

**FUNDACIÓN
PRODUCE**

Sinaloa A.C.

ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO



**MICROORGANISMOS NATIVOS DE SUELOS DEL NORTE
DE SINALOA PARA EL CONTROL DE FUSARIUM**

Responsable
Ignacio Eduardo Maldonado Mendoza

Institución
Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional

ISBN 978-607-8347-04-9

Microorganismos nativos de suelos del norte de Sinaloa para el control de *Fusarium*

Responsable

Ignacio Eduardo Maldonado Mendoza

Institución

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias

ÍNDICE

Introducción.....	7
Objetivos	9
Paquete tecnológico.....	10
Resultados obtenidos	14
Productos obtenidos.....	15
Conclusiones	16

Primera edición: Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014

D. R. © 2014 Ignacio Eduardo Maldonado Mendoza

D. R. © 2014 Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Gral. Juan Carrasco, núm. 787 norte, Culiacán, Sinaloa, C. P. 80000

www.fps.org.mx

direcciongeneral@fps.org.mx

Tel. (667) 7120216 y 7120246

Colección: Tecnologías para el productor

ISBN 978-607-8347-049

Prohibida la reproducción parcial o total de la presente publicación por cualquier medio, sin la previa autorización por escrito de los propietarios de los derechos reservados.

Editado y hecho en México

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto *Validación de microorganismos nativos de suelos del norte de Sinaloa para el control de Fusarium en el cultivo del maíz*, es un trabajo de continuidad del proyecto *Obtención y evaluación de un banco de germoplasma de microorganismos nativos de Sinaloa asociados a maíz para desarrollar bioprotectores para el control de Fusarium*. Este fue financiado por Fundación Produce Sinaloa a partir del período enero a mayo del 2009.

El objetivo final del proyecto global es la obtención de un producto agrobiológico en base a un microorganismo o a microorganismos nativos de Sinaloa, antagonistas a *Fusarium* que puedan ser empleados en el campo para el control de la fusariosis en maíz.

La propuesta de este proyecto incluye la validación de un microorganismo en campo y pruebas con los tres mejores antagonistas en laboratorio contra aislados patogénicos de *Fusarium* por lo cual se alinea a la demanda del empleo de la validación de microorganismos nativos de suelos de Sinaloa.

Se describe brevemente a continuación lo que se ha realizado para poder llegar al punto actual en el proyecto, que es la validación de la tecnología del uso de un formulado en polvo en base a esporas de un microorganismo nativo para el control de la fusariosis del maíz en Sinaloa desarrollada en el presente proyecto.

Los puntos más relevantes que han llevado a esta propuesta son los siguientes:

1. Se generó y se mantiene a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ una colección de 11 520 microorganismos nativos de Sinaloa viables aislados de la rizosfera de maíz. Estas bacterias congeladas a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ pueden ser usadas en alguna otra enfermedad del suelo en maíz u otros cultivos.

2. Se inventarió la colección de microorganismos adjudicándole un nombre a >7000 aislados a través de técnicas de biología molecular. Este análisis ha permitido ubicar aquellos microorganismos de relevancia biológica al desarrollo de la fusariosis del maíz en campo y permite la búsqueda de microorganismos de importancia agroindustrial para el maíz y otros cultivos de manera rápida y eficiente.

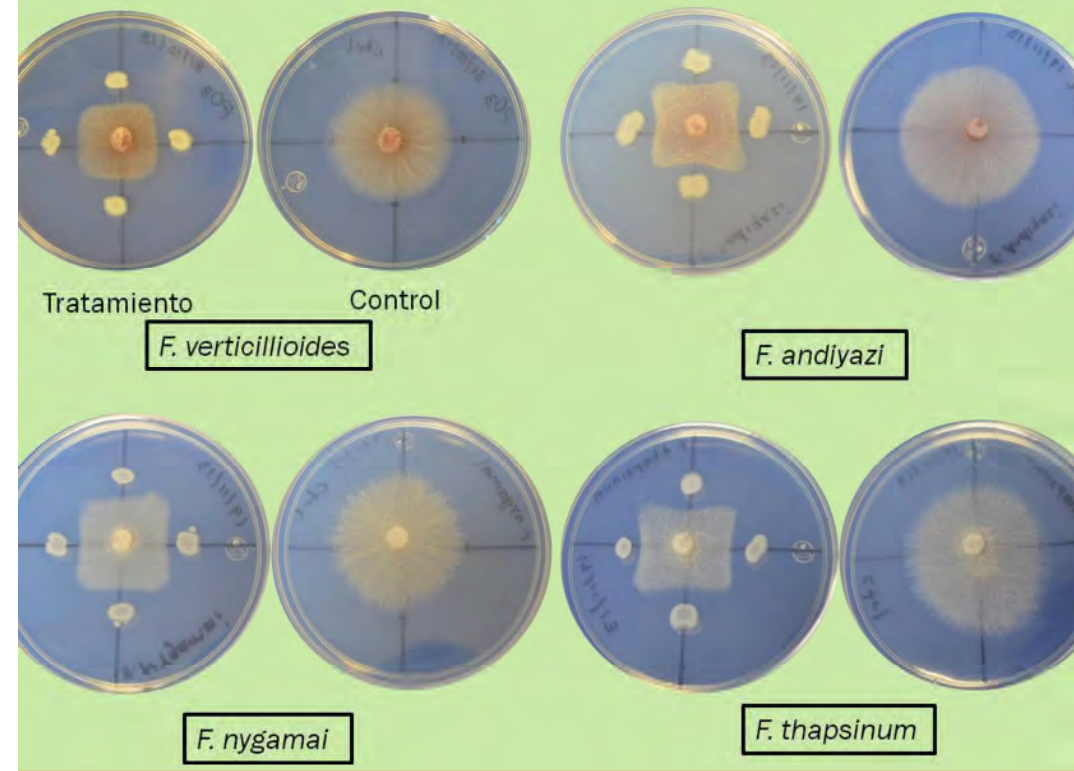
3. Se obtuvo una colección de 121 aislados de *Fusarium* spp. a partir de maíz infectado por *Fusarium*. A la fecha se han identificado 88 como *F. verticillioides*, 29 como *F. nygamai* y 2 como *F. thapsinum*. Estos hongos están caracterizados en base a genotipificación y a su patogenicidad (agresividad) y actualmente analizamos el efecto de las tres mejores bacterias antagonistas sobre los diversos aislados, proceso que continuará en 2013-2014 con pruebas en maceta.

4. Se han seleccionado de los 11 520 microorganismos en diferentes ensayos *in vitro* inicialmente 622 aislados (en un ensayo masivo en líquido). En medio sólido se acortó esta lista a 42 potenciales antagonistas, se eliminaron aquellos aislados patogénicos al humano quedándonos con 14 de estos 42 aislados. En pruebas en plantas de maíz blanco (híbridos Cebú y Garañón se seleccionaron tres potenciales antagonistas para probar en campo: una cepa de *Bacillus subtilis*, una de *B. megaterium* y otra de *B. cereus*.

5. Estas tres cepas se probaron en campo en el ciclo 2011-2012 y 2012 y 2013 y a la fecha se ha obtenido en el primer ciclo de validación que *B. cereus* es el mejor antagonista en campo reduciendo la severidad e incidencia de la fusariosis en mazorca y tallo significativamente en campo y actualmente (febrero 2013) en el ciclo 2012-2013 se prueba esta bacteria en campo con tres híbridos diferentes en la segunda prueba de validación.

6. En el ciclo 2011-2012 se realizó la optimización del escalamiento del inóculo con las tres cepas en fermentadores de 3 litros para contar con suficiente inóculo para las pruebas en campo. Actualmente se está finalizando la optimización en fermentador de 3 litros para la producción de esporas de *B. cereus* y la elaboración de un formulado en polvo a base de esporas de la bacteria.

En el ciclo 2013-2014 se realizará la validación de esta tecnología desarrollada por nuestro grupo: el formulado en polvo a base de esporas de *B. cereus* en el laboratorio (pruebas de vida de anaquel, viabilidad, etcétera) y en campo (efectividad del producto). Esta tecnología es la que se validará, para eso se solicitan dos ciclos de validación y por eso



se propone el presente proyecto para validarse a dos años.

En estos dos años además evaluaremos el formulado con las diferentes variantes del patógeno *Fusarium verticillioides* y finalizaremos los estudios que hemos iniciado desde el ciclo 2010-2011 acerca del estudio de los mecanismos que emplean estas cepas para el control del hongo. Todos estos datos nos llevarán a proponer el paquete tecnológico de biocontrol de *Fusarium* (a entregar en junio del 2014), así como hacer una propuesta de producción comercial del formulado en polvo (registro del trámite de la patente del formulado a entregar en junio del 2015).

OBJETIVOS

1. Definir el mecanismo de antagonismo principal que emplea *B. cereus* sobre *F. verticillioides*.
2. Evaluar la formulación en polvo en cuanto a vida de anaquel y actividad biológica como agente de control de la fusariosis del maíz en pruebas en plántula.
3. Validar en una prueba en campo la formulación en polvo a partir de esporas de *B. cereus*.

PAQUETE TECNOLÓGICO

Colocación Lote 3

Campo Experimental de Fundación produce Sinaloa (El Realito, El Fuerte)

COLOCACIÓN

El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Con nueve unidades experimentales, de ocho surcos de 110 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; utilizándose semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de ocho semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 100 000 plantas por hectárea.

TRATAMIENTOS

1. Control absoluto
2. Híbrido Garañón + Bc25 (célula viva)
3. Híbrido Garañón + Bc25 (formulado)
4. Costo: 20 000 pesos (16 de diciembre de 2013).

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano. Costo: 30 000 pesos (28 de junio de 2014).

Lote testigo

Lote 3

COLOCACIÓN

El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Con nueve unidades experimentales, de 8 surcos de 110 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; utilizándose semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de ocho semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 100 000 plantas por hectárea (16 de diciembre de 2013).

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano (28 de junio de 2014).



Colocación

Actividad en Invernadero para medición de efectividad del formulado de esporas

Productor cooperante: Juan Carlos Martínez Álvarez (Invernaderos de Investigación Biotecsin, CIIDIR-Sinaloa, Guasave, Sinaloa)

COLOCACIÓN DE EXPERIMENTO

Para verificación de eficiencia del formulado en invernadero. Este experimento fue colocado en tres ocasiones pero se presentaron diferentes problemas experimentales que previnieron se obtuvieran resultados adecuados. Se volvió a colocar a mediados de marzo, el cual se colectará y procesará en el mes de abril. Los resultados serán presentados en el informe final. Costo: 10000 pesos (26 de marzo de 2014).

COSECHA DE EXPERIMENTO EN INVERNADERO

Se midieron parámetros de biomasa seca de raíz y de parte aérea, así como los datos de severidad e incidencia al final del experimento. Costo: 10000 pesos (30 de mayo de 2014).

Lote testigo

COLOCACIÓN DE EXPERIMENTO PARA MEDIR LA EFICIENCIA DEL FORMULADO DE ESPORAS EN INVERNADERO

Este experimento fue colocado en tres ocasiones pero se presentaron diferentes problemas experimentales que previnieron se obtuvieran resultados adecuados. Se volvió a colocar a mediados de marzo, el cual se colectará y procesará en abril. Los resultados serán presentados en el informe final (26 de marzo de 2014).

COSECHA

Se midieron parámetros de biomasa seca de raíz y de parte aérea, así como los datos de severidad e incidencia al final del experimento (30 de mayo de 2014).

Colocación Lote 2

Productor cooperante: Carlos Pérez (Agrícola Juan Cristóbal S.A. de C.V. El Burrión, Guasave)

COLOCACIÓN

El diseño experimental empleado fue de bloques, con tres tratamientos con tres repeticiones. Se delimitaron nueve unidades experimentales, con 16 surcos de 140 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; se utilizaron semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de siete a nueve semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 90 000 a 110 000 plantas por hectárea.

12

TRATAMIENTOS

1. Control absoluto (Garañón)
2. Garañón + Bc25 (célula viva)
3. Garañón + Bc25 (formulado)
4. Costo: 20 000 pesos (6 de diciembre de 2013).

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano. Costo: 30 pesos 28 de mayo de 2014).

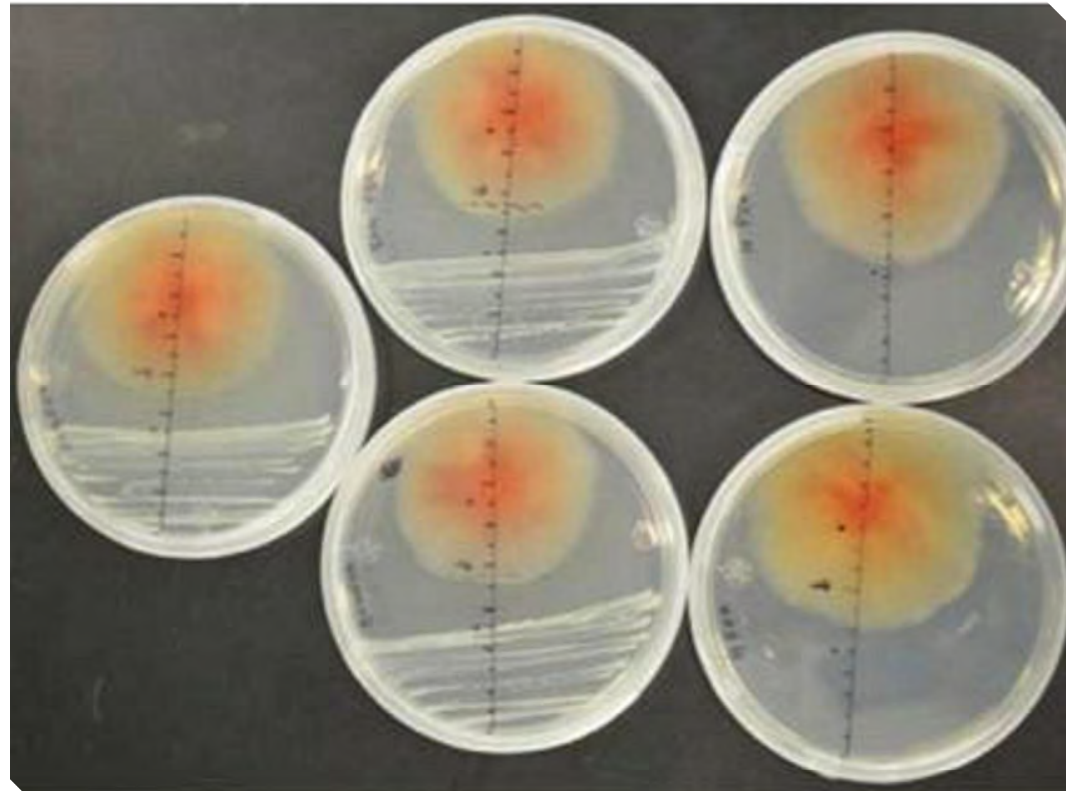
Lote testigo

LOTE 2

El diseño experimental empleado fue de bloques, con tres tratamientos con tres repeticiones. Se delimitaron nueve unidades experimentales, con 16 surcos de 140 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; se utilizaron semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de siete a nueve semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 90 000 a 110 000 plantas por hectárea (6 de diciembre de 2013).

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la



fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano (28 de mayo de 2014).

Colocación Lote 1

Productor cooperante: Roberto Fierro (Ahome, Guasave)

COLOCACIÓN

El diseño experimental empleado fue de bloques, con tres tratamientos y tres repeticiones. Se delimitaron nueve unidades experimentales, con 16 surcos de 140 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; se utilizaron semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de siete a nueve semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 90 000 a 110 000 plantas por hectárea.

TRATAMIENTOS

1. Control absoluto (Garañón)
2. Híbrido Garañón + Bc25 (célula viva)
3. Híbrido Garañón + Bc25 (formulado)
4. Costo: 20000 pesos (25 de noviembre de 2013).

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano. Costo: 30 pesos (8 de junio de 2014).

Lote testigo

LOTE 1 TESTIGO

El diseño experimental empleado fue de bloques, con tres tratamientos y tres repeticiones. Se delimitaron nueve unidades experimentales, con 16 surcos de 140 x 0.8 metros. La preparación del terreno se hizo de acuerdo a la tecnología utilizada por los productores de maíz en la región; se utilizaron semillas de maíz blanco del híbrido Garañón de Asgrow, se depositaron de siete a nueve semillas por metro lineal sobre el lomo del surco en hilera simple, a 80 cm entre surcos, obteniendo una densidad aproximada de 90 000 a 110 000 plantas por hectárea (25 de noviembre de 2013).

14

COSECHA

Se midieron todos los parámetros de incidencia, severidad de la fusariosis en el lote de maíz y se midió productividad al final del cultivo, adicionalmente se tomaron otros parámetros como fumonisinas y aflatoxinas en grano (8 de junio de 2014).

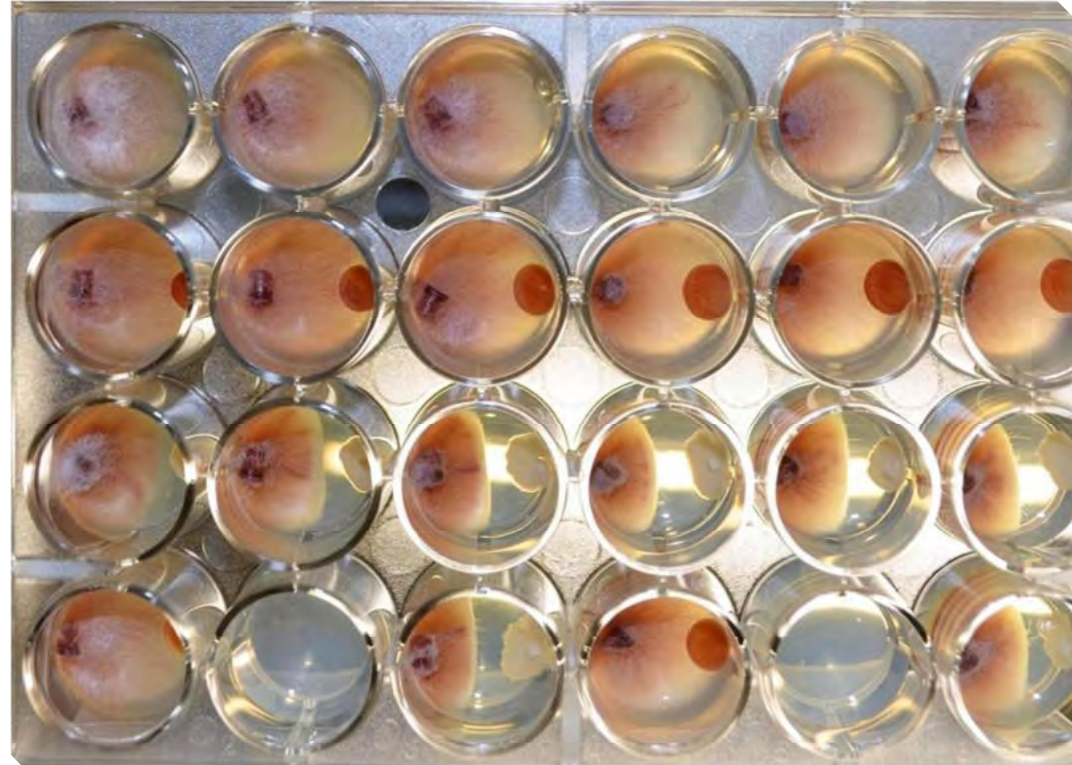
RESULTADOS OBTENIDOS

1. Manual de manejo agronómico concluido donde se describe a detalle el modo de aplicación de *B. cereus* a la semilla de maíz que asegura la efectividad del inóculo disminuyendo la severidad e incidencia de la fusariosis del maíz, así como un aumento en la productividad en base a rendimiento en grano del 10 al 20 % por encima de lotes control que no reciben la bacteria.

2. Propuesta concluida que sugiere el uso de únicamente la cepa B25 de *Bacillus cereus* para el manejo de la fusariosis del maíz en virtud de los resultados obtenidos en las pruebas de validación por tres ciclos consecutivos que muestran una disminución de más del 30% de la incidencia y severidad de la enfermedad al aplicarse únicamente esta cepa y en base a que la cepa afecta a más del 9% de todas las cepas de *Fusarium* probadas en experimentos en el laboratorio.

3. Experimento concluido y reportado en informe trimestral 4.

4. Rendimiento mejorado en 10 a 20% (1 a 2 t/ha, aproximadamente) en cada uno de los lotes donde se realizó la validación (tres lotes diferentes) en los tratamientos que recibieron la bacteria *B. cereus* cepa B25 en líquido o en polvo con respecto a los controles de cada lote.



5. Prototipo comercial de formulado en polvo obtenido con una eficacia probada en experimentos *in vitro*, invernadero y en campo, con una dosis arriba del 1×10^9 esporas por gramo de formulado y con una vida de anaquel cercano al 80% después de seis meses a temperatura ambiente (25 °C).

6. Paquete tecnológico obtenido.

7. Proyección económica de la rentabilidad del control biológico de la enfermedad en el cultivo del maíz en base al prototipo del formulado en polvo bajo las condiciones actuales de producción del inóculo.

PRODUCTOS OBTENIDOS

1. Se elaboró un manual de aplicación de la bacteria a la semilla que asegura su establecimiento adecuado para el control de la fusariosis y beneficios en productividad del cultivo, titulado: *Manual de manejo agronómico para la aplicación de la cepa de Bacillus cereus Bc25 para el control de la fusariosis del maíz*, así como un documento técnico final donde se describe el paquete tecnológico a usar y el análisis de costos de producción del inóculo lo cual ofrece un estimado para su producción y de los gastos que esto implica para el productor.

2. Del mismo modo se obtuvo un prototipo del formulado en polvo que cumple con especificaciones como efectividad y vida de anaquel para el tratamiento de la fusariosis del maíz y que además muestra un aumento en el rendimiento del grano del cultivo de un 10 al 20 %.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvieron los resultados del ciclo 2012-2013 con lo que se validó el uso del bacilo vivo de *B. cereus* para el tratamiento de manera eficaz de la fusariosis del maíz y se elaboró un manual de manejo agronómico del bacilo vivo para la bacterización de semillas.

2. Se propone que para el manejo de la fusariosis en campo es suficiente con emplear la cepa B25 de *B. cereus* para el control de más del 95% de los aislados de *Fusarium* involucrados en la fusariosis.

3. Se validó el formulado en polvo en base a esporas de *B. cereus* en el laboratorio, invernadero y campo mostrando ser eficiente y con larga vida de anaquel. Esto permite disminuir las pérdidas por *Fusarium* e incrementar la producción de grano de maíz hasta por 2 toneladas por hectárea.

4. Se obtuvo el protocolo optimizado para la producción del formulado en polvo de *B. cereus* en lotes producidos en fermentadores de 3 litros.

5. Se conoce uno de los mecanismos de antagonismo que el bacilo usa, la producción de quitinasas, para el control del crecimiento de *Fusarium* en la planta de maíz y se tiene el genoma del *B. cereus* para poder proteger el bacilo en la patente.

6. Se tiene un paquete tecnológico empleando el formulado en polvo a base de esporas de *B. cereus* que funciona de manera efectiva disminuyendo la fusariosis del maíz y aumentando la producción de grano en 1 a 2 toneladas por hectárea.

7. Se tiene un documento que reporta el beneficio que esta tecnología representa para el productor que permite aumentar la rentabilidad del sistema-producto.

Nombre del proyecto

Validación de microorganismos nativos de suelos del norte de Sinaloa para el control de Fusarium en el cultivo del maíz.

COMITÉ EDITORIAL DE FUNDACIÓN PRODUCE SINALOA A.C.

Coordinador de Seguimiento a Proyectos
Ing. Julio César Zamudio Loaiza

Coordinador del Programa Estatal
de Divulgación y Capacitación
M.C. José Nedel Sánchez Valencia

Coordinador Operativo zona norte
Ing. José Rodolfo Angulo Santos

Coordinador Operativo zona centro
Dr. Tomás Díaz Valdés

Coordinador Operativo zona sur
M.C. César Óscar Martínez Alvarado

Corrector de Estilo
Lic. Óscar Paúl Castro Montes

Agradecemos a

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



por el financiamiento al proyecto y a la publicación
y a

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

por ser la institución responsable de la investigación.

Microorganismos nativos de suelos del norte de Sinaloa para el control de
Fusarium en maíz

editado por Fundación Produce Sinaloa, A.C,
siendo el coordinador del área de Divulgación
José Nedel Sánchez Valencia,
se terminó de imprimir en

Manjarrez Impresores, S. A. de C. V.,
José Aguilar Barraza 140 Poniente, Jorge Almada,
Culiacán, 80200 (Sinaloa)
en el mes de diciembre de 2014.

La corrección de estilo estuvo a cargo de Óscar Paúl Castro Montes.
El diseño, a cargo de Loreto Monzón Márquez.

Se realizó con tipos Times NewsGothBT de
11 y Zurich Cn Br 11 puntos.

La edición consta de 500 ejemplares.

Interiores impresos en papel Bond de 75 gramos,
y la portada impresa en papel couche de 300 gramos.

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

CONSEJO CONSULTIVO ZONA NORTE

Carretera México-Nogales, km 1609
Tel. (687) 896-16-70
Juan José Ríos, Guasave,
Sinaloa

OFICINAS CENTRALES

Gral. Juan Carrasco núm. 787 nte.
Culiacán, Sinaloa
Tel./Fax (667) 712-02-16 y 46
Correos electrónicos:
direcciongeneral@fps.org.mx
divulgacion@fps.org.mx

www.fps.org.mx

www.fps.org.mx

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PECUARIA Y ALIMENTACIÓN



*Este programa es público, ajeno a cualquier partido político.
Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa*