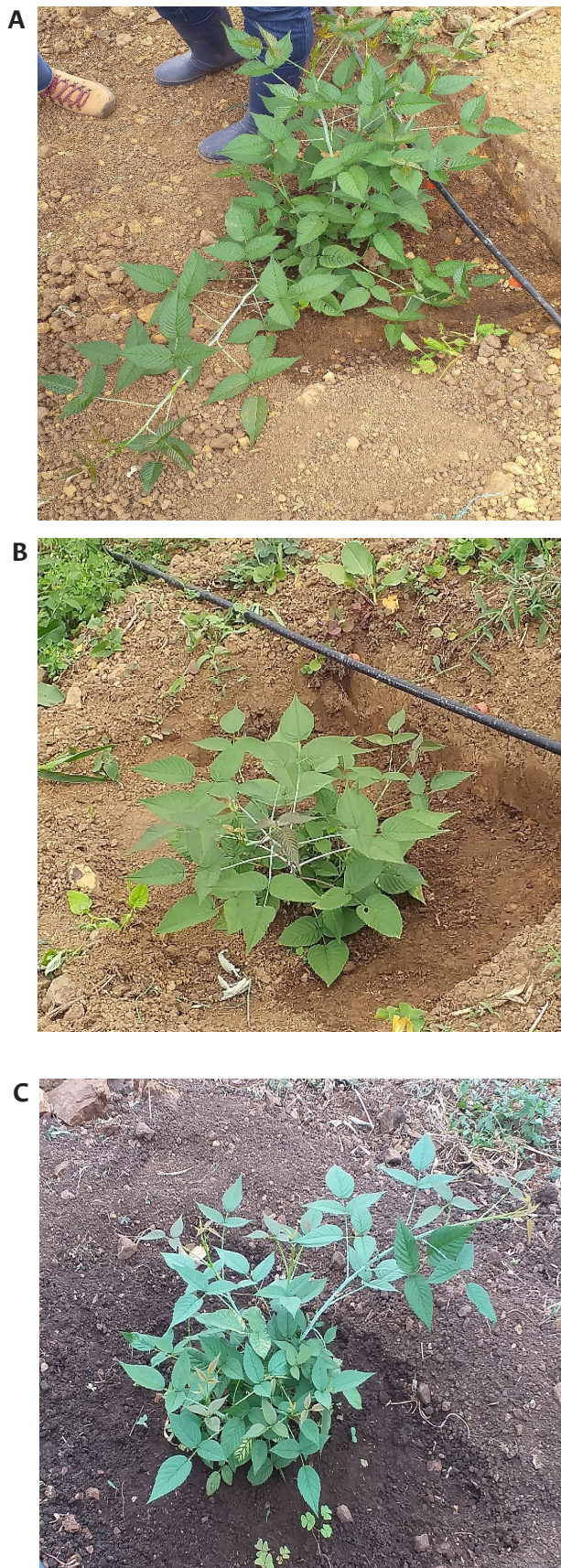


Figura 1. Cultivares de la investigación: **A.** Cultivar Brazos, **B.** Cultivar San Antonio sin espinas, **C.** Cultivar San Antonio.

Teniendo en cuenta este diseño de siembra, se instala un sistema de riego y fertirriego por goteo automatizado por tiempos y gestionado mediante sensor de humedad del suelo, el cual, es controlado mediante tres válvulas que permiten controlar de manera independiente cada módulo. Al interior de los macrotúneles y en el exterior de ellos, se instalan termómetros de temperatura que permiten el monitoreo de la temperatura con una frecuencia de dos veces por semana, donde se registran los valores máximos y mínimos.

Durante la investigación, se desarrollan prácticas de manejo como: tutorado, donde se establece para los tres cultivares un tutorado en forma de V, en esta práctica se encajonan las plantas con el alambre dándoles una forma de copa para mantener la aireación y prevenir ataques de plagas o enfermedades.

Por otro lado, se realiza la poda de formación de acuerdo con el cambio de luna (menguate) respetando las creencias de los agricultores en las fases lunares para realizar sus labores agrícolas. Esta poda consiste en dar forma de vaso a las plantas, donde se seleccionan 8 ramas productivas hembras, cortando látigos, y ramas macho. Para el encanastillado, se instala un alambre a una altura de 1.30 m con respecto al suelo y a partir de ahí todas las ramas que sobrepasan este alambre a 10 cm fueron podadas.

Posterior a la poda de formación, durante los meses de desarrollo del cultivo y hasta el final de la investigación en los tres cultivares se realiza la poda sanitaria y aclareo de hojas a 50 cm de la planta partiendo del suelo con el fin de evitar la propagación de enfermedades y plagas en los cultivares, los residuos de poda se dejan al pie de cada planta y aquellos que se observan con problemas fitosanitarios son dispuestos en las fosas de desechos ubicadas en cada módulo.

La caracterización y evaluación de cada uno de los cultivares de mora en sus etapas fenológicas, se realiza con 26 descriptores encontrados en la literatura (Zamorano *et al.*, 2011; Iza *et al.*, 2020) y los recomendados por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Los descriptores empleados son 6 cualitativos y 20 cuantitativos, dentro de los cuales se tienen variables morfológicas, fenológicas y de calidad que permitieron determinar las diferencias entre los tres cultivares.

Los descriptores morfológicos son: altura de la planta, longitud de hoja, diámetro del tallo, longitud del peciolo, tipo de hoja, número de folíolos, número de botones florales por racimo, número de racimos por planta, número de flores fecundadas, color, número, forma, diámetro de pétalos, hábito de crecimiento, número de frutos por planta, peso promedio, longitud, diámetro, color, forma de frutos y rendimiento.

Los descriptores fenológicos son analizados de acuerdo con los días de duración entre las siguientes fases secuenciales: días al botón floral (inicio de brotes de botón floral), días a floración (cuando se han abierto más del 5% de flores), fructificación (floración hasta formación de frutos), días a la maduración (formación de frutos a cambio de color del fruto), días a la cosecha (cambio de color del fruto a cosecha) y la duración total desde botón floral a cosecha; por último se evaluó la calidad del fruto representada en sólidos solubles totales (°Brix).

Para la estimación del tamaño óptimo de muestra, se tiene en cuenta la variabilidad asociada al método de propagación de las plántulas de los cultivares de San Antonio y Castilla sin espinas, por lo tanto, se determina un tamaño de muestra del 10% del total de la población de cada cultivar, donde la selección de las plántulas se hace al azar teniendo en cuenta que las plántulas seleccionadas tuvieran condiciones de crecimiento y desarrollo similar acorde al tiempo de establecimiento, y estas son marcadas para su seguimiento. Con el fin de evitar comparaciones sesgadas, no se tienen en cuenta los bordes de ninguno de los módulos.

Los datos se consignan en un formato para cada etapa fenológica del cultivo lo cual permite su organización y sistematización. Los datos pertenecientes a la etapa vegetativa se toman hasta el sexto mes, posteriormente la toma de datos de la etapa de floración hasta la semana 35 y finalmente, la toma de datos de la etapa de reproducción hasta la semana 48.

Para establecer las diferencias a nivel fenológico y morfológico entre los tres cultivares de *Rubus* spp. a partir de los resultados obtenidos de los descriptores, se realiza un análisis de varianza (ANOVA) con la cual se prueba la hipótesis de que las medias de más de dos poblaciones son iguales. En este caso, el objetivo es observar si existen diferencias significativas entre los tres cultivares evaluados. Para ello, se plantea un diseño de experimento de un factor y tres niveles, donde el factor es el tipo de cultivar y los niveles fueron la cantidad de cultivares por comparar. A partir de esto, se plantean las hipótesis bajo un nivel de significancia del 5%.

Para este análisis se utiliza el software estadístico R el cual permite contrastar las hipótesis y así poder determinar si existen diferencias significativas en los diferentes niveles del factor. Esto se realiza para todos los descriptores por etapa fenológica. Una vez se determina que existen diferencias significativas entre las medias, se realizan las comparaciones múltiples por parejas para contrastar la diferencia entre cada pareja de medias y estimar el grado de diferencia; a este análisis se le conoce como Post-Anova, donde la evaluación de la significancia estadística de las diferencias entre las medias, se realiza por medio de métodos que utilizan ya sea un conjunto de intervalos

de confianza y/o un conjunto de pruebas de hipótesis para su determinación. En este caso, se utilizó el método de Tukey de comparaciones múltiples, el cual permitió comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

Para la evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades se realiza un monitoreo con una frecuencia de una vez por semana por medio del método de observación directa, con el cual se identifica el número de plantas que presentaban síntomas y posterior a ello se identifica y cuantifica el tipo de daño y su posible agente causal. Para esto, se selecciona una muestra del 10% de la población de plantas de cada cultivar, teniendo en cuenta que se encontraran distribuidas en la parte alta, media y baja del lote, asegurando una muestra representativa de toda la población.

En el caso del monitoreo de plagas, se utiliza el protocolo establecido en el estudio realizado por Lorenzo (2016), el cual consiste en visualizar de manera individual la muestra de plantas. Para esto, se utiliza un índice de valores para estimar el nivel de presencia/ausencia de la plaga en la planta. Los valores están comprendidos en una escala de 0 a 4 (0, sin presencia; 1, baja presencia; 2, nivel medio; 3, alta presencia; 4, elevada presencia).

De las plantas seleccionadas para el monitoreo de plagas se cuentan el total de brotes afectados con el cual se determina la incidencia de la plaga y de esta manera el porcentaje promedio de incidencia de las plagas presentes en el cultivo, en frutos o racimos florales.

Del mismo modo, para el del monitoreo de enfermedades, se utiliza el protocolo establecido por Saldarriaga *et al.* (2017) el cual consiste en determinar la incidencia y severidad de la enfermedad en las plantas. En el caso de la incidencia, se seleccionan de la muestra cuatro ramas por planta, se cuenta el total de hojas y de estas, el número de ellas que presentan

síntomas de la enfermedad y luego se promedian los valores de las cuatro ramas para hallar la incidencia por planta y finalmente se calcula el valor promedio para las plantas evaluadas.

Para cuantificar la severidad de la enfermedad, en las mismas cuatro ramas en las que se evalúa la incidencia, se visualizan las primeras seis hojas de cada rama a partir de la hoja más joven totalmente expandida y se comparan con el diagrama de referencia (Saldarriaga *et al.*, 2017), que considera cinco niveles definidos por el porcentaje de área de tejido foliar afectado por la enfermedad, así: nivel 1: 1% de tejido afectado; nivel 2: 5% de tejido afectado; nivel 3: 10% de tejido afectado; nivel 4: 25% de tejido afectado; y nivel 5: 50% o más de tejido afectado.

La información se procesa para obtener los valores medios de severidad de la enfermedad por rama y planta y, de acuerdo con esto, se definen las medidas para el manejo de las plantas. Se considera un nivel bajo de severidad cuando es menor del 5%, medio entre el 5% y el 20% y alto cuando es mayor del 20%. De acuerdo con los niveles obtenidos en cada evaluación se utilizan para tomar las medidas sanitarias para evitar que la enfermedad progresara y afectara las estructuras reproductivas.

Resultados y discusión

Monitoreo de la temperatura. Los resultados obtenidos del comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas se pueden visualizar en la Figura 2. En esta, se muestra una alta variabilidad en el comportamiento de las temperaturas máximas con una tendencia alta a las temperaturas por encima de los 25 °C para los tres escenarios: macrotúnel A, B y en el ambiente. En el caso del macrotúnel A, se presenta una temperatura máxima de 39 °C; mientras que el macrotúnel B presenta una temperatura máxima de 36 °C. De acuerdo con los datos registrados en

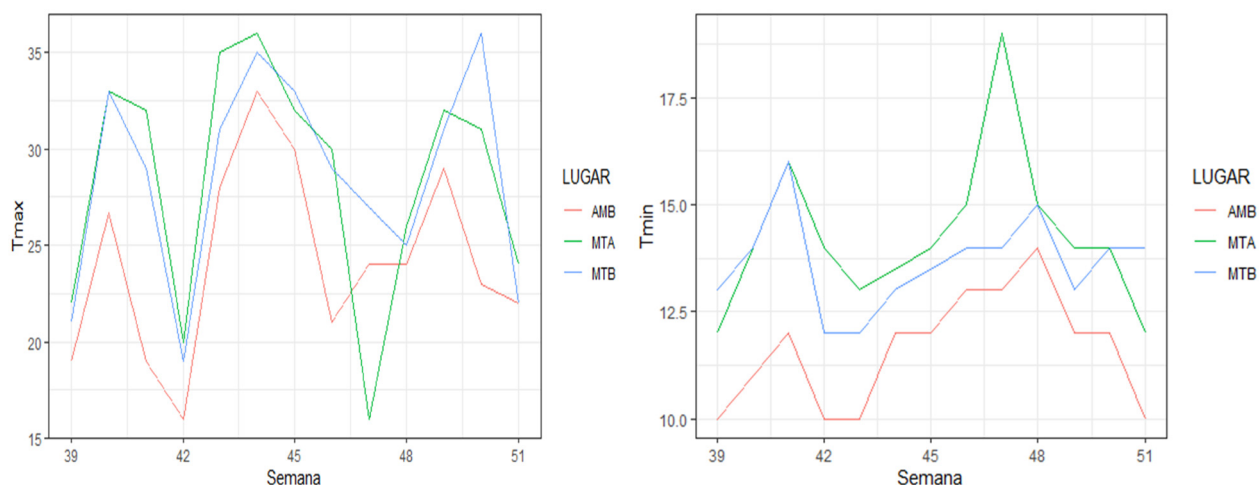


Figura 2. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas en los tres ambientes: macrotúnel A (MTA), macrotúnel B (MTB) y ambiente (AMB).

cada ambiente se puede decir que se obtiene una temperatura máxima promedio de 28.4 °C para el macrotúnel A, 28.5 °C para el macrotúnel B; y 24.2 °C para la temperatura ambiente; mientras que, para las temperaturas mínimas en los diferentes escenarios se observa una pequeña variabilidad en su comportamiento con una tendencia alta a las temperaturas por encima de los 12.5 °C para los tres escenarios. En el caso del macrotúnel A, se presenta una temperatura mínima hasta de 12 °C; mientras que el macrotúnel B presenta una temperatura mínima hasta de 11 °C. De acuerdo con los datos registrados en cada ambiente se puede decir que se obtiene una temperatura mínima promedio de 14.3 °C para el macrotúnel A, 13.7 °C para el macrotúnel B, y 11.6 °C para la temperatura ambiente.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el monitoreo de las temperaturas máximas y mínimas en los diferentes ambientes, se observa que bajo las condiciones establecidas el comportamiento de las temperaturas fue muy variable durante todo la investigación y las mayores temperaturas se presentan en el macrotúnel A. Además, hay una mayor persistencia de temperaturas máximas promedio, por encima de los 27.4 °C y las menores temperaturas que se presentan en promedio es de 13.3 °C, siendo estas condiciones climáticas no idóneas para el desarrollo óptimo del cultivo de mora, ya que según Cardona y Bolaños-Benavides (2019) el rango de temperatura óptimo para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo se encuentra entre 11 y 18 °C con valores de humedad relativa entre 70 % a 80 %, contrario a lo que se observa al interior de los macrotúneles durante el estudio, donde se presentan altas temperaturas respecto a las requeridas por el cultivo generando un ambiente adecuado para la estancia y proliferación de ciertas enfermedades y plagas.

Según Alonso *et al.* (2008), el comportamiento de las variables meteorológicas influye en el desarrollo óptimo de los cultivos. El efecto de la temperatura resulta significativo, pues está relacionado con el crecimiento, debido a su efecto acelerador en la velocidad de las reacciones bioquímicas y los procesos internos ligados al transporte de savia. En algunos casos, las temperaturas superiores a 38 °C resultan desfavorables, pues la fructificación se retrasa y pueden ocasionar deformaciones en frutos y aparición de las flores estériles como lo que sucede con el cultivar de Brazos entre la semana 30 y 40, donde se presentan las mayores temperaturas al interior del macrotúnel B.

Conforme a la estimación realizada, se determina que el mayor delta de temperatura con respecto a la temperatura ambiente se presenta al interior del macrotúnel A con un valor de 10.08 °C; mientras que el macrotúnel B presenta un valor de 5.33 °C, el cual coincide con lo encontrado por Lamont (2009), el cual afirma que el incremento de la temperatura (delta) al interior de la tecnología de macrotúnel oscila entre

2 a 5 °C respecto a la del ambiente. También, es importante resaltar que la diferencia entre los deltas de temperatura encontrados puede estar asociado al área de cada uno de los macrotúneles, ya que en este caso el macrotúnel B, que presenta el menor delta de temperatura es precisamente el más grande, lo cual es coherente si se tiene en cuenta que el área en relación con la temperatura es inversamente proporcional.

Descriptor fenológico. En la Tabla 1 se presenta la duración en días de cinco fases fenológicas para los tres cultivares evaluados. El acumulado de días desde que se realiza el trasplante hasta la cosecha presenta diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares, observándose que el cultivar más precoz fue Brazos; mientras que el más tardío fue Castilla (Tabla 1), encontrándose una diferencia acumulada de 14 días. Los resultados de esta investigación son cercanos a los reportados por Iza *et al.* (2020), quienes obtienen un promedio de 173 días desde el trasplante a cosecha para los cultivares de *R. glaucus* y 164 para el cultivar de Brazos.

Descriptor morfológico cualitativo y cuantitativo. En la Tabla 2 se presentan los valores promedios de los descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos utilizados para diferenciar a los tres cultivares de *Rubus* spp. en las etapas vegetativa, floración y reproductiva.

Descriptor etapa vegetativa. Los cultivares de San Antonio y Castilla se caracterizan por presentar un tipo de hoja trifoliada; mientras que el cultivar de Brazos presenta un tipo de hoja palmada con cinco foliolos. Además, el cultivar de Castilla presenta ausencia de espinas, característica muy apreciable y de gran importancia a nivel comercial, caso contrario de los cultivares de San Antonio y Brazos, que se caracterizan por tener presencia de espinas con un mayor número de espinas para San Antonio y de mayor tamaño para el cultivar de Brazos, las cuales se forman como un mecanismo de defensa y adaptación. La presencia de espinas es un parámetro que se toma como carácter esencial para distinguir las subfamilias

Tabla 1. Duración (días) entre cinco fases fenológicas desde trasplante hasta la cosecha de los diferentes cultivares de *Rubus* spp

Fases fenológicas	San Antonio	Brazos	Castilla sin espinas
Días a botón floral	75 a	82 b	90c
Día a floración	28 a	29 a	28 a
Días a fructificación	20 b	12 a	19 b
Días a maduración	20 a	21 a	21 a
Días a cosecha	14 b	11 a	11 a
Total de días a cosecha	165 b	155 a	169 c

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P < 0.05$) entre los cultivares evaluados.

Tabla 2. Valores promedios de los descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos en tres cultivares de *Rubus* spp

Descriptores	San Antonio	Castilla sin espinas	Brazos
Longitud planta (cm)	138.40 b*	163.32 b	286.64 a
Longitud de hoja (cm)	14.55 a	13.06 a	10.61 a
Diámetro tallo (cm)	0.67 b	0.68 b	0.95 a
Longitud de peciolo (cm)	9.03 b	12.89 a	9.46 b
Número de foliolos	3	3	5
Tipo de hoja	Trifoliada	Trifoliada	Palmeada
Diámetro pétalo (cm)	0.72 b	0.69 b	0.99 a
Número de botones florales	15.00 a	17.00 a	6.00 b
Número de racimos	11.00 a	6.00 b	6,00 b
Número de flores fecundadas	39,00 a	17,00 b	5,00 c
Número de pétalos	5	6	a
Forma del pétalo	Lanceolado	Lanceolado	Redondeado
Color del pétalo	Blanco	Blanco	Blanco con morado
Longitud fruto (cm)	2.2 a	1.78 b	2.37 a
diámetro fruto (cm)	1.84 ab	1.40 b	2.28 a
Peso fruto (g)	7.21 c	8.12 b	10.60 a
Número de frutos	105.00 b	77.00 b	152.00 a
Color fruto	Rojo	Rojo	Negro rojizo
Forma del fruto	Oval estrecha	Cónica alargada	Oblonga
Sólidos solubles (°Brix)	7.67 a	8.20 a	5.85 b

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P < 0.05$) entre los cultivares evaluados.

de la familia Rosaceae, así como lo afirman Sánchez *et al.* (2018), que describen que dentro de las variables discriminantes para diferenciar cultivares es necesario observar la presencia y ausencia de espinas.

Por otra parte, el cultivar de Brazos presenta el mayor valor promedio de longitud de planta, mientras que los cultivares de San Antonio y Castilla sin espinas obtienen los valores promedios más bajos (tabla 2). Según Morillo y Yépez (2011), los cultivares de *R. glaucus* presentan de 150 a 400 cm de longitud similar a lo encontrado en este estudio con valores promedio hasta de 217.27 cm. Por su parte, Iza *et al.* (2020) encuentran un valor promedio de longitud de la planta para el cultivar de Castilla de 322 cm y para el cultivar de brazos de 166 cm, valores contrarios a los que se reportan en esta investigación.

Según Moreno *et al.* (2016) la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en los tallos de la especie *R. glaucus* aumenta lentamente hasta alcanzar su punto máximo de crecimiento donde la ganancia en altura de la planta disminuye a medida que ésta se aproxima a la emergencia del fruto, momento a partir del cual la altura de la planta se estabiliza. En el caso de la longitud máxima de la planta se registra hasta la poda de formación (semana 26) ya que a partir de

este momento se incentiva el crecimiento de ramas secundarias y terciarias, tal como lo menciona Cardona (2017).

En cuanto al diámetro del tallo, el cultivar que presenta el valor promedio más alto fue Brazos, mientras que los cultivares de San Antonio y Castilla presentaron los valores promedios más bajos (tabla 2). Por su parte, Iza *et al.* (2020) encuentran en su estudio el valor promedio más alto del diámetro en el cultivar de Castilla con 0.85 cm y el más bajo en el cultivar de Brazos con 0.62 cm, valores contrarios a los que se encuentran en esta investigación. Esta discrepancia en los resultados en el diámetro del tallo de los cultivares en los ensayos, según Centeno y Castro (1993) está asociado a la variedad y las condiciones ambientales.

Referente a la longitud del peciolo, el cultivar de Castilla sin espina obtiene el valor promedio más alto; mientras que los cultivares San Antonio y Brazos obtienen los valores promedios más bajos (tabla 2). Según Martínez *et al.* (2013) la longitud del peciolo en *R. glaucus* se encuentra entre 10.2 y 13 cm, similar a los datos obtenidos en esta investigación para el caso de Castilla sin espinas.

Descriptores etapa floración. Dentro de las características más representativas encontradas en este estudio, se tiene que los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas presentan flores con cinco pétalos lanceolados de color blanco, sin embargo, se alcanzan a observar algunas flores del cultivar Castilla sin espinas con seis pétalos; mientras que el cultivar Brazos presenta una flor con pétalos redondeados con cinco pétalos y un color de pétalo blanco con trazas violeta. Por otro lado, se observa que, para el número de flores fecundadas, los tres cultivares estudiados presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Otros autores también han encontrado que los cultivares de *R. glaucus* presentan una forma lancéola en la flor, similar a los datos obtenidos en esta investigación. Del mismo modo, el estudio realizado por Iza *et al.* (2020), sobre diferenciación morfológica de cultivares comerciales de mora, encuentra que el cultivar de Brazos presenta una forma de flor redondeada, similar a lo encontrado.

Por otra parte, el cultivar Brazos presenta el valor promedio de diámetro de pétalo más alto, diferente a los cultivares San Antonio y Castilla que presentan los valores más bajos (Tabla 2). En un estudio similar realizado por Iza *et al.* (2020), se encuentra un diámetro promedio de pétalo de 2.3 cm para el cultivar Brazos, es decir pétalos mucho más grandes de los encontrados en este estudio; mientras que los cultivares *R. glaucus* presentaron un rango de 0.48 a 0.53 cm, valores más bajos que los que se encuentran en este estudio. Esta discrepancia en los resultados puede estar asociada a las diferencias en las condiciones ambientales.

Respecto al número de botones florales, los cultivares San Antonio y Castilla obtienen los valores promedios más altos; mientras que el cultivar Brazos obtiene el valor promedio más bajo (Tabla 2). Por su parte Cárdenas y León (2013), encuentran un promedio general para el número de botones florales de 32 para la especie *R. glaucus*, un valor muy alto con respecto a los encontrados en este estudio. De acuerdo con Morrison y Stewart (2002), este resultado se debe a que bajo condiciones semicontroladas, las altas temperaturas incrementan la esterilidad de las flores, lo cual puede estar asociado a la baja producción de botones florales con respecto a lo reportado en otros estudios.

Referente al número de flores fecundadas, el cultivar San Antonio presenta el valor promedio más alto, mientras que el cultivar Brazos presenta los menores valores para este estudio (Tabla 2). La baja fertilidad que tiene este cultivar está asociada a las altas temperaturas que se presentan al interior del macrotúnel entre las semanas 35 a 40, que alteran los procesos biológicos de la planta. Según Vásquez *et al.* (2006), la temperatura es un factor que afecta directamente la maduración del polen, así como la tasa de desarrollo y grado de actividad de los polinizadores, como se puede observar en dicho cultivar. Por su parte, de acuerdo con los resultados obtenidos, se infiere que bajo las condiciones establecidas en este estudio el cultivar San Antonio se caracteriza por tener una alta fertilidad con respecto a los otros cultivares evaluados.

Descriptores etapa reproductiva. Dentro de las características más representativas encontradas, se observan dos grupos, uno que corresponde a la especie de *R. glaucus* (San Antonio y Castilla sin espinas), los cuales se caracterizan por presentar un hábito de crecimiento semierecto a rastrero y frutos medianos; forma del fruto oval estrecha y cónica alargada y color del fruto púrpura rojizo. Mientras el grupo dos, que corresponde al híbrido Brazos, presenta un hábito de crecimiento semierecto con alto vigor y frutos grandes; forma del fruto oblonga y color del fruto negro rojizo.

Brazos se caracteriza por presentar frutos con drupas grandes, sus colores varían de rojas a negro brillante, conforme su desarrollo, es de consistencia dura y sabor agri dulce. Normalmente, el fruto es altamente perecedero, por lo que debe hacerse la cosecha una vez que el fruto ha llegado a su madurez comercial, con suficiente dureza y contextura que evidencie la calidad. Mientras que Calero (2010) encuentra que los frutos de los cultivares pertenecientes a la especie *R. glaucus* presentan drupas pequeñas y sus colores varían de rojo a púrpura de acuerdo con su desarrollo, contrario a lo encontrado en esta investigación.

Además, el cultivar Brazos presenta el mayor valor promedio de longitud de fruto, mientras que los cultivares de San Antonio y Castilla sin espinas

presentan los valores más bajos (tabla 2). Iza *et al.* (2020) encuentran un valor promedio para los materiales de *R. glaucus* de 2.45 cm, valor mayor a los encontrados en este estudio, mientras que, para el cultivar de Brazos reportaron un valor de longitud de 2.53 cm, similar a lo encontrado en este estudio.

Referente al diámetro del fruto, el cultivar Brazos presenta el mayor valor promedio, contrario a los cultivares de San Antonio y Castilla sin espinas que presentan los valores más bajos (Tabla 2). Iza *et al.* (2020), en su estudio de diferenciación morfológica, reportan los valores promedios de diámetro para la especie *R. glaucus*, los cuales se encuentran en el rango de 1.96 y 2.05 cm, valores mayores a los encontrados en este estudio; mientras que, para el material Brazos reporta un valor de diámetro de 2.203 cm, similar a lo encontrado en este estudio.

En cuanto al peso del fruto, el cultivar Brazos presenta el mayor valor promedio; mientras que los cultivares de San Antonio y Castilla sin espinas presentan un peso promedio menor con valores (Tabla 2). Siendo estos valores mayores a los encontrados por Iza *et al.* (2020), donde se obtiene un rango promedio de 3.96 a 4.52 g para la especie *Rubus glaucus* y 5.85 g para el material de Brazos.

Según Franco y Giraldo (1998) las altas temperaturas tienen un alta influencia en el desarrollo de los frutos, generando pérdidas de peso por deshidratación en los frutos y afectando su tamaño, ya que bajo estas condiciones de temperatura hay un aumento en la tasa de transpiración de la planta, acelerando la formación y llenado de frutos, lo que ocasiona que no se desarrolle completamente el fruto en cuanto a la longitud y diámetro del fruto, lo cual puede estar relacionado con los resultados obtenidos en este estudio.

El cultivar Brazos presenta el valor promedio más alto para el número de frutos por planta con 641 frutos/cosecha/ciclo-4, en comparación de los cultivares San Antonio y Castilla que obtienen valores promedios más bajos con 444 y 330 frutos/planta/ciclo-4, respectivamente. Iza (2018) encuentra para los cultivares de *R. glaucus* un valor promedio de número de frutos de 693 frutos/planta/ciclo, un valor superior a los alcanzados por los cultivares en este estudio. Igualmente, el cultivar Brazos registra un valor de 1356 frutos/planta/ciclo, valor mucho mayor a los encontrados en el presente estudio. Esto puede deberse a que el ciclo de cosecha para este estudio es de 4 meses y normalmente se realizan entre 6 a 8 meses, aproximadamente (Iza, 2018). Además, es importante resaltar que no se obtienen los mayores picos de producción, pues el estudio no llega al registro de datos en la etapa productiva que se da a partir de los 18 meses después del trasplante, ya que esta investigación solo se realiza hasta décimo segundo mes, que es conocida como la etapa reproductiva del cultivo.

Es importante mencionar que las diferencias entre los caracteres o variables son propias del género y de las especies constituyentes del género *Rubus*, las cuales presentan gran variabilidad morfológica y genética, encontrándose en diferentes formas diploides hasta dodecaploides y con alto nivel de heterocigosis (Marulanda *et al.* 2012). Aunque la temperatura y la altitud no inciden en los caracteres morfológicos, sí influyen en las diferentes fases fenológicas.

Rendimiento del cultivo y calidad de la fruta cosechada. El cultivar Brazos presenta los mayores rendimientos con un valor promedio de 179.03 g/planta/ciclo-4; seguido del cultivar de San Antonio que obtiene un valor de 158.88 g/planta/ciclo-4; mientras que el cultivar de Castilla obtiene el menor valor promedio de rendimiento con 79.66 g/planta/ciclo-4. Es importante resaltar que en este estudio solo se logra evaluar la etapa reproductiva, por lo tanto, su mayor expresión en cuanto a la producción no alcanza a ser registrada puesto que ésta, de acuerdo con Cardona (2017), se obtiene a partir de los 15 a 18 meses después del trasplante de los cultivares y el estudio solo se realiza hasta los 12 meses después del trasplante.

Según Iza (2018) para su estudio reporta para los cultivares de *R. glaucus* valores promedios de rendimientos de hasta 3078.47 g/planta/ciclo y el menor valor de rendimiento que obtuvo fue de 215.81 g/planta/ciclo, valores mayores a los encontrados en el estudio, lo cual está relacionado el ciclo de cosecha que es menor para este estudio y además, el cultivo no se encuentra en su mayor expresión de producción.

De acuerdo con Romojaro *et al.* (2007), la maduración de los frutos se ve afectada por las altas temperaturas, inhibiéndola o acelerándola, e incrementando la deshidratación por pérdida acelerada de agua, originando alteraciones tanto en el exterior como en el interior del fruto, disminuyendo

el peso de los frutos, lo cual puede estar relacionado con los valores obtenidos en esta investigación en comparación con otros estudios donde se ha evaluado el peso de los frutos de mora, debido a las condiciones de estrés a las que han estado sometidas las plantas por las altas temperaturas al interior de los macrotúneles.

En la Figura 3 se observa el comportamiento del rendimiento para los diferentes cultivares, donde San Antonio y Brazos presentan los mejores comportamientos, siendo Brazos el que obtiene los mayores valores de rendimiento, teniendo en cuenta que al principio es el cultivar que presenta los valores más bajos, sin embargo, a partir de la semana 40 empieza a incrementar su producción llegándose a registrar un valor hasta de 129.63 g/planta/cosecha; mientras que el cultivar Castilla sin espigas, presenta los menores valores hasta la semana 49, donde se presenta un incremento representativo en su producción llegándose a registrar un valor de 83.49 g/planta/cosecha. Por otra parte, el cultivar de San Antonio es el que tiene el comportamiento más estable en cuanto a su producción desde el comienzo del estudio llegándose a obtener un rendimiento hasta de 55.85 g/planta/cosecha.

Sólidos solubles totales. El cultivar Castilla sin espigas presenta el valor promedio más alto de sólidos solubles totales, seguido del cultivar San Antonio, mientras que, el cultivar Brazos presenta el valor más bajo (Tabla 2); siendo este último valor menor al reportado por Iza *et al.* (2020) con 10.88°Brix para el cultivar de brazos y similar al reportado para los cultivares *R. glaucus* con valores entre 9.47 a 11.86°Brix, para el cultivar Castilla e inferiores para San Antonio. Sin embargo, es importante resaltar que los cultivares se encuentran en su etapa reproductiva y esto puede influir en los valores encontrados de sólidos solubles totales en los frutos de este estudio, ya que con respecto a la escala de madurez de la NTC 4106, se encuentran entre los grados 3 y 4.

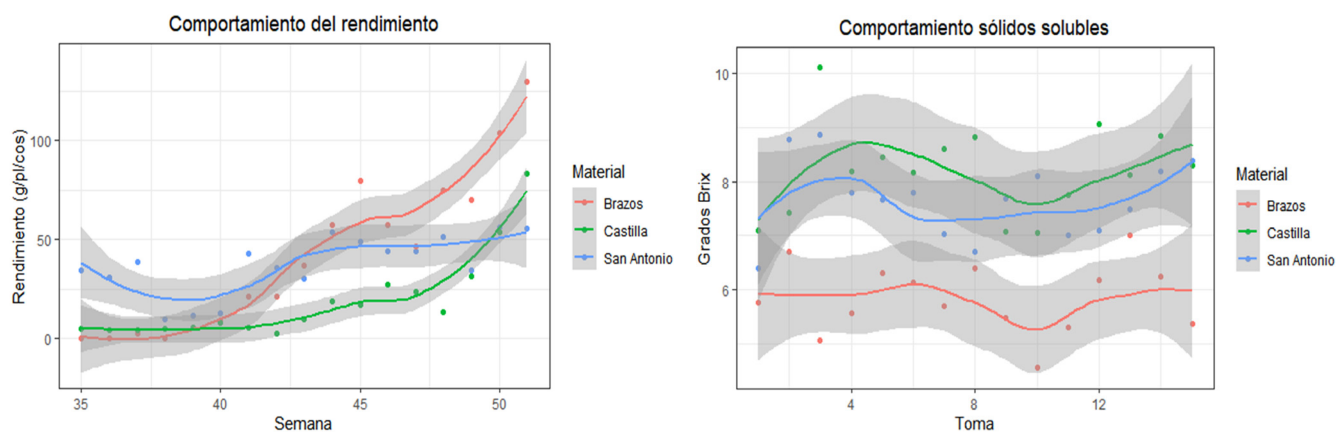


Figura 3. Comportamiento del rendimiento y sólidos solubles para los tres cultivares de *Rubus* spp.

En la Figura 3 se observa también el comportamiento del contenido de los sólidos solubles totales para los diferentes cultivares, donde Castilla sin espinas y San Antonio presentan los mejores comportamientos, siendo Castilla el que obtiene los mayores valores de contenido de sólidos solubles; mientras que el cultivar Brazos presentó siempre los menores valores en el estudio.

Los valores obtenidos en este estudio para los sólidos solubles totales difieren a los reportados en la norma técnica colombiana (NTC) 4106, donde se establece que el contenido de sólidos solubles para la especie de *R. glaucus* debe ser aproximadamente de 8.50°Brix para un grado de madurez 5, el cual se encuentra en promedio por encima de los valores encontrados, lo cual es coherente si se tiene en cuenta que los frutos recolectados se encuentran en un grado de madurez de 3 y 4.

Ayala *et al.* (2014) afirman que el contenido de sólidos solubles es una variable directamente proporcional al grado de madurez, conducta atribuible a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares. En este sentido, se puede decir que la variabilidad en los resultados obtenidos se encuentra asociado al grado de madurez 3 y 4 de los frutos al momento de la recolección, lo cual ratifica la importante relación entre el momento de cosecha y estado de desarrollo del fruto, lo que permite identificar las diferencias relevantes a la hora de establecer criterios de selección y madurez de cosecha en función del manejo postcosecha y comercialización del fruto.

Los valores bajos de sólidos solubles pueden relacionarse también con la nutrición de la planta, ya que esta tiene que estar equilibrada para evitar problemas por excesos o déficit de nutrientes, los altos niveles de nitrógeno producen un crecimiento vegetativo vigoroso que impide la penetración adecuada de la luz, incidiendo en la reducción del tamaño, producción, contenido de sólidos solubles y color de los frutos (Arthey y Ashurst 1997).

Incidencia y severidad de plagas y enfermedades. Las condiciones climáticas adversas en las que están sometidos los tres cultivares bajo la tecnología de macrotúneles, provoca una presión de plagas y enfermedades durante el tiempo de ejecución de la propuesta, donde se observan tres enfermedades en los monitoreos, con un comportamiento variable. La enfermedad más persistente es el mildew polvoso (*Oidium* sp.) con una incidencia constante durante varios periodos. En contraste, las enfermedades menos persistentes que se observan en los monitoreos son el mildew velloso, causada por el patógeno *Peronospora sparsa* y la antracnosis, causado por el patógeno *Colletotrichum* spp. Es importante aclarar que debido a que estas enfermedades no son constantes durante el tiempo de evaluación, no se les realiza seguimiento como en el caso de mildew polvoso que

es permanente en los tres cultivares. Por lo cual, el análisis de esta investigación se concentra en el monitoreo de mildew polvoso.

En el caso del monitoreo de plagas, se presentan ácaros, barrenadores, trips y áfidos; siendo permanente este último, por lo que se realiza el seguimiento sólo para este tipo de plaga, en contraste con las otras plagas que tienen una frecuencia de aparición muy baja y restringida a un corto periodo dentro de la investigación.

En la tabla 3 se presentan los promedios ($p < 0.05$) de los descriptores de incidencia y severidad de plagas y enfermedades utilizados para diferenciar a los tres cultivares de *Rubus* spp.

Incidencia de mildew polvoso. Se observa que el mayor porcentaje promedio de incidencia de mildew polvoso en hojas se presenta para los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas, los cuales son de 68 % y 76 % respectivamente; mientras que para el cultivar Brazos se presenta el menor porcentaje promedio de incidencia con un valor del 11 %. Para el caso de la severidad, los cultivares Castilla sin espinas y San Antonio obtienen los valores más altos con 12 % y 7 %, respectivamente; mientras que el cultivar Brazos obtiene el menor valor con un 1 %. Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se puede decir que se tiene una incidencia alta (mayor al 29 %) de acuerdo con la tabla de referencia establecida por Saldarriaga *et al.* (2017). En cuanto a los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas se presenta una incidencia baja para el cultivar de Brazos (menor al 25 %). En cuanto a la severidad de la enfermedad, se encuentra un nivel de severidad medio para el cultivar Castilla sin espinas y San Antonio y bajo para el cultivar Brazos.

Lang (2009), afirma que, aunque el uso de la tecnología de macrotúneles trae consigo potenciales beneficios, también puede generar las condiciones adecuadas para el hospedaje de patógenos como es el caso del *Oidium*, debido al exceso de humedad que se genera, similar a lo que se encuentra en este estudio.

En la Figura 4 se puede observar el comportamiento de la incidencia de mildew polvoso (*Oidium* sp.) hasta la semana 51, la cual es permanente para los tres cultivares con una menor incidencia para el cultivar Brazos y una mayor para el cultivar Castilla sin espinas, seguido del cultivar San Antonio. También, se evidencia que a partir de la semana

Tabla 3. Valores promedios de los descriptores cuantitativos de la incidencia y severidad de mildew e incidencia de áfidos

Descriptores	San Antonio	Castilla	Brazos
Incidencia de mildew	0.68 b*	0.76 a	0.11 c
Severidad de mildew	6.54 b	12.24 a	1.16 c
Incidencia de áfidos	0.27 a	0.20 b	0.01 c

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas para la prueba de Tukey ($P < 0.05$) entre los cultivares evaluados.

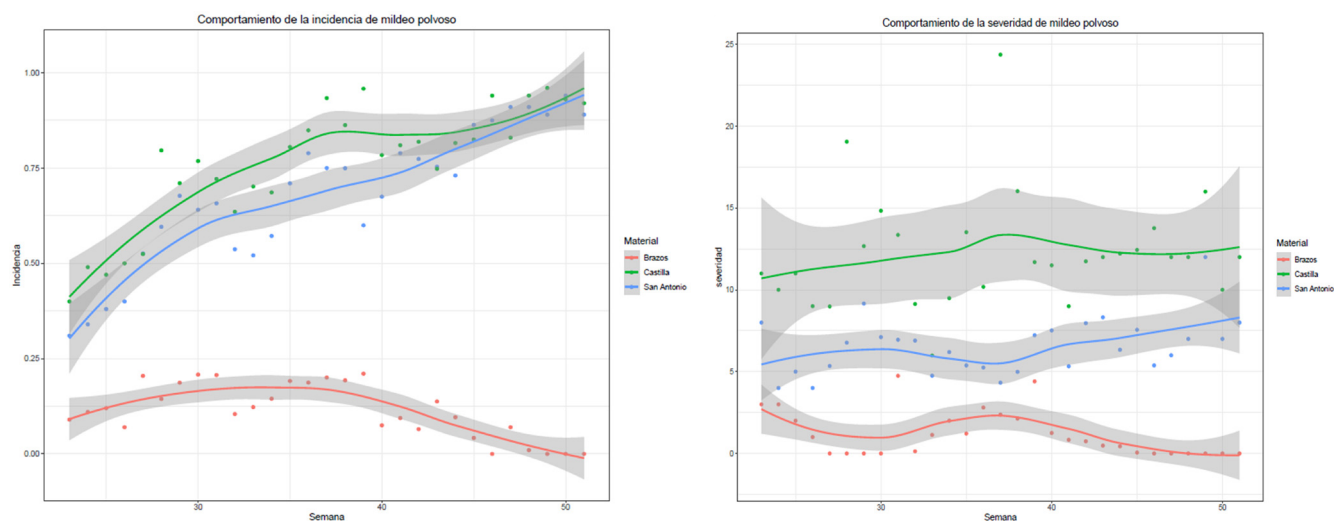


Figura 4. Comportamiento de la incidencia y severidad de mildew polvoso en los tres cultivares de Rubus

30 se presenta un incremento significativo en la incidencia del patógeno, los cuales coinciden con periodos donde se registran las temperaturas más altas. Esta enfermedad, según el estudio realizado por Patiño *et al.* (2015) incrementa su incidencia cuando se presentan condiciones de temperaturas altas y constantes, es decir temperaturas entre 20 a 30 °C, de manera similar a lo observado en el presente estudio (Figura 2). Además, durante periodos de baja precipitación se favorece su incidencia (Tamayo, 2003; Franco y Bernal, 2020). Otros casos sugieren que las condiciones de humedad relativa alta en combinación con altas temperaturas son más favorables para este microorganismo (Agrios, 2014).

En la Figura 4 se observa también el comportamiento de la severidad de la enfermedad, la cual presenta variaciones a lo largo del tiempo de monitoreo; en este caso se presenta una mayor severidad para el cultivar Castilla sin espinas con aumento significativo entre las semanas 30 y 40, siendo estas las semanas que registran las temperaturas máximas más altas (Figura 2). El valor promedio de severidad que se obtiene para este cultivar es de 12 %, lo cual se interpreta como un nivel medio de severidad, por lo que se realiza un manejo cultural adecuado orientado a que la enfermedad no progresara y llegara afectar los frutos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el monitoreo, se puede decir que el cultivar Brazos se caracteriza por tener una alta capacidad de resistir a la incidencia de enfermedades como el mildew, cuando se encuentra bajo condiciones de altas temperaturas y humedad es decir, con las condiciones favorables para su proliferación, mientras que los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas resultan más susceptibles, ya que se vieron bastante afectados, por lo que se considera que tienen una baja capacidad inherente para resistir este tipo de patógeno.

Incidencia de áfidos. Se observa un porcentaje promedio de incidencia de áfidos mayor para los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas con valores de 27 % y 20 %, respectivamente; mientras que para el cultivar Brazos se presenta el menor porcentaje de incidencia con un valor de 1 %. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede decir que la incidencia de áfidos presenta un nivel bajo para el cultivar Brazos (< a 5 %), medio para Castilla sin espinas (< a 25 %) y alto para San Antonio (> a 25 %).

En la Figura 5 se observa el comportamiento en la incidencia de áfidos en cada uno de los cultivares hasta la semana 51, donde las mayores poblaciones se presentan entre las semanas 30 y 40, encontrándose los mayores picos poblacionales en la semana 30 para los cultivares San Antonio y Castilla. Es evidente ver cómo la temperatura ejerce una gran influencia sobre el aumento poblacional de los áfidos, ya que precisamente en ese rango de semanas se presentan los registros de temperatura más altos. Coscollá

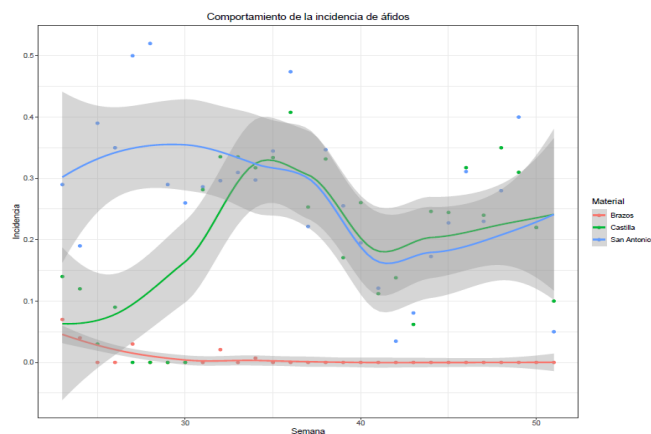


Figura 5. Comportamiento de la incidencia de áfidos en los tres cultivares de Rubus spp.

(1980) asegura que el nivel térmico no solo influye sobre la velocidad de desarrollo del insecto, sino también sobre las actividades biológicas, como, por ejemplo, la influencia que tiene la temperatura sobre su fecundidad.

Por otro lado, a partir de la semana 40 y debido al pico poblacional de áfidos que se presenta en las semanas anteriores en los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas, se realiza en primer lugar, la instalación de biotrapas o también llamadas trampas de color, ya que de acuerdo con Bravo *et al.* (2020) este tipo de plagas son atraídas por la forma, tamaño y ciertos colores de objetos, particularmente aquellos cuyo espectro de luz se encuentran entre amarillo y verde. En este caso, se instalaron trampas de color azul y amarillo en los dos macrotúneles, y, en segundo lugar, se preparó un insecticida orgánico a base de ají picante y ajo (bioinsecticida) con el fin de contrarrestar la incidencia de plagas en los tres cultivares. Para esto se utilizó, 6 kg de ají habanero, 6 cabezas de ajo y 6 L de agua, se maceró el ajo y el ají y se diluyó en agua, dejándose fermentar entre 4 a 5 días para su aplicación, la cual se realizó con una fumigadora convencional.

Se puede evidenciar que después de la semana 43 se presenta una disminución en el porcentaje de incidencia de áfidos, la cual está asociada tanto a la instalación de biotrapas como a la aplicación del purín de ajo y ají, con una reducción de la incidencia de 20 % y 16 % para los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas respectivamente. En el caso del cultivar Brazos, durante las primeras semanas de monitoreo se observan valores de incidencia de áfidos más altos, que disminuyen progresivamente hasta no observar más incidencia para este cultivar.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el monitoreo, se puede decir que el cultivar Brazos se caracteriza por tener una baja incidencia de plagas como los áfidos, cuando se encuentra bajo condiciones de altas temperatura; mientras que los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas resultan más susceptibles, ya que se ven bastante afectados por esta plaga.

Conclusiones

La tecnología de macrotúnel genera un aumento al interior entre 5 a 10 °C respecto a la temperatura ambiente, generando unas condiciones inadecuadas para desarrollo óptimo del cultivo de mora y un ambiente propicio para la incidencia y proliferación de enfermedades como el mildew polvoso y plagas como los áfidos.

En relación con la incidencia y severidad de enfermedades bajo las condiciones establecidas el cultivar Brazos presenta una alta resistencia; mientras que el cultivar Castilla sin espinas es el más susceptible.

Los descriptores morfológicos permiten hacer distinciones claras entre las tres especies de *Rubus* en estudio. Donde los cultivares San Antonio y Castilla sin espinas no presentan diferencias significativas en la mayoría de las variables morfológicas; mientras que el cultivar Brazos presenta las mejores características bajo las condiciones establecidas. Este cultivar presenta el mayor rendimiento con un valor de 179.03 g/planta/ciclo, y con una relación de longitud/diámetro de 1.04, aunque es el cultivar con el menor contenido de sólidos solubles totales en comparación con Castilla sin espinas, que presenta el valor más alto.

Bajo los resultados obtenidos en este estudio, no se recomienda utilizar la tecnología de macrotúneles para el cultivo de mora porque no proporciona las condiciones climáticas para su óptimo desarrollo. Además de que estas condiciones propician un ambiente idóneo para el ataque de enfermedades como el mildew polvoso, la cual afecta el adecuado desarrollo fisiológico de las plantas.

Referencias

- Agrios, G. (2014). Plant Pathology 2.0. *Molecular Plant Pathology*, 15(4), 315-318. <https://doi.org/10.1111/mpp.12135>
- Agronet. (Julio 10, 2020). Área, producción y rendimiento nacional para el cultivo de mora. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alonso, M., Tornet, Y., Ramos, R., Farrés, E., Castro, J. y Rodríguez, M. (2008). Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 59-64. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200010
- Arthey, D. y Ashurst, P. (1997). *Procesado de frutas*. Editorial Acibria, S.A. https://www.iberlibro.com/products/isbn/9788420008394?cm_sp=bdp_-ISBN10_-PLP
- Ayala Sánchez, L.C., Valenzuela Real, C.P. y Bohórquez Pérez, Y. (2014). Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). *Revista Scientia Agroalimentaria*, 1, 39-44. [http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1322/1/RIUT-LI-spa-2013-Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de castilla.pdf](http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1322/1/RIUT-LI-spa-2013-Variables%20determinantes%20de%20la%20madurez%20comercial%20en%20la%20mora%20de%20castilla.pdf)
- Barrero Meneses, L.S. (comp.). (2009). *Caracterización, evaluación y producción de material limpio de mora con alto valor agregado* (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12870/43988_55755.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bravo Portocarrero, R., Kennedy, Z. y Lima Medina, I. (2020). Efficiency of color sticky traps in the insect capture of leafy vegetable. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61-66. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.07>
- Cardona, W.A. y Bolaños-Benavides, M.M. (2019). *Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada*. Editorial Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-18>
- Coscollá, R. (1980). Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 6(2), 123-139. <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Influencia-clima-plagas.pdf>

- Demchak, K. y Hanson, E.J. (2013). Small fruit production in high tunnels in the US. *Acta Horticulturae*, 987, 41-44. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.987.4>
- Franco, G. y Bernal Estrada, J.A. (comp.) (2020). *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Editorial Agrosavia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35690>
- Franco, G. y Giraldo, M. (1998). Cultivo de la mora. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12792>
- Iza, M., Viteri, P., Hinojosa, M., Martínez, A., Sotomayor Correa, A. y Viera, W. (2020). Diferenciación morfológica, fenológica y pomológica de cultivares comerciales de mora (*Rubus glaucus* Benth.). *Enfoque UTE*, 11(2), 47-57. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.529>
- Lamont, W.J. (2009). Overview of the use of high tunnels worldwide. *HortTechnology*, 19(1), 25-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/HORTSCI.19.1.25>
- Lang, G.A. (2009). High tunnel tree fruit production: The final frontier? *HortTechnology*, 19(1), 50-55. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.19.1.50>
- López-Gonzales, J. y Gómez, R. (comp.). (2008). *Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado. Manual técnico*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/hand/20.500.12324/13480/43710_55401.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lorenzo, D.F. (2016). Manejo integrado de pulgones en cultivos hortícolas al aire libre. Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/74502>
- Martínez, A., Vásquez, W., Viteri, P., Jácome, R. y Ayala, G. (2013). Ficha Técnica de la variedad de mora sin espinas (*Rubus glaucus* Benth.). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 1-14. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4768>
- Marulanda, M., López, A. y Uribe, M. (2012). Genetic diversity and transferability of *Rubus* microsatellite markers to South American *Rubus* Species. En M. Caliskan (Ed.), *The molecular basis of plant genetic diversity* (pp. 151-164). <https://doi.org/10.5772/32838>
- Ministerio de Agricultura [MinAgricultura]. (2013). El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf
- Moreno Medina, B.L., Casierra Posada, F. y Blanke, M. (2016). Índices de crecimiento en plantas de mora (*Rubus alpinus* Macfad) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 28-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4457>
- Morrison, M.J. y Stewart, D.W. (2002). Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop Science*, 42(3), 797-803. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.7970>
- Patiño, A., Marín, C. y Morcillo, J. (2015). Comportamiento de enfermedades en mora sin espina (*Rubus glaucus*) bajo diferentes alternativas de manejo. ISBN: 978-958-8097-28-2 *Revista de Sistemas Sostenibles de Producción*, 5-15.
- Romero Almela, F., Borja Flores, F., Egea, M.I., Sánchez, P.B., Martínez Madrid, M., Ribas Elcorobarrutia, F. y Cabello, M.J. (2007). Factores precosecha que afectan a la calidad de frutas y hortalizas. *Revista Profesional de Sanidad Vegetal*, 189(1), 43-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2282245>
- Rubio, S.A., Alfonso, A.M., Grijalba, C.M. y Pérez, M.M. (2014). Determination of the production costs of strawberry cultivated in an open field and with a high tunnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 67-79. <https://doi.org/https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2801>
- Salamé-Donoso, T.P., Santos, B.M., Chandler, C.K. y Steven, A. (2010). Effect of high tunnels on the growth, yields, and soluble solids of strawberry cultivars in Florida. *International Journal of Fruit Science*, 10(3), 249-263. <https://doi.org/10.1080/15538362.2010.510420>
- Saldarriaga, A., Franco, G., Díaz, C. y Múnera, E. (2017). *Manual de campo para reconocimiento, monitoreo y manejo de las enfermedades de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Corpoica. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7402438>
- Sánchez, J., Villares, M. y Niño, Z. (2018). Caracterización de la variabilidad fenotípica de mora (*Rubus glaucus* Benth.) en tres zonas productoras de la provincia Bolívar Ecuador. *Revista de Investigación de Talentos*, 18(1), 514-524. <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/110/187>
- Tamayo, P. (2003). *Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/hand/20.500.12324/1175/40596_25996.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vásquez Romero, R.E., Ballesteros Chavarro, H.H., Muñoz Osorio, C.A. y Cuéllar Chaparro, M.E. (2006). Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador en cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/hand/20.500.12324/12812/41502_41463.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zamorano Montañez, A., Morillo Coronado, A.C., Morillo Coronado, Y., Vásquez Ameriles, H.D. y Muñoz Flores, J.E. (2007). Caracterización morfológica de mora en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño. *Acta Agronómica*, 56(2), 51-60. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/304