



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Alternativas orgánicas para el logro de producciones más limpias de la fresa en Pamplona Norte de Santander

CASTELLANOS, L.,^a CÉSPEDES, N. E.,^b MÉNDEZ, A. C.,^c BALDOVINO A.,^c MAHECHA, J. G.,^c CARRILLO, O. S.^c

^aAgronomist. PhD. Professor at the Faculty of Agrarian Sciences of Unipamplona. Bucaramanga Highway Km 1, Pamplona. Norte de Santander

^bAgro-environmental engineer. Director of the Sol Vida Agrobiological Farm, ASPAGRO, Pamplona. Norte de Santander

^cIngenieros Agrónomos en Formación. Faculty of Agrarian Sciences of Unipamplona

* Corresponding author lccastell@gmail.com

Resumen

El cultivo de fresa es el tercero en importancia en Pamplona, Norte de Santander. Las plantaciones reciben aplicaciones indiscriminadas de fertilizantes y plaguicidas químicos. El objetivo del trabajo fue evaluar alternativas orgánicas de control de las enfermedades foliares y del suelo, las babosas, y suplir la carencia de fósforo con vistas al logro de producciones más limpias de la fresa. Se desarrollaron cuatro ensayos en campos de fresa, uno para el control de enfermedades de la parte aérea, el segundo para el control de enfermedades de la raíz, el tercero para la nutrición fosfórica y el cuarto para el control de babosas. En los tres primeros se evaluaron diferentes biopreparados producidos localmente a partir de microorganismos eficientes y en el último la tierra de diatomeas. Los bioproductos Caldo Rizósfera y ME mostraron resultados similares que al fungicida protectante Dithane contra mancha por *Ramularia*, la antracnosis en hojas, flores y frutos, la pudrición por *Botrytis* y la mancha bacteriana, mientras que Caldo Rizósfera, ME y M6 resultaron similares al fungicida Benomil y Fosfito de sodio para el control de las enfermedades radiculares causadas por *Fusarium* spp y *Phytophthora fragarie*. Caldo Rizósfera y M6 disminuyeron en mayor medida la incidencia y severidad de la deficiencia de fósforo y favorecieron una mayor concentración de fósforo en las hojas. La tierra de diatomea demostró eficacia para el control de las babosas con dos aplicaciones, dosis entre 4 y 8 kg/ha y la adición de PEGAL CS pH 18,767 g/L como adherente.

Palabras clave: plaguicidas, fertilizantes, medio ambiente

1. Introducción

La fresa tiene altas características nutricionales, medicinales y de valor económico sin embargo es altamente susceptible al ataque de patógenos, por lo cual, uno de los principales retos en el desarrollo del cultivo e incluso en la pos-cosecha de la fruta, es el manejo de las enfermedades (Cano, 2013).

El Departamento Norte de Santander ocupa el tercer lugar en la producción de fresa en Colombia (Cámara de Comercio Bogotá, 2015), siendo el cultivo el tercer renglón agrícola del municipio de Pamplona. Un problema existente es la cantidad de plaguicidas y fertilizantes químicos que se aplican en las plantaciones de fresa con un alto riesgo para los consumidores cuando la fresa se comercializa fresca. Por otra parte se desconocen los niveles de residuos de los pesticidas y al no disponer de agua de calidad para los cultivos se obtienen fresas contaminadas que provocan enfermedades transmitidas por alimentos (Escobar, 2015).

En Colombia se han realizado esfuerzos con el objetivo de solucionar la problemática por el uso indiscriminado de agroquímicos en las actividades agrícolas. Sin embargo en el año 2007 se reportaron

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

las mayores intoxicaciones por pesticidas en Norte de Santander de los últimos diez años según Instituto Nacional de Salud Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública - sistema de vigilancia en salud pública – SIVIGILA (Ortiz et al., 2011).

Los Microorganismos Eficientes (ME) son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro grupos principales: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación obtenidos de ecosistemas vírgenes, que tienen efecto contra bacterias y hongos fitopatógenos, actúan como fertilizante foliar y como mejoradores de la fertilidad del suelo por fijar nitrógeno atmosférico y solubilizar el fósforo (BID, 2009). Los Microorganismos de Montaña (MM) se podrían catalogar como un tipo de ME, o sea, un consorcio de microbianos que se obtiene de la rizósfera de las plantas y producen los mismos beneficios que los ME (Castro et al., 2015), mientras que el caldo rizósfera es otro bioproducto obtenido por vía fermentativa a partir de las raíces de algunas plantas con adición de yogurt y otros productos naturales como la roca fosfórica, que incrementa microorganismos beneficiosos y se recomienda con los mismos fines que los microorganismos eficientes (Viteri et al, 2008).

La Asociación de Productores Agropecuarios de Pamplona (ASPAGRO) produce y comercializa algunos bioproductos artesanales a base de microorganismos eficientes que podrían ayudar a establecer una tecnología para la producción más limpia de la fresa en esta región, pero no se han realizado investigaciones científicas que verifique su eficiencia para el control de enfermedades, ni para solubilizar el fósforo, ni tampoco el empleo de la tierra de diatomea para control de las babosas, otro problema serio del cultivo.

Por tal razón se propuso un proyecto que tuvo como objetivo de evaluar alternativas orgánicas con biopreparados y la tierra de diatomea contra los principales agentes nocivos del cultivo para el logro de producciones más limpias de la fresa en Pamplona, Norte de Santander

Materiales y métodos

Se desarrollaron cuatro ensayos en campos de fresa, uno para el control de enfermedades de la parte aérea, el segundo para el control de enfermedades de la raíz, el tercero para favorecer la nutrición fosfórica y el cuarto para el control de babosas.

En los tres primeros se evaluaron diferentes biopreparados producidos localmente a partir de microorganismos eficientes:

Descripción de cada biopreparados de ASPAGRO utilizado

Biopreparados comerciales	Ingredientes	Tipo de fermentación	Uso propuesto
P1	Vinagre, roca fosfórica y melaza	aeróbica	Biofertilizante con B.S.F. $8,34 \times 10^5$ UCF/mL
P2	M, Eficientes de una zona virgen y melaza, ceniza y roca fosfórica	anaeróbica	Biofertilizante con B.S.F. y antagonista 3.2×10^5 UCF/mL
MM	Microorganismos de montaña, melaza y salvado de arroz (<i>Oriza sativa</i> L.)	aeróbica	Biofertilizante con B.S.F. y antagonista $1,72 \times 10^6$ UFC/mL
Caldo rizósfera	Raíces de plantas: ortiga (<i>Urtica dioica</i> L.), borraja (<i>Borago officinalis</i> L.), kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochts ex Chiov) trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L.) conseguidas en la granja, yogurt, melaza, agua oxigenada y harina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	aeróbica	Biofertilizante con B.S.F. y antagonista $1,24 \times 10^6$ UFC/mL

B. meconio	Meconio de ternero, agua, melaza y ahuyama (<i>Cucurbita máxima</i> Duch.) cocida.	anaeróbica	Biofertilizante con B.S.F. y antagonista 1,3x10 ⁶ UFC/mL
M. Eficientes (M6)	M. Eficientes de una zona virgen, vinagre, etanol, plantas aromáticas, jengibre (<i>Zingiber officinale</i> Rosc.), ajo (<i>Allium sativum</i> L.), cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), pimienta y ají (<i>Capsicum annum</i> L.).	anaeróbica	Biofertilizante con B.S.F. y antagonista 9,13x10 ⁵ UFC/mL

Los tratamientos contaron con algunos de estos biopreparados, solo o combinados entre si o con manejo de saneamiento para el caso de las enfermedades aereas de la fresa, siempre comparados con uno o más plaguicida o fertilizantes químicos usados en la producción y con un testigo o control sin tratamiento alguno, como aparece en cada tabla de los resultados.

En cada parcela o unidad experimental se determinó el porcentaje de incidencia de las enfermedades foliares radicales de la fresa según el caso (plantas y órganos) y la severidad para las enfermedades del follaje de con las siguientes formulas:

$$\% \text{ de incidencia o distribucion} = \frac{n(\text{plantas afectadas})}{N(\text{evaluadas})} \times 100$$

$$\% S(\text{severidad}) = \frac{\sum(a \times b)}{KN} \times 100, \text{ según Manual de ensayo de campo de Ciba Geygi (1981)}$$

Al final del experimento se determinó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de cada parcela según el método propuesto por Campbell y Madden (1990), para lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$ABCPE = \sum [(X_i + X_{i+1})/2] * (T_{i+1} - T_i)$$

En el experimento para determinar la acción solubilizadora de P por los biopreparados locales se determinaron las variables incidencia de los síntomas y severidad de carencia de P utilizando las formulas referidas anteriormente.

A los 150 días de montado el experimento se realizó un análisis del contenido de P foliar tomando una muestra representativa de cada parcela la cual fue llevada al Laboratorio de Química de la Unipamplona. Para determinar el contenido de fósforo del área foliar se procedió a recolectar 60 hojas en 60 plantas (la tercera hoja bajando) en de cada réplica de los ocho tratamientos, luego se llevó al horno por una semana, y se procedió hacer un molido o macerado de cada muestra foliar. Posteriormente se pesaron 2,5 g de muestra macerada y se llevaron a un crisol y se realizó un previo quemado con la ayuda de un mechero, luego se llevaron las muestras a la mufla a 350 °C.

Cuando las muestras estaban de nuevo a temperatura ambiente se agregaron 25 ml de ácido clorhídrico a cada crisol, se procedió a evaporar en una plancha de calentamiento, hasta que quedaran 10 ml de la solución, luego se filtró cada muestra con la ayuda de papel filtro en tubos de ensayo, agregándole a cada muestra 3 ml de solución A para identificación de concentración de área foliar de fósforo y 5 ml de solución B. Se agitó cada muestra hasta que tomó un color azul.

Finalmente el resultado de cada muestra se llevó al fotocolorímetro de marca HACH (DR 3800) para el caso de fósforo de espectrofotómetro 489 fosfato, para obtener la lectura del contenido de P en mg/L, para luego hacer los cálculos para estimar las partes por millón (ppm) que tenía cada muestra por medio de la siguiente formula.

$$ppm (mg/kg) = \frac{\text{peso de la muestra}}{\text{mg/L de cada muestra}} * 1000$$

En el último experimento se evaluó la eficacia de la tierra de diatomeas (TD) para el control de babosas en condiciones de campo. Se emplearon cinco tratamientos, tres de TD: 2 kg/ha, 4 kg/ha y 8 kg/ha, uno con cal agrícola 4 kg/ha (estándar) y un testigo sin tratamiento. Se realizaron dos asperjaciones de los productos con diferencia de 7 días una de otra y en la segunda se adicionó el adherente de uso agrícola PEGAL CS a razón de alcohol graso etoxilado 18, 767 g/l. Se realizó un monitoreo con trampas de 25 x25 cm antes y después de las aplicaciones de TD para determinar el número de babosas por trampa por trampa y estimar el porcentaje de mortalidad en cada tratamiento.

Para todos los experimentos se utilizaron diseños de bloque al azar con diferentes tratamientos establecidos y cuatro replicas. Las unidades experimentales (réplicas) fueron parcelas de plantaciones de fresa de entre un año y año y medio de la variedad Albión de al menos 20m², en la vereda Monteadentro del Municipio Pamplona, a una altura entre 2400 y 2600 m.s.n.m.

Los datos de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza. Previamente se sometieron a un análisis de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Los datos en porcentajes se transformaron en $2 \arcsin \sqrt{\%/100}$. Las medias se compararon por el test de Tukey ($P < 0,05$). Se utilizó paquete estadístico SPSS para Windows versión 21.

Resultados y discusión

No hubo diferencia entre los tratamientos para la variable incidencia de la enfermedad fungosa *R. tulasnei*, mientras que la severidad de la enfermedad se redujo por el tratamiento MM (que alcanzó 22%) con respecto al testigo sin sanear, pero no con respecto al resto de los tratamientos. El Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de la incidencia fue menor para los biopreparados MM, Caldo Rizósfera y el fungicida químico Dithane, mientras que para la severidad el ABCPE, fue menor para MM (Tabla 1)

Tabla 1. Resultado del análisis estadístico para la enfermedad causada por el hongo *Ramularia tulasnei* Fuckel (*Mycosphaerella fragariae* (Tul.)) en hojas de fresa según los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)	ABCPE (INC.)	ABCPE (SEV.)
T. saneado	50 a	27 ab	67,81 bc	23,59 c
Biopreparado P1	55 a	28 ab	71,31 ab	25,69 b
Biopreparado P2	52 a	27 a	69,82 b	26,56 b
M. de Montaña (MM)	51 a	22 b	59,85 d	19,84 d
C. Rizósfera (CR)	48 a	23 ab	63,61 cd	21,84 c
Biopreparado meconio	50 a	26 ab	70,35 b	25,67 b
M. Eficientes (M6)	50 a	27 ab	68,33 bc	26,51 b
Fungicida Dithane	51 a	25 ab	67,02 bc	23,59 c
Testigo sin sanear	51 a	28 a	77,17 b	31,04 a
Coefici. Variac. (%)	23	10	10	20
Error típico*	0,041	0.01	1,3	3,21

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Aunque desde el punto de vista estadístico se observaron resultados positivos la enfermedad alcanzó un 22 % de severidad en las hojas lo cual mantiene un alto potencial de inóculo en estos órganos con alto para riesgo para la infección en los frutos y las flores, sobre todo si no se acompaña el proceso del cultivo con labores de saneamiento, actividad que encarece el cultivo y no se realiza por los agricultores.

No hubo diferencia entre los tratamientos para la variable incidencia de la enfermedad fungosa antracnosis en las hojas de fresa, mientras que la severidad de la enfermedad se redujo con respecto al testigo con varios tratamientos con los mejores resultados para el tratamiento ME (que alcanzó 22%) y Caldo Rizósfera (24%). El ABCPE de la incidencia fue menor para los biopreparados ME, Caldo Rizósfera aunque otros tratamientos como P2 y el fungicida químico Dithane no se diferenciaron de estos, mientras que para la severidad el ABCPE, fue menor para ME y Caldo Rizósfera (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado del análisis estadístico para la enfermedad antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en hojas de fresa según los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)	ABCPE (INC).	ABCPE (SEV).
T. saneado	51 a	25 cd	62,65 ab	21,73 cd
Biopreparado P1	50 a	28 ab	59,15 bcd	23,01 bc
Biopreparado P2	50 a	27 abc	57,22 cde	22,57 bcd
M. de Montaña (MM)	48 a	22 e	54,16 e	18,51 f
C. Rizósfera (CR)	52 a	24 de	55,03 de	19,72 ef
Biopreparado meconio	50 a	27 abc	59,15 bcd	22,73 bcd
M. Eficientes (M6)	47 a	27 abcd	60,20 abc	23,8700
Fungicida Dithane	50 a	25 bcd	57,75 cde	21,10 de
Testigo sin sanear	50 a	29 a	64,22 a	28,29 a
Coefici. Variac. (%)	17	9	6	9
Error Típico*	0,04	0,01	0,9	0,35

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Aunque desde el punto de vista estadístico en el control de la antracnosis en la hojas se observaron resultados positivos y similares al fungicida químico, la enfermedad alcanzó entre 22 y 24% de severidad en las hojas en los mejores tratamientos.

La incidencia de la antracnosis en los frutos de fresa se redujo con respecto al testigo sin sanear en varios tratamientos siendo los más destacados el testigo saneado, el biopreparado M6 y el fungicida Dithane, pero los niveles de frutos afectados en estos tratamientos alcanzaron entre 48 y 55%. El ABCPE del resto de los tratamientos menores al del testigo sin sanear (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado del análisis estadístico para la enfermedad antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos y flores según los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	frutos		flores	
	INCIDENCIA (%)	ABCPE	INCIDENCIA (%)	ABCPE
T. saneado	55 bc	5124,00 b	47 bc	4968,25 c
Biopreparado P1	56 b	5656,00 b	47 bc	4989,25 c
Biopreparado P2	60 b	6123,25 b	49 b	5297,25 b
M. de Montaña (MM)	58 b	5944,75 b	50 b	5192,25 c
C. Rizósfera (CR)	57 b	5838,00 b	49 bc	5054,00 c
Biopreparado meconio	56 b	5304,25 b	49 bc	5019,00 c
M. Eficientes (M6)	54 bc	5367,25 b	48 bc	5145,00 c
Fungicida Dithane	48 c	5288,50 b	40 c	4525,50 c
Testigo sin sanear	75 a	8527,75 a	66 a	7304,50 a
Coefici. Variac. (%)	20,0	20,54	19,5	21,0
Error Típico*	0,035	212	0,04	222

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

En cuanto a la antracnosis en flores todos los tratamientos tuvieron menos incidencia que el testigo sin sanear destacándose Caldo Rizósfera, M6, Biopreparado de Meconio y Dithane. En cuanto al ABCPE todos los tratamientos alcanzaron menores valores que el testigo, pero los mejores tratamientos permitieron entre un 40 y 48% de frutos afectados que son valores relativamente altos.

No hubo diferencia entre los tratamientos para la variable incidencia de la pudrición por el hongo *Botrytis cinerea* en los frutos de fresa enfermedad, que no sobrepasó el 7% de incidencia. El ABCPE resultó menor para todos los biopreparados con respecto al testigo sin sanear (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado del análisis estadístico para la enfermedad pudrición por el hongo *Botrytis cinerea* en frutos de fresa según los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	Incidencia (%)	ABCPE
--------------	----------------	-------

T. saneado	2,5 a	186,25 b
Biopreparado P1	2,5 a	218,75 b
Biopreparado P2	2,5 a	218,75 b
M. de Montaña (MM)	1,3 a	148,75 b
C. Rizósfera (CR)	2,5 a	183,75 b
Biopreparado meconio	3,8 a	201,25 b
M. Eficientes (M6)	1,3 a	183,75 b
Fungicida Dithane	2,5 a	105,00 b
Testigo sin sanear	6,3 a	525,00 a
Coefici. Variac. (%)	6,61	16,03
E. Típico*	0,035	38

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Al final del experimento de tratamientos foliares no hubo diferencia estadística de la incidencia de la mancha en hojas de bacteria *Xanthomonas fragariae*, sin embargo con relación a la severidad los tratamientos con los biopreparados MM, CR y Dithane tuvieron menores niveles que el testigo sin sanear aunque otros tratamientos no difirieron de estos pero tampoco del testigo absoluto. (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado del análisis estadístico para la enfermedad mancha bacteriana *Xanthomonas fragariae* en hojas de fresa, según los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)	ABCPE INC	ABCPE SEV
T. saneado	52 a	25 cde	66,15 bc	22,48 d
Biopreparado P1	48 a	27 ab	61,60 cde	23,38 c
Biopreparado P2	52 a	27 ab	63,08 bcd	24,23 bc
M. de Montaña (MM)	50 a	22 e	57,66 e	19,21 d
C. Rizósfera (CR)	47 a	23 de	60,81 de	20,80 d
Biopreparado meconio	51 a	27 abc	65,18 bcd	24,09 bcd
M. Eficientes (M6)	47 a	27 abc	67,28 b	24,09 b
Fungicida Dithane	51 a	25 bcd	63,96 bcd	23,15 cd
Testigo sin sanear	53 a	28 a	72,62 a	29,75 a
Coefici. Variac. (%)	2,5	9	7,4	20
Error Típico*	0,031	0,015	1,05	0,34

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

El análisis de la ANOVA mostró que para la enfermedad *Fusarium* sp se pudo observar que se logró menor porcentaje de incidencia con la aplicación de los biopreparados MM, CR y M6 y los productos benomyl y Fostito de sodio, al diferir del testigo (25,62%), lo cual no ocurrió con el tratamiento de *Trichoderma*. Similar situación desde el punto de vista estadístico se presentó para el ABCPE de *Fusarium* sp. Para *Phytophthora fragariae* se verificó que el valor de incidencia fue mayor para el testigo (36,25%), con diferencia estadística con CR y M6 quedando MM, Benomil, *Trichoderma* y Fosfito de potasio intermedios desde el punto de vista estadístico pero con diferencia con el testigo también. El ABCPE fue menor para la dinámica de la enfermedad por *P. fragariae* para los tratamientos CR, M6, MM y Benomil (Tabla 6).

Tabla 6. Resultado del análisis estadístico para las enfermedades radiculares *Fusarium* sp. y *Phytophthora fragariae* según los diferentes tratamientos

Tratamientos	<i>Fusarium</i> sp		<i>Phytophthora fragariae</i>	
	Incidencia (%)	ABCPE	Incidencia (%)	ABCPE
Caldo Rizósfera (CR)	5,00 bc	376,25 bc	7,50 d	498,75 c
Micror. de Montaña (MM)	2,50 c	157,50 c	11,25 bcd	700,00 bc

M. Eficientes (M6)	5,00 bc	402,50 bc	9,375 cd	581,87 bc
<i>Trichoderma</i>	13,12 ab	861,87 ab	18,75 b	936,25 b
Fungicida Benomil	5,00 bc	315,00 bc	13,12 bcd	669,37 bc
Fosfito de potasio (fungicida)	6,25 bc	525,00 bc	15,0 bcd	936,25 b
Testigo	25,62 a	1430,62 a	36,25 a	1627,50 a
Coefici. Variac. (%)	15	20,1	12	19.9
Error Típico*	0,07	125,54	0,05	93,7

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Los bioproductos Caldo Rizósfera y MM mostraron resultados similares que al fungicida protectante Dithane contra mancha por *Ramularia*, la antracnosis en hojas, flores y frutos, la pudrición por *Botrytis* y la mancha bacteriana, aunque no logran reducir los niveles de la enfermedad a niveles deseados.

Para estas enfermedades foliares las posibilidades de los biopreparados de mayor efecto MM y CR sería su incorporación en los momentos de periodos prolongados de cosecha para evitar la contaminación alta de los frutos que van al mercado con residuos químicos y hacer un manejo con los fungicidas en rotación con los productos sistémicos de mayor acción (derivados de los triazoles o de las estrobirulinas), en los periodos en que la fresa pasa a un periodo de recuperación vegetativa para reducir la fuente de inóculo.

Los biopreparados Caldo Rizósfera, ME y M6 resultaron similares al fungicida sistémico Benomil y a Fosfito de sodio para el control de las enfermedades radicales y mantuvieron los niveles de incidencia de *Fusarium* sp. en niveles iguales o inferiores al 5% (CR y M6) y de *Phytophthora fragariae* en niveles por debajo de 10% de incidencia (CR, MM y M6).

Los niveles de plantas de con síntomas de carencia de fósforo (P) se redujeron con relación al testigo y también en relación a la aplicación foliar del fertilizante que contenía P_2O_5 . En los tratamientos donde se aplicó M6 y CR. De forma similar ocurrió con la severidad de los síntomas de carencia de P cuando se aplicó M6 y CR, solo que para esta variable si el tratamiento con la aplicación de P_2O_5 , si fue mejor que el testigo. El contenido de P foliar fue mayor estadísticamente en los tratamientos con CR y M6 (Tabla 7).

Tabla 7. Resultado del análisis estadístico para los síntomas de carencia foliar de fósforo y la concentración de fosforo en hojas (P_2O_5) según los diferentes tratamientos

Tratamientos	síntomas de carencia foliar de fósforo		Concentración foliar de P
	Incidencia %	Severidad %	P_2O_4 mg/Kg
Testigo	100,0 a	63,5 a	9,5 c
Biopreparado P1	95,0 b	37,0 de	17,7 c
Biopreparado P2	92,5 b	42,0 cd	21,2 bc
M. de Montaña (MM)	92,5 b	48,5 bc	22,09 bc
Caldo Rizosfera (CR)	32,5 c	7,0 f	35,3 a
B. meconio	95,0 b	55,5 ab	21,3 bc
M. Eficientes (M6)	30,0 c	6,0 f	33,3 ab
P_2O_5 Foliar (Folyfos)	85,0 a	26,5 e	16,7 c
C. Variación (%)	10,8	9,9	20,01
Error Típico	0,08	0,05	2,68

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Caldo Rizósfera y M6 disminuyeron en mayor medida la incidencia y severidad de la deficiencia de fósforo y favorecieron una mayor concentración de fósforo en las hojas por lo que estos bioproductos que ya resultaron efectivos para hongos del suelo causante de afectaciones radicales y en determinada medida contra enfermedades foliares, al incluirse en un programa de manejo en el cultivo de la fresa pueden jugar varias funciones desde el punto de vista fitosanitario y nutricional.

Un caracterización microbiología de los principales grupos taxonómicos de los biopreparados que produce ASPAGRO, puso de manifiesto que en MM predominan los actinomicetos, en CR las bacterias y en M6 hongos y bacterias, y que tienen como factor común que todos contienen actinomicetos y bacterias solubilizadoras de P (Castellanos et al., 2018).

Según Mendez et al. (2007) el Caldo Rizósfera aporta una gran cantidad y diversidad de microorganismos benéficos que son importantes para la nutrición balanceada de la planta y su defensa contra los fitopatógenos, mientras que en otro resultado se informó que en un análisis microbiológico que Caldo Rizósfera tenía mayor población de hongos y de bacterias totales, fijadoras de N₂ y solubilizadoras de fósforo que otros preparados (Viteri et al., 2008)

Los actinomicetos controlan hongos y bacterias patogénicas y también aumentan la resistencia de las plantas, mediante un mecanismo de producción de antibióticos que provocan inhibición de patógenos del suelo y benefician el crecimiento y la actividad de *Azotobacter* y de las micorrizas (Coutinho, 2011).

Según Kibblewhite et al. (2015) la diversidad microbiana y los procesos en el suelo son llevados a cabo por "consorcios microbianos" cuya característica principal es la diversidad funcional más que la de grupos taxonómicos mientras que Peralta et al. (2016) caracterizaron un biopreparado líquido fermentado anaeróticamente a partir de excreta fresca, que entre sus atributos no estaba la cantidad de microorganismos, sino el contenido de N, P, K y micronutrientes, aunque utilizan en el proceso un inoculante de un consorcio microbiano de bacterias ácido láctico, que contiene bacterias probióticas del género *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium*.

Algunos actinomicetos han sido descritos como agentes de biocontrol por la capacidad de producir enzimas biodegradativas como quitinasas, glucanasas, peroxidasas y otras (Arasu et al., 2016).

Entre los patógenos de la fresa donde se han destacado la acción de los antagonistas está *Botrytis cinerea* pudiéndose mencionar los trabajos de Quezada (2011) quien comprobó la eficacia de *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* y un complejo biológico a base de bacterias benéficas similar a los resultados obtenidos en el presente estudio, así como el de Merchan et al. (2014), quienes en una investigación donde se evaluaron a *Trichoderma harzianum* y a *T. lignorum* contra *B. cinerea* en fresa se redujo la incidencia y la severidad de la enfermedad.

Según Restrepo et al. (2015) los géneros bacterianos con mayores potencialidades de uso como solubilizadores de P son *Pseudomonas* y *Bacillus* debido a que sus principales mecanismos de acción incluyen la producción de ácidos orgánicos, la quelación de los elementos responsables de la insolubilidad de los fosfatos presentes y asimilación directa de fosfatos insolubles por lo los presentes resultados apoyan estos a partir de los microorganismos informados por Castellanos et al (2018) en M6 y CR.

Con relación al control de babosas con tierras de diatomeas, a los 7 días de la primera aplicación la TD a 4 kg/ha causó un 43,48% de mortalidad y la cal agrícola un 45,65% sin diferencia estadística con el tratamiento de la TD a 4 kg/ha, sin embargo estos tres tratamientos superaron al de TD a 2 kg/ha. A los siete días después de la segunda aplicación los mayores niveles de eficacia se observaron en la TD a los 8 kg/ha con 92,38% de mortalidad, el resto de tratamientos quedaron por debajo de este, aunque en todos las eficacias superaron el 60% establecido por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal (2014).

Tabla 8. Eficacia de la tierra de diatomea (TD) contra babosas en condiciones de campo después de la primera aplicación

Tratamientos	Mortalidad (%) Siete días	Tratamientos	Mortalidad (%) Siete días
TD 2 kg/ha	35,22 a	TD 2 kg/ha	79,52 b
TD 4 kg/ha	44,35 a	TD 4 kg/ha	86,52 b
TD 8 kg/ha	43,48 a	TD 8 kg/ha +Pegal	95,24 a
Cal Agrícola 4 kg/ha	45,65 a	Cal Agrícola 4 kg/ha	82,38 b
C.V. (%)	3,051	C.V. (%)	1,076
Error Típico*	0,103	Error Típico*	0,080

Nota: TD: Tierra de diatomea. Fuente: diseño propio, 2017

* Letras desiguales en las columnas difieren para P≤0,05 por la prueba de Tukey

Los resultados mostraron superioridad de la dosis más alta de TD (8 kg/ha) con respecto a su persistencia en el tiempo ya que desde los tres días manifestaba más de 90% de mortalidad, por lo que se refleja que hay un efecto acumulativo de la tierra de diatomea en la segunda aplicación con respecto a la primera. A esto hay que adicionar el efecto positivo que pudo haber jugado el PEGAL como adherente, porque durante la semana de evaluación o posterior se presentaron lluvias en el área del experimento.

Otros investigadores como Martín et al. (2017) al realizar las evaluaciones contra moluscos en condiciones de campo con seis extractos de las especies botánicas sobrepasan el 70 % de mortalidad a las 72 horas.

Nodarse et al. (2015) también hacen referencia de la necesidad de realizar una segunda aplicación con jugos de plantas de la familia agavácea ricos en saponinas para lograr mayor eficacia de los tratamientos contra los moluscos en condiciones de organopónicos.

La aplicación en el cultivo de la fresa de la TD puede tener efectos adicionales por su alto contenido de SiO₂, (Bilbao et al., 2007) que puede conferir un efecto de resistencia de la planta al ataque de insectos como han planteado algunos investigadores (Castellanos et al., 2015a,b).

Conclusiones

Los presentes resultados demuestran que es posible sustituir las aplicaciones de fungicidas químicos para el control de enfermedades causadas por hongos del suelo en la fresa y parcialmente los fungicidas foliares con MM, M6 y CR. De igual forma puede atenuarse la carencia de fósforo con alguno de los biopreparados locales (M6 y CR), así como controlar las babosas con tierra de diatomeas, lo que permite incorporar nuevas alternativas para que sean validadas en la producción más limpia del cultivo de fresa en las condiciones de Pamplona, Norte de Santander.

Referencias

Arasu, M.V., Esmail, G.A., Al-Dhabi N.A., Ponmurugan K. 2016. Managing Pests and Diseases of Grain Legumes with Secondary Metabolites from Actinomycetes. In: Subramaniam G., Arumugam S., Rajendran V. (eds) Plant Growth Promoting Actinobacteria. Springer, Singapore.

BID. 2009. Banco Interamericano de Desarrollo. Manual Práctico de Uso de EM. Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR. Uruguay. 35pp.

Bilbao, M.L., Mañá M.O., Murúa, F. 2007. Evaluación del efecto insecticida de tierra de diatomeas sobre *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae) Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 24, 2, 179-181.

Cámara de Comercio. 2015. *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial*. Bogotá D.C: Cámara de comercio de Bogota.

Campbell, C.L., Madden L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wile y Sons. NY. 532p.

Cano, T. 2013. Estrategias Biológicas Para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria ssp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7, 2, 263-276

Castellanos, L. Céspedes, N., Sequeda, A., Jaime, J.E., Niño, L.J. 2018. Caracterización microbiológica de cinco biopreparados artesanales. *Revista Científica Agroecosistemas*. , 6 (1): n-n, (en prensa).

Castellanos, L. Mello, R., Barbosa, G., Silva, C.N., Fernández, O., Pereira, R., Rosatto, L., Alvarez R. 2015. Daños por *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz en función de nitrógeno, potasio y silicio. *Revista Protección Vegetal*, 30, 3

Castellanos, L., Silva C.N., Mello, R. 2015. Silicon in the crop resistance to agricultural pest. *Cultivos Tropicales*, 36, No especial, 18-26.

Castro-Barquero, L., Murillo-Roos, M., Uribe-Lorío, L. y Mata-Chinchilla, R. 2015. Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y Microorganismos de Montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39 (3), 21-36

Centro Nacional de Sanidad Vegetal. 2014. *Manual del Inspector de Protección de Plantas*. La Habana. 49p

Ciba Geygi., 1981, *Manual de ensayos de campo* en producción vegetal, 2.aed., Basilea, Suiza,

Coutinho, F.M. 2011. Programa de extensão "Divulgação das Plantas Mediciniais, da Homeopatia e da Produção de Alimentos Orgânicos". En Cuaderno los Microorganismos Eficientes (EM). Instruções práticas sobre uso Ecológico e social do EM. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

Escobar, R. 2015. Las prácticas agrícolas y su incidencia en la calidad y productividad de fresas (*Fragaria vesca*) variedad Albión, Ecuador III Congreso Científico Internacional UNIANDES, <http://www.uniandes.edu.ec/web/wp-content/uploads/2016/04/Las-pr%C3%A1cticas-agr%C3%ADcolas-y-su-incidencia-en-la-calidad-y-productividad-de-fresas-Fragaria-vesca-variedad-Albi%C3%B3n.pdf>. Ultimo acceso 4 de abril de 2018.

Kibblewhit, E. M., Ritz, K., Swift M. 2015. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences* 363, (1492), 685-701 |

Méndez, M. J, Viteri, S.E. 2007. Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. *Agronomía Colombiana* 25, 1, 168-175.

Merchán-Gaitán, J.B., Ferrucho R.L., Álvarez J. G. 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.

Ortiz, R., Villadiego, J., Cardona, C. 2011. Valoración de los impactos ambientales totales generados por el uso de plaguicidas en actividades ganaderas en el municipio de pamplona-norte de Santander-Colombia. *Revista de Didáctica Ambiental*, 7, 10, 8p.

Peralta L., Juscamaita J., Víctor Meza V. 2016. Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15,1, 1-10

Quezada, A.P. 2011. Evaluación del comportamiento de fungicidas microbiológicos en la prevención de *Botrytis* en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*). Tesis en opción al grado de Master en gestión de la producción de flores y frutas andinas para exportación. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Restrepo G. M., Marulanda S., Fe-Pérez Y., Díaz A., Vera L., Hernández-A. 2015. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46, 1,63-76.

Viteri, S.E., Granados, M., González, A.R. 2008. Potencial de los caldos rizósfera y súper cuatro como biofertilizantes para la sostenibilidad del cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa*). *Agronomía Colombiana* 26, 3, 517-524.