

Evaluación del efecto en la producción y calidad que tiene la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) bajo dos sistemas de producción

Erika Alexandra Flórez Hernández

Erika Montes Ciro

Universidad De Caldas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa de Ingeniería Agronómica

Manizales, Caldas

2022

Evaluación del efecto en la producción y calidad que tiene la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) Bajo dos sistemas de producción

Erika Alexandra Flórez Hernández

Erika Montes Ciro

Director

Alejandro Hurtado Salazar I.A., M.Sc., D.Sc.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma

Grupo De Investigación Bioprospección

Universidad De Caldas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa de Ingeniería Agronómica

Manizales, Caldas

2022

CONTENIDO

RESUMEN	10
SUMMARY	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
ANTECEDENTES	16
EFECTO DE MACROTÚNELES EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA	16
EFECTO DEL ACOLCHADO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA	17
BACTERIA <i>Bacillus subtilis</i> , RAZA (QTS 713).....	17
MEZCLA DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO	18
MEZCLA DE BACTERIAS.....	19
MARCO TEÓRICO.....	20
MATERIAL VEGETAL.....	20
IMPORTANCIA NUTRICIONAL.....	21
IMPORTANCIA ECONÓMICA	21
USO DE ACOLCHADO PLÁSTICO	22
USO DE MACROTÚNEL.....	22
USO DE BACTERIAS EN LA AGRICULTURA	23
AGENTES BIOLÓGICOS	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25
UBICACIÓN.....	25
DURACIÓN DEL PROYECTO.....	25
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
PESO DEL FRUTO	30
DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL FRUTO	33
GRADOS BRIX (%).....	39

PRODUCCIÓN TOTAL (gr./pl.).....	45
RENDIMIENTO (kg/ha).....	53
EFFECTO DE LAS BACTERIAS.....	54
ANÁLISIS ECONÓMICO	55
COMPORTAMIENTO DE PRECIOS DE LA FRESA	55
COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE FRESA	56
COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MACROTÚNEL	58
DENSIDAD DE SIEMBRA Y RENDIMIENTOS	59
INDICADORES ECONÓMICOS	60
VALOR ÚNICO DE PRODUCCIÓN	60
MARGEN UNITARIO DE PRODUCCIÓN.....	61
RELACIÓN BENEFICIO COSTO.....	62
PROYECCIÓN A UN SEGUNDO AÑO.....	63
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), en las variables productivas bajo dos sistemas de producción. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022	45
Tabla 2. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), en la producción total bajo dos sistemas de producción. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022	54
Tabla 3. Costos de producción para establecimiento de cultivo de fresa.	58
Tabla 4. Costos de construcción de macrotúnel y sistema de riego.....	59
Tabla 5. Rendimiento de los diferentes estudios realizados.	60
Tabla 6. Valor único de producción.....	61
Tabla 7. Margen unitario de producción.....	62
Tabla 8. Relación Beneficio/Costo.	63
Tabla 9. Costos de producción para el segundo año del cultivo de fresa.	64
Tabla 10. Valor único de producción segundo año.....	65
Tabla 11. Margen unitario de producción segundo año.....	66
Tabla 12. Relación Beneficio/Costo, segundo año.	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de tratamientos en Macrotúnel.	28
Figura 2. Mapa de distribución de tratamientos a Libre-exposición.	29
Figura 3. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	30
Figura 4. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	31
Figura 5. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), sobre el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	32
Figura 6. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	33
Figura 7. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	34
Figura 8. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	35
Figura 9. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	36
Figura 10. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), sobre el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	37
Figura 11. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), sobre el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	38
Figura 12. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	39
Figura 13. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), en los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	40
Figura 14. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), sobre los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	42
Figura 15. Efecto del tipo de cobertura y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (<i>Fragaria</i> sp.), sobre los grados Brix del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	43

Figura 16. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), en la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.....	45
Figura 17. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), en la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.....	46
Figura 18. . Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), sobre la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.....	47
Figura 19. Efecto del Sistema de Producción y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), sobre la producción total por planta. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	48
Figura 20. Efecto de la cobertura y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), sobre la producción total por planta. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	49
Figura 21. Efecto del sistema de producción del cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), sobre la producción total a través del tiempo. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	51
Figura 22. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), sobre la producción total a través del tiempo. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.	52
Figura 23. Efecto de las interacciones en el rendimiento del cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>), Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.....	53
Figura 24. Variación del precio promedio de la fresa por kilogramo en las últimas 26 semanas del año 2022 para la ciudad de Manizales.	56

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Montaje de diseño experimental. Granja Tesorito. Universidad de Caldas.	26
--	----

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por permitirnos llevar a feliz término este trabajo investigativo que conllevó arduas horas de trabajo y entrega para cumplir con los objetivos pactados.

A nuestro director de trabajo de grado el profesor Alejandro Hurtado Salazar por su asesoría y acompañamiento en la ejecución del presente trabajo.

Al profesor Nelson Ceballos Aguirre por su colaboración en el desarrollo del trabajo y en especial en el análisis estadístico del mismo.

Al profesor Juan Carlos Aristizábal por su apoyo en la primera etapa del trabajo de campo y darnos las bases para el desarrollo de este.

A la Universidad de Caldas por prestar sus instalaciones para desarrollar este trabajo investigativo y facilitar todos los insumos necesarios para cumplir satisfactoriamente con los propósitos adquiridos.

Al personal de la Granja Tesorito de la Universidad de Caldas por su apoyo en labores de campo.

DEDICATORIA

Erika Montes Ciro

Este trabajo de grado se lo dedico a mi madre Gloria Emilce Ciro por su apoyo incondicional en todo este proceso y quien fue mi motivo para nunca desfallecer, a mi padre Luis Hernando Montes quien formó mi carácter y ha hecho posible este largo camino universitario para cumplir mis sueños, a mis hermanos Hernán Felipe Montes y Elizabet Montes que siempre confiaron en mis capacidades y esperaban lo mejor de mí.

A todos ellos y a Dios manifiesto mis agradecimientos por hacer posible llevar a cabo este logro tan importante para mi vida profesional.

Erika Alexandra Flórez Hernández

Dedico el presente trabajo de grado a Dios por brindarme sabiduría y guiarme en cada paso importante en mi proceso de aprendizaje.

A mis padres Janith Hernández Cardona y Jimmy Alexis Flórez, el incentivo de mi vida, quienes con su apoyo y cariño me han acompañado, enseñándome los valores más importantes y motivándome en cada meta. A mis hermanos Erith Samuel y Hanna Lizbeth por ser mi motivación para aprender cada día más y así vean en mí un ejemplo y apoyo.

RESUMEN

Actualmente, una limitante en la producción agrícola son los insumos como los fertilizantes, principalmente por sus altos costos asociados a conflictos mundiales donde se encuentran las minas. Sumado a esto el cultivo de fresa es desarrollado principalmente a campo abierto y esta situación genera algunas limitaciones debido que al estar al descubierto está más expuesto al ataque de plagas y enfermedades, las cuales pueden generar pérdidas importantes en la producción, sumadas a las causadas por otros factores relacionados con la exposición a condiciones climáticas adversas. Por estas razones la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto en la producción y calidad que tiene la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) bajo dos sistemas de producción. El diseño experimental fue completamente al azar. Las bacterias usadas fueron; *Bacillus subtilis* raza (QTS 713), el consorcio 1 compuesto por una mezcla de Ácidos Húmicos y *Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis* y el consorcio 2 compuesto por *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*. La investigación se realizó con el interés de aportar a los sistemas de información que ayuden a los productores a contar con herramientas para la asignación eficiente de los recursos, y así poder determinar un sistema productivo adecuado para lograr las mayores ganancias y de una manera más sencilla, logrando reducir las aplicaciones y labores agronómicas dentro del cultivo para reducir costos. En los resultados obtenidos se pudo evidenciar que los sistemas protegidos como los macrotúneles son una alternativa viable para los productores de fresa, debido al beneficio de alcanzar mayores rendimientos y buena calidad en los frutos, a pesar de su alto costo, a mediano y largo plazo es factible por la mayor productividad, facilidad de manejo del cultivo y duración de la infraestructura. En tanto; la interacción de este sistema con coberturas plásticas y la aplicación de bacterias aumenta los beneficios, logrando frutos de mejor calidad, con altos contenidos de Sólidos Solubles Totales (SST) > 7 °Brix y mayor producción, alcanzando un rendimiento neto de 17.330 kg/ha, siendo superior al obtenido a libre exposición y sin cobertura 1.775 kg/ha. La implementación de cobertura como el mulch plástico, presenta resultados viables en la reducción de labores para el control de arvenses. La aplicación de bacterias tiene un efecto positivo en la fisiología de las plantas además de contribuir a la inhibición de patógenos importantes que afectan el cultivo como moho gris ocasionado por *Botrytis cinérea*. Como recomendación se hace necesario evaluar diferentes concentraciones y dosis para elegir el mejor método.

Palabras clave: *Fragaria* sp., macrotúnel, libre-exposición, mulch, bacterias.

SUMMARY

Currently, a constraint in agricultural production are inputs such as fertilizers mainly because of their high costs associated with global conflicts where the mines are located. In addition to this, strawberry cultivation is developed mainly in open fields and this situation generates some limitations because it is more exposed to pest and disease attacks, which can generate significant losses in production, in addition to those caused by other factors related to exposure to adverse weather conditions. For these reasons, the objective of this research was to evaluate the effect on production and quality of the application of bacteria on strawberry (*Fragaria* sp.) under two production systems. The experimental design was completely randomized and the bacteria used were: *Bacillus subtilis* race (QTS 713), consortium 1 composed of a mixture of humic acids and *Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis* and consortium 2 composed of *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*. The research was carried out with the interest of contributing to the information systems that help producers to have tools for the efficient allocation of resources, and thus be able to determine an adequate productive system to achieve the highest profits and in a simpler way, managing to reduce applications and agronomic work within the crop to reduce costs. The results obtained showed that protected systems such as macro-tunnels are a viable alternative for strawberry growers, due to the benefit of achieving higher yields and good fruit quality, despite their high cost, in the medium and long term it is feasible due to the higher productivity, ease of crop management and duration of the infrastructure. Meanwhile, the interaction of this system with plastic mulch and the application of bacteria increases the benefits, achieving better quality fruit, with high Total Soluble Solids (TSS) contents > 7 °Brix and higher production, reaching a net yield of 17,330 kg/ha, higher than that obtained with free exposure and without mulch, 1,775 kg/ha. The implementation of cover such as plastic mulch, presents viable results in the reduction of work for weed control. The application of bacteria has a positive effect on plant physiology and contributes to the inhibition of important pathogens that affect the crop,

such as gray mold caused by *Botrytis cinerea*. As a recommendation, it is necessary to evaluate different concentrations and doses to choose the best method.

Key words: *Fragaria sp.*, macro-tunnel, free-exposure, mulch, bacteria.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación expone como temas principales la producción y calidad del cultivo de fresa, dadas las dificultades que presenta este subsector en cuanto al manejo agronómico del cultivo dejando como resultado altos costos de producción (asociado a las fertilizaciones, control de plagas y enfermedades, mano de obra para el control de arvenses, labores de cosecha y postcosecha), lo que hace necesario buscar alternativas que mejoren los métodos de producción del cultivo que garantice un aumento de esta y reduzca pérdidas ocasionadas por múltiples factores.

La producción mundial de Fresa asciende a los 4,8 millones de toneladas, siendo los principales productores China y Estados Unidos (Minagricultura, 2021). En 2020 China, Continental fue el principal productor de fresa en el mundo con 3,326,816 toneladas (37.5%), seguido por Estados Unidos de América con 1,055,963 toneladas (11.9%) (Axayacatl, 2021). En Colombia, Cundinamarca es el principal departamento productor de Fresa; en 2020 representó el 51% de las áreas sembradas en fresa, seguido de Boyacá y Cauca, cada uno con una participación del 10%, y de Norte de Santander, que representa el 8% de las áreas sembradas (Minagricultura, 2021).

Las enfermedades son las principales causas de pérdidas en fresas, según (Cano, 2013) las dos podredumbres más importantes que se encuentran en el cultivo de fresa son la producida por el *Botrytis cinerea* y la producida por el hongo *Rhizopus stolonifer*, por su parte, *Botrytis cinerea* es la enfermedad más importante de las fresas siendo la más frecuente y la que genera mayores pérdidas por sus capacidades de supervivencia ya que este hongo es capaz de continuar creciendo sobre los 0°C, aunque de cualquier manera el crecimiento es muy lento a esta temperatura. En el caso del segundo, *Rhizopus stolonifer*, produce esporas que normalmente se hallan circulando en el aire y son de fácil propagación, este hongo origina una podredumbre blanda y los tejidos pierden jugos que gotean de los envases, aunque por su parte este hongo a diferencia del anterior no suele crecer a temperaturas por debajo de los 5°C (Issuu, 2015).

Se han reportado diferentes estudios donde se utilizan cepas bacterianas como *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*, *Azospirillum brasilense* y *Saccharomyces cerevisiae*, para inhibir el desarrollo de

hongos fitopatógenos y además muestran un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de fresa, como bacterias promotoras de crecimiento en las plantas (PGPR).

En la actualidad en la producción de muchos cultivos se está adoptando la idea de interponer entre el suelo y los frutos un material protector o mulch con múltiples fines que facilitan muchas labores agronómicas y que optimizan muchos procesos como un ejemplo es la menor intervención por parte de las arvenses además de mejorar notablemente la cosecha tanto en buena calidad y cantidad. “El acolchado es uno de los componentes más importantes en el sistema de producción de la fresa, ya que aporta grandes ventajas para el cultivo respecto al suelo desnudo como la obtención de una cosecha precoz, un mayor rendimiento y la conservación de los niveles de humedad que favorecen el desarrollo de las plantas” (Buclon, 1972; Robledo y Vicente, 1988; Tenjo, 2003; Sánchez, 2006 citado por Calderón Medellín et al., 2013). “Las cubiertas del suelo minimizan además problemas fitosanitarios puesto que evitan la aparición de malezas y la acumulación de humedad en la superficie de las camas manteniendo el fruto limpio y de buena calidad” (Sánchez, 2006 citado por Calderón Medellín et al., 2013).

En cuanto a los factores abióticos, las limitaciones se deben a la exposición a condiciones climáticas adversas, altas precipitaciones y los vientos fuertes. Algunos productores de fresa a nivel mundial optan por el uso de macrotúneles ya que los altos rendimientos de países con sistemas productivos tecnificados pueden ser justificados en parte por la implementación de estos macrotúneles para favorecer el desarrollo del cultivo. Heidenreich et al. (2012) citado por Rubio et al., 2014, reportaron que su utilización reduce la lixiviación de fertilizantes, el volumen y frecuencia de aplicación de pesticidas y fungicidas, incrementa la temperatura de 2 a 5°C respecto a la del ambiente, con un efecto reductor en el tiempo de entrada en producción y ofrece protección del daño mecánico ocasionado a la planta por precipitaciones y heladas (William y Lamont, 2009 citado por Rubio et al., 2014).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto en la producción y calidad que tiene la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) bajo dos sistemas de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la calidad de los frutos teniendo en cuenta las variables a utilizar (grados brix, tamaño, peso) y su influencia en el rendimiento del cultivo.

Caracterizar los costos de producción de las variables asociadas, macrotúnel, mulch y bacterias, a través de la comparación entre dos sistemas productivos (Sistema protegido y Libre exposición).

Describir el flujo de producción del cultivo de fresa en las condiciones de la Granja Tesorito y el método apropiado para obtener mayores rendimientos en la zona.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo per cápita de la fresa en Colombia es muy bajo en comparación con otros países, ya que los rendimientos de producción son deficientes al ser este cultivo muy susceptible a daños ocasionados por condiciones ambientales e incurriendo en costos de producción elevados por el exceso de agroquímicos, provocando una rentabilidad desfavorable; además de esto, pérdidas en la producción y un bajo rendimiento económico, haciendo del sistema de producción tradicional poco útil ante la competencia.

El manejo del cultivo es otro de los limitantes en la producción de fresa ya que el control de arvenses se convierte en un problema por ser una planta de un tamaño reducido, los microclimas generados por estas la afectan de gran manera y lo convierten en un cultivo muy dependiente de agroquímicos por su susceptibilidad a enfermedades, para ejemplificar esta afirmación se sabe que el moho gris es considerado como la enfermedad más importante de la fresa, el cual puede llegar a generar pérdidas de hasta el 50% de la producción (Averre et al., 2003 citado por Merchan et al., 2014); aparte de esto las arvenses entran a competir por nutrientes que están destinados para el desarrollo de las plántulas de fresa, en una investigación en un cultivo de frijol se citó que la época crítica de competencia se encuentra en los primeros 30 días después de la emergencia, y las pérdidas debidas a la competencia en el cultivo pueden ser hasta de 51,1% (Kohashi-Shibata, 1990 citado por Zamorano, C et al 2008).

La información que se tiene de este cultivo respecto al desarrollo fisiológico en los suelos de la granja tesorito es insuficiente para saber su influencia en los resultados posteriores y a esto se le suma que la tecnología utilizada para este sistema productivo en estudios anteriores se presenta en diferentes latitudes y distintas condiciones climáticas a la de esta zona cafetera.

ANTECEDENTES

EFFECTO DE MACROTÚNELES EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA

En la Sabana de Bogotá se llevó a cabo una investigación donde se desea conocer el comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa los cuales fueron “Albion” y “Monterrey”, de allí se concluyó que el macrotúnel es una infraestructura promisoría para la protección del cultivo de fresa ya que en ambos cultivares favoreció el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas; aunque se pudo observar que la producción de fruta de primera calidad fue superior en las plantas de fresa cultivadas en campo abierto (Ferrucho, A & Ruíz, D. 2013).

Por otra parte, en un estudio donde se buscaba evaluar el rendimiento del cultivo de fresa (variedad oso grande) bajo invernadero se encontró que bajo invernadero el cultivo no se adapta muy bien ya que el clima frío es óptimo para el cultivo y de utilizarse cubierta las paredes deben ser únicamente de malla, teoría que justifica la realización de la investigación en un macrotúnel (Chiqui, F & Lema, M. 2010).

En otro estudio se resalta que utilizando el sistema tecnificado (macrotúnel) es posible tener una mayor calidad además de un rendimiento mayor de más del 100% en comparación con sistema tradicional y que el tiempo de cosecha se prolonga hasta agosto del año subsecuente; además, también se señala que mediante este sistema se obtiene fresa de calidad, sanidad e inocuidad que los mercados nacional e internacional demandan (Valdés, M. 2012).

En una investigación utilizando cubierta con dos variedades de fresa se obtuvo una mayor producción neta en el sistema microtúnel en las dos variedades, existiendo una diferencia estadística significativa frente a la producción de campo abierto (Abad, C et al. 2020).

En el estudio realizado por Rubio et al. (2014) citado por Abad, C et al. (2020), se observa que existe un mayor número de ataque por enfermedades en el sistema campo abierto, siendo afectado principalmente por *Botrytis cinerea*, *Sphaerotheca macularis*, lo cual afecta directamente a la producción neta, frente a un sistema protegido y con menor ataque, esto debido a que la humedad es menor en el sistema protegido, y las pérdidas en la producción son menores.

Por último, en el estudio de Abad, C et al. (2020) donde también se evaluó la relación costo-beneficio se observó que, aunque los costos de inversión en los sistemas de microtúnel han sido mayores por la infraestructura inicial requerida, su relación de costo-beneficio es positiva dada a la buena producción obtenida.

EFFECTO DEL ACOLCHADO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA

Según Mendoza, et al., (2005) citado por Montoya (2015) afirma que las ganancias en rendimiento, en eficiencia en el uso del agua y en precocidad de la cosecha, se atribuyen a los incrementos de la temperatura del suelo generados por el acolchado plástico, en el cultivo de fresa se pudo observar que el acolchado transparente presenta mejores rendimientos en comparación con los demás colores, aunque en la producción orgánica colores como el negro, blanco y otros tienen muy buenos rendimientos además del buen control de arvenses que genera.

En este mismo estudio se pudo evidenciar que el color de acolchado plástico si influye significativamente sobre el peso del fruto, el calibre del fruto y obtención de rendimientos de frutos comerciales (Montoya, W. 2015).

En un estudio donde se evaluó el efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua en un cultivo de fresa se determinó que la cobertura negra combinada con la lámina alta presentó el mejor rendimiento con un promedio de 31,46 t/ha y el mayor ingreso neto, por dicha razón se concluyó que la mejor rentabilidad anual, se presentó con el tratamiento de plástico negro en conjunto con una lámina de riego alta, superando considerablemente a los demás tratamientos (Chaves V, A et al 2013).

Por otra parte, en investigaciones en cultivos de papa se pudo concluir que el uso del acolchado plástico en la producción de papa permite un aumento en el crecimiento y rendimiento del cultivo, este varía dependiendo del color de la película, siendo que el mayor rendimiento se obtuvo con el acolchado blanco/negro (Ruíz, L. 2013).

Por último, en un estudio donde se evaluaron tres coberturas (casarilla de arroz, plástico negro y plástico plateado/negro) se evidenció que el plástico plateado/negro fue el material más apropiado para utilizar como acolchado en el cultivo de fresa ‘Camarosa’ en las condiciones del experimento bajo invernadero, ya que favoreció una mayor área foliar, mayor número de coronas y mayor rendimiento (Calderón Medellín et al., 2013).

BACTERIA *Bacillus subtilis*, RAZA (QTS 713)

En un estudio realizado, la exposición del hongo *Purpureocillium sp.* cepa UdeA0106 a Rhapsody® (*Bacillus subtilis*) causó inhibición del crecimiento de 84% al día 5 de la prueba y 87% al final de la misma (día 10) pero según el mismo estudio no se observó ningún efecto de inhibición en la germinación (Gallego V, J et al 2014).

Entre los compuestos liberados por *B. subtilis*, se mencionan enzimas como quitinasa, B-1,3, glucanasas y otras sustancias que degradan los principales componentes de la pared celular y algunos polímeros estructurales de las hifas de hongos (Feofilova 2010 citado por Gallego V, J et al 2014); además, tiene la capacidad de producir algunos compuestos antifúngicos volátiles que hacen que sea usado con frecuencia en distintos cultivos (Leelasuphakul et al. 2008 citado por Gallego V, J et al 2014).

Bacillus spp es preferido como agente estimulador del crecimiento vegetal y como biocontrolador, debido a su capacidad de formar endosporas, las cuales brindan una alta sobrevivencia a los miembros de este género durante el proceso de formulación, aun en las condiciones ambientales desfavorables presentes en el ambiente de la rizosfera (Egamberdieva, 2016 citado por Moreno v, C. et al 2018).

La cepa QST 713 de *B. subtilis* es el ingrediente activo de Rhapsody® ASO, producto de amplio espectro para la prevención, supresión y control de enfermedades transmitidas por patógenos del suelo como *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Verticillium spp.*, en una amplia variedad de plantas ornamentales, brasicáceas, frutales, hortalizas y céspedes, así como en viveros y plántulas de forestales tipo coníferas. En todas ellas, dicho producto mejora la germinación y el crecimiento de las plántulas (EPA, 2013 Citado por Moreno v, C. et al 2018).

Estas bacterias poseen varias estrategias para potenciar el crecimiento de la planta como la solubilización y reciclaje de nutrientes, la producción de hormonas estimuladoras del crecimiento, la fijación de nitrógeno, la inducción de defensa de las plantas, la producción de antibióticos y otras sustancias antimicrobianas, y la desintoxicación del suelo, entre otras (Rai et al., 2017 citado por Rojas B, M et al 2020).

Los resultados logrados en el estudio “Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales” coinciden con los obtenidos en estudios previos que muestran cómo cepas de *Bacillus* presentan potencialidades para ser utilizadas como promotores de la germinación (‘bioprimering’) y sus capacidades fisiológicas (De Araujo et al., 2012 citado por Rojas B, M et al 2020).

MEZCLA DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO

Ospina-Flores & Rubiano-Moncada (2019) demostraron que el Aquaclean ACF (-) SF (+), y el ácido fosfórico (AF), generaron mayor emisión de raíces, con mayor longitud y diámetro, así como

un mejor desarrollo de altura, diámetro del pseudotallo y producción de hojas de las plántulas de plátano Dominico-Hartón. (Salvador C, M. et al 2021)

Este producto se caracteriza por beneficios como un aumento en el crecimiento de la planta y de tamaño de los frutos, mejora la vitalidad de la planta y a su vez genera un menor impacto en el ambiente, en estudios realizados en frijol se observó que para las variables peso de la planta, peso de la raíz, y volumen de la raíz resultó mejor la aplicación del producto en drench al suelo, en este estudio también se observó que para variables como número de vainas, longitud de las vainas, y peso de cien semillas la forma de aplicación más eficiente resultó ser la aplicación foliar + alternadas en drench al suelo (Gómez J & López C. 2022).

La aplicación al suelo en forma de drench del inoculante biológico ACF SR al cultivo de frijol mejora ostensiblemente el crecimiento y volumen de la raíz y esto contribuye con el aumento de la biomasa aérea y la producción de las plantas (Gómez J & López C. 2022).

El inoculante biológico ACF SR aplicado al suelo en forma de drench, así como las aplicaciones foliares alternando con aplicación al suelo en drench al cultivo de frijol, sin la aplicación de ningún tipo de fertilizante químico o abono orgánico, produce una mejora estadísticamente significativa sobre las variables de biomasa de la planta (Gómez J & López C. 2022).

MEZCLA DE BACTERIAS: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*:

En el estudio “Validación del producto comercial BACTHON” se obtuvo como resultado que el bioabono de mejor calidad es con una dosificación inicial de 200 ml de BACTHON SC, esto demuestra que este producto es apto para generar un bioabono de buena calidad (Prado, D. 2015).

En este mismo estudio se realizó la observación del crecimiento de plántulas desde su germinación y se pudo observar que el mejor semillero es el que fue realizado con bioabono de la cama C (es decir, la dosis de 200 ml de BACTHON SC), con una relación de 45% - 55%, este presentó un crecimiento del 77.27% comparado con el 90% propuesto por la casa de la semillas, en esta cama seis de las plantas que crecieron en este semillero produjeron frutos grandes y las hojas eran grandes y sanas (Prado, D. 2015).

Como conclusión del estudio se tuvo que el producto comercial BACTHON SC sirve para generar un bioabono de buena calidad que ayude a restaurar suelos poco fértiles (Prado, D. 2015).

Por otra parte, en un estudio donde se evaluó la influencia de varios microorganismos en el tratamiento de aguas mieles del café y observar su influencia posteriormente en suelos a ser utilizados en almácigos de café se pudo concluir que la aplicación de los productos biológicos Aquaclean™, ACF- 32® y Bacthon® SC no influyen en el aumento del pH, ni en la disminución de los niveles de DBO5, DQO y SST, de igual forma, la aplicación de ACF-SR Plus® y Bacthon® SC no favorecen el desarrollo de los órganos de las plántulas de café (Ruíz, O & Polanco, M. 2020).

En este mismo estudio se realizó la comparación con una investigación realizada con Bacthon SC por Posada y Mosquera (2007) donde se buscaba mejorar la calidad de los vertimientos arrojados a las corrientes de agua y encontraron que la aplicación de este producto puede degradar las sustancias presentes en las aguas residuales de los efluentes de dicha industria hasta en un 73% de su contenido, mejorando notablemente la calidad de sus efluentes (Ruíz, O & Polanco, M. 2020).

MARCO TEÓRICO

MATERIAL VEGETAL

Variedad Sabrina: La empresa Plantas de Navarra S.A (PLANASA) es una empresa de España, líder en el sector de la obtención de frutos rojos y vivero. Su objetivo es utilizar la innovación vegetal y la tecnología para satisfacer las necesidades del mercado alimentario mundial de forma sostenible (Planasa, 2022). Esta empresa ha desarrollado una variedad de fresa denominada “Sabrina” que en los ensayos previos a puesto de manifiesto un gran potencial y que complementa a la variedad “Candongra”, otra variedad de Planasa que actualmente es la más plantada, no solo en Huelva sino también en el resto de los países mediterráneos.

Sabrina es una variedad de fresa de día corto, es autofértil, la inflorescencia aparece a nivel del follaje, presenta mismo tamaño de cáliz en relación con la corola (Pierron, 2012) es una variedad de media estación rústica y de muy alta productividad. Su curva de producción es continua hasta final de ciclo. Su fruto es cónico, de color rojo brillante y calibre medio-grande hasta final de cosecha. La pulpa es consistente y colorea bien. Muy valorada por la industria de procesado (Planasa, 2022).

Esta variedad experimentó un mayor incremento en 2013, situándose como la segunda en importancia con un 23%, además se presenta como variedad de mayor vigor junto con “Antilla”, es una variedad con mayor firmeza y contenido de sólidos solubles medio (Medina, J et al. 2014).

La variedad Sabrina mostró una resistencia alta a la enfermedad de la corona *Colletotrichum acutatum* pero si presenta un porcentaje alto de mortalidad hacia la enfermedad *Macrophomina phaseolina* (Podredumbre Carbonosa) (Medina, J et al. 2014).

IMPORTANCIA NUTRICIONAL

Las fresas y los fresones son frutas con bajo contenido energético, cuyo principal componente —después del agua— lo constituyen los hidratos de carbono (con una cantidad moderada, alrededor del 7% de su peso), fundamentalmente: fructosa, glucosa y xilitol (Moreiras y col., 2013).

La fresa (*Fragaria sp.*) representa una gran importancia a nivel mundial por sus grandes propiedades en la alimentación ya que es una fuente importante de vitaminas C, K, filoquinona, folato y constituyentes fenólicos con capacidad antioxidante, fuente de vitaminas del grupo B como la vitamina B6, la niacina, la riboflavina, el ácido pantoténico o el ácido fólico, y sus características apreciables como el aroma, sabor, color y textura jugosa hacen de esta fruta un alimento indispensable en la dieta de las personas, siendo sus hojas y raíces también utilizadas medicinalmente (Chordi, 2013).

Una ración media de fresas, 150 g, contiene 86 mg de vitamina C; mientras que una naranja mediana, de 225 g, contiene 82 mg. Si bien, en cualquiera de los dos casos, las ingestas diarias recomendadas para esta vitamina (60 mg), están más que superadas (Moreiras y col., 2013).

IMPORTANCIA ECONÓMICA

La fresa es un cultivo de gran importancia a nivel mundial por sus múltiples atributos en muchas industrias de diferentes sectores, para el año 2020 el país con mayor producción fue China Continental con un total de 3.326.816 ton en 126.644 has cosechadas en dicho año alcanzando una participación mundial de 37,5%, seguido de Estados Unidos con una producción de 1.055.963 ton en un área de 17.400 has y una participación mundial de 11,9%, por dicha razón, el país con mayor rendimiento es Estados Unidos alcanzando las 60,69 ton/ha y seguido está Países Bajos con un rendimiento de 51 ton/ha superando el promedio mundial de 23 ton/ha. Para el caso de Colombia

en el año 2020 tuvo una producción de 51.414 toneladas en un área de 1.807 has alcanzando un rendimiento de 28,45 ton/ha (FAOSTAT, 2022)

Para el año 2020 Caldas tuvo un rendimiento de 46,77 ton/ha, pero sólo tuvo 19 ha cultivadas con una producción total de 888 ton además de una participación nacional del 0,71%, en comparación con Cundinamarca el cual es el departamento con mayor producción y rendimiento del país alcanzando las 1.299,5 has cultivadas y 59,95 ton/ha y tiene una participación nacional del 48,44% (Agronet, 2022).

En el mercado nacional cerca del 55% de la producción de fresa del país se comercializa en fresco y se estima que otro 25% se dirige a los mercados de pulpas y deshidratados, mientras que el 20% restante es absorbido por el mercado de mermeladas y procesados. Entre 2015 y 2018 se comercializaron 371 toneladas de fresa hacia el exterior por valor de 1,23 millones de dólares FOB (MinAgricultura, 2020).

USO DE ACOLCHADO PLÁSTICO

Uno de los principales problemas que afronta el cultivador de fresa está relacionado con el deterioro de los frutos que normalmente descansan sobre el suelo. También es muy importante el papel que juegan las arvenses, pues estas al tener un crecimiento más acelerado, al absorber nutrientes y al competir por luz interrumpen el desarrollo de las plantas.

El mulch está formado por diversos materiales que se colocan sobre el suelo para mantener la humedad y mejorar las condiciones del mismo. El mulch puede reducir la pérdida de agua del suelo, mejorar su estructura, minimizar el crecimiento de hierbas y actúa como modulador natural de temperatura (Gonzales, S. 2021).

El uso de acolchado plástico necesita ser reabastecido con frecuencia. Por otro lado, no mejoran la estructura del suelo, no añaden materia orgánica, ni proveen nutrientes (Gonzales, S. 2021).

USO DE MACROTÚNEL

Actualmente en la agricultura, la protección de los cultivos se ha convertido en una necesidad. Los consumidores demandan productos de excelente calidad, en todo tiempo, sin daños por agentes climáticos, plagas ni enfermedades. A su vez, los agricultores requieren de alta producción (cultivos protegidos o semiprotegidos) para mantener las exigencias de los mercados, lo que implica el uso de una serie de tecnologías como estructuras cerradas, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para

los cultivos. Bajo este sistema agrícola especializado se lleva a cabo el control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros) lo que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar adecuado crecimiento vegetal, aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los productos y obtener excelentes cosechas, obteniendo producciones con alto valor agregado, además de: Proteger los cultivos de las bajas temperaturas, reducir la velocidad del viento, limitar el impacto de climas áridos y desérticos, reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades, nematodos, malezas, pájaros y otros predadores, reducir las necesidades de agua, extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo, aumentar la producción, mejorar la calidad y preservar los recursos mediante el control climático, garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados y promover la precocidad (adelanto de la cosecha) (Santos, 2010).

Entre las ventajas del uso de macrotúneles podemos mencionar las siguientes:

- Son considerados como una protección completa del cultivo, evidenciando mayores rendimientos y uniformidad de los frutos.
- Su construcción es más barata que los invernaderos.
- Son una herramienta que los productores pueden emplear para luchar contra varias adversidades que impone el microclima de una localidad.
- Minimiza significativamente el uso de agroquímicos.
- El tiempo de instalación es muy rápido lo que reduce la inversión y mano de obra.

(Santos, 2010)

USO DE BACTERIAS EN LA AGRICULTURA

En las dos últimas décadas, una de las áreas de estudio que actualmente está impactando en la agricultura, es la aplicación de biofertilizantes a través del empleo de microorganismos como bacterias y hongos que viven en intercambio con las plantas, lo cual ha resultado muy positivo para fertilizar diversos cultivos (Crossman y col., 1987 citado por Omar, 2015).

Las principales actividades benéficas llevadas a cabo por bacterias de la rizosfera asociadas a raíces o asociativas incluyen la solubilización de minerales y nutrientes, fijación de nitrógenos, producción de fitohormonas reguladoras del crecimiento, interacción sinérgica con otros microorganismos benéficos de la rizosfera y la inhibición de fitopatógenos; todas estas actividades

incrementan la productividad vegetal (Gaskins y col., 1985; Rueda y col., 2009 citados por Omar, 2015).

La capacidad de los sideróforos y antibióticos bacterianos para suprimir los fitopatógenos podría ser de gran importancia para la agricultura. Ambos mecanismos tienen funciones esenciales en el antagonismo microbiano, pero también conducen a producir resistencia inducida, lo que se conoce como IRS. La inducción de la resistencia sistémica y las rizobacterias antagonicas pueden ser útiles en la formulación de nuevos inoculantes, ofreciendo una alternativa atractiva de control biológico respetuoso con el medio ambiente de las enfermedades de las plantas y mejorando los sistemas de cultivo en los que se pueden aplicar de manera más rentable (Beneduzi y cols; 2012 citado por Benjumeda, 2017).

AGENTES BIOLÓGICOS

➤ Bacteria 1: *Bacillus subtilis*, raza (QTS 713) 1×10^9 ufc/g 1.34%, presenta múltiples modos de acción para invadir y atacar hongos fitopatógenos, trabaja primero creando una zona de inhibición en la hoja, previniendo el ataque de patógeno; además, detiene el crecimiento de los patógenos por competencia por los nutrientes y espacio en la superficie de la hoja, por último destruye el tubo germinativo y el micelio del patógeno, estos diferentes modos de acción resultan en un efectivo control de las enfermedades, con muy poca posibilidad de que los patógenos desarrollen resistencia (Bayer CropScience).

➤ Consorcio 1: es una mezcla especial de ácidos húmicos, esporas de bacilos y cepas fotosintéticas para activar biológicamente los suelos, este consorcio contiene *Rhodopseudomonas palustris* (Mejora la bioactividad del suelo y la fijación de nitrógeno), *Bacillus subtilis* (Solubiliza la producción de fosfatos y sideróforos), *Bacillus amyloliquefaciens* (Una bacteria de control biológico que coloniza las raíces, utilizada para combatir patógenos de las raíces de las plantas en la agricultura, y la hidroponía), *Bacillus licheniformis* (Mejora la actividad biológica del suelo y proporciona hormonas de crecimiento vegetal), Ácidos Húmicos (Estimula la bioactividad en el suelo, mejora el desarrollo de las raíces y acelera la germinación) (BLUEPLANET LABS).

➤ Consorcio 2: Ingrediente activo *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*. Inoculante Biotecnológico que desintoxica el suelo agrícola y las raíces, desdobra las toxinas, alcoholes, amonios, agroquímicos, que se acumulan con la descomposición de los residuos del cultivo anterior, con el manejo químico de los problemas y con la aplicación de los fertilizantes en el suelo. Para cultivos de fresa se recomienda aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y cada 4 semanas a una dosis de 1 L/ha (AGROACTIVO).

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El proyecto se realizó en la ciudad de Manizales del departamento de Caldas, en la Granja Tesorito de la Universidad de Caldas la cual cuenta con las siguientes características meteorológicas; temperatura media 16,05 °C, altura 2325 msnm, humedad relativa 78%, precipitación promedio anual 2191,8 mm (IDEAM, 2022); posee topografía ondulada y pendiente, suelos de origen volcánico con una textura franca.

DURACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tuvo una duración de veinte meses, teniendo en cuenta seis meses de desarrollo fisiológico antes de empezar la fase productiva, ocho meses después de que empiece la producción y seis meses de análisis de resultados y preparación del trabajo escrito.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en un área de 494 m², con un macrotúnel de las siguientes medidas: 6,50 m de ancho, 40 m lineales de largo y 7 m de alto, con cuatro camas dentro del macrotúnel de 40 m de largo, y 1,20 m de ancho, distribuido de una manera aleatoria. Se implementó acolchado plástico calibre 2, efectuando un diseño de la empresa PQA (Productos Químicos Andinos), siendo una técnica que pretende defender el cultivo y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos, que ocasionan la desecación del suelo, y lavan los elementos activos del suelo tan necesarios para el desarrollo de las plantas. A libre exposición también se encuentran 4 surcos de una distancia de 36 m, con el mismo ancho, las plántulas de fresa fueron sembradas a una distancia de 40 cm entre

plantas teniendo dos líneas por cada cama, dando una población total de 1020 plantas, la muestra fue de 512 plantas en las cuales se incluyeron los bordes individuales de cada tratamiento y una unidad experimental de 256 plantas.



Foto 1. Montaje de diseño experimental. Granja Tesorito. Universidad de Caldas.

Los tratamientos se emplearon de la siguiente manera; tratamiento 0 convencional, siendo este la muestra testigo (manejo agricultor), bacteria 1: *B. subtilis*, consorcio 1 compuesto por una mezcla de Ácidos Húmicos y *Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis* y el consorcio 2 compuesto por *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*. La frecuencia de aplicación fue quincenal con una dosis de 5cc/Litro de agua, aplicando 200cc de la mezcla/planta. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con un

arreglo factorial $2^2 \times 4$ (2 sistemas de producción por dos sistemas de cobertura por cuatro tratamientos) siguiendo el siguiente modelo matemático:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \left\{ \begin{array}{l} i = 1 \dots a \\ j = 1 \dots b \\ k = 1 \dots c \\ l = 1 \dots r \end{array} \right.$$

El análisis de la información se realizó con los datos provenientes de campo donde se construyó una base de datos en el programa Excel, la cual se exportó al software estadístico Statistix v. 7.0. Las variables evaluadas se analizaron a través de la técnica de análisis de varianza y los promedios se compararon con la prueba de Tukey al 5%.

Durante el estudio se tuvieron en cuenta variables asociadas con la producción y calidad de los frutos, por dicha razón se evaluó el tamaño de los frutos tanto el diámetro ecuatorial como el polar, se evaluó el peso de los frutos de manera individual y la producción total por planta, se evaluó los grados brix y las pérdidas ocasionadas por diferentes factores en todos los tratamientos, sistemas de producción y uso de cobertura.

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar de la siguiente forma:

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS
MACROTÚNEL

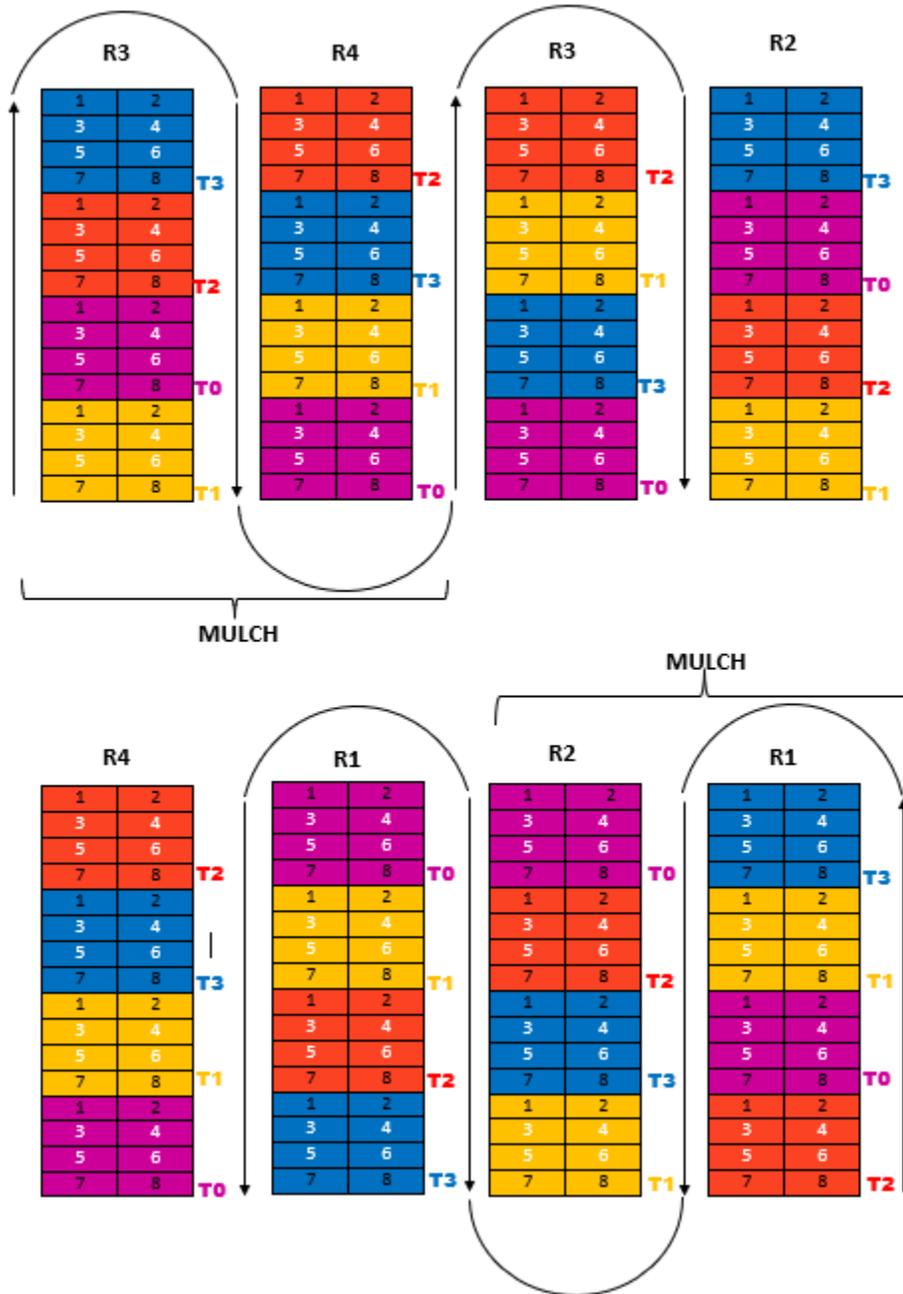


Figura 1. Mapa de distribución de tratamientos en Macrotúnel.
Flórez, E & Montes, E

LIBRE EXPOSICIÓN

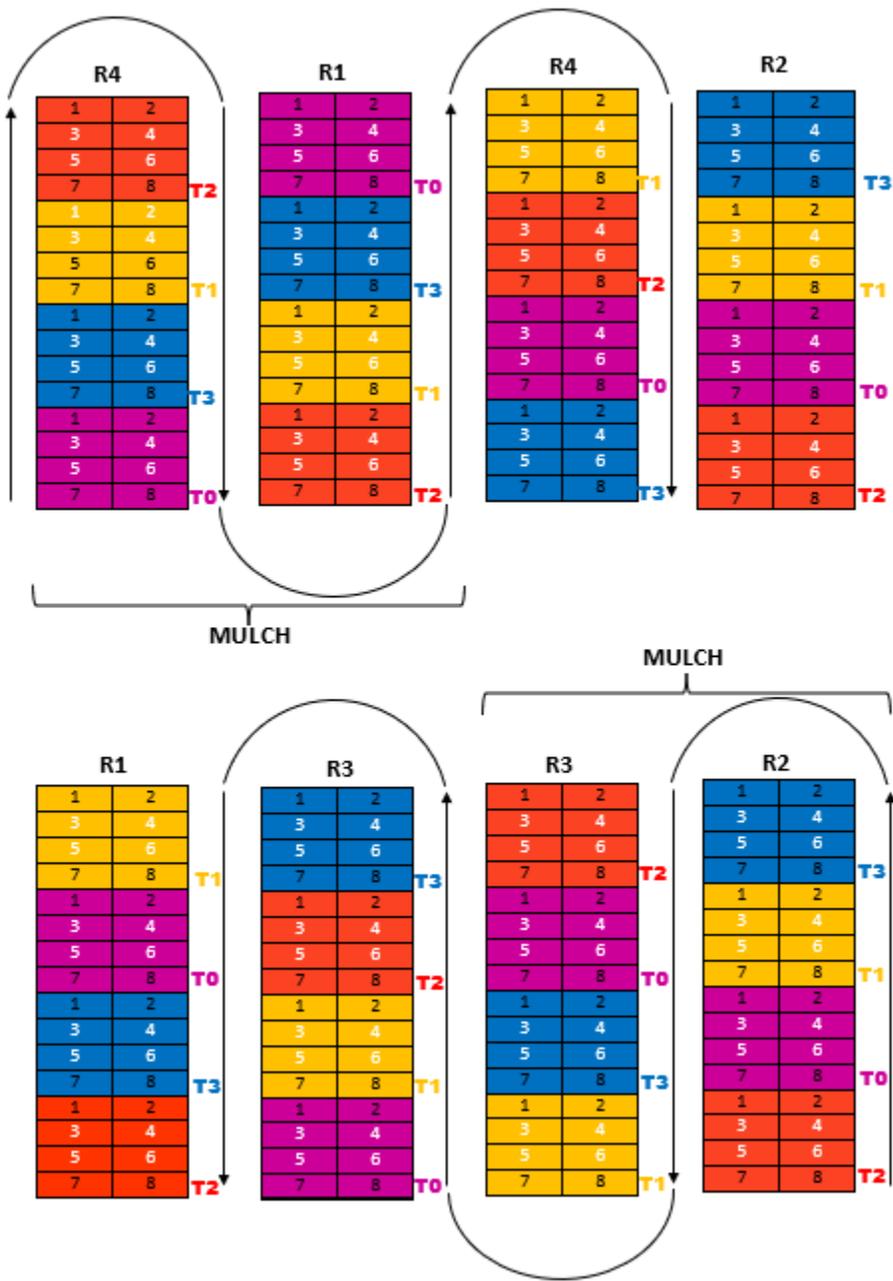


Figura 2. Mapa de distribución de tratamientos a Libre-exposición.
Flórez, E & Montes, E

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PESO DEL FRUTO

El análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para el peso del fruto ($Pr > F = 0,7816$). Para la variable peso del fruto la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) varió entre 12,70 y 13,57 gr. (Figura 3, Tabla 1).

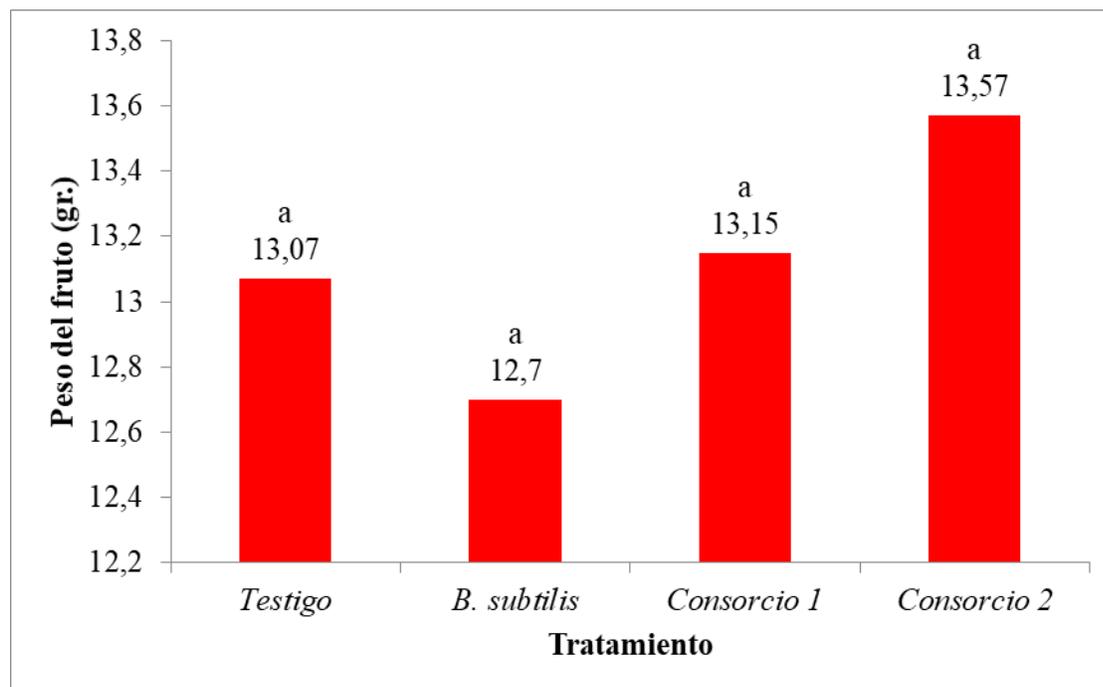


Figura 3. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El consorcio 2 presentó un valor promedio para el peso del fruto de 13,57 gr., con 0,5 gr. y 0,87 gr. por encima de Testigo y *B. subtilis* respectivamente, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas, estos valores demuestran que se presenta un incremento en el peso del fruto que se podría considerar importante en la producción; además se han reportado efectos positivos de las bacterias *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* (dos de los ingredientes activos del consorcio 2) en el peso de los frutos de fresa, obteniendo pesos mayores comparados con el Testigo (Villegas, 2017).

El análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción sobre el peso del fruto ($Pr > F = 0,0609$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el peso del fruto varía entre 12,50 y 13,74 gr. (Figura 4, Tabla 1).

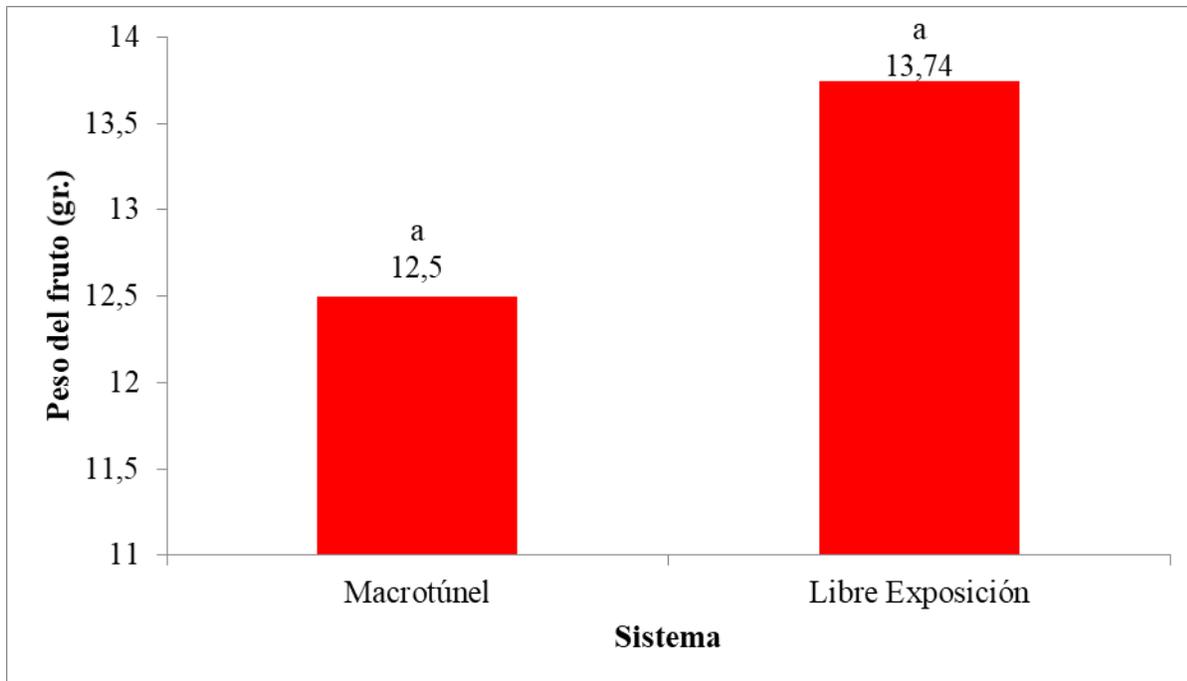


Figura 4. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas, sin embargo, se observa una diferencia de 1,24 gr., en el peso de los frutos, siendo mayor el peso promedio obtenido a libre exposición. Se han encontrado estudios como los realizados por (Ferrucho, A & Ruíz, D. 2013) y (Pérez, 2021), donde se han obtenido frutos de mayor peso a libre exposición comparados con el peso promedio de los frutos bajo macrotúnel, estos resultados pueden estar relacionados con una mayor exposición de las plantas cultivadas a libre exposición a la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), lo que favorece una mayor producción de fotoasimilados que son transportados hacia los frutos, que conlleva a un mejor llenado de frutos. Además, indican que el aumento del tamaño también puede estar influenciado en el tiempo de desarrollo, el cual es mayor a libre exposición, lo cual coincide con el presente estudio, donde las temperaturas son moderadas y hay un mayor periodo para la producción y transporte de asimilados (Le Miére et al., 1998); Josuttis et al., 2012; Grijalba et al., 2015 citados por (Pérez, 2021).

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tipos de cobertura sobre el peso del fruto ($Pr > F = 0,0011$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el mayor peso del fruto se obtuvo con mulch con un peso de 14,30

gr., el cuál presentó diferencias estadísticas con los frutos provenientes de plantas cuando no se coloca mulch, la cual presentó el menor peso del fruto con 11,98 gr. (Figura 5, Tabla 1).

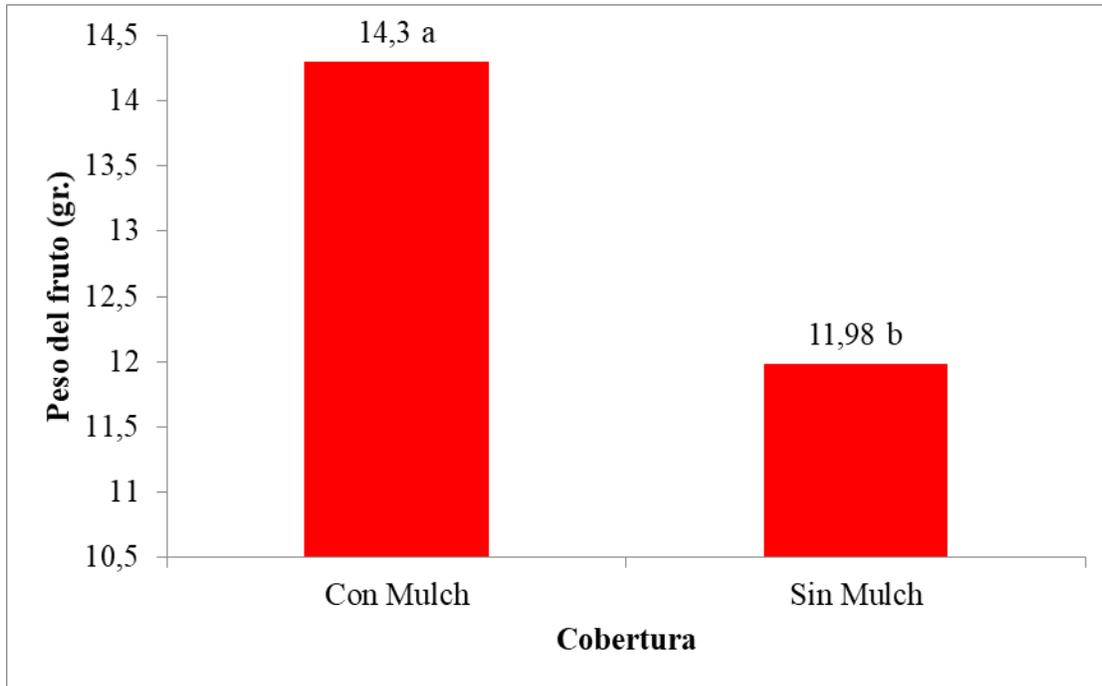


Figura 5. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre el peso del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Se observa que los frutos de mayor peso se obtuvieron con cobertura, este resultado no coincide con el obtenido por (Medellín, 2013), donde el objetivo fue comparar el efecto de tres materiales de acolchado (cascarilla de arroz, plástico negro y plástico plateado/negro) sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas, donde la menor productividad se obtuvo con el plástico negro, incluso menor a la alcanzada con la cascarilla de arroz. Lo anterior posiblemente se debe al color de este material, el cual absorbe una gran cantidad de luz pero refleja menos del 50%, por lo que la radiación generada alrededor de la planta es menor respecto a la reflejada por las superficies más claras como el polietileno plateado/negro e incluso por la cascarilla de arroz y como resultado se obtiene una productividad más baja (Robledo y Vicente, 1988 citados por Medellín, 2013); no obstante, en otro estudio, para el peso promedio de fruto por tratamiento, los resultados de la prueba de Duncan al 1% indicaron que el tratamiento con plástico negro fue el que dio mayor peso promedio de fruta, resultando significativamente superior al testigo y a la cobertura con aguja de pino, donde explicaban que los mayores tamaños en los tratamientos con polietileno se deben a

que estos hacen posible que las pérdidas de agua del suelo por evaporación sean reducidas de gran manera, como lo indican Franciosi et al (1974) citados por (Rodríguez., 1993) lo que resulta en una mayor disponibilidad de agua para el crecimiento del fruto, teniendo en cuenta esta razón se pueden explicar los resultados obtenidos en la presente investigación.

Las interacciones tratamiento por sistema ($Pr>F=0,9258$), tratamiento por cobertura ($Pr>F=0,8421$) y sistema por cobertura ($Pr>F=0,0749$) no presentaron diferencias estadísticas para el peso del fruto.

DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL FRUTO

Para el diámetro polar de los frutos el análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($Pr>F=0,8691$). Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) se encontró que el diámetro polar del fruto varió entre 3,61 y 3,67 cm. (Figura 6, Tabla 1).

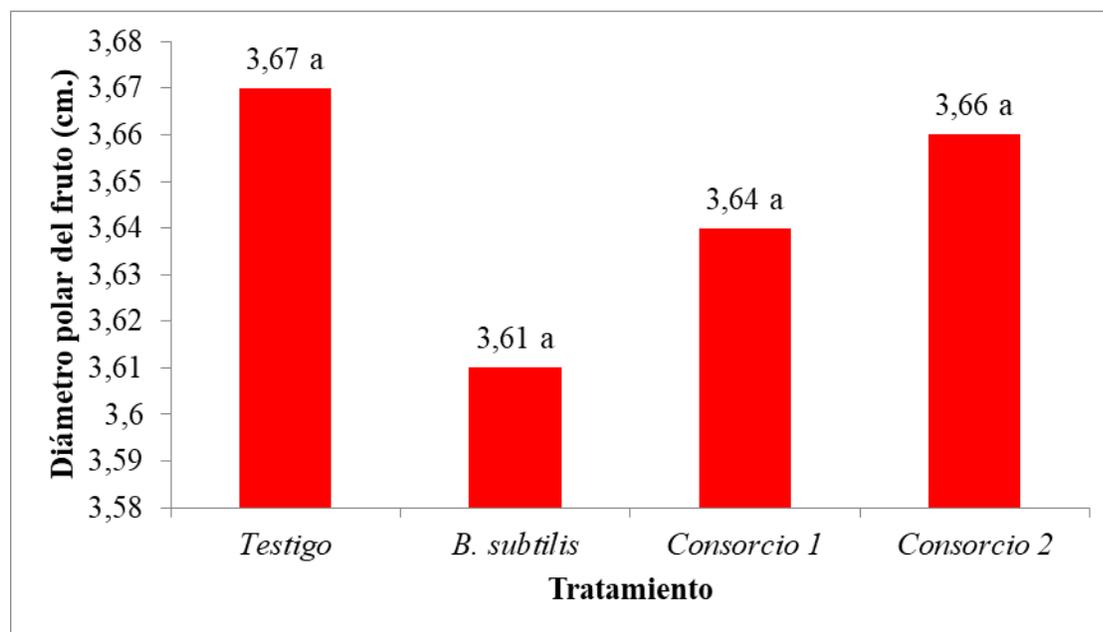


Figura 6. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Para el diámetro ecuatorial del fruto el análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($Pr>F=0,2965$). Al realizar la prueba de

Diferencia Mínima Significativa (DMS) se encontró que el diámetro ecuatorial del fruto varía entre 2,38 y 2,49 cm. (Figura 7, Tabla 1).

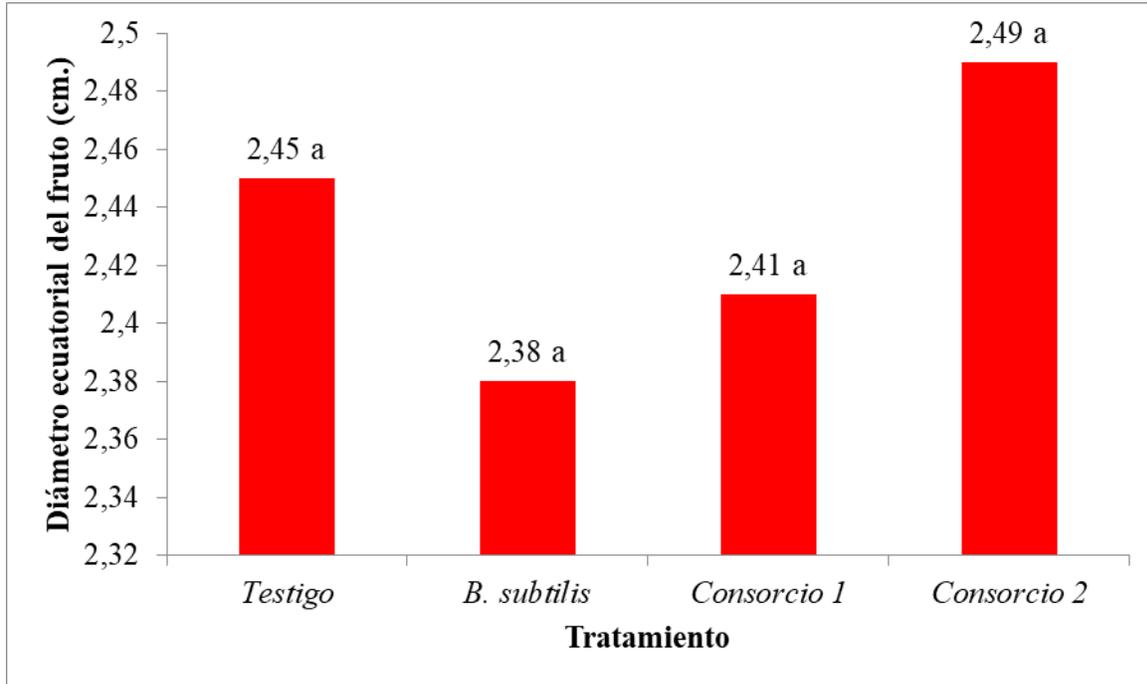


Figura 7. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El consorcio 2 presenta valores similares al Testigo, pero mayores a *B. subtilis* y consorcio 1 para los diámetros polar y ecuatorial del fruto, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas significativas. En trabajos anteriores donde se ha realizado inoculación de plantas de fresa con *Azospirillum brasilense* (uno de los ingredientes activos del consorcio 2), se obtuvieron valores más altos de diámetro polar y ecuatorial comparados con el Testigo, los resultados del estudio sugieren un efecto de bioestimulación ejercido por las sustancias reguladoras producidas por *Azospirillum*, además del posible efecto nutricional por la acumulación de N, P y K (Castillejo, 2011).

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción sobre el diámetro polar del fruto ($P > F = 0,0355$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el diámetro polar del fruto fue superior en los frutos provenientes del macrotúnel comparados con los frutos de plantas a libre exposición (Figura 8, Tabla 1).

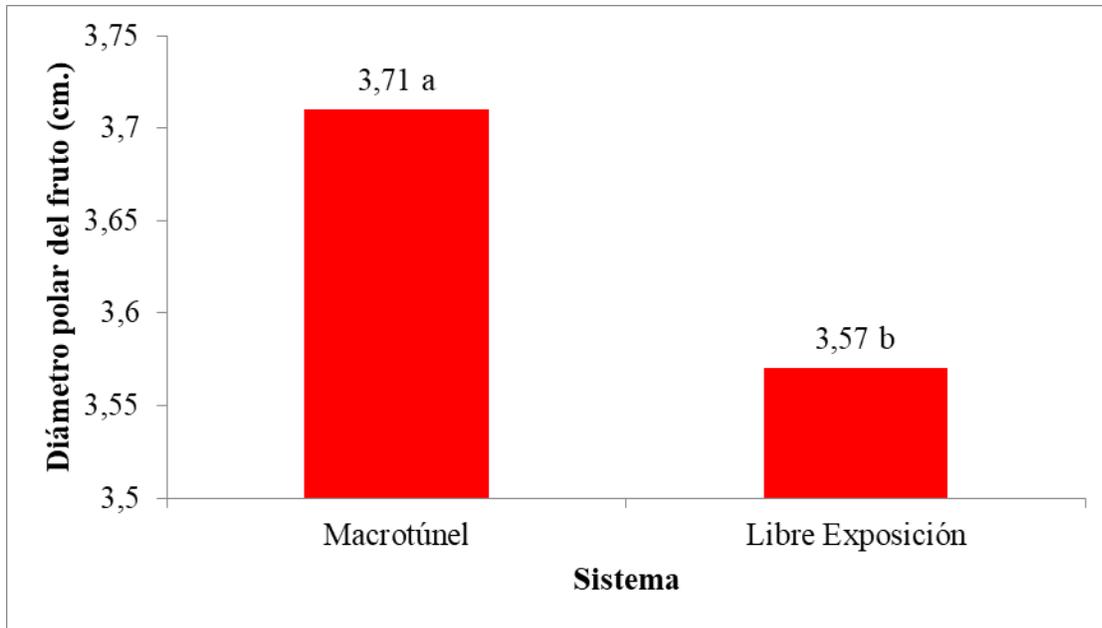


Figura 8. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción sobre el diámetro ecuatorial del fruto ($Pr > F = 0,0193$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el diámetro ecuatorial del fruto fue superior en los frutos provenientes del macrotúnel comparados con los frutos de plantas a libre exposición (Figura 9, Tabla 1).

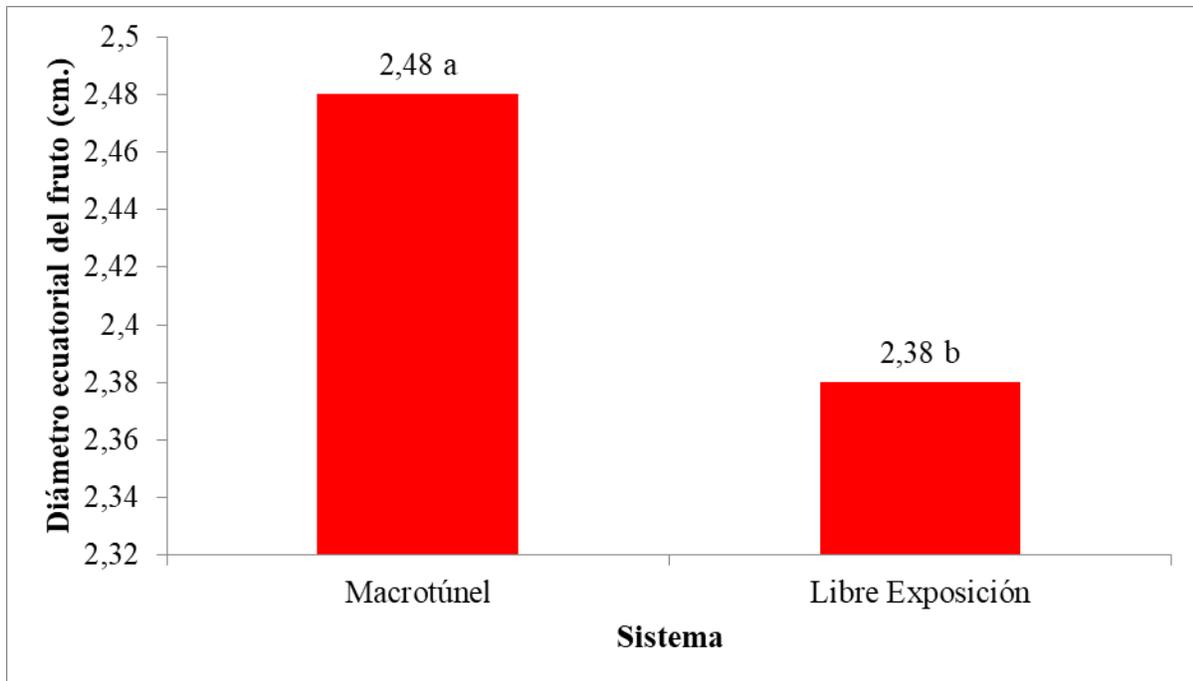


Figura 9. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Una de las ventajas que se encuentran para elegir el uso de sistemas protegidos como el macrotúnel, es que el plástico genera una protección de la radiación directa al cultivo, permitiendo que la planta tenga mayor vigorosidad, que sus frutos sean de mejor tamaño y se obtenga una mayor precocidad en su producción. En esta investigación, se lograron resultados que coinciden con lo mencionado.

Sin embargo, los resultados de este estudio no coinciden con los obtenidos por (Ferrucho, A & Ruíz, D. 2013), donde se destaca la superioridad en la producción de fruta de primera calidad que se presentó en las plantas cultivadas en campo abierto frente a las del macrotúnel. Esta situación pudo ser consecuencia del efecto de las condiciones ambientales, debido a que en macrotúnel se presentó una temperatura del aire mayor, que, sumada a una menor humedad relativa y a una menor disponibilidad de agua en el suelo, dado que se dependía únicamente del agua suministrada por el riego sin aquella obtenida por la precipitación, originaron frutas de menor tamaño.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tipos de cobertura sobre el diámetro polar del fruto ($Pr > F = 0,0008$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el mayor diámetro polar del fruto se obtuvo con mulch

con un diámetro de 3,76 cm., el cuál presentó diferencias estadísticas con los frutos provenientes de plantas cuando no se coloca mulch, los cuales presentaron el menor diámetro polar del fruto con 3,53 cm. (Figura 10, Tabla 1).

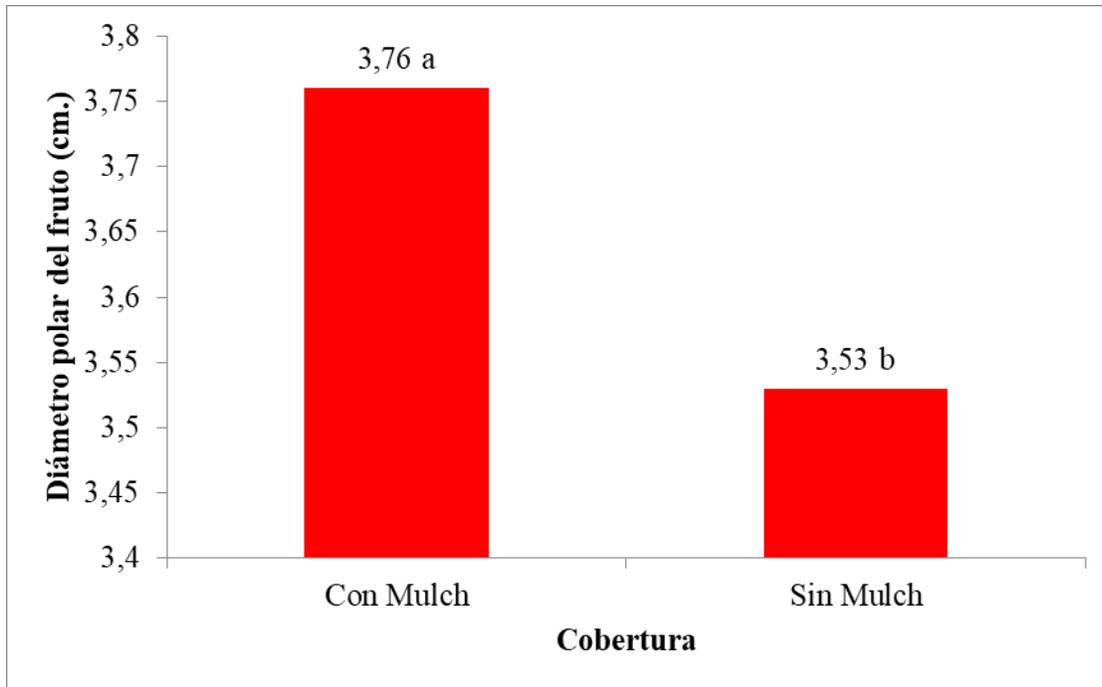


Figura 10. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre el diámetro polar del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tipos de cobertura sobre el diámetro ecuatorial del fruto ($P > F = 0,0467$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que el mayor diámetro ecuatorial del fruto se obtuvo con mulch con un diámetro ecuatorial del fruto de 2,48 cm., el cuál presentó diferencias estadísticas con los frutos provenientes de plantas cuando no se coloca mulch, la cual presentó el menor diámetro ecuatorial del fruto con 2,39 cm. (Figura 11, Tabla 1).

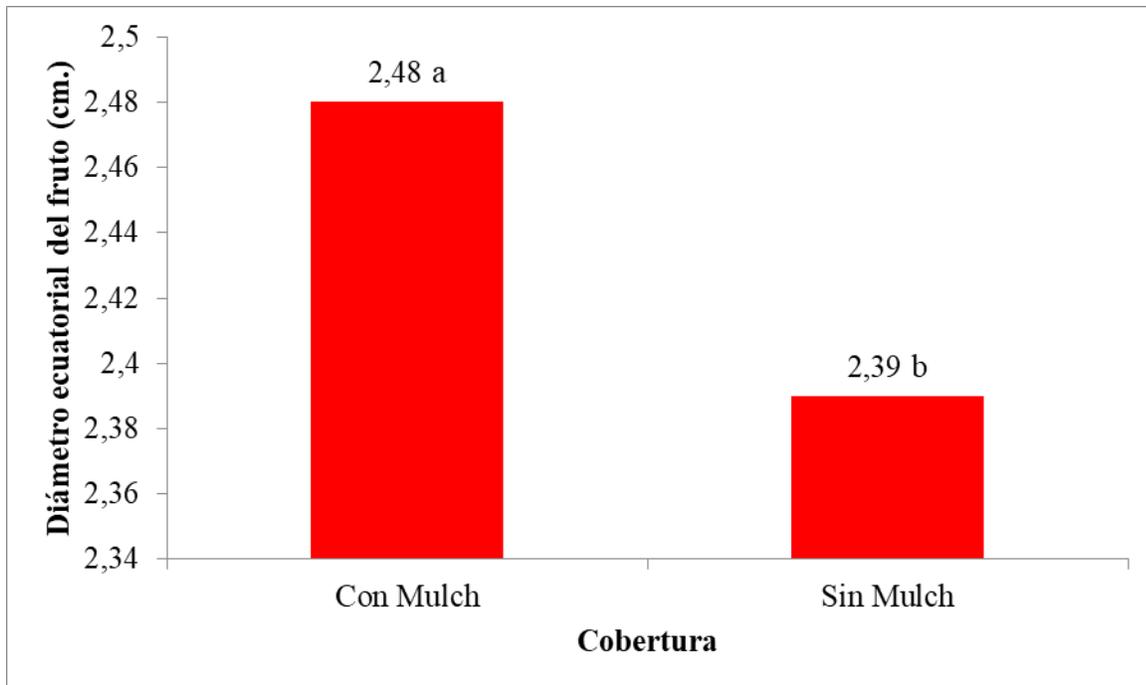


Figura 11. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre el diámetro ecuatorial del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El peso de los frutos está directamente relacionado con el diámetro ecuatorial y diámetro polar, donde se observa que los mayores valores se obtienen con mulch, confirmando así, que con el uso de esta cobertura se presentan los frutos de mayor peso y tamaño.

En el estudio realizado por (Calderón Medellín et al., 2013), el tamaño de los frutos que fueron cosechados de las plantas acolchadas con el plástico negro resultó ligeramente superior al obtenido con los otros materiales (plástico plateado/negro y cascarilla de arroz), esto puede deberse al incremento de la temperatura del suelo, lo que resulta favorable para las plantas y la movilización de fotosintatos del tejido vegetal a los frutos.

De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4103 (INCONTEC, 1997), los diámetros obtenidos en el presente estudio que van desde 2,38 cm a 2,49 cm corresponden a frutas de calibre C (2,5 – 2,9 cm) y D (2,1 – 2,4 cm), y pertenecen a la categoría II. Teniendo en cuenta el estudio realizado por (López-Valencia et al., 2018) donde evaluaron las propiedades fisicoquímicas de siete variedades de fresa, Sabrina mostró ser significativamente más pequeña que el resto de las variedades con 2,90 cm de diámetro ecuatorial.

Las interacciones tratamiento por sistema ($Pr>F=0,8705$), tratamiento por cobertura ($Pr>F=0,5090$) y sistema por cobertura ($Pr>F=0,0929$) no presentaron diferencias estadísticas para el diámetro polar del fruto.

Las interacciones tratamiento por sistema ($Pr>F=0,8816$), tratamiento por cobertura ($Pr>F=0,3625$) y sistema por cobertura ($Pr>F=0,4199$) no presentaron diferencias estadísticas para el diámetro ecuatorial del fruto.

GRADOS BRIX (%)

Para los grados brix el análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($Pr>F=0,5405$). Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) se encontró que los grados brix varían entre 8,07 y 8,45 %. (Figura 12, Tabla 1).

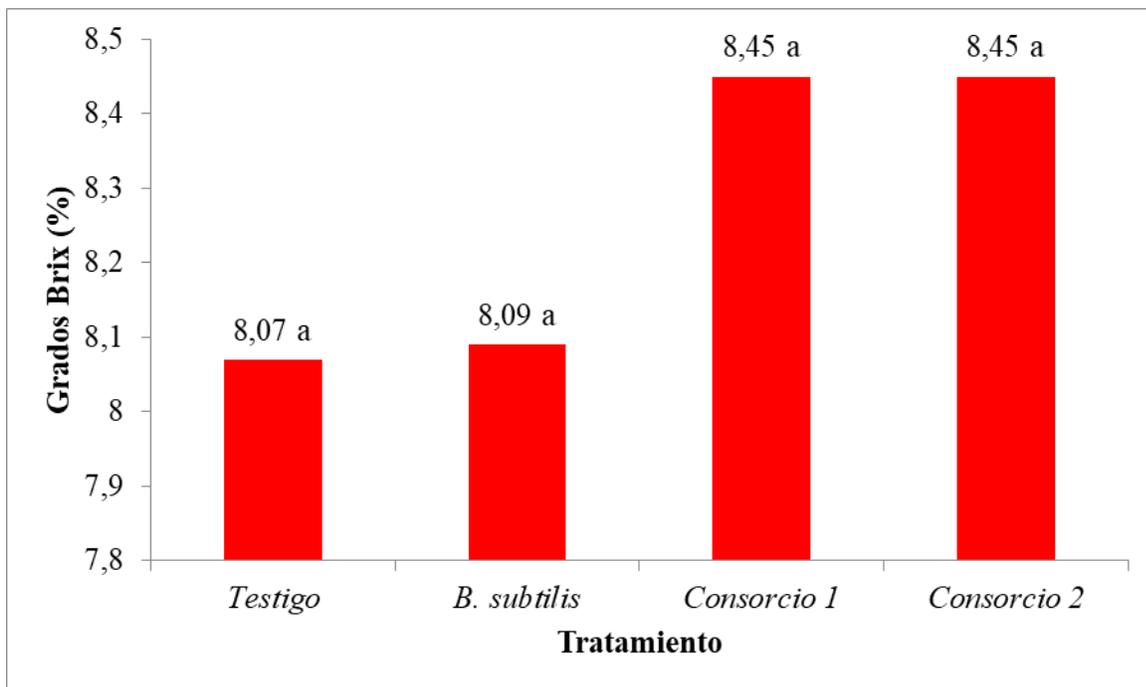


Figura 12. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), en los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, se evidencian diferencias numéricas, observando valores más altos para los tratamientos con consorcio 1 y consorcio 2, comparados con los obtenidos para el Testigo y *B. subtilis*; se encuentran trabajos donde se evalúa el efecto de la inoculación de bacterias en la calidad de la fresa, por ejemplo, la inoculación de las

plantas con la cepa *Azospirillum brasilense*, uno de los ingredientes activos del consorcio 2, el objetivo de los estudios realizados con esta bacteria ha sido buscar alternativas a las fertilizaciones Nitrogenadas, pero que a la vez garantice la calidad y rendimiento del fruto. Los resultados que se han obtenido son positivos en cuanto a los °Brix, demostrando el efecto significativo que tiene esta bacteria sobre la calidad de la fruta, ya que *A. Brasilense* promueve la producción de fotoasimilados, lo que resulta en una mayor acumulación de SST en los frutos (Castillejo, 2011). En el caso del consorcio 1, uno de sus ingredientes activos es la bacteria *Rhodopseudomonas palustris*, esta es una bacteria fotosintética y fijadora de Nitrogeno, este Nitrogeno va a ser utilizado por las plantas para su desarrollo, además es responsable del proceso de fotosíntesis (Cherlinka, 2022), lo cual favorecerá una buena producción de fotoasimilados y esto se verá reflejado en la concentración de SST, no obstante es necesario realizar una evaluación para conocer el efecto de esta bacteria en la calidad de la fresa.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los sistemas de producción sobre los grados brix ($Pr > F = 0,000$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que los grados brix fueron superiores en los frutos a libre exposición comparados con los frutos de plantas provenientes del macrotúnel (Figura 13, Tabla 1).

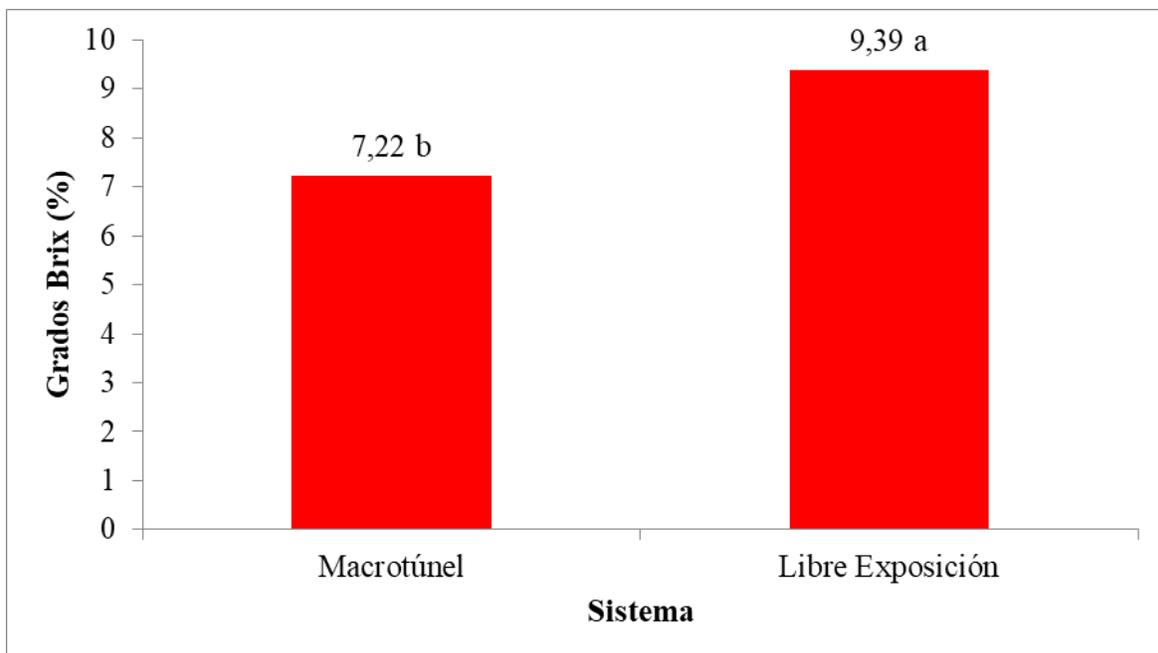


Figura 13. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

La variable Grados Brix, presentó diferencias significativas en cuanto a los sistemas de producción, reportando valores más altos a libre exposición, Queiroga et al. (2007) citados por (Chaves et al., 2013), sostienen que los sólidos solubles son influenciados por factores genéticos y ambientales, de este último en particular la temperatura y radiación. Como sabemos, los sistemas protegidos generan un aumento de temperatura al interior, lo que pudo generar una disminución en la concentración de SST, ya que en un estudio reportado por (Wang & Camp, 2000) el aumento de las temperaturas de crecimiento resultó en una disminución de la calidad de la fruta, incluidos los sólidos solubles (SSC), los ácidos titulables (TA), la relación SSC/TA y el contenido de ácido ascórbico (AA) en la fruta.

A pesar de presentar valores menores en macrotúnel, la concentración de SST seguía dentro del rango esperado.

En un estudio realizado en el departamento de Cundinamarca (Colombia), donde se determinaron las diferencias fisicoquímicas en frutos de siete variedades de fresa: Albión, Dulce Ana, Lucía, Monterrey, Ruby June, Sabrina y Ventana; Sabrina logró la mayor acumulación de SST en la madurez completa del fruto; en otro estudio Pierron (2012) encontró en la variedad Sabrina una concentración de SST de 6,9 °Bx, comparada con la variedad Sabrosa una de las variedades más cercanas a Sabrina con un contenido menor (5,70 °Bx) (Fischer et al., 2017).

Se puede evidenciar que en la presente investigación la variedad Sabrina alcanzó valores de SST mayores a los reportados por la literatura para esta variedad, tanto en los sistemas de producción, como en las coberturas y los tratamientos.

Teniendo en cuenta lo anterior, autores como Cordunesi et al. (2003) citado por (De Camacaro et al., 2017) y El protocolo de calidad de SENASA (Resolución N° 85/98) citado por Solórzano et al. (2015) coinciden en que el valor mínimo de SST representados en grados brix debe ser de 7 °Brix para alcanzar un sabor aceptable en fresas; también encontramos que Roudeillac y Trajkovski (2004) citados por (Mixquititla Casbis et al., 2020) señalan que la fresa debe estar entre 7 y 12 °Brix, para ubicarse entre las recomendaciones de calidad postcosecha, demostrando así que los frutos obtenidos en la presente investigación se encuentran en el rango adecuado.

El análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tipos de cobertura sobre los grados brix ($Pr > F = 0,6135$). Al realizar la prueba de DMS se encontró que los grados brix varían entre 8,20 y 8,33 % (Figura 14, Tabla 1).

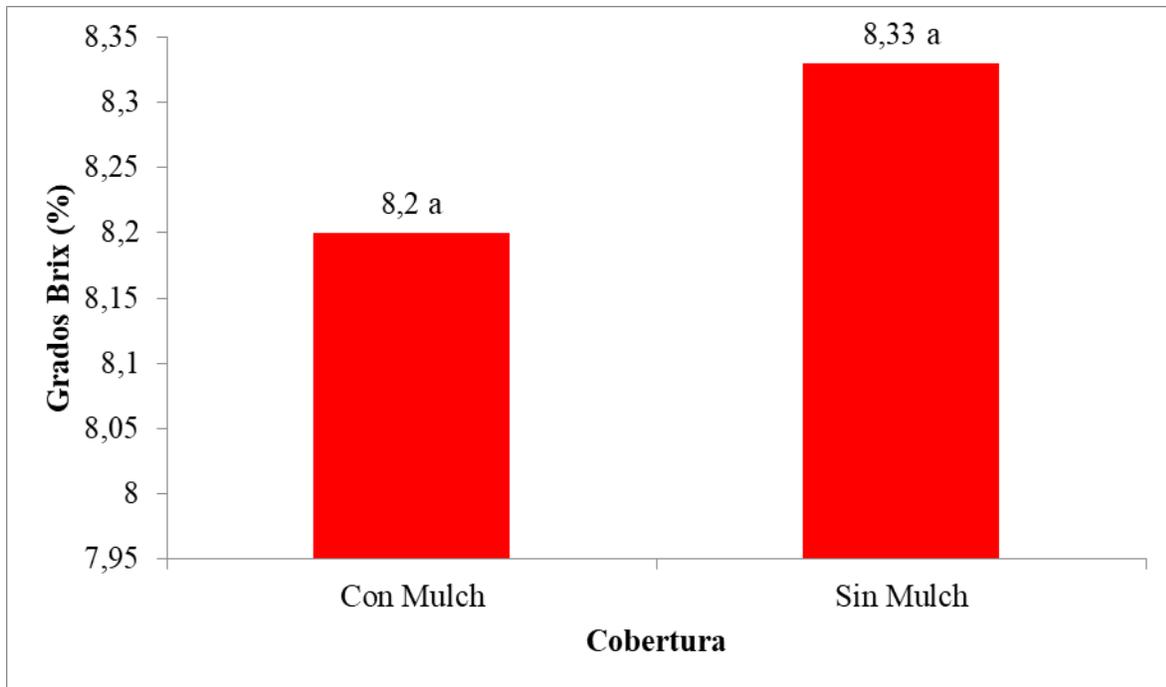


Figura 14. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre los grados brix. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Este resultado coincide con (Calderón Medellín et al., 2013), donde los acolchados (Cascarilla de arroz, Plástico negro y Plástico plateado/negro) tampoco influyeron en el contenido de sólidos solubles para los frutos.

Las interacciones tratamiento por sistema ($Pr>F=0,1019$), y sistema por cobertura ($Pr>F=0,3599$) no presentaron diferencias estadísticas para los grados brix. La interacción tratamiento por cobertura presentó diferencias estadísticas altamente significativas para los grados brix ($Pr>F=0,0073$), (Figura 15, Tabla 1).

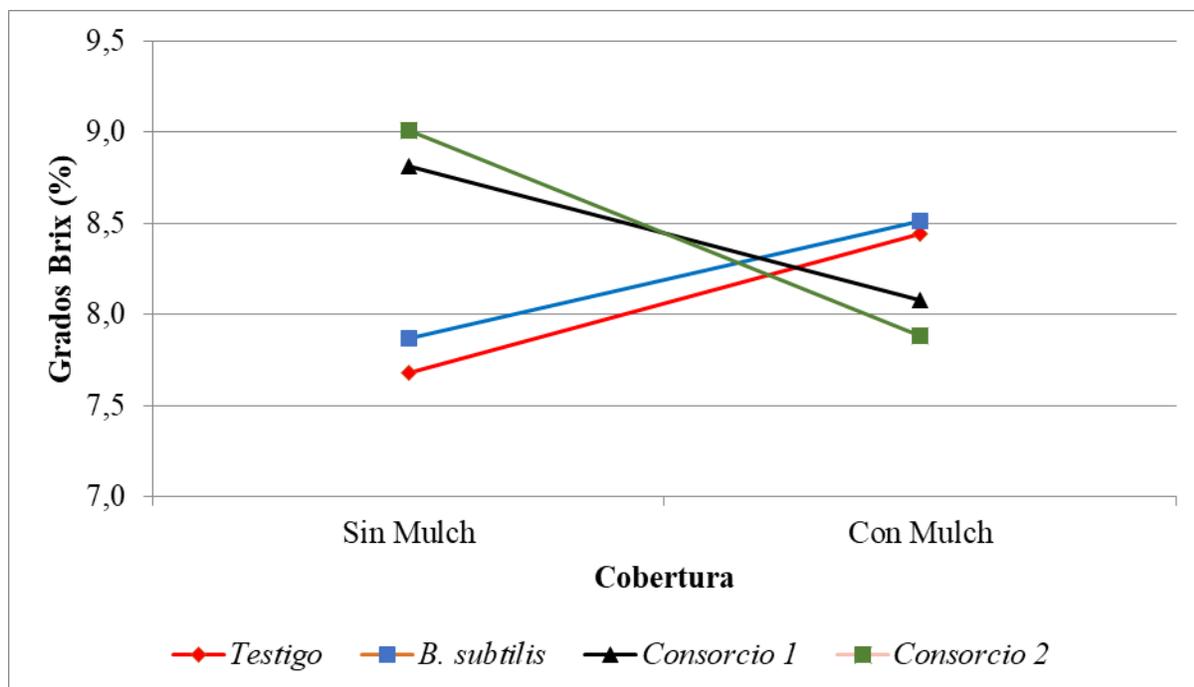


Figura 15. Efecto del tipo de cobertura y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre los grados Brix del fruto. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022. Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Se encontró que el testigo y *B. subtilis* presentaron la menor concentración de grados Brix en las plantas Sin mulch, contrario a las plantas tratadas con consorcio 1 y consorcio 2. Cuando se cubre el suelo con mulch el comportamiento se invierte, el testigo y las plantas tratadas con *B. subtilis* presentan una mayor concentración de grados Brix que las plantas tratadas con el consorcio 1 y consorcio 2.

B. subtilis (Bayer CropScience), en forma comercial, es un producto que detiene el crecimiento de los patógenos por competencia de nutrientes y espacio en la superficie de la hoja, a pesar de que su modo de acción va enfocado al control de patógenos, al contrarrestar el ataque de estos permite que la planta tenga un crecimiento óptimo, lo que se relacionaría con la calidad de los frutos que se obtengan de las plantas, en variables como los grados brix en este caso. Además, se reporta un estudio donde se inocularon plantas de fresa variedades Albion y Jacona con *B. subtilis* y se produjo un incremento del 24 y 27% respectivamente en SST comparada con el control no inoculado (González, 2012), lo que demuestra el efecto de esta bacteria sobre la calidad de la fresa. Respecto a su efecto en interacción con el mulch, *B. subtilis*, tiene la particularidad de producir endosporas altamente resistentes a las altas temperaturas. La temperatura para su desarrollo se

sitúa en un rango de 15 a 50 °C con un óptimo de 28 a 35 °C (Carrasco, 2015), esto podría explicar el buen desarrollo de esta bacteria con el uso de mulch, el cual aumenta la temperatura del suelo, sin embargo, se hace necesario evaluar esta bacteria en otros estudios con el fin observar a profundidad la relación directa que tendría con los cambios de temperatura. Para el caso del consorcio 1 y consorcio 2, como se indicó anteriormente, algunos de sus ingredientes activos, han sido evaluados en fresa y se han obtenido efectos positivos sobre los °Brix de los frutos, aunque se concluye que su efectividad disminuye por el aumento de la temperatura que se da por la cobertura y debido a que algunas de sus bacterias son fotosintéticas o poseen proteínas fotorreceptoras, necesitarían de la luz para realizar su metabolismo, lo que se dificultaría al utilizar el mulch.

Fuente de variación	Variable			
	Peso fruto (gr.)	Diámetro polar (cm.)	Diámetro ecuatorial (cm.)	Grados Brix (%)
Tratamiento				
Testigo	13,07 +/- 2,54 A	3,67 +/- 0,22 A	2,45 +/- 0,20 A	8,07 +/- 1,20 A
<i>B. subtilis</i>	12,70 +/- 2,52 A	3,61 +/- 0,30 A	2,38 +/- 0,15 A	8,09 +/- 0,99 A
Consortio 1	13,15 +/- 3,58 A	3,64 +/- 0,30 A	2,41 +/- 0,20 A	8,45 +/- 1,61 A
Consortio 2	13,57 +/- 2,76 A	3,66 +/- 0,30 A	2,49 +/- 0,15 A	8,45 +/- 1,91 A
Significancia tratamien.	0,7816 N.S	0,8691 N.S	0,2965 N.S	0,5405 N.S
Sistema				
Macrotúnel	13,74 +/- 1,52 A	3,71 +/- 0,16 A	2,48 +/- 0,11 A	7,22 +/- 0,63 B
Libre Exposición	12,50 +/- 3,69 A	3,57 +/- 0,35 B	2,38 +/- 0,22 B	9,39 +/- 1,25 A
Significancia sistema	0,0609 N.S	0,0335 *	0,0193 *	0,0000 **
Cobertura				
Con mulch	14,30 +/- 3,03 A	3,76 +/- 0,25 A	2,48 +/- 0,19 A	8,20 +/- 1,18 A
Sin mulch	11,98 +/- 2,10 B	3,53 +/- 0,26 B	2,39 +/- 0,16 B	8,33 +/- 1,71 A
Significancia cobertura	0,0091 **	0,0008 **	0,0467 *	0,6135 NS
Signif. Trata x Sistema	0,9258 N.S	0,8705 N.S	0,8816 N.S	0,1019 N.S
Signif. Trata x Cobert.	0,8421 N.S	0,5090 N.S	0,3625 N.S	0,0073 **

Signif. Sist. x Cobert.	0,0749 N.S	0,0929 N.S	0,4199 N.S	0,3599 N.S
CV	20,22%	13,12%	23,25%	10,76%

Tabla 1. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), en las variables productivas bajo dos sistemas de producción. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Prueba Tukey con una significancia de $P \leq 0.05$. Medias con una letra común no son significativamente diferentes. (NS): Efecto o tratamiento no significativo. (*): Diferencia significativa. (**): Diferencia altamente significativa.

PRODUCCIÓN TOTAL (gr./pl.)

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk muestra que los datos no se distribuyen normalmente ($Pr > W = 0,000$), por lo que se realiza la prueba no Paramétrica de Kruskal Wallis, la cual muestra que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la producción total ($Pr > X^2 = 0,7249$). Al realizar la prueba de comparación de promedios se encontró que la producción total de fresa varía entre 261,7 y 314,94 gr./pl. (Tabla 2).

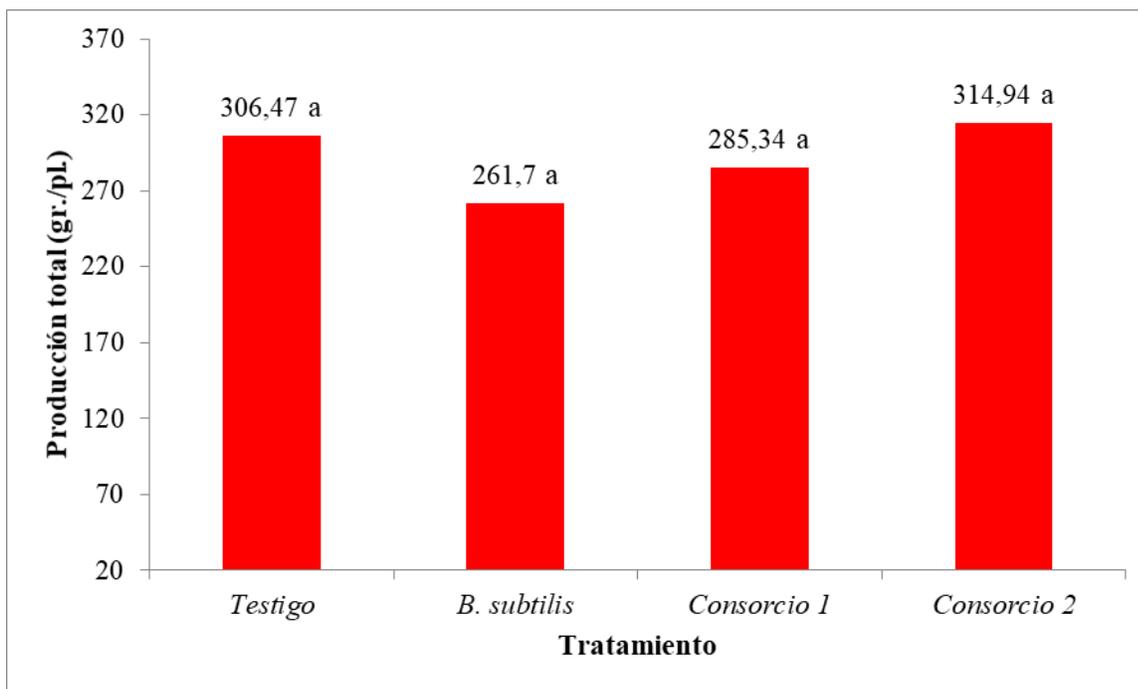


Figura 16. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), en la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

En un estudio realizado por (Villegas, 2017), se determinó el efecto que tienen las rizobacterias *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* (Ingredientes activos del consorcio 2) en la productividad de la fresa, obteniendo resultados positivos en el aumento de esta, comparada con el Testigo; si bien en la presente investigación no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para la producción por planta, se observa una diferencia entre el consorcio 2 respecto a *B. subtilis* y consorcio 1 de 53,24 g y 29,6 g respectivamente, aunque, estas diferencias no son significativas en la producción por planta, se podrían considerar importantes en la producción total por ha. Sin embargo, al comparar el consorcio 2 con el Testigo, los valores son muy similares.

La prueba de Kruskal Wallis, muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre sistemas de producción para la producción total ($Pr > X^2 = 0,0000$). Al realizar la prueba de comparación de promedios se encontró que la mayor producción se obtuvo al sembrar las plantas en Macrotúnel, con una producción total de 433,16 gr./pl., comparado con la producción de las plantas sembradas a Libre Exposición (Figura 17, Tabla 2).

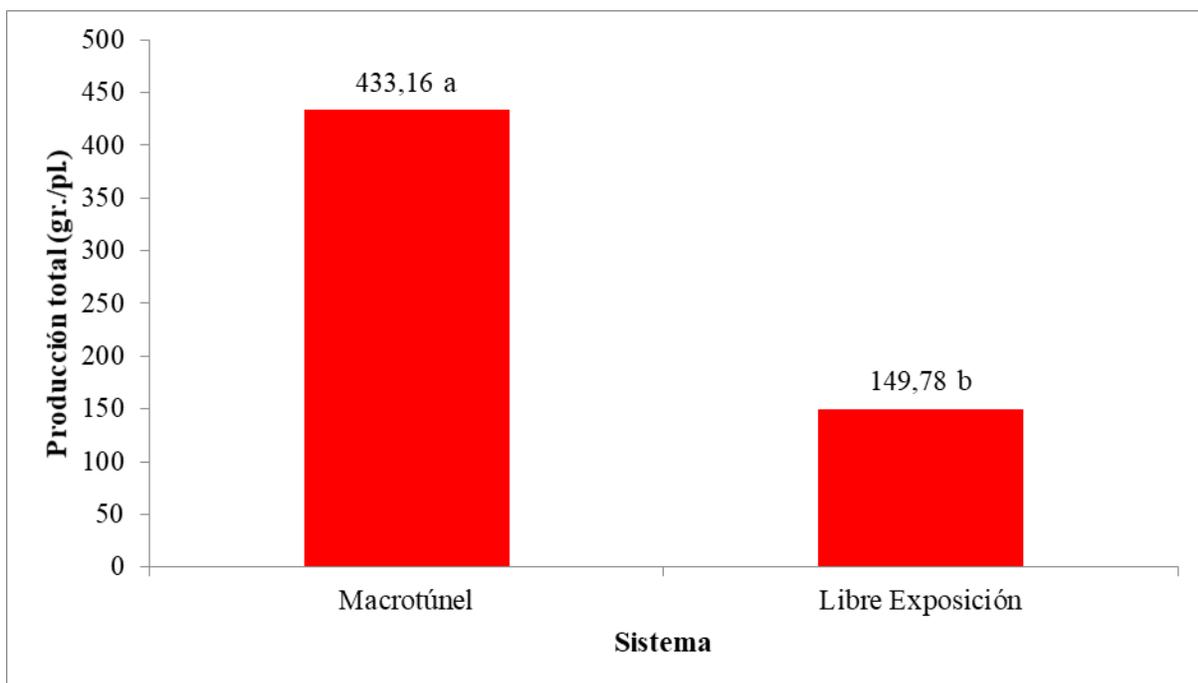


Figura 17. Efecto del Sistema de Producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), en la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Se observa que la producción gr./pl. más alta, proviene del sistema de producción Macrotúnel (MT). El efecto del MT en la época más lluviosa del año es evidente en cuanto a las pérdidas ocasionadas por el patógeno *B. cinerea*; reduciéndolas, debido a los cortos periodos de humedad en las hojas si se compara con Campo Abierto (CA), dado que la precipitación cumple un papel importante en la producción de esporas y su dispersión. Eso conlleva a que en época de cosecha se pudiese aumentar la dispersión por salpique del agua lo que ocasiona más infecciones de la fruta a CA que bajo MT (Universidad de California, 2005 citado por Rubio et al, 2014).

La prueba de Kruskal Wallis, muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre las coberturas para la producción total ($Pr > X^2 = 0,0000$). Al realizar la prueba de comparación de promedios se encontró que con la cobertura de mulch con una producción total de 325,48 gr./pl., el cuál presentó diferencias estadísticas cuando no se coloca mulch, la cual presentó una producción total de 258,31 gr./pl. (Figura 18, Tabla 2).

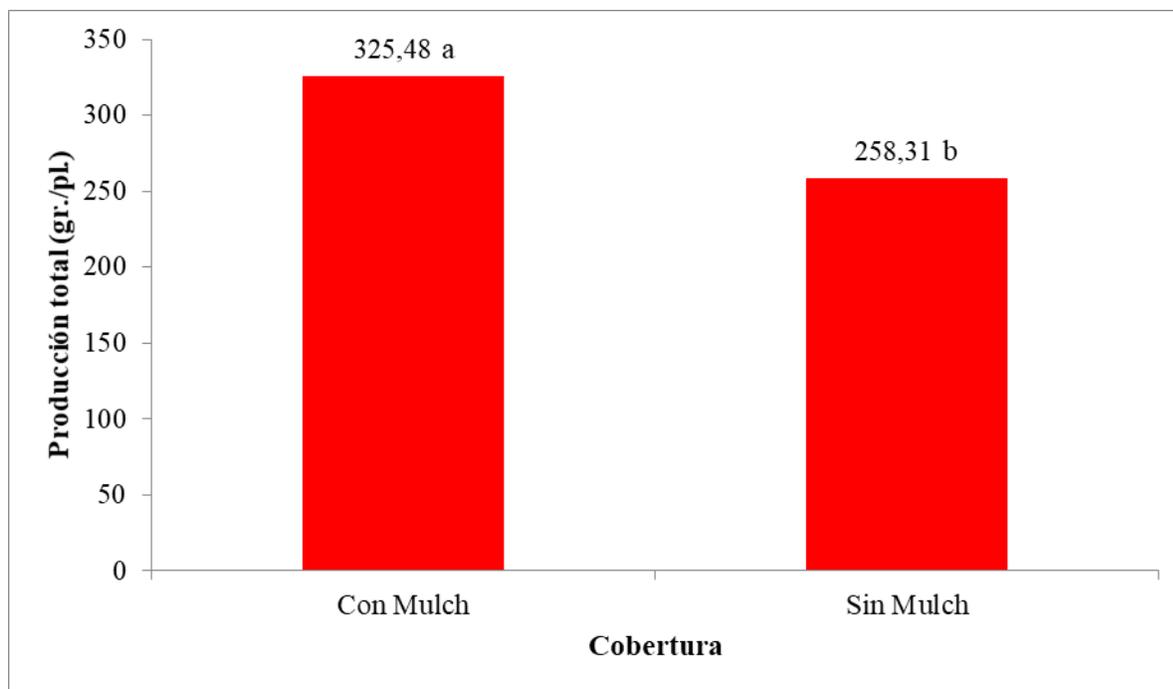


Figura 18. . Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), sobre la producción total. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Esta mayor producción con el uso de mulch se explica con lo reportado por (Branzanti, 2001 citado por Chaves et al., 2013), quien indica que el uso de acolchado con materiales plásticos,

ejerce una influencia notable sobre el microclima en que viven las plantas, hay un calentamiento del suelo marcado por el efecto invernadero ejercido sobre el pequeño espesor de aire que permanece entre el suelo y la cobertura plástica, lo cual favorece un inicio más precoz en la vegetación y una anticipación en la floración, ejerciendo un efecto favorable en el rendimiento al igual que en una cosecha ligeramente más precoz. Además, el uso de cobertura logra un uso más eficiente del agua ya que el agua evaporada del suelo se condensa en la cara inferior de la cubierta plástica y se restituye al suelo.

La prueba de Kruskal Wallis muestra que la interacción tratamiento por sistema presentó diferencias significativas ($Pr > F = 0,0105$) (Figura 19, Tabla 2). La interacción tratamiento por cobertura presentó diferencias altamente significativas ($Pr > F = 0,0004$) (Figura 20, Tabla 2) y la interacción sistema por cobertura ($Pr > F = 0,7416$) no presentó diferencias estadísticas significativas para la producción total.

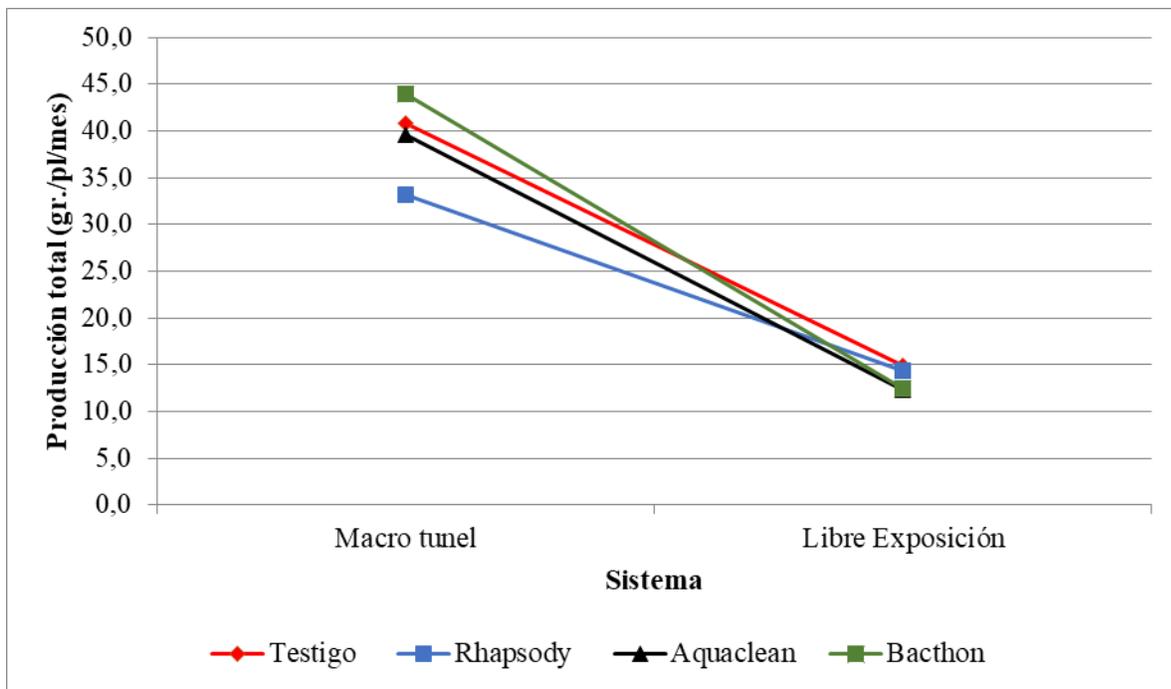


Figura 19. Efecto del Sistema de Producción y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre la producción total por planta. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas significativas en la interacción tratamiento por sistema. Se encontró un comportamiento similar en la mayoría de

tratamientos, exceptuando el *B. subtilis*. En general existe una mayor producción en las plantas sembradas bajo macrotúnel, en comparación de aquellas sembradas a libre exposición. Las plantas tratadas con *B. subtilis* son las de menor producción en macrotúnel, sin embargo, a libre exposición su producción es igual a los demás tratamientos.

La diferencia en producción total entre los sistemas de producción es notable, aunque el efecto de la utilización de agentes biológicos no es tan representativo, esto se debe a que el uso de macrotúneles genera un ambiente controlado donde se pueden evitar daños provenientes de factores climáticos. Según Salamé, T, et al., (s. f.), los macrotúneles tienen grandes beneficios como los rendimientos tempranos, la conservación de agua, la protección contra heladas y mejora en la calidad de la producción; además de esto, en combinación con el consorcio 2 que es una mezcla de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae* pudo obtener los más altos rendimientos gracias a su papel de purificar el suelo y poner a disposición los nutrientes propios de este.

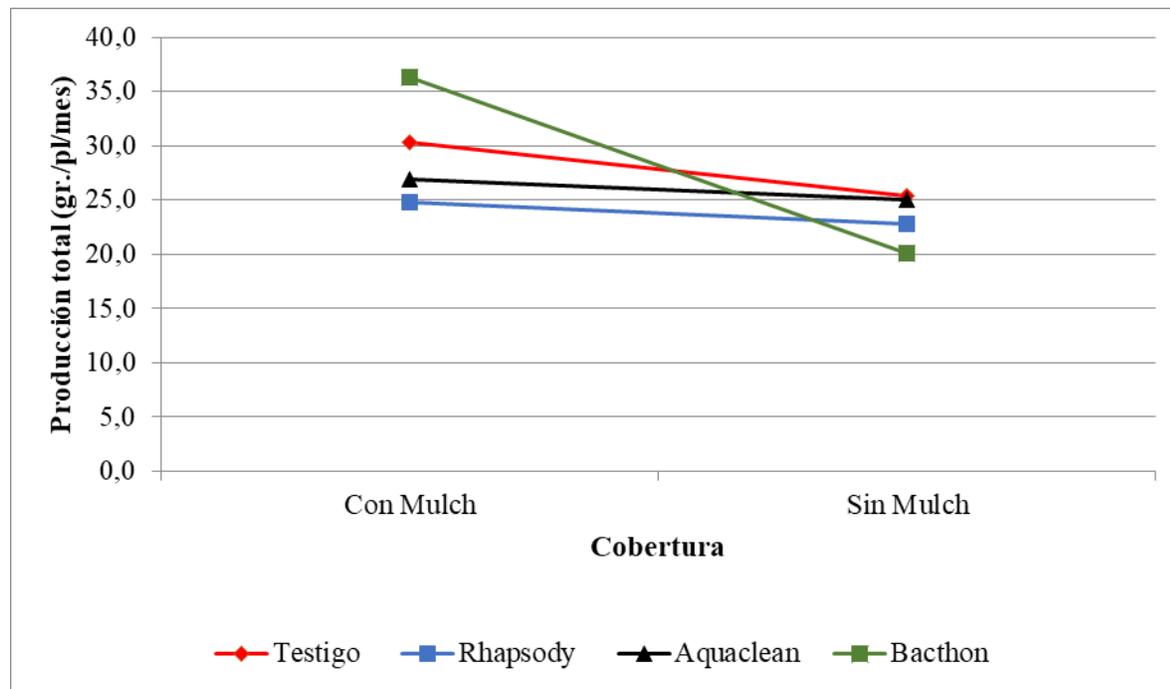


Figura 20. Efecto de la cobertura y el tratamiento aplicado al cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre la producción total por planta. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022. Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas en la interacción tratamiento por cobertura. Se encontró un comportamiento similar

en la mayoría de tratamientos, exceptuando el consorcio 2. En general existe una mayor producción en las plantas sembradas con suelo cubierto con mulch, en comparación de aquellas sembradas sin cobertura. Las plantas tratadas con el consorcio 2 son las de mayor producción con mulch, sin embargo, sin mulch su producción es inferior a los demás tratamientos.

Como se ha reportado anteriormente, el uso de mulch tuvo un efecto significativo en la producción de las plantas de fresa debido al microclima que se genera, favoreciendo el desarrollo de las plantas, además este efecto se ve aumentado con el uso del consorcio 2, el cual es un promotor del crecimiento vegetal, que estimula el desarrollo y la formación de las raíces de la planta para lograr una buena asimilación de nutrientes, cuando la planta tiene una buena formación de raíces se nutre mejor (Agroactivo, 2020), además, el agua que se evapora del suelo y queda en el plástico va a regresar al suelo y será aprovechada nuevamente por las plantas y de una forma más eficiente al tener un mejor desarrollo de sus raíces, por lo tanto, todo esto va a estar directamente relacionado con un buen desarrollo y productividad de las plantas. Además, se ha indicado el efecto positivo que tiene las bacterias *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* (Ingredientes activos del consorcio 2) en el aumento de la producción de fresa (Villegas, 2017).

La prueba de Kruskal Wallis muestra que la interacción sistema por mes presentó diferencias altamente significativas ($P < F = 0,0006$) (Figura 21, Tabla 2). La interacción cobertura por mes presentó diferencias significativas ($P < F = 0,0138$) (Figura 22, Tabla 2) y la interacción tratamiento por mes ($P < F = 0,9387$) no presentó diferencias estadísticas significativas para la producción total.

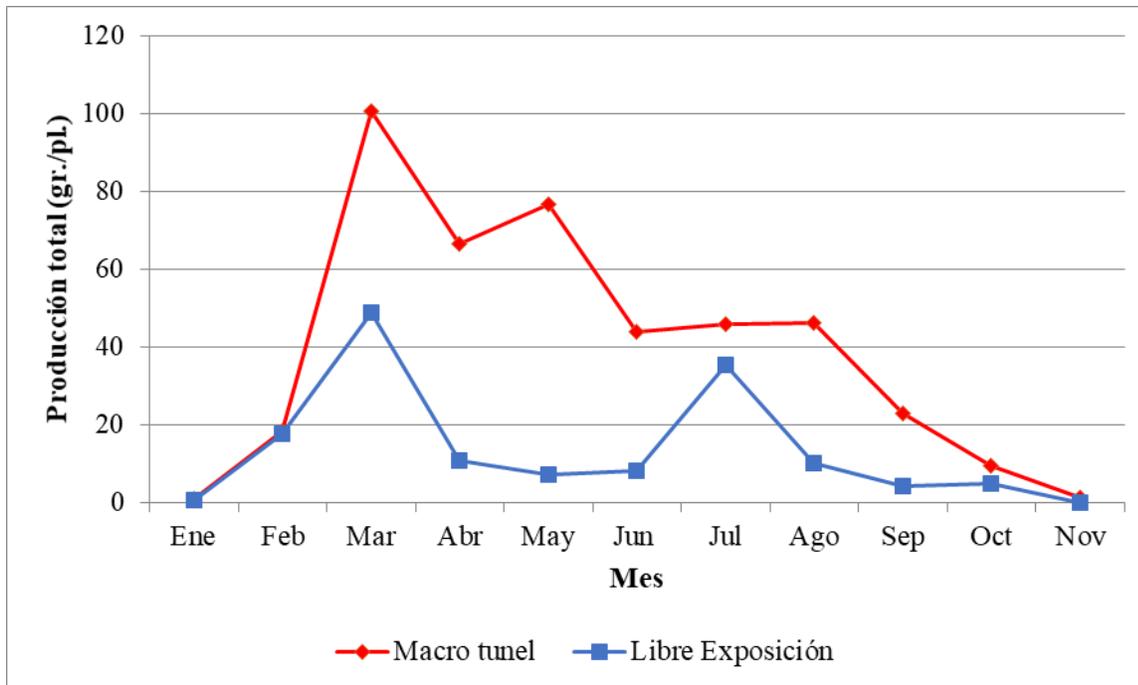


Figura 21. Efecto del sistema de producción del cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre la producción total a través del tiempo. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022. Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

La cosecha inició a los 198 DDT (Días Después de Trasplante) para ambos sistemas, la cual duró 7 meses bajo macrotúnel, iniciando en febrero y a partir de septiembre empezó a disminuir la producción. En Campo abierto la cosecha tuvo variaciones con una duración de 6 meses, observándose dos picos de cosecha importantes en los meses de marzo y julio con 48,766 gr./pl. y 35,289 gr./pl. respectivamente, el segundo pico de cosecha coincide con la época seca, lo que favoreció a la reducción de pérdidas ocasionadas por problemas fitosanitarios (Agrocadena de Fresa, 2007).

Se observa que las fresas cosechadas en macrotúnel tuvieron un peso fresco/planta superior que en campo abierto durante todos los meses. El rendimiento fue mayor bajo macrotúnel y la producción se extendió bajo este sistema, coincidiendo con algunos autores como (Singh et al., 2012) quien reportó que la producción de fresa en túnel bajo fue una de las mejores opciones para lograr una producción temprana, así como para extender la temporada de cultivo, además otros autores señalan que el rendimiento ha dependido de las condiciones climáticas de las épocas de siembra, siendo superior a libre exposición en las temporadas cálidas y bajo túneles en las estaciones lluviosas, coincidiendo con lo realizado en este trabajo, donde se llevó a cabo la siembra

de las plantas en el mes de septiembre, dentro de la época lluviosa según el régimen de lluvias de la zona para el año 2019.

Sabrina es una variedad de día corto y se reporta que en Colombia las variedades de día corto pueden presentar dos periodos de cosecha por temporada (Cámara De Comercio de Bogotá, 2016), lo que explica el comportamiento de producción a libre exposición, esto indica que bajo condiciones protegidas, como el macrotúnel, las plantas tienen cambios en el comportamiento productivo normal, logrando picos de cosecha constantes y más estables a lo largo del tiempo, lo que resulta en una ventaja para este sistema de producción.

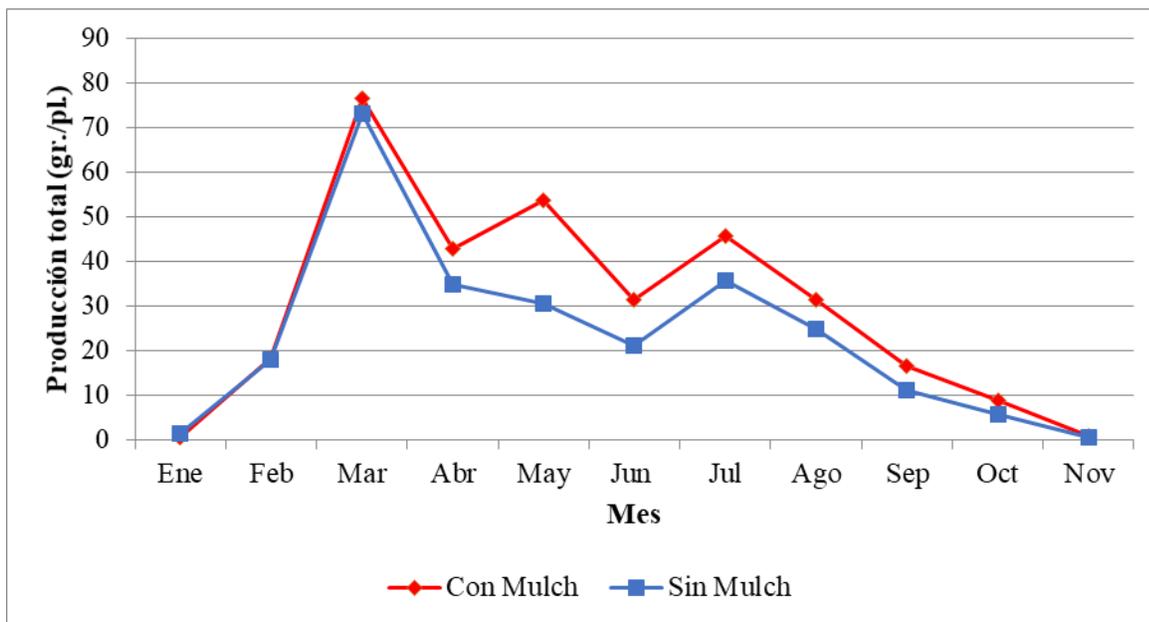


Figura 22. Efecto de la cobertura utilizada en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.), sobre la producción total a través del tiempo. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022. Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022

La producción con mulch y sin mulch es similar hasta el mes de marzo, donde se presenta el primer pico de cosecha, a partir de allí empieza a descender la producción, observándose como disminuye más en las plantas sin mulch y la producción con mulch se mantiene con valores más altos a través del tiempo, demostrando así que es favorable el uso del mulch para obtener una mayor producción en las plantas de fresa.

RENDIMIENTO (kg/ha)

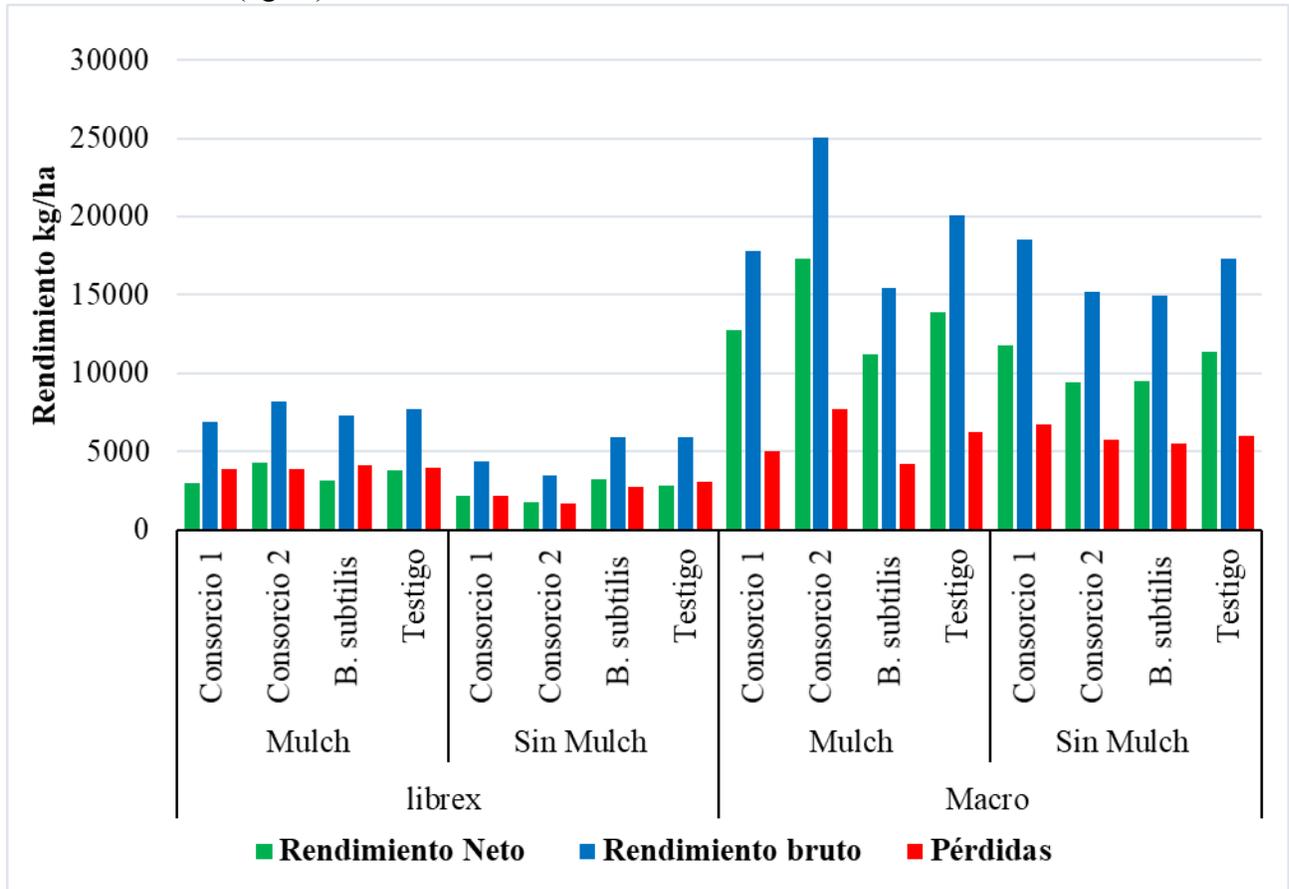


Figura 23. Efecto de las interacciones en el rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

La gráfica nos muestra que la interacción macrotúnel-mulch-consorcio 2, presentó los mayores rendimientos bruto y neto, demostrando que es viable económica y productivamente la implementación del macrotúnel con el uso del mulch y además la aplicación de bacterias del consorcio 2. También podemos observar que a pesar de que esta interacción presente pérdidas de 7711 kg, siendo el valor más alto de todas las interacciones, el porcentaje de pérdida se encuentra entre los menores respecto al rendimiento neto.

La interacción libre exposición-sin mulch-consorcio 2, es la opción menos viable presentado los rendimientos más bajos, esto quizá se debe al efecto que tienen las precipitaciones en suelos descubiertos, que pudo generar una pérdida por escorrentía de las bacterias aplicadas.

Fuente de variación	Variable			
	Producción total (gr./pl.)			
Tratamiento				
Testigo	306,47 +/- 46,65 A			
<i>B. subtilis</i>	261,7 +/- 41,31 A			
Consortio 1	285,34 +/- 46,13 A			
Consortio 2	314,94 +/- 47,52 A			
Significancia tratamiento	Kruskal Wallis	1,3177	Significancia	0,7249 N.S
Sistema				
Macrotúnel	433,16 +/- 54,52 A			
Libre Exposición	149,78 +/- 28,81 B			
Significancia sistema	Kruskal Wallis	322,76	Significancia	0,0000 **
Cobertura				
Con mulch	325,48 +/- 48,80 A			
Sin mulch	258,31 +/- 41,67 B			
Significancia cobertura	Kruskal Wallis	17,42	Significancia	0,0000 **
Significancia mes	Kruskal Wallis	836,73	Significancia	0,0000 **
Signif. Tratamiento x Sistema	0,0105 *			
Signif. Tratamiento x Cobertura	0,0004 **			
Signif. Sistema. x Cobertura	0,7416 N.S			
Signif. Mes x Sistema	0,0006 **			
Signif. Mes x Cobertura	0,0138 *			
Signif. Mes x Tratamiento	0,9387 N.S			
Prueba de normalidad	Shapiro Wilk	0,6372	Significancia	0,0000 **

Tabla 2. Efecto de la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*), en la producción total bajo dos sistemas de producción. Granja Tesorito. Universidad de Caldas. Manizales. 2022

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

EFEECTO DE LAS BACTERIAS

A pesar de las altas pérdidas presentadas por enfermedades como Moho gris ocasionado por *B. cinerea*, se presentaron buenos rendimientos bajo macrotúnel, lo cual indica que el uso de esta infraestructura más el empleo de agentes biológicos como *B. subtilis* y consorcio 1, con especies bacterianas como el género *Bacillus*, tienen un efecto positivo en la inhibición de patógenos, así como se demuestra en el estudio realizado por (Archila, 2018), donde en condiciones de laboratorio

evaluaron *Bacillus subtilis* que ejerció niveles de inhibición ≥ 80 % sobre dos asilamientos evaluados de *Botrytis cinerea* por lo que pueden ser tenidas en cuenta en planes de manejo integrado de la enfermedad. En ensayos de campo, la eficacia de *B. subtilis* realizados durante la floración para reducir la incidencia de moho gris en frutos estuvo en un rango de 16 a 40% en comparación con el control de agua (Helbig & Bochow, 2001).

Además, en la investigación realizada por (Niño & Guerrero, 2011), donde se evaluó el rendimiento de fresa sana y de fresa afectada por moho gris (*B. cinérea*), se demostró que la aplicación de los agentes biológicos *Trichoderma lignorum* y *Saccharomyces cerevisiae* (uno de los ingredientes activos del consorcio 2) en relación a fungicidas de síntesis química Propital y Score (Propiconazole y difenoconazol) para el control de *B. cinérea*, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la producción de fruto de fresa sano donde con el manejo Biológico se obtuvo 14,55 kg de fruto sano/parcela y químico con 14,05 kg/parcela de fruto sano.

Como se ha reportado anteriormente, el consorcio 1 y el consorcio 2 son bacterias que han sido utilizadas como agentes microbiales y desintoxicantes del suelo respectivamente, generando efectos positivos en el suelo como la transformación de los residuos de cosecha, activación biológica del suelo, logrando una mejor absorción de nutrientes por parte de las plantas, estos efectos en las plantas pudieron ocasionar que al absorber mejor los nutrientes y el agua del suelo y al tener un inoculante como el consorcio 2 que desintoxica suelo y raíces, se generó una resistencia en las plantas a ser atacadas severamente por patógenos.

Otra enfermedad representativa en este estudio fue la pudrición blanda, enfermedad postcosecha ocasionada por *Rhizopus stolonifer*, la mejor forma de evitar el ataque de este patógeno es tener adecuadas prácticas, como cosechas oportunas y evitar las heridas que faciliten la entrada y desarrollo de la enfermedad.

ANÁLISIS ECONÓMICO

COMPORTAMIENTO DE PRECIOS DE LA FRESA

El precio de la fresa en la última mitad de año tuvo un comportamiento variable siendo el mínimo precio registrado de \$6000 por kilogramo y el máximo de \$7667 con una variación máxima de \$1667 por kilogramo según el Sistema De Información De Precios Y Abastecimiento Del Sector Agropecuario (SIPSA) en su Boletín Semanal y teniendo en cuenta los precios

Mayoristas de Manizales (Centro Galerías), con un precio promedio para las últimas 26 semanas de \$6.848 desde el 11 de junio al 16 de diciembre.

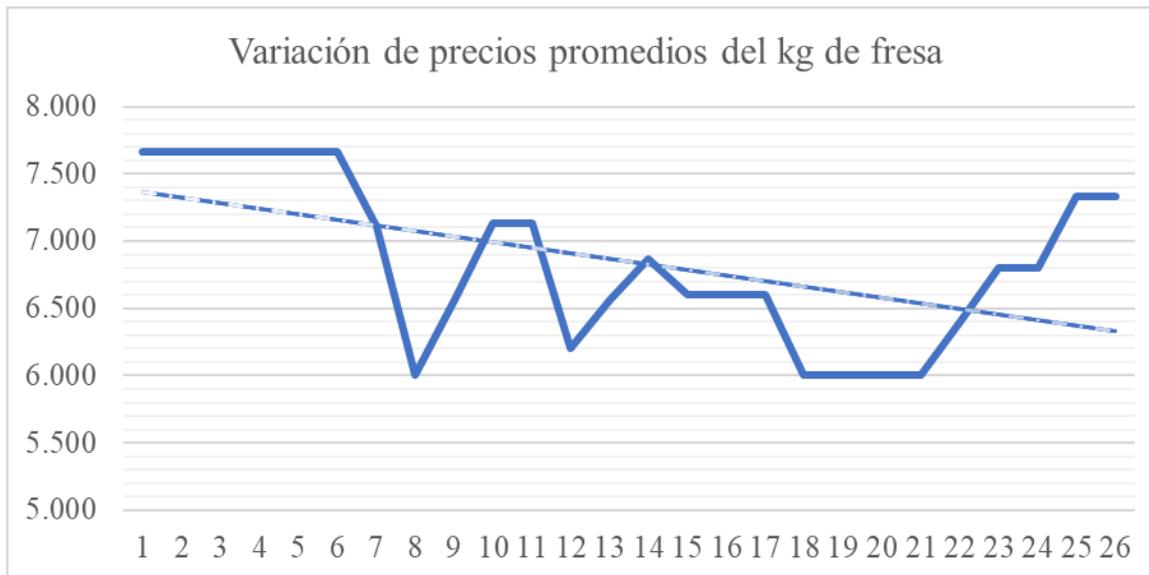


Figura 24. Variación del precio promedio de la fresa por kilogramo en las últimas 26 semanas del año 2022 para la ciudad de Manizales.

Fuente: SIPSA, 2022

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE FRESA

Los costos de producción del cultivo de fresa se detallan en la tabla 3 donde se observa que la mano de obra ocupa el 39% del total de los costos, en insumos el 59%, esto también considerando el alza en los insumos agrícolas en los últimos años los cuales han afectado considerablemente la producción agrícola y por último los costos indirectos que ocupan el 6%, estos costos corresponden al primer año del cultivo que incluye costos de establecimiento y por dicha razón es considerablemente alto en relación con los posteriores años. Estos costos corresponden a un estudio de caso de los costos de producción de fresa por hectárea en el municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2018 (enero) publicado en el Boletín Mensual de Insumos y Factores Asociados (SIPSA), los precios son actualizados a la fecha.

Costos directos	Establecimiento (Año 1)			
	Cantidad	Unidad	Valor/Unidad (\$)	Valor total (\$)
Labores del cultivo				
Arada	4	Hora-máquina	\$ 80.000	\$ 320.000
Ratovo	4	Hora-máquina	\$ 85.000	\$ 340.000

Construcción de eras y drenajes	70	Jornal	\$ 60.000	\$ 4.200.000
Aplicación de correctivo	4	Jornal	\$ 60.000	\$ 240.000
Aplicación de abono	2	Jornal	\$ 60.000	\$ 120.000
Aplicación de fertilizantes edáficos y foliares	15	Jornal	\$ 60.000	\$ 900.000
Instalación de plástico	18	Jornal	\$ 60.000	\$ 1.080.000
Perforación del plástico y hoyado	2	Jornal	\$ 60.000	\$ 120.000
Siembra y desinfección de plántulas	48	Jornal	\$ 60.000	\$ 2.880.000
Resiembra	2	Jornal	\$ 60.000	\$ 120.000
Control fitosanitario	40	Jornal	\$ 60.000	\$ 2.400.000
Aplicación de herbicidas	10	Jornal	\$ 60.000	\$ 600.000
Desyerba	25	Jornal	\$ 60.000	\$ 1.500.000
Podas de estolones y flores	90	Jornal	\$ 60.000	\$ 5.400.000
Poda sanitaria	10	Jornal	\$ 60.000	\$ 600.000
Cosecha-recolección	275	Jornal	\$ 60.000	\$ 16.500.000
Selección y empaque	165	Jornal	\$ 60.000	\$ 9.900.000
Insumos				
Cal dolomita	1000	Kilo	\$ 700	\$ 700.000
Gallinaza	4000	Kilo	\$ 360	\$ 1.440.000
Plántulas	60000	Unidad	\$ 1.050	\$ 63.000.000
Fertilizante compuesto	1650	Kilo-Litro	\$ 4.448	\$ 7.339.200
Fertilizante foliar	10	Litro	\$ 75.490	\$ 754.900
Insecticidas	16	Kilo-Litro	\$ 73.980	\$ 1.183.680
Fungicidas	11	Kilo-Litro	\$ 144.500	\$ 1.589.500
Herbicidas	3	Litro	\$ 23.700	\$ 71.100
Coadyuvantes	5	Litro	\$ 31.500	\$ 157.500
Transporte de materiales e insumos	1	Contrato	\$ 280.000	\$ 280.000
Plástico (acolchado)	9000	Metro	\$ 476	\$ 4.284.000
Canastillas	100	Unidad	\$ 3.000	\$ 300.000
Costos indirectos				
Arrendamiento	1	Hectárea/año	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Administración	1	Hectárea/año	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Asistencia técnica	1	Hectárea/año	\$ 500.000	\$ 500.000
Análisis de suelos	1	Hectárea/año	\$ 135.000	\$ 135.000

Combustible	1	Hectárea/año	\$ 296.900	\$ 296.900
Transporte interno	1	Hectárea/año	\$ 443.600	\$ 443.600
Costo total	\$ 136.695.380			
Costo total US\$	\$ 36.913			

Tabla 3. Costos de producción para establecimiento de cultivo de fresa.

Fuente: SIPSA, 2018 (Actualizada)

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE MACROTÚNEL

Los costos de construcción para un macrotúnel se hicieron con base a un estudio realizado por Orozco Orjuela, Valentina & Acosta Cardona, Héctor Iván (2022), los materiales y las cantidades corresponden a las estudiadas en el trabajo investigativo y se realizó la actualización de costos a la fecha.

Costos de construcción e instalación de Macrotúnel					
Insumo	Unidad	Cantidad Total	Valor Unitario	Valor Total	Valor Anual
1. Estructura					
Tubo galvanizado de 1" X 6m C2mm	Unidad	667	\$ 63.700	\$ 42.487.900	\$ 2.124.395
Tubo galvanizado de 1 1/2" X 6m	Unidad	400	\$ 89.990	\$ 35.996.000	\$ 1.799.800
Tubería negra de 3/4" X 6m	Unidad	67	\$ 62.400	\$ 4.180.800	\$ 209.040
Cable acerado 1/8	Metro	4444	\$ 1.500	\$ 6.666.000	\$ 333.300
Soldadura referencia 6013 X 1/8	kg	67	\$ 20.000	\$ 1.340.000	\$ 67.000
Grapas 50 – 19	Caja	22	\$ 11.800	\$ 259.600	\$ 12.980
Soga pisadora rollo X 800	Rollo	11	\$ 280.000	\$ 3.080.000	\$ 154.000
Varilla galvanizada roscada de 3/8	Metro	67	\$ 5.500	\$ 368.500	\$ 18.425
Tuerca galvanizada de 3/8	Unidad	1111	\$ 250	\$ 277.750	\$ 13.888
Arandela galvanizada de 3/8	Unidad	1111	\$ 250	\$ 277.750	\$ 13.888
Agroclear 7 x 7 x 50	kg	2667	\$ 18.550	\$ 49.472.850	\$ 9.894.570
Agroclear 1*8*50	kg	289	\$ 18.550	\$ 5.360.950	\$ 1.072.190
Pintura anticorrosiva	Galón	6	\$ 59.900	\$ 359.400	\$ 17.970
Subtotal Estructura				\$ 150.127.500	\$ 15.731.445
2. Labores de construcción					

Construcción e instalación de plástico	Jornal	178	\$ 60.000	\$ 10.680.000	\$ 534.000
Subtotal Labores de construcción				\$ 10.680.000	\$ 534.000
3. Riego					
Manguera 2" calibre 40	Metro	1458	\$ 2.300	\$ 3.353.400	\$ 670.680
Manguera succión 2" toma de agua	Metro	2083	\$ 11.900	\$ 24.787.700	\$ 4.957.540
Tanque 2000 litros	Unidad	21	\$ 1.155.900	\$ 24.273.900	\$ 4.854.780
Línea de goteo 16 mm goteros 40 cm	Metro	8333	\$ 1.077	\$ 8.974.641	\$ 1.794.928
Motobomba 0,75 HP	Unidad	21	\$ 418.900	\$ 8.796.900	\$ 1.759.380
Accesorios Motobomba 2"	Unidad	21	\$ 43.565	\$ 914.865	\$ 182.973
Subtotal Riego				\$ 71.101.406	\$ 14.220.281
Total por hectárea				\$ 231.908.906	\$ 30.485.726
Total por hectárea US \$				\$ 51.205	\$ 6.731

Tabla 4. Costos de construcción de macrotúnel y sistema de riego.

Fuente: Orozco Orjuela, Valentina & Acosta Cardona, Héctor Iván (2022)

DENSIDAD DE SIEMBRA Y RENDIMIENTOS

El cultivo de fresa se estableció a una distancia entre planta de 40 cm y entre surco de 120 cm a doble surco, dando como resultado una población total de 41666 plantas por hectárea; en la tabla 5 se pueden observar los rendimientos por planta y por hectárea con esta densidad de siembra para cada uno de los estudios realizados, es de destacar que para el año 2021 el rendimiento por hectárea de fresa en Caldas fue de 9,78 ton/ha, teniendo en cuenta que este valor fue muy bajo cabe resaltar que para el año 2020 el rendimiento para Caldas fue de 46,77 ton/ha y el promedio de los últimos 5 años es de 39 ton/ha. Cabe resaltar que los promedios de producción durante el estudio presentan rendimientos bajos a comparación del promedio, esto debido a que las pérdidas fueron muy altas ya que no se realizó ningún control fitosanitario al respecto para medir la influencia directa de los agentes biológicos aplicados durante el estudio, además, este fue el primer año de producción y establecimiento del cultivo donde se realizó la poda de la primera floración para dar tiempo suficiente a la planta para su óptimo desarrollo antes de comenzar la producción.

SisProdu	Cobertura	Bacteria	Peso bruto (gr/planta/año)	Peso neto (gr/planta/año)	Rendimiento bruto (kg/ha)	Rendimiento Neto (kg/ha)	% Pérdidas
Libre Exposición	Mulch	Consorcio 1	165	72	6891	2990	57
		Consorcio 2	197	103	8195	4299	48
		<i>B. subtilis</i>	175	76	7307	3180	56
		Testigo	186	91	7729	3781	51
	Sin Mulch	Consorcio 1	105	52	4362	2180	50
		Consorcio 2	83	43	3458	1775	49
		<i>B. subtilis</i>	142	77	5904	3195	46
		Testigo	142	68	5906	2838	52
Macrotúnel	Mulch	Consorcio 1	427	306	17776	12742	28
		Consorcio 2	601	416	25041	17330	31
		<i>B. subtilis</i>	371	269	15440	11208	27
		Testigo	483	332	20112	13849	31
	Sin Mulch	Consorcio 1	445	284	18528	11812	36
		Consorcio 2	365	226	15190	9409	38
		<i>B. subtilis</i>	359	228	14966	9479	37
		Testigo	416	272	17330	11338	35

Tabla 5. Rendimiento de los diferentes estudios realizados.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

INDICADORES ECONÓMICOS

VALOR ÚNICO DE PRODUCCIÓN

Se calculó el valor único de producción para cada una de las interacciones, esto con relación al primer año de producción del cultivo, por dicha razón los resultados obtenidos son considerablemente altos, aun así, cabe resaltar que el valor más bajo se observa en la interacción macrotúnel-mulch-consorcio 2, estando incluso por debajo del precio de venta promedio de los últimos 6 meses, pese a que el macrotúnel representa unos costos de producción más altos en comparación a libre exposición el cual presenta los valores más altos en el análisis.

$$VUP: \frac{\text{Costos totales por hectárea}}{\text{Rendimiento bruto (kg/ha)}} \quad (1)$$

Establecimiento				
SisProdu	Cobertura	Bacteria	Valor único de producción COP	Valor único de producción US\$
Libre Exposición	Mulch	Consortio 1	\$ 19.838	\$ 4,38
		Consortio 2	\$ 16.680	\$ 3,68
		<i>B. subtilis</i>	\$ 18.707	\$ 4,13
		Testigo	\$ 17.686	\$ 3,90
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 30.081	\$ 6,63
		Consortio 2	\$ 37.941	\$ 8,37
		<i>B. subtilis</i>	\$ 22.226	\$ 4,90
		Testigo	\$ 22.216	\$ 4,90
Macrotúnel	Mulch	Consortio 1	\$ 9.405	\$ 2,07
		Consortio 2	\$ 6.676	\$ 1,47
		<i>B. subtilis</i>	\$ 10.828	\$ 2,39
		Testigo	\$ 8.313	\$ 1,83
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 8.727	\$ 1,92
		Consortio 2	\$ 10.645	\$ 2,35
		<i>B. subtilis</i>	\$ 10.804	\$ 2,38
		Testigo	\$ 9.330	\$ 2,06

Tabla 6. Valor único de producción.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

MARGEN UNITARIO DE PRODUCCIÓN

Se realizó el cálculo del margen unitario de producción para todas las interacciones, para este indicador se utiliza el rendimiento neto y por esta razón el valor obtenido para este cálculo sube considerablemente ya que las pérdidas asociadas a factores fitosanitarios representaron un alto porcentaje en el estudio realizado, teniendo en cuenta que la aplicación de los agentes biológicos se realizó con el fin de observar la influencia directa en esta variable, podemos observar que nuevamente el valor más bajo se obtuvo con la interacción macrotúnel-mulch-consorcio 2 y a modo general se observa una gran diferencia entre sistemas de producción en la utilización de macrotúnel.

$$MUP = \frac{\text{Costos totales por hectárea}}{\text{Rendimiento neto (kg/ha)}} \quad (2)$$

Establecimiento				
SisProdu	Cobertura	Bacteria	Margen unitario de producción COP	Margen unitario de producción US\$
Libre Exposición	Mulch	Consortio 1	\$ 45.725	\$ 10,08
		Consortio 2	\$ 31.794	\$ 7,01
		<i>B. subtilis</i>	\$ 42.991	\$ 9,48
		Testigo	\$ 36.151	\$ 7,97
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 60.198	\$ 13,28
		Consortio 2	\$ 73.923	\$ 16,30
		<i>B. subtilis</i>	\$ 41.064	\$ 9,06
		Testigo	\$ 46.226	\$ 10,20
Macrotúnel	Mulch	Consortio 1	\$ 13.120	\$ 2,89
		Consortio 2	\$ 9.647	\$ 2,13
		<i>B. subtilis</i>	\$ 14.916	\$ 3,29
		Testigo	\$ 12.072	\$ 2,66
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 13.689	\$ 3,02
		Consortio 2	\$ 17.186	\$ 3,79
		<i>B. subtilis</i>	\$ 17.058	\$ 3,76
		Testigo	\$ 14.261	\$ 3,15

Tabla 7. Margen unitario de producción.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

RELACIÓN BENEFICIO COSTO

Se realizó el cálculo de la relación beneficio/costo para todas las interacciones evaluadas, todas dan un resultado alejado al óptimo, los valores que medianamente se acercan son: las interacciones macrotúnel-mulch con el consorcio 1, consorcio 2, *B. subtilis* y testigo, cabe resaltar que hubieron dos factores que generaron este resultado, el primero está relacionado a que los costos corresponden al primer año de establecimiento, es decir que en el primer año no se recuperan los costos de inversión, el segundo factor que influyó en estos resultados es la baja producción en general de todo el estudio comparada con el promedio, es decir que si la producción se hubiese acercado al promedio de la región hubiese obtenido una relación beneficio/costo satisfactoria que representaría el 1,5 en este caso.

SisProdu	Cobertura	Bacteria	Relación B/C Establecimiento
Libre Exposición	Mulch	Consorcio 1	0,15
		Consorcio 2	0,22
		<i>B. subtilis</i>	0,16
		Testigo	0,19
	Sin Mulch	Consorcio 1	0,11
		Consorcio 2	0,09
		<i>B. subtilis</i>	0,17
		Testigo	0,15
Macrotúnel	Mulch	Consorcio 1	0,52
		Consorcio 2	0,71
		<i>B. subtilis</i>	0,46
		Testigo	0,57
	Sin Mulch	Consorcio 1	0,50
		Consorcio 2	0,40
		<i>B. subtilis</i>	0,40
		Testigo	0,48

Tabla 8. Relación Beneficio/Costo.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Estos análisis se realizaron con base al estudio Factibilidad económica del cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris L. var vulgaris*) en dos densidades de población bajo dos sistemas de producción semicontrolados por Orozco Orjuela, Valentina & Acosta Cardona, Héctor Iván, (2022) donde utilizaron estos indicadores para observar la viabilidad económica del estudio.

PROYECCIÓN A UN SEGUNDO AÑO

Con respecto al análisis anterior se concluyó que para el primer año con los rendimientos obtenidos no se logra ninguna relación beneficio costo óptima, de igual manera con los demás indicadores, por dicha razón es necesario realizar una proyección a un segundo año para observar el comportamiento en los indicadores teniendo en cuenta que ya no influyen algunos costos de producción que son propios del año de establecimiento.

Costos directos	Segundo año			
	Cantidad	Unidad	Valor/Unidad (\$)	Valor total (\$)
Labores del cultivo				
Aplicación de fertilizantes edáficos y foliares	10	\$ 60.000	Jornal	\$ 600.000

Control fitosanitario	36	\$ 60.000	Jornal	\$ 2.160.000
Aplicación de herbicidas	8	\$ 60.000	Jornal	\$ 480.000
Desyerba	25	\$ 60.000	Jornal	\$ 1.500.000
Podas de estolones y flores	80	\$ 60.000	Jornal	\$ 4.800.000
Poda sanitaria	10	\$ 60.000	Jornal	\$ 600.000
Cosecha-recolección	275	\$ 60.000	Jornal	\$ 16.500.000
Selección y empaque	201	\$ 60.000	Jornal	\$ 12.060.000
Insumos				
Fertilizante compuesto	630	\$ 4.448	Kilo-Litro	\$ 2.802.240
Fertilizante foliar	10	\$ 75.490	Litro	\$ 754.900
Insecticidas	15	\$ 73.980	Kilo-Litro	\$ 1.109.700
Fungicidas	10	\$ 144.500	Kilo-Litro	\$ 1.445.000
Herbicidas	2	\$ 23.700	Litro	\$ 47.400
Coadyuvantes	5	\$ 31.500	Litro	\$ 157.500
Transporte de materiales e insumos	1	\$ 280.000	Contrato	\$ 280.000
Canastillas	100	\$ 3.000	Unidad	\$ 300.000
Costos indirectos				
Arrendamiento	1	\$ 5.000.000	Hectárea/año	\$ 5.000.000
Administración	1	\$ 2.000.000	Hectárea/año	\$ 2.000.000
Asistencia técnica	1	\$ 500.000	Hectárea/año	\$ 500.000
Combustible	1	\$ 296.900	Hectárea/año	\$ 296.900
Transporte interno	1	\$ 443.600	Hectárea/año	\$ 443.600
Costo total				\$ 53.837.240
Costo total US\$				\$ 11.887

Tabla 9. Costos de producción para el segundo año del cultivo de fresa.

Fuente: SIPSA, 2018 (Actualizada)

Los costos de producción para un segundo año disminuyen en un 60% con respecto al primer año de establecimiento por dicha razón los indicadores económicos mejoran sustancialmente, se calcula el valor único de producción con el rendimiento obtenido en la investigación, aunque es de anotar que los rendimientos en teoría deben aumentar significativamente para un segundo año.

VALOR ÚNICO DE PRODUCCIÓN

Para el segundo año se puede observar que el valor mínimo de venta para el rendimiento bruto de fresa es más bajo en todas las interacciones con macrotúnel y está por debajo del precio de venta

promedio de los últimos 6 meses, también se obtuvo un valor por debajo del promedio en la interacción libre exposición-mulch-consorcio 2.

Segundo año				
SisProdu	Cobertura	Bacteria	Valor único de producción COP	Valor único de producción US\$
Libre Exposición	Mulch	Consortio 1	\$ 7.813	\$ 1,72
		Consortio 2	\$ 6.569	\$ 1,45
		<i>B. subtilis</i>	\$ 7.368	\$ 1,62
		Testigo	\$ 6.966	\$ 1,54
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 12.343	\$ 2,72
		Consortio 2	\$ 15.568	\$ 3,43
		<i>B. subtilis</i>	\$ 9.119	\$ 2,01
		Testigo	\$ 9.115	\$ 2,01
Macrotúnel	Mulch	Consortio 1	\$ 4.744	\$ 1,05
		Consortio 2	\$ 3.367	\$ 0,74
		<i>B. subtilis</i>	\$ 5.461	\$ 1,20
		Testigo	\$ 4.193	\$ 0,92
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 4.551	\$ 1,00
		Consortio 2	\$ 5.551	\$ 1,22
		<i>B. subtilis</i>	\$ 5.634	\$ 1,24
		Testigo	\$ 4.866	\$ 1,07

Tabla 10. Valor único de producción segundo año.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

Igualmente se calculó el indicador margen unitario de producción para el segundo año del cultivo.

MARGEN UNITARIO DE PRODUCCIÓN

Para este indicador los valores que estuvieron por debajo del precio de venta actual son los obtenidos con las interacciones macrotúnel-mulch con el consorcio 1, consorcio 2 y testigo, el rendimiento neto utilizado corresponde al primer año del estudio investigativo donde las pérdidas fueron significativamente altas alcanzando pérdidas hasta de un 57%, en un sistema productivo donde se utilice un manejo fitosanitario adecuado y una correcta fertilización estas pérdidas reducirían y los rendimientos aumentarían.

SisProdu	Cobertura	Bacteria	Margen unitario de producción COP	Margen unitario de producción US\$
Libre Exposición	Mulch	Consortio 1	\$ 18.009	\$ 3,97
		Consortio 2	\$ 12.522	\$ 2,76
		<i>B. subtilis</i>	\$ 16.932	\$ 3,73
		Testigo	\$ 14.238	\$ 3,14
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 24.700	\$ 5,45
		Consortio 2	\$ 30.331	\$ 6,69
		<i>B. subtilis</i>	\$ 16.849	\$ 3,72
		Testigo	\$ 18.967	\$ 4,18
Macrotúnel	Mulch	Consortio 1	\$ 6.618	\$ 1,46
		Consortio 2	\$ 4.866	\$ 1,07
		<i>B. subtilis</i>	\$ 7.523	\$ 1,66
		Testigo	\$ 6.089	\$ 1,34
	Sin Mulch	Consortio 1	\$ 7.139	\$ 1,57
		Consortio 2	\$ 8.962	\$ 1,98
		<i>B. subtilis</i>	\$ 8.896	\$ 1,96
		Testigo	\$ 7.437	\$ 1,64

Tabla 11. Margen unitario de producción segundo año.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

RELACIÓN BENEFICIO COSTO

La relación beneficio costo para el segundo año se calculó respecto a los ingresos con el supuesto de que fuesen los mismos del primer año de establecimiento.

Se obtuvieron valores óptimos para las interacciones macrotúnel-mulch con el consorcio 1, consorcio 2 y testigo, ya que el sistema de producción con macrotúnel presentó rendimientos netos considerables con relación al sistema a libre exposición, sin importar el aumento significativo en los costos de producción, por otra parte aunque el sistema a libre exposición es el más utilizado y presenta costos muy inferiores por hectárea, se puede observar que en sus interacciones es el que presenta los valores más bajos durante todo el estudio, es decir, que aunque se reducen los costos la producción no alcanza a solventarlos y vuelve poco rentable la producción de fresa en este sistema.

Aunque el consorcio 1 y testigo alcanzaron un valor en la relación beneficio/costo óptimo, se debe tener en cuenta que sus rendimientos netos son menores al obtenido con el consorcio 2, con

una diferencia de 4.588 y 3.481 kg respectivamente, lo cual se podría considerar a la hora de tomar una decisión en cuanto al tratamiento o interacción a elegir.

SisProdu	Cobertura	Bacteria	Relación B/C Segundo año
Libre Exposición	Mulch	Consortio 1	0,38
		Consortio 2	0,55
		<i>B. subtilis</i>	0,40
		Testigo	0,48
	Sin Mulch	Consortio 1	0,28
		Consortio 2	0,23
		<i>B. subtilis</i>	0,41
		Testigo	0,36
Macrotúnel	Mulch	Consortio 1	1,03
		Consortio 2	1,41
		<i>B. subtilis</i>	0,91
		Testigo	1,12
	Sin Mulch	Consortio 1	0,96
		Consortio 2	0,76
		<i>B. subtilis</i>	0,77
		Testigo	0,92

Tabla 12. Relación Beneficio/Costo, segundo año.

Fuente: Montes C., E.; Flórez H., E. A., 2022.

CONCLUSIONES

Los tratamientos con bacterias por si solos no mostraron diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables evaluadas, pero, su efecto se ve influenciado positivamente en interacción con el uso de mulch y la implementación de macrotúneles.

El uso de cobertura plástica influyó significativamente en las variables peso del fruto, diámetros del fruto y producción total.

El sistema de producción macrotúnel es una infraestructura que favorece al cultivo de fresa, presentando efectos positivos en el tamaño y la producción total.

Cuando se cubre el suelo con mulch, el testigo y las plantas tratadas con *B. subtilis* presentan una mayor concentración de grados Brix; en general los frutos obtenidos en este trabajo cumplen con el requisito para ubicarse entre las recomendaciones de calidad postcosecha con un valor por encima de 7°Brix; para el peso del fruto y diámetros, el consorcio 2 en interacción con macrotúnel y mulch presentó los valores más altos.

El uso de las coberturas en interacción con el macrotúnel representa un beneficio en cuanto al control de arvenses, el cual se ve significativamente disminuido comparado con el sistema a libre exposición.

El moho gris causado por el patógeno *B. cinerea* es una de las principales causas de la pudrición del fruto de la fresa tanto a campo abierto como bajo macrotúnel. Pero bajo condiciones controladas como el macrotúnel y en interacción con el mulch, el cual protege a los frutos del contacto directo del fruto con el suelo, las pérdidas ocasionadas por este patógeno, se ven significativamente reducidas.

Las pérdidas a libre exposición representan el 51% de la producción total, 18% más que las pérdidas que se generan bajo macrotúnel.

El sistema tradicional (libre exposición), a pesar de presentar los menores costos, es el sistema con una relación B/C más baja, donde se pudo evidenciar una menor producción y mayor porcentaje de pérdidas.

El mejor rendimiento se obtuvo con la interacción macrotúnel-mulch-consorcio 2, con un valor de 17.330 kg/ha, comparado con el rendimiento obtenido por la interacción libre exposición-sin mulch- consorcio 2 con un valor de 1.775 kg/ha, siendo el más bajo en todo el estudio.

El rendimiento obtenido bajo macrotúnel, está directamente relacionado con la disminución de las pérdidas y la producción constante y extendida que se da bajo condiciones protegidas.

RECOMENDACIONES

El estudio es necesario realizarlo durante un segundo año de producción para observar rendimientos más estables que se aproximen al promedio ya que durante el primer año la primera floración fue eliminada para garantizar un desarrollo fisiológico óptimo para la planta.

Los costos de establecimiento son un 46% más alto en comparación con el segundo año que corresponde solamente a sostenimiento del cultivo, para el segundo año también aumentaría considerablemente el rendimiento del cultivo lo que genera una relación beneficio costo satisfactoria.

Es necesario establecer un manejo integrado de plagas y enfermedades combinándolo con la aplicación de estos agentes biológicos ya que las pérdidas fueron altas cuando sólo se utiliza este método de control, pero aun así representa un resultado interesante debido a que sólo se utilizó este método y se tuvieron rendimientos buenos bajo macrotúnel. Esto relacionado con el impacto ambiental que tienen los controles químicos que pueden ser amortiguados con el uso de agentes biológicos.

Es necesario observar la influencia de estos agentes biológicos en aplicaciones foliar ya que la más importante causa de pérdidas durante el estudio se debió al patógeno *B. cinérea*, y en interacción con macrotúnel y mulch reduce considerablemente el efecto sobre el cultivo en general de este patógeno, lo que al mismo tiempo reduce la aplicación de agroquímicos para el control de este.

Evaluar el efecto directo de las bacterias sobre los problemas fitosanitarios más importantes en fresa como *B. cinérea* y *Rhizopus stolonifer*, con diferentes dosis y concentraciones, para establecer un manejo adecuado.

Se propone realizar más investigaciones con coberturas plásticas de otros colores, por ejemplo, el color plateado, dado que en estas coberturas se refleja una mayor cantidad de luz que en la cobertura negra, la cual es absorbida por las hojas, aumentando la tasa de fotosíntesis, incrementando así la producción de azúcares, lo que se vería reflejado en valores más altos de grados brix.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, C et al. 2020. Efecto de la cubierta (microtúnel) en la productividad de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en el sector Cajanuma cantón Loja. ARTÍCULO CIENTÍFICO.

Universidad Politécnica Salesiana. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 31, núm. 1, pp. 131-141. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476062548010/html/>

AGROACTIVO. BACTHON. Ficha Técnica (2020-05-15). <https://agroactivocol.com/wp-content/uploads/2021/08/BACTHON.pdf>

Agrocadena de Fresa: Dirección Regional Central Occidental. (2007). Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Agronet, 2022. Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo.

<http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

AGROSAVIA. Carlos Andrés Moreno-Velandia, Alba Marina Cotes, Camilo Beltrán-Acosta, Wagner Bettioli, Yigal Elad. 2018. Capítulo 2: Control biológico de fitopatógenos del suelo. Volumen 1. Agentes de control biológico. Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/162-1?inline=1?inline=1>

Archila, O. (2018). Aproximación al manejo de efecto de *Botrytis cinerea* en cultivos de tomate producido en el municipio de Fómeque, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68912>

Axayacatl, O. (2021, 12 marzo). Países productores de fresa. Blogagricultura.

<https://blogagricultura.com/paises-productores-fresa/>

BAYER CROPSCIENCE UNA DIVISIÓN DE BAYER S. A. RHAPSODY® 1.34 SC.

http://www.ghcia.com.co/plm/source/productos/12164_58_149.htm

- Benjumbeda Muñoz, D. (2017). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- BLUEPLANET LABS. Falfaja del Norte S.A. AQUACLEAN ACF SR PLUS.
https://agroshow.info/wp-content/uploads/2020/11/Brochure-SR-y-SR-Plus._compressed.pdf
- Calderón Medellín, L. A., Angulo Rivera, D. C., Rodríguez Caicedo, D., Grijalba Rativa, C. M., & Pérez Trujillo, M. M. (2013). Evaluación de Materiales para el Acolchado de la Fresa Cultivada Bajo Invernadero. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9(1), 8.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.352>
- Cámara De Comercio de Bogotá. (2016, 8 febrero). *Manual fresa*.
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14312>
- Cano, M. 2013. Estrategias biológicas para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria* spp.). Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá (Colombia). REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 7 - No. 2 - pp. 263-276, julio-diciembre 2013.
- Carrasco, P. N. (2015). Uso de BACILLUS SUBTILIS COMO BIOFUNGICIDA EN AGRICULTURA Y JARDINERÍA. https://controlbio.es/es/blog/c/76_uso-de-bacillus-subtilis-como-biofungicida-en-agricultura-y-jardineria.html
- Castillejo Álvarez, L. E. (2011). Aplicación de azospirillum y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*fragaria* x *ananassa*) var. Albión cultivada en invernadero.
<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/11116>
- Chaves V, A et al. 2013. EFECTO DE DOS COBERTURAS PLÁSTICAS Y TRES LÁMINAS DE AGUA EN UN CULTIVO DE FRESA. Artículo científico. REVISTA DE

- CIENCIAS AGRÍCOLAS 30 (1): 26 – 37. Universidad de Nariño.
file:///C:/Users/57310/Downloads/967-Article%20Text-3934-2-10-20140523.pdf
- Chaves, Á., Lasso, Z., Eraso, M. H. R., & Benavides, O. (2013). Efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua en un cultivo de fresa. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(1), 26-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104103>
- Cherlinka, V. (2022, 9 diciembre). Fijación Biológica De Nitrógeno: Plantas Y Bacterias. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/fijacion-biologica-de-nitrogeno/>
- Chiqui, F & Lema, M. 2010. Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca. Trabajo de grado UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Ecuador.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>
- Chordi Barrufet, Silvia. (2013). Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad. <http://hdl.handle.net/10459.1/47159>.
- De Camacaro, M. P., Ojeda, M., Giménez, A., González, M. & Hernández, A. (2017). Atributos de calidad en frutos de fresa «Capitola» cosechados en diferentes condiciones climáticas en Venezuela. *Bioagro*, 29(3), 163-174.
- FAOSTAT. 2022. Datos Cultivos y productos de ganadería.
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Ferrucho, A & Ruíz, D. 2013. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS CULTIVARES DE FRESA (‘ALBION’ Y ‘MONTEREY’) SEMBRADOS A LIBRE EXPOSICIÓN Y BAJO

MACROTÚNEL EN LA SABANA DE BOGOTÁ (COLOMBIA). Trabajo de grado
UNIVERSIDAD MILITAR “NUEVA GRANADA”.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11635/Ferrucho%20y%20Rui%20z.%202014.%20Evaluaci%3%b3n%20y%20comparaci%3%b3n%20del%20comportamiento%20agron%3%b3mico%20de%20fresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fischer, G., López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., & Acuña-Caita, J. F. (2017). Propiedades físicoquímicas en frutos de siete variedades de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1).

https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:528

Gaitán, J. B. M., Ferrucho, R. L., & Herrera, J. G. Álvarez. (2014). Efecto de dos cepas de *Trichoderma* en el control de *Botrytis cinerea* y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 44–56.

<https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2799>

Gómez J & López C. 2022. Evaluación del inoculante biológico ACF SR en la producción de frijol, en dos localidades de la región andina colombiana. UNAD-ECAPMA.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50401/cdlopezho.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González Urías, María Alejandra. (2012). *Bacillus subtilis* como promotora del rendimiento y calidad de fresa. (Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán. Michoacán.

<https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/12272>

- Gonzales, S. 2021. Traducción del original en inglés “Proper Mulching Techniques”,
International Society of Arboriculture, Champaign, Illinois.
https://www.isahispana.com/portals/0/docs/treecare/mulching_spanish.pdf
- Helbig, J., & Bochow, H. (2001). Effectiveness of *Bacillus subtilis* (Isolate 25021) in controlling *Botrytis cinerea* in strawberry / Wirksamkeit von *Bacillus subtilis* (Isolat 25021) bei der Bekämpfung von *Botrytis cinerea* an der Erdbeere. Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection, 108(6), 545–559.
<http://www.jstor.org/stable/43215401>
- INCONTEC (1997) - Norma Técnica Colombiana NTC 4103. Frutas frescas.
Fresa variedad Chandler. Especificaciones.
<https://wdn2.ipublishcentral.com//hipertexto500148/viewinsidehtml/501420466464453>
- IDEAM. 2022. Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos.
<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Issuu. (2015, 10 diciembre). GUÍA PRÁCTICA «ORIENTACIONES PARA CULTIVO DE LA FRESA». <https://issuu.com/altonarceamuniellos/docs/fresa>
- Jenny Gallego-Velásquez, Nadya L. Cardona-Bustos, Fernando Restrepo-Betancur. 2014.
Compatibilidad del hongo entomopatógeno *Purpureocillium* sp. cepa UdeA0106 con biocontroladores y productos fitosanitarios utilizados en cultivos de crisantemo. *Actu Biol* vol.36 no.101 Medellín July/Dec. 2014.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842014000200008
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Corpoica Ciencia y*

Tecnología Agropecuaria, 19(1), 147-162.

https://www.redalyc.org/journal/4499/449954241012/html/#redalyc_449954241012_ref5

1

Marcia M. Rojas-Badía, Miguel A. Bello-González, Yoania Ríos-Rocafull, Daysi-Lugo Moya & Janet Rodríguez Sánchez. 2020. Utilización de cepas de Bacillus como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. Acta Agronómica. 69 (1) 2020, p 54-60.

<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v69n1/0120-2812-acag-69-01-54.pdf>

Medellín, L. A. C. (2013, 10 junio). *Evaluación de Materiales para el Acolchado de la Fresa Cultivada Bajo Invernadero | Revista Facultad de Ciencias Básicas.*

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/352>

Medina, J et al. 2014. Jornada Técnica “Actividades experimentales del IFAPA en el cultivo de la fresa: variedades”. Conclusiones/ [Medina-Mínguez, J.J. et. al.]. – Sevilla. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2014. 1-40 p. Formato digital (ebook) - (Producción Agraria).

<file:///C:/Users/57310/Downloads/Conclusiones%20Jornada%20Variedades%2014%20nov%202013%20Fresa.pdf>

Minagricultura. (2021, marzo). Cadena de la Fresa Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales

marzo de 2021. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-](https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

[31%20Cifras%20Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Subsector Productivo de la Fresa, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales.

[https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2019-06-](https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

[30%20Cifras%20Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

- Mixquititla Casbis, G., Villegas-Torres, O. G., Andrade-Rodríguez, M., Sotelo-Nava, H. & Cardoso-Taketa, A. T. (2020). Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1337-1348.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2329>
- Montoya, W. 2015. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CUATRO COLORES DE ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. CANDONGA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CAÑASBAMBA • YUNGAY A 2284 m.s.n.m. Tesis de grado. Universidad Nacional “Santiago Antunez de Maloyo”. Perú.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1082/T%20855%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreiras y col., 2013. FRUTAS. FRESA Y FRESONES.
<https://www.fen.org.es/storage/app/media/flipbook/mercado-alimentos-fen/008-Frutas.pdf>
- Niño Silva, E. C., & Guerrero G., O. A. (2011). Efecto de *Trichoderma lignorum* y *Sacharomyces cerevisiae* en el control del hongo *Botrytis Cinerea* causante del moho gris de la fresa y su rendimiento, en el municipio de Subachoque Cundinamarca. I, 6(11), 12–20. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.6.11.2011.12-20>
- Omar, R. P., Jesús, O. G., Manuel, B. H., Jesús, L. E., Bernardo, M. A., Guillermo, H. M., ... & Dolores, V. D. (2015). Los fertilizantes biológicos en la agricultura. *Invurnus*, 10, 10-17.
- Orozco Orjuela, V y Acosta Cardona, H. (2022). Factibilidad económica del cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var *vulgaris*) en dos densidades de población bajo dos sistemas de producción semicontrolados.

- Pérez Trujillo, M. (2021). Respuesta ecofisiológica de la fresa cultivada en condiciones protegidas y en campo abierto. Universidad Nacional de Colombia.
<http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82177/52416191.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Pierron-Darbonne, A. (2009, 3 junio). Strawberry plant named «SABRINA».
<https://patents.google.com/patent/US20100313317P1/en>
- Planasa: INNOVATION IN PLANT VARIETIES. (2022, 8 agosto). <https://planasa.com/>
- Prado, D. 2015. Validación del producto comercial Bacthon sc para la restauración de suelos erosionados a través del uso de bioabono. Universidad Internacional SEK. CT- AMB P882v/2005. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/427>
- Rodriguez., F. M. (1993). *Influencia del tipo de cobertura en el rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) en el tropico alto humedo y nuboso.*
<https://bdigital.zamorano.edu/items/de714317-4e3a-443a-a47a-a885146f9bf7>
- RUBIO, SILVIA ALEJANDRA, ALFONSO, ANA MILENA, GRIJALBA, CARLOS MARIO, & PÉREZ, MARÍA MERCEDES. (2014). Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 67-69. Retrieved December 28, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732014000100007&lng=en&tlng=es.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732014000100007&lng=en&tlng=es)
- Ruíz, L. 2013. Influencia del acolchado plástico de diversos colores y cubiertas flotantes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región Perote, Veracruz. Tesis de maestría. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA. México.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/61/1/Tesis%20MAP%20Luz%20Ma%20Ruiz%20Machuca%20Oct%2029%202013.pdf>

Ruíz, O & Polanco, M. 2020. Evaluación de microorganismos en el tratamiento de aguas mieles del lavado de café y su influencia en el mejoramiento de suelos para la producción de almácigos de café.

https://ridum.umanizales.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12746/4862/1/Ruiz_Oscar_2020.pdf

Salamé, T, et al. (s. f.). *Producción de Fresas en Macrotúneles*. horticulture.

https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_ppt_Producci%C3%B3n_de_Fresas_en_Macrot%C3%B3neles.pdf

SALVADOR, M. RÍOS, J. VILLEGAS, P. & PÉREZ, F. 2021. USO DE UN ENRAIZANTE EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DEL PLÁTANO (*Musa paradisiaca* L.) CLON HARTON EN CONDICIONES DE CÁMARA TÉRMICA. *Folia Amazónica Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*. Vol. 30. DOI:

<https://doi.org/10.24841/fa.v30i1.522>

Santos, B. M., Obregón-Olivas, H. A., & Salamé-Donoso, T. P. (2010). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. *EDIS*, 2010(6).

Singh, A., Syndor, A., Deka, B.C., Singh, R.K., Patel, R.K., 2012. The effect of microclimate inside low tunnels on off-season production of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 144, 36–41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.025>.

SIPSA: *El cultivo de la fresa (Fragaria sp.) y un estudio de caso de los costos de producción en el municipio de Sibaté (Cundinamarca)*. (2018).

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ene_2018.pdf

SIPSA: *Boletín mayorista semanal 2022*. (2022).

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa/mayoristas-boletin-semanal-1/boletin-mayorista-semanal-2022>

Solórzano, A.C., Martín, A., Salazar, S.M., Sandoval, J.S., & Kirschbaum, D.S.. (2015).

Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla o fresa (*Fragaria ananassa* Duch.). *Revista agronómica del noroeste argentino*, 35(1), 55-60. Recuperado en 16 de diciembre de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2015000100008&lng=es&tlng=es.

Valdés, M. 2012. LA PRODUCCIÓN DE LA FRESA (*Fragaria vesca*) EN EL ESTADO DE GUANAJUATO 2000-2010. Monografía. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”. México.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5300/T19498%20VALDES%20TAPIA,%20MARIA%20CRISTINA%20MONOG.pdf?sequence=1>

Villegas Orozco, J. D. (2017). Producción y comercialización de fresa variedad Albión (*Fragaria ananassa*) en un área de 1200m² ubicada en el corregimiento del Queremal, municipio de Dagua – Valle del Cauca. Retrieved from

https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/31

Wang, S. Y. & Camp, M. J. (2000, 4 agosto). *Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry*. Recuperado 21 de diciembre de 2022, de

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423899001430>

Zamorano, Lopez & Alzate. 2008. Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en Fusagasugá, Cundinamarca (Colombia). *Agronomía Colombiana* 26(3), 443-450.