

Evaluación del inoculante biológico ACF SR en la producción de frijol, en dos localidades de la región andina colombiana.

Juan Sebastián Gómez Hernández
Cristian David López Hoyos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de agronomía.
Dosquebradas, 2022

Evaluación del inoculante biológico ACF SR en la producción de frijol, en dos localidades de la región andina colombiana.

Juan Sebastián Gómez Hernández
Cristian David López Hoyos

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de agrónomo.

Director
IA Manuel Francisco Polanco Puerta la; MSc; PhD.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de agronomía.
Dosquebradas, 2022

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dosquebradas, 2022

Dedicatoria

Este proyecto de investigación lo dedicamos a todos y cada uno de los productores y productoras agropecuarios de la región y del país, porque todos los días sin importar las condiciones se levantan con la mejor actitud a cultivar y cosechar el progreso del país, porque gracias a ellos todos los días en nuestras casas tenemos un alimento fresco que comer.

Estas personas son de suma importancia para el país, estas personas nos dan la seguridad alimentaria y es a ellos a los que les debemos de brindar las mejores condiciones y alternativas de producción, es por esto que este trabajo está enfocado en la transferencia de conocimiento y nuevas tecnologías de producción limpias y amigables con el medio ambiente, con la facilidad de ser replicadas en los predios, ya que la agricultura debe de empezar a realizar la transición de lo convencional a lo sostenible.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Cristian David López Hoyos

Primero que todo a Dios que nos permitió cursar y aprobar todos los créditos del programa de agronomía y a hoy realizar a cabalidad nuestro trabajo de investigación, donde en todo momento tuvimos salud y disposición de realizar las actividades con sabiduría.

A mi madre y hermanas personas claves en mi proceso de formación, por el apoyo y la motivación durante esta carrera, donde siempre tuvieron una voz de aliento para animarme a salir adelante.

A mis compañeros y amigos de la alcaldía de Filandia por apoyarme y brindarme los espacios para realizar las actividades académicas, siempre brindando motivación.

Al ingeniero agrónomo Manuel Francisco Polanco asesor de este trabajo de investigación por su compromiso, sabiduría, entrega y apoyo para realizar esta investigación

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por permitirnos soñar y hacer realidad nuestro futuro profesional.

Y a todas y cada una de las personas que fueron parte importante de mi proceso de formación, gracias por estar en los diferentes momentos de este aprendizaje.

Juan Sebastián Gómez Hernández

Mi agradecimiento va dirigido primeramente a Dios el cual siempre me ha llevado de su mano y me ha puesto todo lo necesario para tener una vida plena y feliz.

A mi familia, la cual me ha apoyado en el proceso de toda la carrera, me han dado principalmente apoyo moral para salir adelante y terminar con éxito la carrera de agronomía.

Al Ingeniero Agrónomo, tutor y asesor de este trabajo de investigación, Manuel Francisco Polanco, quien nos ha colaborado no solo en este trabajo sino también en gran parte de nuestra carrera, dándonos consejos, y entregándonos todo lo que sabe para la práctica.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por darnos una oportunidad de crecer y ser profesionales.

A todas aquellas personas que de forma directa o indirecta hicieron parte de este proceso.

Resumen

En la presente investigación se evalúa la eficiencia y eficacia del inoculante biológico ACF SR producto elaborado a base de un conjunto de especies bacteriológicas multifuncionales, la utilización de estos productos tiene importancia en entornos agrícolas, pues, se caracteriza por varios beneficios como, un aumento en el crecimiento de la planta, incremento de los grados Brix y de tamaño de los frutos, mejora la vitalidad de la planta y a su vez genera un menor impacto en el ambiente. La evaluación se realizó en el cultivo de frijol variedad Zandú, en dos localidades de la zona andina colombiana, la primera localidad se ubica en el corregimiento de La Bella del municipio de Pereira del departamento de Risaralda, a una altitud de 1.807 m s.n.m. y la segunda localidad se ubica en el municipio de Alcalá Valle del Cauca en la vereda Trincheras, a una altitud de 1290 m s.n.m., el diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, con 4 tratamientos correspondiente a la forma de aplicación del producto ACF SR en el cultivo de frijol, en estos tratamientos se observaron y cuantificaron las variables de estudio, y en ambas localidades se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo absoluto para todas las variables agronómicas evaluadas, siendo la aplicación foliar alternada + drench del producto ACF SR al cultivo de frijol el mejor tratamiento evaluado en el estudio.

Palabras claves: Inoculante biológico, microorganismos, bacterias, tratamientos, eficacia, reducción de costos, incremento vegetativo, medio ambiente.

Abstract

In the present investigation, the efficiency and efficacy of the biological inoculant ACF SR, a product elaborated based on a set of multifunctional bacteriological species, is evaluated. The use of these products is important in agricultural environments, since it is characterized by several benefits, such as an increase in the plant growth, increased Brix degrees and fruit size, improves the vitality of the plant and in turn generates less impact on the environment. The evaluation was carried out in the Zandú variety bean crop, in two locations in the Colombian Andean zone, the first location is located in the La Bella district of the municipality of Pereira in the department of Risaralda, at an altitude of 1.807 meters above sea level and the second location It is located in the municipality of Alcalá Valle del Cauca in the Trincheras village, at an altitude of 1290 meters above sea level. The experimental design used was the complete random block design, with 4 treatments corresponding to the application form of the ACF SR product in the crop. of beans, in these treatments the study variables were observed and quantified, and in both locations significant statistical differences were found between the treatments and the absolute control for all the agronomic variables evaluated, being the alternate foliar application + drench of the ACF SR product at bean crop the best treatment evaluated in the study.

Keywords: Biological inoculant, microorganisms, bacteria, treatments, efficacy, cost reduction, vegetative increase, environment.

Tabla de contenido

Introducción	15
Justificación	17
Planteamiento del problema.....	18
Hipótesis.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	20
Marco referencial	21
Generalidades de cultivo de frijol	21
Clasificación taxonómica	21
Descripción botánica.....	22
Descripción botánica del frijol común.....	22
Descripción botánica del frijol Zandú.	22
Clasificación general del frijol	23
Morfología.....	24
Sistema radicular.	24
Tallo.....	24
Hojas.....	25
Flores.	25
Fruto.	25
Factores que afectan el cultivo.....	25
Problemas bióticos.....	26

	10
Temperatura.....	26
Daños físicos.	27
Daños químicos.	27
Problemas fisiológicos y genéticos.....	27
Contaminación del aire.	27
Variedades de frijol.	28
Bolón Rojo.....	28
Calima roja.	28
Cargamanto.....	28
Selección de la variedad.....	29
Plagas y enfermedades	30
Plagas.....	30
Enfermedades.	30
Los productos Bioestimulantes.....	31
Materiales y métodos	36
Macro localización.....	36
Micro localización.....	36
Materia vegetal.....	37
Equipos.....	38
Prueba de germinación.....	40
Manejo del cultivo.....	41
Diseño experimental.....	43
Variables de respuesta.	44

Análisis de la información.....	44
Resultados y discusión.....	45
Conclusiones.....	65
Recomendaciones.....	66
Bibliografía.....	67

Índice de tablas

Tabla 1 Ingredientes activos y concentración (composición garantizada con nombre científico con género y especie): composición cualitativa Conteo. _____	35
Tabla 2 Esquema de diseño experimental de la evaluación del modo de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en cada localidad. _____	43
Tabla 3 Análisis de varianza de las variables Morfo-Agronomicas de respuesta al tratamiento ACF SR en la localidad de Trincheras en el Municipio de Alcalá Valle del Cauca. _____	49
Tabla 4 Resultados del análisis de promedios prueba Tukey a 5% según forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en la localidad Trincheras. _____	50
Tabla 5 Análisis de varianza de variables morfo-agronómicas de respuesta al tratamiento con ACF SR en la localidad de La Bella en el municipio de Pereira, Risaralda. _____	51
Tabla 6 Resultados del análisis de promedios prueba Tukey a 5% según forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en la localidad La Bella. _____	52
Tabla 7 Análisis de varianza de variables morfo-agronómicas de respuesta a la forma de aplicación del ACF SR, la localidad y la interacción localidad por forma de aplicación. _____	55
Tabla 8 Resultados del análisis de promedios Tukey a 5% de la aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en dos climas diferentes. _____	56
Tabla 9 Análisis de correlación de Pearson entre variables evaluadas del frijol al ser inoculado con el producto biológico ACF SR en dos localidades diferentes. _____	61

Índice de figuras

Figura 1 Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR en el peso de la semilla producida por planta del cultivo de frijol en las localidades de La Bella y Trincheras. ..	57
Figura 2 Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR en el peso de 100 semilla producida por el cultivo de frijol en la localidad de La Bella y Trincheras.	58
Figura 3 Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR sobre el Numero de vainas de plantas por el cultivo de frijol en la localidad de La Bella y Trincheras.	59

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Localidad la bella cultivo de frijol.....	38
Ilustración 2 Localidad Trincheras Toma de datos y cultivo de frijol.....	38
Ilustración 3 Imagen fotográfica a) Balanza electrónica, b) Horno de convención forzada.....	39
Ilustración 4 Toma de muestras con cinta métrica localidad la Bella.....	39
Ilustración 5 Establecimiento de la prueba de germinación de semillas de frijol.....	41
Ilustración 6 Mancha angular en Planta de Frijol.	42
Ilustración 7 Aplicación del producto ACF SR en las parcelas experimentales en Frijol Zandú.....	42
Ilustración 8 Frijol tercer día, primer control.....	45
Ilustración 9 Frijol 5to día, segundo control.	46
Ilustración 10 Parcelas experimentales de inoculación con el bio-insumo ACF SR en el cultivo frijol, a) Localidad Trincheras; b) Localidad La Bella.	47

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo practicado principalmente por agricultores de pequeña escala en regiones de América Latina, África y Asia, donde predominan países en proceso de desarrollo los cuales producen aproximadamente el 77% de la producción mundial. Sin embargo, en países desarrollados en América del Norte, Europa y la Región Pacífica, el frijol es un cultivo de alta tecnología y un rubro de exportación, representando aproximadamente el 23% de la producción mundial (Rosas, 2003).

En Colombia, los cultivos de frijol se encuentran ubicados entre los 1.000 a 3.000 M S.N.M. Los requerimientos de agua para el cultivo son de alrededor de 500 mm/ciclo, bien distribuidos en las diferentes etapas de desarrollo, en donde el mayor consumo de agua por la planta se presenta en las etapas de floración y formación de las vainas, siendo necesario suministrar el nivel del agua adecuado, ya que la planta no es tolerante a su déficit ni a su exceso (Nucleo Social S.A.S, 2015).

El fríjol es considerado como uno de los productos básicos de la economía campesina de pequeños productores ubicados especialmente en la zona andina. Es uno de los componentes fundamentales de la dieta alimenticia colombiana por su alto grado de proteínas y su bajo costo. Se estima que, en el país, unas 120.000 familias se dedican al cultivo de fríjol y que derivan su sustento de dicha actividad.

También es un cultivo muy utilizado para programas de seguridad alimentaria de la población y con muchas variedades en el país, por esta razón se realizó un trabajo de investigación donde se realizó la evaluación del inoculante biológico ACF SR en la producción de frijol, en dos localidades de la región andina colombiana, exactamente en la vereda La Bella del municipio de Pereira Risaralda y la vereda Trincheras Municipio de Alcalá Valle del Cauca.

El objetivo de esta investigación es evaluar la eficacia del inoculante biológico ACF SR aplicado al suelo y de forma foliar al cultivo de frijol, en los dos sitios mencionados, así mismo visibilizar el beneficio de aplicación de productos biológicos en la producción agrícola de Colombia, contribuyendo a la transición entre la agricultura convencional y la agricultura limpia.

Justificación

Los cultivos de pan coger como el frijol son esenciales en la dieta de las familias del país, pues este importante grano se constituye en un alimento que tiene muchas propiedades y beneficios. Por consiguiente, el cultivo se ha convertido en una actividad rentable por su fácil manejo y su rápido crecimiento al ser un cultivo de ciclo corto (FENALCE, 2004). De mismo modo, el fríjol ha sido identificado por organismos nacionales e internacionales, como uno de los cultivos obligatorios para los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto, por su alto contenido de proteína y minerales de bajo costo y por su amplio rango de adaptación a los diferentes ambientes agroecológicos (FENALCE, 2004).

CIAT (2015) afirma que las principales regiones productoras de fríjol son, Antioquia, Bolívar, Boyacá, Huila, Nariño, Santander y Tolima. Así mismo informa que el 65% del fríjol producido es de tipo voluble y el 35% es arbustivo las variedades más conocidas en el país son cargamanto, blanco y rojo, bola roja y calima. Del mismo modo, el Ministerio de Agricultura (2019) informa que el consumo per cápita de Colombia anual es de 3 a 4 kg, lo cual refleja un bajo consumo de este importante grano en los últimos años. Con esto se evidencia el bajo consumo de este grano en la dieta de las familias colombianas, donde se pretende mejorar los niveles de producción y de inocuidad del producto con la aplicación de un producto biológico durante el desarrollo de este.

La agricultura ecológica (AE) es una tendencia global que busca una relación natural y amigable con el ambiente para fomentar la biodiversidad vegetal y animal (De los Rios *et al.*, 2016). Este sistema de producción ha tenido buena acogida por parte de compradores y productores, pues de esta forma producen productos más saludables, de una forma más

económica y sustentable con el medio ambiente, sumado a esto el valor agregado con el que se comercializan estos productos en mercados especializados.

El uso de biofertilizantes en la agricultura constituye una alternativa para asegurar la sustentabilidad y productividad de los cultivos. La necesidad de obtener elevados rendimientos agrícolas y al mismo tiempo preservar el medio ambiente está ligada al uso generalizado de estos productos. Su combinación con otros productos bioactivos en concentraciones adecuadas, puede incrementar los resultados positivos que los biofertilizantes producen en las leguminosas (Martinez *et al.*, 2016). Dejando claro lo previo, la aplicación de productos biológicos en los cultivos es cada vez más constante y eficiente, ya que estos permiten mejorar las condiciones del cultivo, del suelo y la biodiversidad del lugar, por esta razón esta investigación está enfocada en la evaluación de la eficiencia del inoculante biológico ACF SR, mediante un diseño experimental de bloques completos al azar, de la forma de aplicación del producto.

Planteamiento del problema

Las sustancias químicas, o sus productos de degradación, siempre tienen un impacto en menor o mayor grado en el ambiente. Dentro de los problemas que pueden presentar las aplicaciones intensivas de agroquímicos están: eliminación de organismos que no son de interés dentro de las aplicaciones (especies no blanco), contaminación de ecosistemas acuáticos, efectos de resistencia de poblaciones de plagas, entre otros. El uso de químicos como los ciclodienos, carbamatos y organofosforados está disminuyendo lentamente, pero en general mantienen una participación del 50% en el mercado mundial de los plaguicidas (Reyes *et al.*, 2010).

Esto sumado a las múltiples enfermedades causadas por la utilización irracional de productos químicos en la producción agrícola, la cual no solo impacta en la salud humana, sino también en el medio ambiente, es importante promover aplicación de productos biológicos en los cultivos, con el fin de garantizar un producto inocuo al consumidor y que a su vez se proteja el medio ambiente (Reyes *et al.*, 2010). Por otro lado, Zambrano *et al.*, (2015) afirman que los bio-inoculantes son producidos principalmente a partir de bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Estos microorganismos agrupan diferentes géneros, con capacidad de estimular e incrementar el crecimiento, la productividad vegetal y controlar otros organismos.

La creciente necesidad de abastecimiento de productos agrícolas para la alimentación y transformación en bienes de consumo por parte de la sociedad moderna ha suscitado un inmenso desarrollo de actividades agrícolas en las últimas décadas. Como resultado de ello, se ha percibido la necesidad de implementar métodos que permitan, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de los cultivos, mitigar efectos adversos sobre el suelo, disminuir la tasa de uso de fertilizantes químicos, aumentar las ganancias por área cultivada. Por esta razón, la implementación de modelos de Agricultura Conservativa (Carvajal y Mera, 2012).

Por estas razones y con la aplicación del del producto bio-estimulante ACF SR, aplicado en varias etapas del desarrollo fisiológico del cultivo de frijol, se puede llegar a mejorar los rendimientos de toneladas por hectárea, haciendo este cultivo más rentable y sustentable en el tiempo.

Hipótesis

¿Es posible que mediante las diferentes formas de aplicación de inoculante biológico ACF SR se incremente el crecimiento y rendimiento del cultivo de fríjol en dos localidades de la región Andina Colombiana?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la eficacia del inoculante biológico ACF SR aplicado al suelo y foliar en la producción de frijol, en dos sitios de la región Andina Colombiana.

Objetivos específicos.

Analizar el efecto de la aplicación del Inoculante ACF SR sobre la producción del cultivo de frijol en la zona Andina colombiana.

Determinar el mejor método de aplicación del inoculante ACF SR en el cultivo de frijol en dos sitios de la zona Andia colombiana.

Determinar el efecto de la localidad sobre la eficiencia del inoculante ACF SR en la producción de frijol en la región Andina de Colombia.

Marco referencial

Generalidades de cultivo de frijol

Origen y distribución.

Entre los años 9.000 y 5.000 a. C. en diferentes partes del mundo se domesticaron diversas especies vegetales, entre ellas el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). El frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5.000 y 2.000 años a. C. en dos sitios del continente americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Hernandez *et al.*, 2013).

En nuestro país, a partir del año de 1.929 han trabajado en el desarrollo de variedades mejoradas de frijol mediante diferentes organizaciones nacionales e internacionales a través del tiempo. El gran número de proyectos alrededor de este tema han llevado a Colombia a generar numerosas variedades de fríjol de la especie *Phaseolus vulgaris* L, de las cuales se pueden encontrar bolones, cargamantos, radicales y nima-calima. La producción de esta leguminosa se concentra principalmente en la región andina con el 85% de la producción además de la Costa Atlántica que participa con el 13%. El restante se produce en regiones como la Pacífica y la Orinoquia. (FENALCE, 2004)

Clasificación taxonómica

En las dos últimas décadas se han establecido bases sólidas universales en la taxonómica de *Phaseolus*. Su nombre científico es *Phaseolus Vulgaris* L, asignado por Linneo en 1.753, pertenece a la Tribu *Phaseoleae* de la subfamilia *papilionoidae* dentro

del orden rosales. El género *Phaseolus* incluye diferentes tipos de especie aproximadamente 35 especies (Lopez *et al.*, 1985).

Descripción botánica

Descripción botánica del frijol común.

Phaseolus Vulgaris L es el frijol común, pertenece a la familia de las leguminosas, la cual comprende una amplia gama de variedades. Su ciclo vegetativo se considera una planta anual dependiendo de las especies, también de la variación de las condiciones ambientales. En su raíz el sistema es radical pues es de tipo fibroso se distingue fácilmente por sus diámetros y su posición a continuación del tallo. Es miembro de la sub familia *papilionoideae* y presenta nódulos en las raíces laterales de la parte superior, el tallo es el eje principal sobre el cual se encuentran insertadas las hojas, es herbáceo de sección cilíndrica, las hojas son de dos tipos simples o primarias y compuestas, las hojas primarias aparecen en el segundo nudo del tallo principal y las hojas compuestas son las hojas típicas del frijol tienen tres folíolos, un peciolo y un raquis y por último la flor es una típica flor *papilionácea* de simetría bilateral (Quintero, 1983).

Descripción botánica del frijol Zandú.

Esta variedad de frijol es tipo arbustivo con 33.8 cm de altura, con hojas verdes oscuros, folios triangulares y flores blancas. Sus vainas son gruesas y largas aproximadamente de 14 centímetros con cinco granos por vaina. Los granos son grandes de color rojo jaspeados, su

cosecha se hace aproximadamente 85 a 90 días su floración es temprana aproximadamente a los 30 días. Y su madures fisiológica a los 70 días (Solano y Rojas, 2020).

Clasificación general del frijol

La clasificación general del frijol de acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 871 para el frijol, se clasifica en dos tipos de acuerdo al género y especificación:

Para cada una de las clasificaciones se establecen cuatro grados determinados por los factores de calidad (Freytag, 1951).

Tipo I: Engloba todas las variedades del género *Phaseolus* spp, que tengan características de tamaño, forma y color dependiendo de la variedad que se esté implementando. Algunos ejemplos de este tipo según la norma son: Cargamanto, radical, sabanero, bola roja, bola blanca (ICONTEC, 2005).

Tipo II: Este comprende variedades de género *Vigna* spp, que presenten tamaño, forma y color. Algunos ejemplos según la norma son: Caupí es cual es cabeza negra y ojinegra, mungo, negro o caraota (ICONTEC, 2005).

Según la norma ICONTEC También se pueden clasificar según sus hábitos de crecimiento los cuales son de cuatro tipos.

Tipo I: Habito de crecimiento determinado arbustivo

Tipo II: Habito de crecimiento indeterminado arbustivo.

Tipo III: Habito de crecimiento indeterminado postrado.

Tipo IV: Habito de crecimiento indeterminado trepador.

Morfología

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases sucesivas: la vegetativa y la reproductiva.

La fase vegetativa se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción (Fernández *et al.*, 1986).

La fase reproductiva se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas (Fernández *et al.*, 1986).

Sistema radicular.

Es superficial y la mayor concentración de raíces se encuentra a 20 cm del suelo. De la raíz principal se desprenden las raíces secundarias, con vellosidades absorbentes que permiten el paso de nutrientes y agua hacia la planta y poseen nódulos. (Fernández, Gepts, & Lopez , 1986)

Tallo.

Es el eje central de la planta, es herbáceo, de sección transversal y cilíndrica, es de mayor dimensión que las ramas y tiene hábitos de crecimiento diferenciados según la variedad (Erecto, semiprostrado y prostrado. (Camara de Comercio Bogota, 2015).

Hojas.

Estas se insertan dentro de los nudos del tallo y se dividen en simples (Primarias) y compuestas (trifoliadas), siendo estas últimas típicas en la planta de frijol (Camara de Comercio Bogota, 2015).

Flores.

Son de diversos colores y formas, principalmente de color blanco, poseen dos estados, el botón floral y la flor completamente florecida (Camara de Comercio Bogota, 2015).

Fruto.

Es una vaina con dos valvas, dentro de la cual se encuentran las semillas, el color de la vaina depende de la variedad y del índice de madurez de la planta (Camara de Comercio Bogota, 2015).

Factores que afectan el cultivo.

Los factores que afectan el cultivo de frijol son muchos, tales como fitopatógenos, insectos, nemátodos y desórdenes nutricionales pueden afectar severamente el fríjol durante el ciclo de crecimiento en el cultivo, además de diversas condiciones ambientales a las que pueden estar expuestos (CIAT, 2015).

Problemas bióticos.

Los parásitos pueden causar daños en los cultivos, pues estos están absorbiendo los nutrientes de la planta de frijol. Cuando a este factor se le suma un cambio alto en la temperatura la tasa de respiración puede aumentar (CIAT, 2015).

Temperatura.

Los cambios repentinos en la temperatura del entorno donde está el cultivo influyen en la habilidad de las plantas para absorber la humedad del suelo (CIAT, 2015).

Temperatura baja: Esta temperatura puede ocasionar daños por enfriamiento o heladas, que se manifiestan por lo general en formas de áreas acuosas o plantas marchitas o generar un desarrollo insuficiente de la planta (CIAT, 2015).

Temperatura alta: Pueden inducir al aborto de las flores, además de aumentar la tasa de evapotranspiración y ocasionar el marchitamiento de la planta (CIAT, 2015).

Viento.

Las condiciones del viento pueden afectar el desarrollo de la planta, los vientos consistentes pueden aumentar las tasas de evapotranspiración, los movimientos agresivos de la planta pueden ocasionar problemas en sus raíces, además de volcamiento de plantas y rompimiento de tallos y ramas (CIAT, 2015).

Daños físicos.

Los daños físicos principalmente ocurren durante las labores de trabajo, en los pesticidas o preparaciones de riego, cuando estas actividades no son bien desempeñadas ocurren factores que generan una entrada para diversos organismos patógenos del frijol. El daño externo consiste en hendidura y lesiones. Los daños internos son hendiduras pueden sobrevivir produciendo yemas (CIAT, 2015).

Daños químicos.

El daño se evidencia durante todo su ciclo de crecimiento, cuando los productos no se aplican de acuerdo a las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes. Los fertilizantes tienen un grado de toxicidad, las concentraciones se vuelven tóxicas a muy poca distancia de las semillas creando problemas. Si estos productos no se disuelven en la concentración recomendada no solo afecta el cultivo sino al trabajador que lo aplica (CIAT, 2015).

Problemas fisiológicos y genéticos.

El frijol presenta ocasionalmente anomalías fisiológicas y genéticas que se pueden confundir con los síntomas producidos por los organismos fitopatógenos o los factores abióticos. (CIAT, 2015).

Contaminación del aire.

Es un factor problema en muchas partes del mundo donde se cultiva frijol, dentro de los contaminantes del aire que afectan al frijol es el ozono, el nitrato de peroxiacetilo, el dióxido de

azufre, los fluoruros, las partículas sólidas y el cloro. Los contaminantes pueden influir en las interacciones entre el frijol y los organismos fitopatógenos (CIAT, 2015).

Variedades de frijol.

Bolón Rojo.

Descripción de la variedad: Es un frijol de enredadera, de semilla grande, forma redonda, la coloración al madurar es de rojo rubí. La germinación se lleva a cabo de 5 a 8 días y la floración entre 35 a 40 días. La duración del cultivo hasta la cosecha va desde los días 190 a 240 (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

Calima roja.

Descripción de la variedad: Esta variedad de frijol arbustivo puede llegar a medir hasta 60 cm de altura, con un ciclo productivo de 3 meses verde y 3.5 a 4 meses seco. Posee un tamaño de la vaina de 15 a 18 cm, con un total de granos por vaina de 4 a 5, los granos son de forma alargada, de color rojo a vino tinto o rosado (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

Cargamanto.

Descripción de la variedad: Semilla de coloración rojo oscuro con blanco de tipo voluble, se adapta de los 1.700 a 2.400 m.s.n.m. La duración del cultivo hasta la cosecha va desde los días 160 a 170 en seco, de cultivos transitorios, de vaina grande, el rendimiento promedio en ton/ha es de 2 a 2.5. En este tipo de frijol se encuentran dos tipos de variedades de mata y enredadera. (Semillas de Identidad, 2020).

Radicales.

Hábito de crecimiento IA, cuyo periodo vegetativo oscila entre los 90 y 95 días, esta variedad presenta un rendimiento promedio de 1.6 ton/ha. C en relación al grano, este presenta características del tipo radical, con la ONU de color rojo brillante Sólido, cuya forma es semi redondeada (ancho 5.3 mm, largo 10.6 mm y espesor 3.3 mm); el peso de 100 semillas con una humedad del 14 % corresponde a 55.8 gr (AGROSAVIA, 2021).

Selección de la variedad.

En la selección de la variedad sembrada se tuvieron en cuentas las condiciones climáticas de las dos localidades, así mismo otros factores importantes como el hábito de crecimiento (arbustivo), el rendimiento por planta y el rendimiento de toneladas por hectárea y que tuviera una buena adaptabilidad en cuanto a la altura sobre el nivel del mar. El fríjol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje (FAO, 1997).

También se tuvo en consideración que fuera una semilla de variedad mejorada por la universidad UNAD con el fin de conocer mejor su potencial en los tratamientos y de esta forma ir promocionando y posicionando el trabajo realizado por los docentes de la universidad a lo largo de los años.

Plagas y enfermedades

Plagas.

Las plagas viven en situaciones que favorecen su supervivencia en los cultivos, por ende, se debe conocer y entender las diferentes formas, cómo y en que afecta cada cultivo, Las plagas que afectan los cultivos pueden presentar enfermedades para ellos pues alteran el buen funcionamiento de la planta causa en su organismo síntomas como pudriciones, manchas y deformaciones (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

Plagas del suelo: *Ancognata scarabaelodes* – *Clavipalpus ursinus* – *Agrotis ípsilon* – *Meloidogyne* sp

Plagas de follaje y/o frutos: *Empoasca* sp – *Polyphagotarsonemus latus* – *Tetranychus desertorum* – *Myzus* sp – *Aphis* sp – *Bemisia tabaci* – *Trialeurodes vaporariorum* – *Epitrix cucumeris* – *Spodoptera* sp – *Frankliniella* sp – *Trips Palmi* – *Liriomyza huidobrensis* – *Acanthoscelides obtectus* (Tamayo y Londoño, 2001).

Enfermedades.

Las principales enfermedades del frijol en Colombia minimizan los impactos en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo, ya que en diferentes regiones del país (Colombia) tiene una gran presencia de enfermedades debido a las condiciones favorables para el habitat de esos microorganismos. Los principales hongos que causan enfermedades al cultivo de frijol son: Antracnosis, mancha anillada, mancha angular, *mustia Hilachosa*, moho blanco, *esclerotinia*, moho gris, mancha parda, mildew polvoso, mancha gris, pudrición por *Phythium*, entre otros. (Arias *et al.*, 2007).

Los productos Bioestimulantes

El uso de productos que ayudan al desarrollo radicular en los cultivos los podríamos organizar en dos grupos fundamentales.

Bio-estimulante a base de fósforo: Son productos con altas concentraciones de fosfitos y fosfatos que son principalmente combinados con diferentes materias orgánicas (*ácidos orgánicos o aminoácidos*) y con bajas concentraciones de hormonas (*auxinas, citoquininas, gibelinas*) (INTAGRI, 2017).

Bio-estimulante base hormonas: Son productos elaborados en base a mezclas de hormonas concentradas y elementos como el fósforo (siempre presente en bio-estimulante), nitrógeno (depende mucho de la fuente del fósforo como fosfitos y fosfatos) y los complementan con vitaminas ocasionalmente (INTAGRI, 2017).

Vessey, (2003) citado en Bolivar (2018) describe que un biofertilizante “es una sustancia que contiene microorganismos vivos que cuando se aplica a la semilla, superficie de las plantas, suelo, rizosfera o al interior de las plantas promueve el crecimiento de la misma por el aumento en el suministro y disponibilidad de nutrientes primarios a la planta hospedera. En Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la entidad encargada de otorgar el registro a toda persona natural o jurídica que se dedique a realizar ensayos de eficacia, importar, producir, comercializar, usar y/o manejar bio-insumos de uso agrícola, así como de ejercer su control legal y técnico dentro de estos bio-insumos se destacan los inoculantes biológicos, conformados principalmente por microorganismos promotores de crecimiento vegetal, los cuales incluyen tanto bacterias como hongos benéficos asociados de forma saprofitica o simbiótica con las raíces de las plantas.

Uno de los elementos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica es el uso de biofertilizantes, lo cual en los sistemas productivos es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad. La sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (Terry, 2005).

Bio-estimulante ACFSR.

El fabricante (Blue planet) entre sus instrucciones de uso, recomienda que se puede hacer por aspersión en la superficie diluyendo una parte del producto en 20 partes de agua para eliminar problemas de olores, o puede ser usado en plantas de tratamiento de aguas servidas aplicando dosis de 10 a 20 ppm al inicio y luego bajando a dosis de mantenimiento de 0.5 a 1.0 pm.

En este caso, AQUACLEAN ACF-32[®] es una fórmula única, compuesta por bacterias aeróbicas, anaeróbicas-facultativas, quimiotróficas y fotosintéticas, amigables con el medio ambiente, por lo tanto, utiliza actividad biológica natural para disolver sólidos y no es peligroso, tóxico, o dañino para humanos, animales, peces ni plantas. Este producto tiene un olor a ácido sulfhídrico el cual se disipa rápidamente.

En la ficha técnica según (Aqua BioLand, 2019) el ACF-32 promueve el rápido crecimiento de raíces de absorción el cual estimula los procesos biológicos esenciales para el crecimiento, además de mejorar la disponibilidad y percepción de nutrientes. Al contener una

mezcla de especies de microorganismos con una especificación de 387/450 millones de microorganismos/ml se convierte en ideal para preservar y cuidar las plantas que presentan estados de debilitamiento y al mismo tiempo permite la activación biológica del suelo (Moreno Zapata, 2020).

Función del ACF-32

Entre las funciones del ACF-32 se encuentran: disminuir la generación de plagas, mejorar la salud del suelo y su calidad, así como estimular la salud de las plantas y por ende incrementar la producción en el cultivo.

Beneficios.

Aparte de su función de mejorar la salud de la planta, el ACF-32 no contiene fertilizantes, acelera la germinación de la semilla, el producto es un aliado interesante para las plantas en el momento de su aplicación, lo cual permite la generación de semillas las cuales pueden absorber los nutrientes necesario en época de lluvias, para enfrentar la sequía, ayuda en la retención de agua para la planta y genera grados Brix más altos (blueplanetlabs, 2019).

Composición y Propiedades

El ACF-32[®] está compuesto a base de agua, no es tóxico ni patógena de bacterias que surgen naturalmente. Entre su composición se cuenta con 84% de base de agua, un 14% de sustrato orgánico no peligroso y un 1% de cultivos bacteriológicos viables: Es importante destacar que el producto es una mezcla patentada (Moreni y Zapata, 2020).

Esporas de bacterias.

Bacillus amyloliquefaciens

Bacillus subtilis

Bacillus licheniformis

Bacillus pumilus

Complejo de bacterias.

Rhodopseudomonas palustris

Nitrosomonas europaea

Nitrobacter winogradskyi.

Aplicaciones.

Se pueden realizar a muchos tipos de cultivos, en estadios, en campos de golf, césped, entre otros, utilizando cualquier sistema de riego, sea este por aspersión, goteo e incluso hidroponía. Además, se puede aplicar a plántulas, hortalizas, árboles y arbustos (blueplanetlabs, 2019)

Inoculante biológico ACF SR

El producto ACF SR está constituido por tres tipos de microorganismos así: Ver Tabla 1

Bacterias fotosintéticas que suministran energía a partir de la luz, fijan nitrógeno y carbono, degradan químicos tóxicos y suministran carbono orgánico a las plantas para su crecimiento.

Cepas de bacterias vegetativas que mejoran los suelos al descomponer químicos tóxicos residuales tales como pesticidas. También descomponen sustancias orgánicas complejas para proporcionar nutrientes a las plantas.

Esporas *Bacillus* conocidas como productoras de auxinas, hormonas y otras sustancias que promueven el vigor de las plantas. También descomponen compuestos orgánicos complejos para producir formas de más fácil asimilación por las plantas.

Tabla 1 Ingredientes activos y concentración (composición garantizada con nombre científico con género y especie): composición cualitativa Conteo.

<i>Ingredientes</i>	<i>Conteo</i>
Esporas Heterotróficas	
· <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml.
· <i>Bacillus subtilis</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml
Bacterias Anaeróbicas-facultativas	
· <i>Bacillus licheniformis</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml
Bacterias Fotosintéticas	1.0 x10 ⁶ UFC/ml
· <i>Rhodopseudomonas palustris</i>	
Bacterias Quimiosintéticas	0.5 x10 ⁶ UFC/ml
· <i>Nitrosomonas europea</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml
· <i>Nitrobacter winogradskyi</i>	
Modo de acción: - Solubilizadores de fosforo (P ₂ O ₅) - Fijadores de Nitrógeno – Dióxido de carbono (CO ₂) - Oxidación biológica de amonio (NH ₄) a nitritos (NO ₂) y de nitritos a nitratos (NO ₃)	
1. Agua	98.9% p.v.
No. Cas: 7732-18-5 2.	0.10% p.v.
2. Otros inorgánicos / No activos	Ámbar rojizo a marrón
3. Color	Sulfuro suave a rancio
4. Olor	Líquido -SL
5. Formulación:	1.01 aproximadamente
6. Gravedad específica:	100 °C
7. Punto ebullición:	99%
8. Solubilidad en agua:	1.002
9. Viscosidad a 20 °C:	1.0045 g/ml.
10. Densidad de 20 a 25 °C:	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Materiales y métodos

Macro localización.

El departamento de Risaralda está localizado en el centro-occidente del país, limita al norte con los departamentos de Antioquia y Caldas, al sur con el Quindío y el Valle del Cauca, al oriente con el Tolima, al noroccidente con el Chocó y al occidente con el Valle del Cauca. Junto con Caldas y Quindío conforma la región llamada Eje Cafetero y cuenta con una extensión de área aproximadamente de 3.600 Km.

Según la Universidad del Rosario, el municipio de Pereira se encuentra clasificado en la subregión 1, correspondiente a la Vertiente Oriental del río Cauca, en la que se localizan también los municipios de Dosquebradas, Santa Rosa y Marsella, esta subregión tiene como principales referentes hidrográficos a las cuencas de los ríos Otún y Consota (Rosario, 2013).

El departamento del Valle del Cauca, está situado al suroccidente del país, formando parte de las regiones andina y pacífica; localizado entre los 05°02'08'' y 03°04'02'' de latitud norte y a los 72°42'27'' y 74°27'13'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 22.140 km² lo que representa el 1.9 % del territorio nacional. Limita por el Norte con los departamentos de Chocó, Risaralda y Quindío; por el Este con los departamentos del Quindío y Tolima, por el Sur con el departamento del Cauca y por el Oeste con el océano Pacífico y el departamento del Chocó (Gobernacion Valle del Cauca, 2018).

Micro localización

La investigación se llevó a cabo en dos localidades.

La primera localidad pertenece a la finca La Cachucha ubicada en la Vereda La Bella del Municipio de Pereira, Risaralda, con la siguiente geo posición 4° 45' 42'' latitud norte 75° 37'

47'' longitud oeste el cual corresponde a clima frio moderado, y según la clasificación Holdridge pertenece a bosque muy húmedo premontano bajo (bm-PB), a una altura de 1800 m s.n.m., con temperatura promedio de 17 grados.

La segunda localidad se ubica en el municipio de Alcalá, en el nororiente del departamento valle del cauca, en una finca llamada La Gloria situada en la vereda Trincheras, con ubicación geográfica, 4°39'39.9" N 75°45'57.1" W. El municipio de Alcalá cuenta con una superficie de 64 km² con una población de 12.716 habitantes y una densidad de 198.7 hab./km², con una altitud de 1.220 msnm (Municipios de Colombia, 2021). Su clima es considerado clima cálido de bosque seco tropical y bosque húmedo premontano, este clima permite que los cultivos tengan un excelente desarrollo para la producción. Esta región presenta una topografía montañosa y una temperatura promedio de 23°C, pero presenta temperaturas variables entre los 17 a 24°C.

Materia vegetal

La variedad sembrada fue la UNAD- Dosq-Zandú (*Phaseolus vulgaris*), de frijol tipo arbustivo, de 33.8 cm de altura, con granos grandes rojos jaspeados, el cual puede obtener un rendimiento por hectárea esperado de aproximadamente 2.3 toneladas y tiene una gran adaptabilidad que va desde los 1.200 a 2.200 m.s.n.m.

Ilustración 1

Localidad la bella cultivo de frijol.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Ilustración 2

Localidad Trincheras Toma de datos y cultivo de frijol.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Equipos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes equipos de medición:

Balanza Científica: Para determinar el peso de los granos de frijol, peso de raíz y el peso de la planta completa se utilizó una balanza electrónica de marca Boeco modelo: Standart Con Cabina De Vidrio-Ref Bas 32.

Ilustración 3

Imagen fotográfica a) Balanza electrónica, b) Horno de convección forzada



Fuente: Elaboración propia, 2021

Cinta métrica: Con la ayuda del metro se evaluó y midió el tamaño (cm) de las plantas, y tamaño de las vainas en campo.

Ilustración 4

Toma de muestras con cinta métrica localidad la Bella.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Probeta: Para determinar el volumen de la raíz, se utilizó una probeta volumétrica de vidrio común que permite contener líquidos y sirve para medir volúmenes de forma exacta.

Prueba de germinación

Para la realización de la prueba de germinación se utilizaron los siguientes materiales:

Semillas de Frijol Zandú.

Tapete absorbente

Cava de icopor.

Paso a paso del proceso:

1. Lo primero que hacemos es humedecer el tapete absorbente, para ello se sumerge en agua hasta que llegue a su capacidad de retención.
2. Una vez mojado el tapete, se procede poner el tapete en la capa previamente esterilizada o desinfectada con alcohol esto para llegar a tener un sitio libre de organismos que ocasionen problemas fúngicos o bacterianos, como el tapete es grande podemos utilizar la mitad para ponerlo como cama para las semillas y la otra mitad para cubrirlas, luego de ello se colocaron 105 semillas sobre él, de tal modo que quedaron separadas una de otra.
3. Se tapa las semillas con la otra mitad del tapete húmedo y se cierra la cava.
4. Se harán dos controles, el cual únicamente se abrirá la cava para contar el número de granos germinados en el 3er día y el 5to día.

Ilustración 5

Establecimiento de la prueba de germinación de semillas de frijol.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Manejo del cultivo

Manejo agronómico: La fertilización que se les proporciono únicamente a las plantas de liquida, ya que solo se aplicaba el producto a Evaluar ACF SR a una concentración de 12 l/ha o 1.2 ml/m², Dicho esto, este producto se aplicaba de distintas formas según lo requería el tipo de tratamiento, También se realizó una aspersión para el control de mancha angular y antracnosis que se presentó en ambas localidades con un producto comercial llamado Nativo[®] SC300 (*Tebuconazole + Trifloxystrobin SC 300 (200+100 g/L)*) aplicando 40 cc del producto por 20 litros de agua. No se le aplico fertilizantes edáficos ya que lo que queremos buscar es la efectividad del producto y el mejor método de aplicación.

Ilustración 6

Mancha angular en Planta de Frijol.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Ilustración 7

Aplicación del producto ACF SR en las parcelas experimentales en Frijol Zandú



Fuente: Elaboración propia, 2021

Diseño experimental

Diseño experimental de Bloques Completos al Azar, compuesto por:

Cinco (5) bloques completamente al azar.

Cuatro (4) tratamientos.

Cinco (5) repeticiones por tratamiento.

Tamaño de la parcela total por localidad (Área, largo y ancho en m²):

Área total de la parcela = Largo 36 x 20 m = 720 m²

Tamaño de la unidad experimental (Área, largo y ancho en m²):

Área Unidad Experimental = Largo 9.0 x 4.0 m ancho (distancia entre surco 0,8 m x 5 surcos) = 36 m².

Esquema del diseño experimental

Tabla 2 *Esquema de diseño experimental de la evaluación del modo de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en cada localidad.*

	Diseño experimental	Tratamientos			
Bloques	I	T1-R1	T0 -R1	T3 -R1	T2 -R1
	II	T3 -R2	T2 -R2	T0 -R2	T1 -R2
	III	T3 -R3	T1 -R3	T0 -R3	T2 -R3
	IV	T0 -R4	T3 -R4	T2 -R4	T1 -R4
	V	T2 -R5	T1- R5	T0 -R5	T3 -R5

Fuente: Elaboración propia, 2021

Donde:

T0: Testigo absoluto, sin aplicaciones

T1: ACF SR, en aspersión foliar y aplicaciones alternadas en drench.

T2: ACF SR, en aspersiones foliares.

T3: ACF SR, en aplicaciones en drench.

Variables de respuesta.

Se evaluaron los siguientes caracteres: Peso seco de la planta (pps), peso seco de raíz (psr), peso de la semilla (ps), volumen de la raíz (vr), peso de cien semillas (pcs), número de vainas (nv), longitud de vainas (lv), número de hojas (nh), número de flores (nf) y altura de la planta (ap).

Análisis de la información.

Se realizó análisis descriptivo para cada uno de los caracteres cuantitativos; los cuales fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), cuando se presentó diferencias significativas entre ellas, se realizó prueba de medias con Tukey y un análisis de efectos simples de las variables.

Resultados y discusión

Prueba de Germinación

La germinación de los granos de frijol inició al tercer día después de colocarlas en papel toalla húmedo: de las 105 semillas colocadas, pudo evidenciar que el 79% de ellas germinó el 3er día esto equivale a 83 semillas, quedando 22 sin germinar.

Ilustración 8

Frijol tercer día, primer control.



Fuente: Elaboración propia, 2021

5to día: en el 5to día se evidenció que de las 22 semillas que faltaban por analizar germinaron 20. Sumándoles las 83 semillas en el tercer día germinadas nos dio un total de 103 semillas germinadas al terminar el 5to día, esto en términos porcentuales fue de 98% de germinación.

Ilustración 9

Frijol 5to día, segundo control.



Fuente: Elaboración propia, 2021

El resultado del proceso de germinación fue del 98%.

Evaluación de la eficacia del inoculante biológico ACF SR en la producción de frijol

Se realizó la siembra de las parcelas de evaluación del cultivo de frijol en la localidad vereda Trincheras del municipio de Alcalá, Valle del Cauca finca La Gloria el día 13 de mayo de 2021 con la presencia y verificación de funcionario del ICA-Seccional Risaralda, el porcentaje de germinación y emergencia fue del 98%. La parcela de la Localidad La Bella, finca la Cachucha en el municipio de Pereira, fue sembrada el día 14 de mayo de 2021 con una emergencia del 98%.

La floración en la localidad de Alcalá se presentó a los 31 días después de la siembra de una manera uniforme en todos los tratamientos; para el caso de la localidad de la Bella la antesis tardo unos pocos días más, se dio a los 36 días por ser un lugar con un clima más frio y mayor nubosidad. (Ver Figura 2)

Ilustración 10

Parcelas experimentales de inoculación con el bio-insumo ACF SR en el cultivo frijol, a) Localidad Trincheras; b) Localidad La Bella.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Al momento de la floración se evaluaron los siguientes parámetros: Altura de la planta (cm), numero de hojas, y numero de flores.

Al momento de la maduración de las vainas e inicio del proceso de secado de vainas se evaluó peso seco de la biomasa aérea, peso seco de la raíz, volumen de la raíz, número y longitud promedio de las vainas. El peso de las cien semillas se evaluó cuando las vainas estuvieron secas.

Se realizó análisis descriptivo para cada uno de variables evaluadas en cada una de las dos localidades; las cuales fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA), presentó en la Tabla 3, se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables morfo-agronómicas utilizados para evaluar la respuesta del frijol con la aplicación del inoculante biológico ACF SR, en el corregimiento de Trincheras en el municipio de Alcalá Valle del Cauca, en el que se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las formas de aplicación para todas las variables analizadas.

Con respecto al coeficiente de variación se observa que se presenta para cada una de las variables un valor bajo, lo que nos indica que el experimento se condujo exitosamente y se presentó pocos errores experimentales.

Tabla 3 Análisis de varianza de las variables Morfo-Agronomicas de respuesta al tratamiento ACF SR en la localidad de Trincheras en el Municipio de Alcalá Valle del Cauca.

Fuente de Variación	Gli	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)		Peso 100 semillas (g)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	0.13231	0.000	0.15728	0.000	0.01676	0.000	0.01186	0.000	27.3	0.007
Promedio		60.53		25.39		17.98		2.46		57.50	
CV (%)		4.3		8.8		4.0		3.5		5.4	

Continuación

Fuente de Variación	Gli	No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)		No. Hojas/planta		No. Flores/planta		Altura Planta (cm)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	0.03674	0.000	0.00641	0.000	0.05704	0.000	0.06495	0.000	0.01315	0.000
Promedio		5.31		9.37		8.51		10.52		24.07	
CV (%)		6.9		2.4		7.1		7.4		1.4	

Nota: Significativo a 0.05%, Gl=Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio

Fuente: Elaboración propia, 2021

Al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en la localidad Trincheras, para cada una de las variables, se aplicó la prueba Tukey, puesto que el interés es encontrar cual es la forma de aplicación del producto más eficiente para lograr la mejor efectividad del inoculante biológico ACF SR superiores al testigo; los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados del análisis de promedios prueba Tukey a 5% según forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en la localidad Trincheras.

Aplicación	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)		Peso 100 semillas (g)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Aplicaciones Drench Suelo	63.81	a	30.72	a	13.13	b	3.594	a	43.71	b
Aspersión Foliar	56.83	b	24.29	b	14.88	b	3.653	a	46.66	a
Aspersión Foliar + Alternadas Drench	53.37	c	24.32	b	18.28	a	3.928	a	46.42	a
Testigo Absoluto	69.14	a	22.73	b	10.69	c	2.376	b	45.95	a

Aplicación	No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)		No. Hojas/planta		No. Flores/planta		Altura Planta (cm)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Aplicaciones Drench Suelo	7.33	b	10.12	b	11.03	a	11.75	a	23.83	a
Aspersión Foliar	6.82	b	10.65	ab	10.20	a	14.27	a	23.40	a
Aspersión Foliar + Alternadas Drench	8.79	a	10.28	a	10.64	a	12.08	a	24.15	a
Testigo Absoluto	5.99	c	9.56	c	8.03	c	10.19	b	18.26	b

Nota: Dentro de una misma fila, promedios con igual promedio no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para las variables Peso seco de la Raíz, Peso de semillas, Volumen de Raíz, Numero de vainas, Longitud de vainas; Numero de hojas, Numero de flores y Altura de la planta, la aplicación del inoculante biológico ACF SR, supero al testigo; no siendo así para las variables,

Peso seco de la planta y el peso de 100 semillas. Se encontró que para las variables Peso de la planta (63.81), Peso de la Raíz (30.72), y Volumen de la raíz (3.59), resultó mejor la aplicación del producto en drench al suelo; mientras que para las variables de producción como, Numero de vainas (8.79), Longitud de las vainas (10.28), y Peso de Cien semillas (24.15), la forma de aplicación más eficiente resultó ser la aplicación foliar + alternadas en drench al suelo.

La Tabla 6 presenta los resultados del análisis de varianza, para las variables de respuesta del cultivo de frijol en la localidad de La Bella, al ser tratado con el inoculante biológico ACF SR, según diferentes formas de aplicación del producto. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 5 Análisis de varianza de variables morfo-agronómicas de respuesta al tratamiento con ACF SR en la localidad de La Bella en el municipio de Pereira, Risaralda.

Fuente de Variación	Gli	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)		Peso 100 semillas (g)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	0.15542	0.000	0.10097	0.000	0.00708	0.024	0.00378	0.000	72.6	0.003
Promedio		39.13		35.20		14.27		3.43		45.69	
CV (%)		6.6		7.2		5.4		2.5		6.0	

Continuación...

Fuente de Variación	Gli	No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)		No. Hojas/planta		No. Flores/planta		Altura Planta (cm)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	0.02377	0.000	0.00793	0.000	0.01153	0.000	0.00796	0.000	0.01347	0.000
Promedio		7.27		10.15		10.00		12.12		22.44	
CV (%)		5.7		2.9		4.4		3.6		4.1	

Nota: Significativo a 0.05%, Gl=Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Al encontrarse diferencias estadísticas entre los tratamientos, se procedió con realizar la prueba de promedios con Tukey a 5%, los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6 Resultados del análisis de promedios prueba Tukey a 5% según forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en la localidad La Bella.

Aplicación	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)		Peso 100 semillas (g)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
	io	o	io	o	io	o	io	o	io	o
Aplicaciones Drench Suelo	47.14	a	40.86	a	17.11	b	2.238	b	59.93	a
Aspersión Foliar	37.68	bc	33.21	c	17.94	ab	2.610	a	58.89	a
Aspersión Foliar + Alternadas	33.68	c	31.18	c	20.69	a	2.912	a	55.54	b
Drench Testigo Absoluto	38.97	b	36.12	b	16.14	b	2.038	b	55.63	b

Aplicación	No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)		No. Hojas/planta		No. Flores/planta		Altura Planta (cm)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
	io	o	io	o	io	o	io	o	io	o
Aplicaciones Drench Suelo	4.77	b	9.28	b	8.19	b	10.20	b	23.92	b
Aspersión Foliar	5.77	a	9.60	ab	9.01	a	11.02	a	25.80	a
Aspersión Foliar + Alternadas	6.36	a	9.91	a	9.03	a	11.04	a	26.33	a
Drench Testigo Absoluto	4.31	b	8.71	c	7.80	b	9.81	b	20.11	c

Nota: Dentro de una misma columna, promedios con igual promedio no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la localidad de La Bella la aplicación del inoculante biológico ACF SR, presento mejor respuesta en todas las variables evaluadas frente al testigo absoluto, y la aplicación del producto dirigidas en Drench al suelo, mejoraron el desarrollo de la biomasa de la planta, reflejada

en mayor Peso seco de la planta (47.14), mayor peso seco de raíz (40.86), y mayor peso de 100 semillas (59.93); mientras que las variables de producción como: Peso de semillas por planta (20.69), Volumen de raíz (2.912), Numero de vainas por planta (6.36), Longitud de las vainas (9.91), Numero de hojas (11.04), Numero de flores (11.04), y Altura de la planta (26.33) presentaron un comportamiento superior con la aplicación del inoculante biológica de forma de Aspersión foliar + alternancia con drench al suelo.

Evaluación del efecto de la interacción de la forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en las dos localidades.

Para evaluar el efecto de la interacción de la forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol y la condición climática, representadas en dos localidades diferentes. El clima medio presente en la localidad del corregimiento de Trincheras, municipio de Alcalá en el departamento del Valle del Cauca y el Clima frío moderado, presente en el corregimiento de La Bella, municipio de Pereira, departamento de Risaralda. Se realizó un análisis de varianza de los datos recolectados de las evaluaciones realizadas en las dos localidades. Los datos se presentan en la Tabla 8, observándose diferencias estadísticas significativas para la forma de aplicación del inoculante en las variables volumen de la raíz; Numero de vainas; como también se encontraron diferencias entre localidades para todas las variables evaluadas, por lo que se recurrió a realizar una prueba de promedios de Tukey para determinar en cuál de las dos localidades se presenta un mejor comportamiento del cultivo de frijol al aplicar el inoculante biológico ACF SR. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7 Análisis de varianza de variables morfo-agronómicas de respuesta a la forma de aplicación del ACF SR, la localidad y la interacción localidad por forma de aplicación.

Fuente de Variación	Gli	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	0.0170	0.135	0.0143	0.110	0.007 3	0.086	0.0418	0.007
Localidad	1	0.2464	<.0001	0.1128	0.003	0.015 4	0.041	0.1455	0.000
Localidad x Aplicación	3	0.0040	0.545	0.0022	0.863	0.000 4	0.934	0.0081	0.349
Promedio		48.86		30.00		16.14		2.96	
CV (%)		4.2		6.0		5.9		7.6	

Fuente de Variación	Gli	Peso 100 semillas (g)		No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Aplicación	3	8.2	0.603	0.0227	0.037	2.13	0.093
Localidad	1	1394.	<.0001	0.0827	0.001	6.06	0.002
Localidad x Aplicación	3	26.1	0.082	0.0032	0.624	0.21	0.716
Promedio		51.59		6.32		9.76	
CV (%)		6.0		6.9		7.0	

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Tabla 8, se puede evidenciar que el factor clima representado por cada localidad, influye en la gran mayoría de características evaluadas, obteniendo un mejor comportamiento a la aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol de las variables de producción, como: Peso de semilla por planta (17.98g) y Peso de 100 semillas (57.50g) en las condiciones de clima medio del corregimiento de Trincheras; mientras que bajo las condiciones de clima Frio Moderado en el corregimiento de La Bella las características de biomasa como: Peso seco de raíz (35.20), Volumen de raíz (3.43), Numero de vainas (7.27) y Longitud de vainas (10.15 cm) fueron superiores.

Tabla 8 Resultados del análisis de promedios Tukey a 5% de la aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en dos climas diferentes.

Localidad	Peso Seco Planta (%)		Peso Seco Raíz (%)		Peso Semilla (g)		Volumen Raíz (cc)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Trincheras	60.53	a	25.39	b	17.98	a	2.46	b
La Bella	39.13	b	35.20	a	14.27	b	3.43	a

Localidad	Peso 100 semillas (g)		No. Vainas/planta		Longitud Vainas (cm)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
Trincheras	57.50	a	5.31	b	9.37	b
La Bella	45.69	b	7.27	a	10.15	a

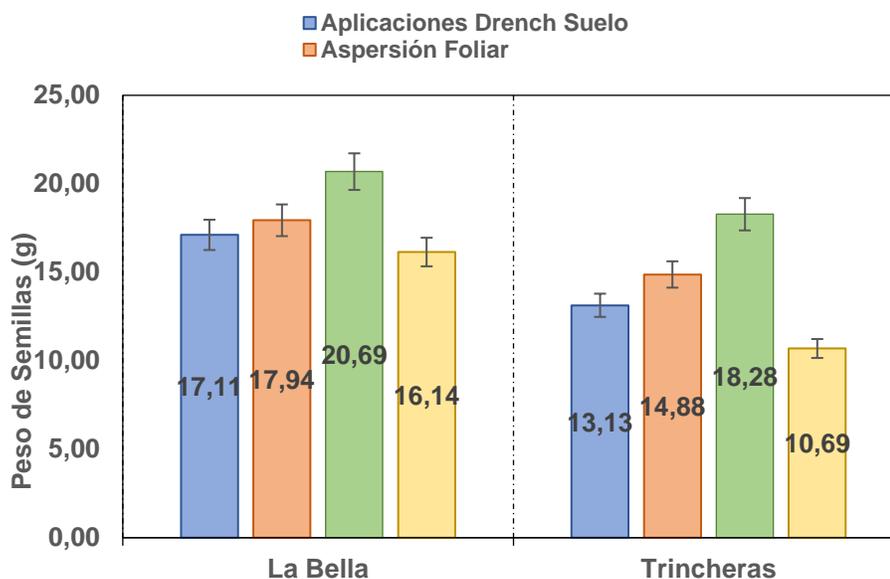
Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Figura 1, presenta como la forma de aplicación del inoculante biológico ACF SR al cultivo de frijol, permite obtener mayor rendimiento del frijol en la localidad de La Bella, siendo el tratamiento de aspersión foliar más alternada en drench, teniendo en segundo lugar la aspersión foliar, en tercer puesto la aplicación en drench al suelo y por último el testigo absoluto en esta localidad.

Para la localidad de Trincheras se presenta el mismo orden en cuanto a la efectividad de los tratamientos.

Figura 1

Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR en el peso de la semilla producida por planta del cultivo de frijol en las localidades de La Bella y Trincheras.



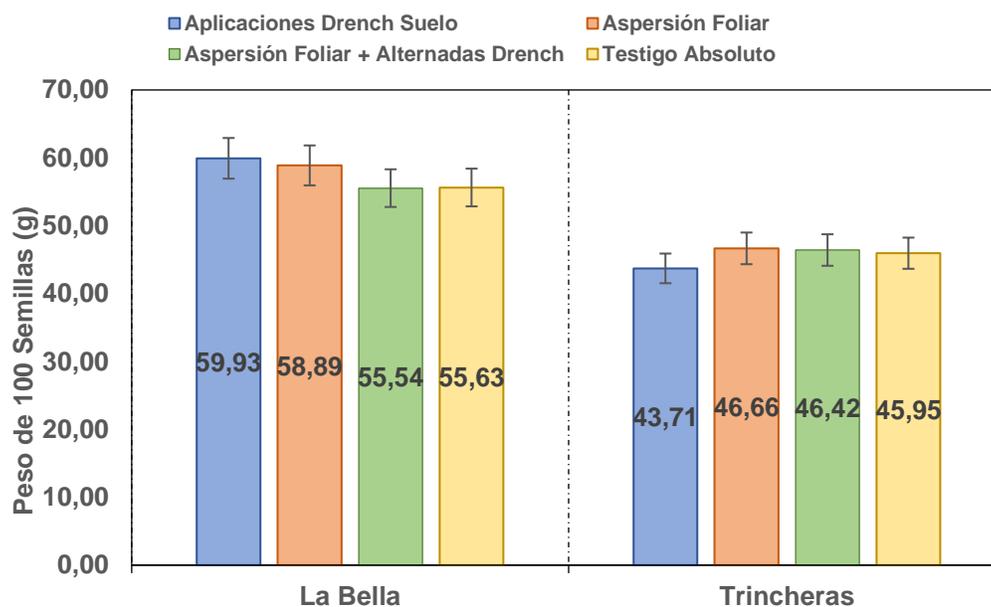
Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Figura 2, se puede observar claramente que el mayor peso por 100 semillas se obtiene en la localidad de La Bella, teniendo la mayor efectividad el tratamiento de aplicación drench en suelo, el segundo tratamiento efectivo es la aspersión foliar, tercer tratamiento la aplicación foliar más alternada en drench y por último el testigo absoluto.

Caso contrario a la localidad de Trincheras que el tratamiento con menos resultado fue el de la aplicación en drench al suelo y los otros tres tratamientos estuvieron muy similares en el resultado.

Figura 2

Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR en el peso de 100 semilla producida por el cultivo de frijol en la localidad de La Bella y Trincheras.



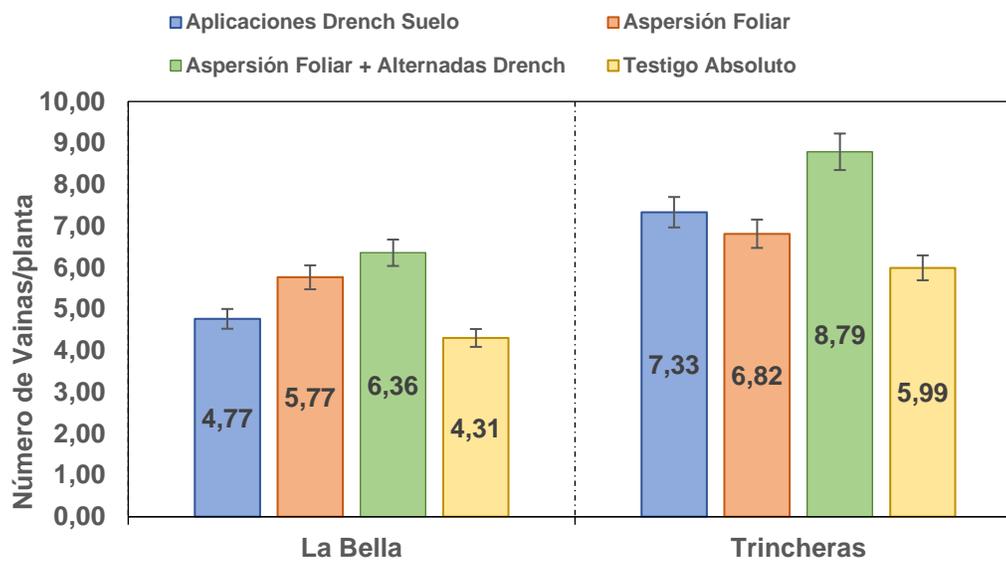
Fuente: Elaboración propia, 2021

La figura 3, se presenta como el frijol tratado con el inoculante ACF SR, produce más vainas que el frijol no tratado. La mayor estimulación para la producción de vainas se obtiene en la localidad de Trincheras con el tratamiento de aspersión foliar más alternada en drench suelo, como segundo tratamiento esta localidad se tiene la aplicación drench suelo, el tercer tratamiento la aspersión foliar y por último como era de esperarse se tiene el testigo absoluto.

De acuerdo con la figura 3, se puede observar que en las dos localidades el mayor número de vainas se obtuvo con el tratamiento de aspersión foliar + alternadas en drench y el más bajo en cuanto al número de vainas de las dos localidades fue el testigo absoluto.

Figura 3

Respuesta de la forma de la inoculación del bio-insumo ACF SR sobre el Numero de vainas de plantas por el cultivo de frijol en la localidad de La Bella y Trincheras.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Análisis de correlación entre las variables respuesta para la aplicación del inoculante biológico ACF SR en el cultivo de frijol en dos localidades de climas diferentes.

Los datos obtenidos mediante la matriz de correlación de Pearson Tabla 7, permiten determinar que: [ver Tabla 9. Análisis de varianza de variables morfo-agronómicas de respuesta a la forma de aplicación del ACF SR, la localidad y la interacción localidad por forma de aplicación.](#)

A mayor Volumen de la raíz, mayor número de vainas por la planta, mayor longitud de vainas, mayor número de flores y hojas y una mayor altura de la planta.

A mayor número de hojas, mayor volumen de raíz, mayor número de flores, vainas y longitud de vainas por planta.

A mayor altura de la planta, mayor peso de semilla por planta, mayor número de vainas y longitud de vainas por planta, así como mayor número de hojas y de flores por planta.

El peso de la semilla esta inversamente relacionado con el peso seco de la planta.

Tabla 9 Análisis de correlación de Pearson entre variables evaluadas del frijol al ser inoculado con el producto biológico ACF SR en dos localidades diferentes.

Variables	Peso Seco Planta (%)	Peso Seco Raíz (%)	Peso Semilla (g)	Volumen Raíz (cc)	Peso 100 semillas (g)	No. Vainas/planta	Longitud Vainas (cm)	No. Hojas/planta	No. Flores/planta	Altura Planta (cm)
Peso Seco Planta (%)	1									
Peso Seco Raíz (%)	0.088 ns	1								
Peso Semilla (g)	-0.522 **	0.221 ns	1							
Volumen Raíz (cc)	-0.053 ns	-0.364 *	0.388 *	1						
Peso 100 semillas (g)	-0.636 **	0.388 *	0.283 ns	0.427 **	1					
No. Vainas/planta	0.156 ns	-0.187 ns	0.410 **	0.699 **	0.444 **	1				
Longitud Vainas (cm)	0.113 ns	-0.167 ns	0.244 ns	0.607 **	-0.242 ns	0.697 **	1			
No. Hojas/planta	0.056 ns	-0.118 ns	0.206 ns	0.713 **	-0.360 *	0.603 **	0.641 **	1		
No. Flores/planta	0.091 ns	-0.172 ns	0.138 ns	0.602 **	-0.336 *	0.412 **	0.635 **	0.744 **	1	
Altura Planta (cm)	-0.338 *	0.108 ns	0.457 **	0.334 *	0.159 ns	0.433 **	0.408 **	0.468 **	0.404 **	1

*: Significativo al 5% ** : Significativo al 1% ns: No significativo

Fuente: Elaboración propia, 2021

Fitotoxicidad del producto

El análisis de la fitotoxicidad del producto ACF SR realizado durante las aplicaciones y todo el ciclo de desarrollo del cultivo de frijol, presento 0.0% de control sobre las malezas y 0.0% de Fitotoxicidad al cultivo de frijol.

Discusiones

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 área y la producción de las plantas; este resultado está en concordancia con lo encontrado por Cisneros, (2018) que le atribuye a los bio inoculantes la producción de fitohormonas de enraizamiento, que motivan la producción de raíces sanas y fuertes, haciendo más saludable a la planta.

Sanchez *et al.*, (2012), también encontraron que la adición de varias cepas de bacterias identificadas como *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp. y *Bacillus* sp., incrementaron de manera significativa la biomasa y desarrollo de las plantas ($p \leq 0.05$) así como el rendimiento en la producción de frutos de tomate, lo que se puede asociar a las capacidades bioquímicas asociadas a la promoción de crecimiento vegetal, la capacidad intrínseca de las cepas para solubilizar una fuente de fósforo poco soluble, adicionalmente, las bacterias fueron capaces de producir índoles y sideróforos bajo las condiciones evaluadas.

En tal sentido Moreno *et al.*, (2018) ratifican, los efectos positivos del uso de los inoculantes biológicos en las plantas, gracias a las interacciones de las rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) que utilizan diferentes mecanismos de acción en la planta, agrupados en: 1) Bio-fertilización; 2) Fito-estimulación; y 3) Bio-control, reduciendo sustancialmente el uso de fertilizantes sintéticos y los impactos negativos al suelo, aumentando el rendimiento de los cultivos, contribuyendo a la economía del productor y a la alimentación de la población.

El mejor comportamiento de la aplicación del inoculante biológico ACF SR en la localidad de la Bella, caracterizado por un clima Frio moderado, puede deberse a una mejor reactivación de los microorganismos del suelo, que se encontraban en menor actividad biológica por efecto de las bajas temperaturas en el suelo, en comparación con una mayor actividad biológica presente en los suelos de la localidad de Trincheras en donde la temperatura ambiental y del suelo son mucho mayores.

Sanjuan y Moreno (2010) Afirman que, la región Iberoamericana está llamada a ser un referente mundial en agricultura sostenible, y tiene actualmente una posición privilegiada para alcanzar dicho objetivo apoyándose en el uso de biofertilizantes que permitan mantener altas productividades con el menor impacto ambiental posible. Existen importantes ejemplos de cómo el uso de inoculantes mejora la productividad y competitividad de las producciones.

Los resultados de esta investigación también los reafirma Ubidia (2014) con la aplicación de fertilización de liberación controlada en la concentración de 80% de mezcla de CRF (C3), se obtuvieron los mejores resultados, con el mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y el mejor desarrollo de las pellas, por lo que es el que mejor influenció, dotando de los nutrientes necesarios durante la etapa de crecimiento activo. Esto evidencia que la aplicación de productos de una forma adecuada tiene un buen resultado y supera el testigo, apoyando la hipótesis de esta investigación.

Así mismo en el trabajo realizado por Ortiz (2010) se evidencia que los tratamientos a los que se les aplicó té humus de lombriz, té de compost y caldo súper cuatro respecto a los tratamientos que estuvieron en condiciones típicas de cultivo (control), se presentaron diferencias

significativas entre el peso seco total de vainas colectadas de las plantas de fríjol (figura X); esto se debe principalmente a que los fertilizantes orgánicos actúan directamente sobre el rendimiento del cultivo ya que aportan elementos esenciales que no se encuentran comúnmente en el sustrato en condiciones típicas de cultivo, proporcionan un contenido más variado de otros nutrientes, tendiendo a mejorar la estructura del suelo, evitando la erosión, facilitando el crecimiento radical y contribuyendo a un mayor rendimiento del cultivo de fríjol, esto ratifica la importancia de la aplicación de estos fertilizantes orgánicos como el ACF SR utilizado en la localidad de la Bella y Trincheras.

Con lo anterior se confirma la hipótesis del trabajo y se evidencia el buen resultado al momento de la aplicación del inoculante biológico ACF SR, donde el mejor método de aplicación fue el foliar + alternado drench, seguida del drench, por lo tanto, se incrementó el rendimiento del cultivo de fríjol en dos localidades de la región Andina Colombiana.

Conclusiones

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, como de las variables de producción del cultivo, por lo tanto, es una alternativa factible para mejorar la producción orgánica del cultivo de frijol. Pese a que no se presentó una diferencia estadísticamente significativo sobre la respuesta del cultivo de frijol frente a la aplicación del inoculante biológico ACF SR entre las dos localidades, se presentó mejores rendimientos en la localidad de clima frio moderado presente en la parcela ubicada en el corregimiento de la Bella en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda debido a una mayor activación de la vida biológica del suelo.

El inoculante tuvo un efecto positivo y significativo sobre la producción del cultivo de frijol en las dos localidades, ya que supero al testigo absoluto.

En cuanto a el efecto de la localidad sobre la eficiencia del inoculante ACF SR en la producción de frijol, podemos decir que no presenta diferencia estadística significativa de un lugar al otro, por lo tanto, las condiciones climáticas no influyen en el rendimiento del producto.

Recomendaciones

Se recomienda:

Realizar la aplicación del del inoculante ACF SR, de forma foliar más alternadas en drench.

Iniciar con el proceso y transición de la agricultura convencional a la agricultura orgánica y productos biológicos.

Utilizar y rotar otros productos biológicos (Fertilizante edáficos) para mejorar la producción de frijol y así tener un plan de fertilización más completo.

Por último, es recomendable iniciar el proceso de mercadeo entre los agricultores de la región con el fin de dar a conocer los beneficios y ventajas del inoculante biológico ACF SR y de esta forma realizar transferencia de tecnología.

Bibliografía

- AGROSAVIA. (2021). *Corpoica Froilán: variedad de frijol tipo radical para clima medio para las subregiones naturales Montaña Santandereana y Valle de los ríos Chicamocha, Suárez y Fonce*. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/0391-corpoica-froilan-variedad-de-frijol-tipo-radical-para-clima-medio>
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Manual tecnico | Buenas practicas agricolas (BPA) En la produccion de frijol voluble*. <https://www.fao.org/3/a1359s/a1359s.pdf>
- blueplanetlabs. (2019). *WE BELIEVE IN GETTING NATURE DOWN TO A SCIENCE*. <http://blueplanetlabs.com/services/product-science-2019/>
- Bolivar, H. (08 de 2018). *Biofertilizantes en Colombia*. https://www.researchgate.net/profile/Hernando-Bolivar-Anillo/publication/326989814_Biofertilizantes_en_Colombia/links/5b714cca299bf14c6d9b339e/Biofertilizantes-en-Colombia.pdf
- Camara de Comercio Bogota. (2015). *Manual del Frijol*. <https://www.ccb.org.co/content/download/13731/175123/file/Frijol.pdf>
- Cámara de comercio de Bogotá. (2015). *Manual Frijol*. <https://www.ccb.org.co/content/download/13731/175123/file/Frijol.pdf>
- Carvajal, J., & Mera, A. (12 de 2012). *Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552010000200007

- CIAT. (2015). *PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN DEL FRIJOL - Enfermedades, insectos, limitaciones, Edáficas y climáticas de Phaseolus Vulgaris*. Cali, Colombia. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/12622%20espa%C3%B1ol.pdf
- De los Rios , I., Becerril , H., & Rivera , M. (2016). *La agricultura ecológica y su influencia en la prosperidad rural: visión desde una sociedad agraria (Murcia, España)*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000300375
- FAO. (1997). *Manejo Agronomico*. <https://www.fao.org/3/a1359s/a1359s03.pdf>
- FENALCE. (2004). *RESUMEN DE SENSIBILIDADES CARACTERISTICAS GENERALES POR PRODUCTO*. FENALCE. <https://fenalce.org/archivos/frijoldmlm.pdf>
- Fernández, F., Gepts, P., & Lopez , M. (06 de 1986). *Etapas de Desarrollo en la Planta de Frijol*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/132691059.pdf>
- Freytag, G. (1951). *CLASIFICACION DEL FRIJOL COMUN*.
<https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/312/1182>
- Gobernacion Valle del Cauca. (2018). *Mapas y territorios*.
[https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/60137/mapas-y-territorios/#:~:text=Ubicaci%C3%B3n%20extensi%C3%B3n%20y%20%ADmitas%20del,13"%20de%20longitud%20oeste](https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/60137/mapas-y-territorios/#:~:text=Ubicaci%C3%B3n%20extensi%C3%B3n%20y%20%ADmitas%20del,13).
- Hernandez, V., Vargas, M., Muruga , J., Hernández , S., & Netzahualcáyotl, M. (03 de 2013). *Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000200002

ICONTEC. (12 de 22 de 2005). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 871 | Frijol*.

<https://es.slideshare.net/andrea516/ntc-871-frijol-para-consumo>

INTAGRI. (2017). *Fosfito como bioestimulante en la agricultura. Serie de nutrición vegetal*.

Mexico.<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fosfito-como-bioestimulante-en-la-agricultura>

López, M., & Fernández, F. (s.f.). *FRIJOL: Investigación y producción*. CIAT.

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81884/morfologia7eba331e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lopez, M., Fernandez, F., & Schoonhoven, A. (1985). *Referencia de los cursos de Capacitación sobre Frijol dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical*.

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81884/morfologia7eba331e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martinez , L., Reyes, Y., Falcon, A., Napoles, M., & Nuñez, M. (09 de 2016). *Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) biofertilizadas*.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000300018

MINAGRICULTURA. (2019). *Composición de la Cadena del Frijol en Colombia*.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales%20Fr%3%ADjol.pdf>

Moreno, A., Garcia, V., Reyes, J., Vásquez, J., & Cano, P. (2018). *Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable*.

<http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf>

Moreno, J., & Zapata, E. (11 de 2020). *Evaluación de la eficiencia del bioestimulante Aquaclean ACF-32 en la producción de plántulas de plátano (Musa paradisiaca L) utilizando la*

metodología de cámaras de multiplicación en el distrito de Turbo Antioquia.

[https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37424/eazapataro.pdf?sequence=3
&isAllowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37424/eazapataro.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Municipios de Colombia. (08 de 04 de 2021). *El municipio de Alcala.*

<https://www.municipio.com.co/municipio-alcala.html>

Ortiz, Á. (06 de 2010). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS A TRES DOSIS DIFERENTES SOBRE LA TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris) L. var. Cerinza, EN CONDICIONES DE AGRICULTURA URBANA.*

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8493/tesis453.pdf>

Quintero, A. (28 de 09 de 1983). *ESTUDIO DE GENOTIPOS CRIOLLOS DE FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.) BAJO EL SISTEMA DE PRODUCCION DE COSECHAS DE SECANO EN PLANICIES.*

[http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1029/Quintero_
Ramirez_Armando.pdf?sequence=1](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1029/Quintero_Ramirez_Armando.pdf?sequence=1)

Restrepo, F. G., Ceballos, A. N., Sánchez, T., & Valenzuela O, K. (2015). *Importancia de los inoculantes biológicos en la agricultura / Gloria María Restrepo Franco, Nelson Ceballos Aguirre.* (Colciencias, Ed.) Manizales:: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales. Universidad de Caldas.

Reyes, G., Chaparro, A., & Ávila, K. (05 de 11 de 2010). *Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón.*

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/18556/19461#:~:text=D>

entro%20de%20los%20problemas%20que,poblaciones%20de%20plagas%2C%20entre%20otros

Rosario, U. d. (2013). *Departamento de Risaralda*.

<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/8681/1020763251-12.pdf?sequence=12&isAllowed=y#:~:text=El%20departamento%20de%20Risaralda%20es%20uno%20de%20los%2032%20departamentos%20de%20Colombia.&text=Est%C3%A1%20localizado%20en%20el%20centro>,

Rosas , J. (08 de 2003). *El Cultivo del Frijol en America Tropical*.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2424/1/prueba%2009.pdf>

Sanchez , D., Gomez , R., Garrido, F., & Bonilla, R. (10 de 2012). *Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero**.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700009

Sanjuan, J., & Moreno, N. (2010). *Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente*.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100001

Semillas de Identidad. (01 de 2020). *Catalogos de Semillas de Identidad*.

<https://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/CATALOGO%20SEMILLAS%20DE%20IDENTIDAD%202019.pdf>

Solano, A., & Rojas , D. (2020). *Respuesta del frijol variedad Zaragoza (Phaseolus vulgaris L.), a la aplicación de tres dosis de Nitrógeno Orgánico Reina en floración para la prevención de caída de flores y frutos bajo condiciones agroecológicas del municipio de*

Socorro, Santander.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/37684/dmrojast.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Tamayo , P., & Londoño , M. (2001). *MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL FRIJOL - Manual de campo para su reconocimiento y control.*

<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6409/1/Manejo%20integrado%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20frijol.pdf>

Terry, L. y. (2005). *Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum, Mill).*

<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacolombianadebiotecnologia/2005/vol7/no2/6.pdf>

Ubidia, M. (2014). “*EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA (CRF) EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (Brassica oleracea var.*

Itálica)”. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6513/1/Tesis-](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6513/1/Tesis-67%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20207.pdf)

[67%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20207.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6513/1/Tesis-67%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20207.pdf)

Zambrano, D., Ramón, L., Strahlen, M., & Bonilla , R. (06 de 2015). *INDUSTRIA DE BIOINSUMOS DE USO AGRÍCOLA EN COLOMBIA.*

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100008