

Utilización del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en tratamientos de semillas de maíz

Trabajo Final de Grado del alumno



Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales
Universidad Nacional del noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Pergamino, 29 de junio de 2023

...-

Agradecimientos

Primeramente, quiero darle las gracias a mi director Ing. Agr. Gustavo González Anta por confiar en mi para llevar a cabo juntos este proyecto, por su paciencia, dedicación y guía continua. En conjunto a él quiero agradecerle también al laboratorio INDRASA biotecnología por brindarme las herramientas, el soporte y la materia prima para la realización del trabajo.

A la empresa Corteva Agriscience y su gerente de operaciones de campo Ing. Agr. Leandro Albanese por donar la semilla y los productos fitosanitarios utilizados en este proyecto.

A mi abuelo José por inculcarme la pasión por el campo y por supuesto por facilitarme el espacio físico donde se llevó a cabo el ensayo.

Quiero agradecerle también a toda mi familia por el gran apoyo durante todos los años de estudio, y una mención especial a mi tía abuela Mary y su familia por recibirme desinteresadamente y darme un techo para poder continuar con mis estudios; y a mi familia política por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir uno más desde el primer día.

También agradecerle al sector Forrajeras de INTA Pergamino, en especial a Nelson Fioravanti por su cooperación, ayuda y soporte. Al sector de Maíz y Banco de germoplasma por prestarme las instalaciones y las herramientas para la cosecha manual del ensayo.

No quiero dejar de mencionar a la institución que me permitió estudiar la carrera que tanto me apasiona sin tener que alejarme cientos de kilómetros de mi familia, muchas gracias UNNOBA.

A mis amigos, por estar siempre cerca, por el apoyo incondicional y por entender las veces que no podía por estar enfocado en mi carrera.

A mis padres, Silvina y Fabián, por darme la libertad de elegir y seguir mis sueños. Por estar presentes a su manera, dando todo lo que estaba a su alcance, por preocuparse, por alegrarse cada vez que estaba más cerca de la meta y también por ser mis ayudantes de campo en varias de las actividades de este proyecto.

A Dios y María por acompañarme en cada paso, por darme tranquilidad y paz.

Y por último y no por eso menos importante, a mi esposa Cecilia por bancarme y acompañarme como desde hace 10 años. Por ser mi ayudante de campo, de redacción, por darme tranquilidad en momentos difíciles y por no dejarme bajar los brazos nunca.

¡Muchas gracias!

Índice

1. Introducción	4
a. El cultivo de Maíz	4
b. Morfología y eco fisiología	4
c. Promoción del crecimiento	7
d. <i>Beauveria bassiana</i> (Bb).....	8
2. Hipótesis	10
3. Objetivo general	10
4. Objetivos específicos	10
5. Materiales y métodos	11
a. Ubicación geográfica y diseño experimental.....	11
b. Modelo.....	12
c. Tratamientos.....	13
d. Análisis de laboratorio.....	15
e. Determinaciones de parcela.....	15
f. Análisis estadístico.....	16
6. Cronograma de actividades.....	16
7. Resultados	17
8. Discusión	23
10. Conclusiones	27
11. Bibliografía	29
12. Anexos	33

Introducción

El cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays*) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Uno de los principales cultivos producidos a nivel mundial (FAOSTAT, 2020), con una producción de 1.100 millones toneladas (Tn) aproximadamente en la campaña 2019/2020 (USDA, 2020). En Argentina, el maíz es el segundo cultivo por debajo de la soja, con una producción de 39.783.624 Tn, en 2016 (MA, 2020). Se utiliza para consumo humano, de animales y en una gran variedad de productos industriales (FAOSTAT, 2020). Además, en los últimos años, una gran parte de lo cosechado está siendo derivado para la obtención de combustibles (GBEP-FAO, 2008).

Para poder hacer frente a la demanda creciente de este cultivo es necesario disminuir la brecha existente entre el rendimiento actual y el potencial (Cassman *et al.*, 2003; Fischer y Edmeades, 2010).

La superficie sembrada con cultivo de maíz en nuestra zona viene con un lento, pero constante crecimiento. Desde hace unos años se incrementó la presión, por parte de la sociedad, de producir de manera sustentable y con la menor utilización de productos químicos (Mascarin y Jaronski, 2016).

El país está enfrentando cambios relevantes en su sistema de producción agrícola, ya que el maíz se está sembrando con posterioridad a la fecha temprana normalmente recomendada. Actualmente, cerca del 60% de maíz sembrado en el país se siembra en fecha tardía (PAS, 2015).

Las siembras tardías (STA) de maíz (diciembre y enero) se han incrementado en los últimos 10 años hasta llegar a 60% del área total de maíz en Argentina. Aunque de menor potencial de rendimiento que las fechas tempranas y mayor presión de plagas y enfermedades, su adopción se basa en el menor riesgo de estrés hídrico-térmico en floración y a la mayor oferta de nutrientes a la siembra. Los híbridos con mejor tolerancia a plagas y enfermedades han permitido alcanzar rendimientos promedio interanuales mayores que los de siembras tempranas en muchas áreas de la región Pampeana (Uhart *et al.*, 2017).

Morfología y eco fisiología

El maíz es una planta de metabolismo C₄, que no presenta foto-respiración detectable, muy eficiente en la producción de biomasa superando ampliamente a otros cultivos como el girasol, la soja o el trigo. Esta capacidad de alta producción de biomasa y elevado índice de cosecha (alrededor de la mitad de su peso seco en biomasa aérea corresponde a órganos reproductivos) se debe a una elevada tasa fotosintética, a un bajo valor energético de la materia seca producida y a una adecuada estructura del cultivo. En ambientes con alta radiación solar y elevada amplitud térmica el maíz produce, en ausencia de estreses bióticos y abióticos, muy buenos potenciales de rendimiento (Andrade et al., 1996).

El rendimiento final del cultivo de maíz (grano cosechado) es el resultado de dos procesos simultáneos e interdependientes: el crecimiento y el desarrollo. Se entiende por crecimiento al aumento en el número y tamaño de las células que constituyen los diferentes órganos de la planta. Por desarrollo en cambio, se considera a la sucesión progresiva de las etapas que establecen la morfología propia del organismo adulto a medida que avanza el ciclo ontogénico del cultivo.

La escala fenológica más utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie & Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos. Como indica la tabla 1.

Estados Vegetativos		Estados Reproductivos	
V _E	Emergencia	R ₁	Emergencia de estigmas
V ₁	1 ^a Hoja	R ₂	Cuaje
V ₂	2 ^a Hoja	R ₃	Grano lechoso
...		R ₄	Grano pastoso
V _n	N ^a hoja	R ₅	Grano dentado
V _T	Panojamiento	R ₆	Madurez fisiológica

Tabla 1. Escala fenológica propuesta por Ritchie & Hanway (1982).

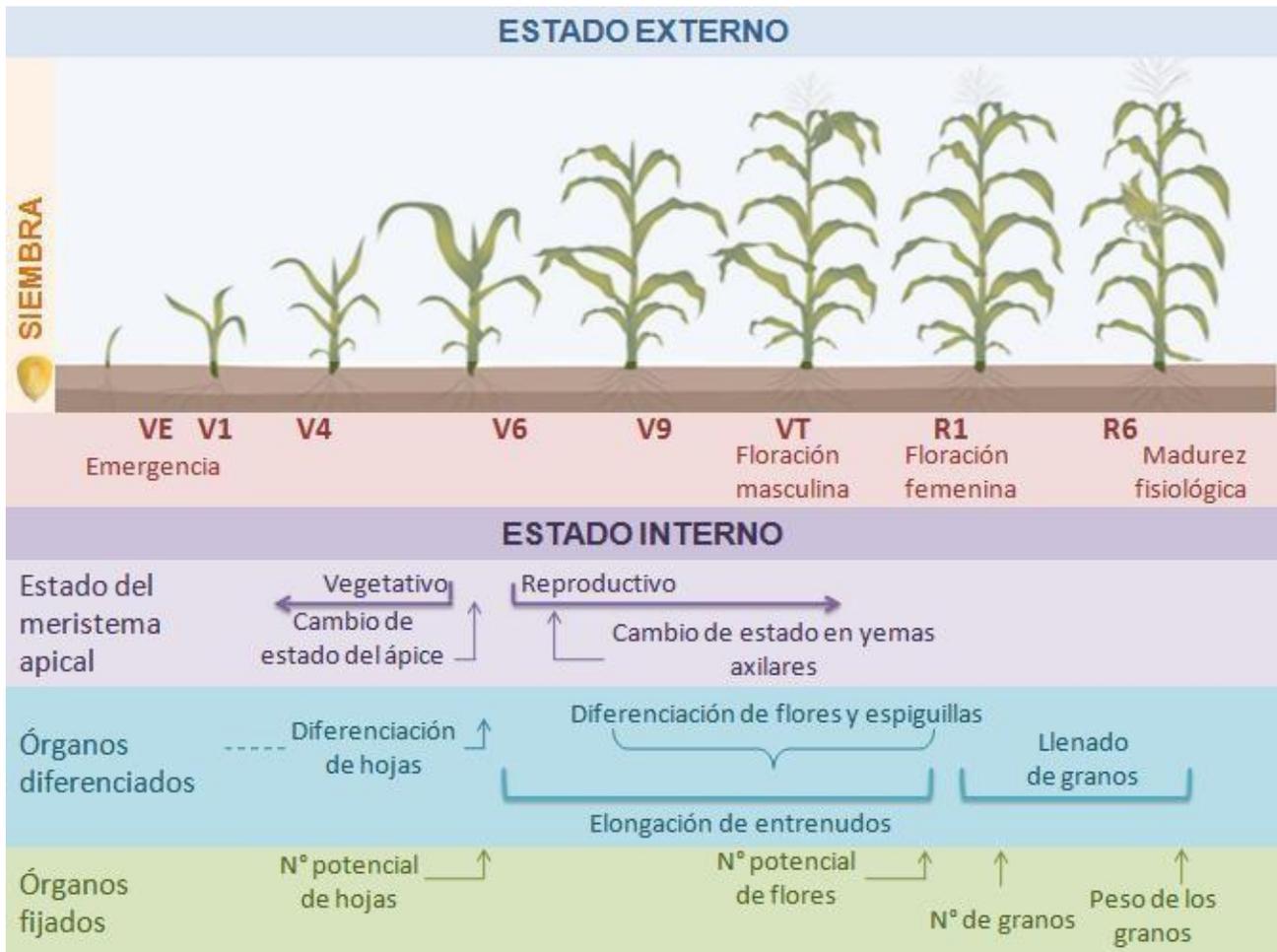


Figura 1. Ciclo ontogénico del maíz. Adaptado de Andrade *et al.* (1996).

El desarrollo fenológico tiene una respuesta universal a la temperatura, no existiendo genotipos ni etapas insensibles a este factor. Dentro de un rango de temperaturas (temperatura base y temperatura óptima), a medida que se expone el cultivo a temperaturas crecientes el desarrollo del mismo se acelera, lo que determina que la duración de cualquier etapa de desarrollo transcurra más rápidamente (Sadras *et al.*, 2000). Cuando se llega a la temperatura óptima se alcanza la máxima tasa de desarrollo. Pasada dicha temperatura, la tasa de desarrollo comienza a disminuir hasta detenerse al alcanzar la temperatura máxima. Por encima de dicha temperatura crítica (que depende del estado fenológico en que se encuentre el cultivo) y por debajo de la temperatura base (8°C para el maíz) el cultivo no se desarrolla (Cirilo & Andrade, 1994a).

Durante la fase vegetativa, las siembras tardías experimentan mayores tasas de crecimiento debido a los mayores registros térmicos en ese período con respecto a las fechas tempranas (Andrade *et al.*, 1993). Sin embargo, luego de la floración, los niveles de

radiación solar incidente y la temperatura disminuyen progresivamente reduciendo la producción de biomasa (Cirilo y Andrade, 1994a). Es frecuente que ocurra una disminución en el peso de los granos, asociada a estas condiciones menos favorables para la producción de asimilados en la planta.

Por otro lado, en ambientes donde la estación de crecimiento está delimitada por bajas temperaturas, en las fechas de siembra tardía se reduce el tiempo disponible para el cultivo (Cirilo y Andrade, 1994a) y existe un mayor riesgo de heladas capaces de acortar el período de llenado de los granos y disminuir el peso (Otegui y López Pereira, 2003). En estas condiciones, se esperaría que los híbridos de menor duración del ciclo fenológico presenten una mejor adaptación que los de ciclo más largo indicados para siembras tempranas (Nielsen et al., 2002).

Promoción del crecimiento

El suelo es un ecosistema con una gran variedad y cantidad de microorganismos benéficos. La fracción del suelo donde influye la proliferación de estos microorganismos por la presencia del sistema de raíces de las plantas se lo conoce como rizosfera (Cassán et al., 2009). Dentro de la aparición de nuevas tecnologías para optimizar la implantación de los cultivos se encuentra el uso de los productos biológicos; es decir incorporar al sistema productivo organismos seleccionados por sus funciones en diversos procesos biológicos. Dentro de este grupo se pueden citar a los microorganismos promotores del crecimiento vegetal conocidos hoy como Plant Growth-Promoting Microorganism (PGPM). Estos se definen como microorganismos habitantes de la rizosfera que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas. Los mecanismos por los cuales los PGPM ejercen efectos positivos sobre las plantas son numerosos.

Las diferentes poblaciones bacterianas presentes en la rizosfera, se llaman rizobacterias o bacterias promotoras de crecimiento vegetal - PGPR (por su siglas en inglés Plant growth-promoting rhizobacteria) y poseen la capacidad de colonizar el sistema radicular de las plantas o su entorno más cercano; clasificándose en tres grupos principales, las que pueden colonizar el tejido de la planta formando nódulos (simbióticas), las que se hospedan en estructuras internas de la planta (endofíticas) y las que se encuentran cerca del sistema radicular de la planta (bacterias de vida libre) (Kloepper et al., 1989).

Para aumentar la productividad y reducir los costos, se han buscado alternativas para reducir el uso de insumos y pesticidas. Una alternativa es el uso de microorganismos

promotores del crecimiento de las plantas, que es una opción biológica prometedora en el control de fitopatógenos, desarrollo de plantas y aumento de la productividad de los cultivos (Hernández-Hernández et al., 2018).

Los hongos entomopatógenos exhiben un gran potencial no solo en el control biológico de plagas sino también en la promoción del crecimiento de las plantas, brindándonos una nueva perspectiva sobre la relación ecológica entre plantas, plagas de insectos y hongos entomopatógenos (Liu *et al.*, 2022).

La estimación del rendimiento en distintos cultivos puede basarse en el índice de área foliar (IAF) determinado en alguna etapa fenológica y previamente correlacionado mediante algún método de determinación: destructivo, no destructivo, in situ o determinaciones por métodos empíricos.

El índice de área foliar (IAF) es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m² y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m².

***Beauveria bassiana* (Bb)**

El hongo *Beauveria bassiana* (Bb) es utilizado en varios países de América como base para la formulación de bioinsecticidas, que luego de ser asperjados en el follaje y consumido por algún insecto plaga, produce la muerte del mismo. Las ventajas de usar biocontroladores a base de *Beauveria bassiana* son su alta especificidad contra los insectos plaga y su inocuidad para el medio ambiente, la fauna benéfica y demás organismos vivos, incluyendo al hombre (Singh *et al.*, 2015).

Entre los bioplaguicidas de origen fúngico, el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* ha sido el agente de control biológico más utilizado debido a su ubicuidad, fácil manejo, versatilidad para penetrar al hospedante y potencial capacidad insecticida sobre numerosas especies (Humber, 1998). Actualmente se produce, formula y comercializa en varios países para el control de numerosos insectos plaga. La infección fúngica en el cuerpo del insecto, origina disturbios a nivel digestivo, nervioso, muscular, respiratorio, excretorio, entre otras afecciones; es decir el insecto se enferma, deja de alimentarse y posteriormente muere en un lapso de tres a cinco días. En el hemocele, Bb produce metabolitos tóxicos de bajo peso molecular que anulan las defensas del insecto y poseen actividad insecticida.

La colonización endofítica fúngica puede promover el crecimiento de las plantas después de la inoculación artificial con tratamiento de semillas (Jaber & Enkerli, 2017).

Con la inoculación de Bb a semillas de maíz previo a la siembra, se observó un mayor crecimiento de raíz, tallo y hojas comparado con el testigo. Por técnicas de PCR se pudo comprobar la colonización del hongo en los distintos tejidos de la planta de maíz (Liu *et al.*, 2022).

Es por esto que, en el siguiente trabajo, nuestro objetivo general es “Evaluar el impacto del uso de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* sobre el control de insectos plagas, impacto ambiental y efecto PGPM (Plant Growth Promoting Microorganism); y rendimiento de los cultivos de maíz”.

Hipótesis

La inoculación con formulados a base de hongos entomopatógenos de *Beauveria bassiana* disminuyen el impacto de plagas, reducen el impacto ambiental y mejoran el rendimiento y el efecto PGPM (Plant Growth Promoting Microorganism) de los cultivos de maíz.

Objetivo general

Evaluar el impacto del uso de hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* sobre el control de insectos plagas, impacto ambiental y rendimiento y el efecto PGPM de los cultivos de maíz.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de biocontrol de plagas con el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*.
- Determinar la incidencia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* sobre el IAF y el crecimiento y desarrollo de los cultivos de maíz.
- Evaluar el impacto sobre el rendimiento del cultivo de maíz de los diferentes tratamientos bajo evaluación.
- Evaluar el desarrollo vegetativo de cada uno de los tratamientos bajo experimentación (Efecto PGPM).

- **Palabras claves:** *Zea mays*, entomopatógeno, evaluación, bioinsecticidas, fisiología, *Beauveria bassiana*.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica y diseño experimental:

Conducción del ensayo: el experimento se llevó a cabo en un establecimiento de la localidad de Arroyo Dulce (34°04'17.5"S 60°26'23.9"W), ubicado a 5 km. de dicha localidad, a 9 km. de la localidad de Rancagua y a 3 km en línea recta de la RP 32.



Imagen 1. Ubicación del lote. Google Earth.

El barbecho fue mecánico con una pasada de disco a fines de noviembre de 2020, después se pasó cultivador y rastra a mitad de diciembre luego de una precipitación, y por último una semana antes de la siembra previo a una lluvia se hizo disco, rastra y rolo. La siembra se efectuó el día 14 de enero de 2021, con una sembradora a placa marca Dan Car de 12 surcos a 52 cm. En este momento se tomó una muestra de suelo compuesta y los resultados del análisis de suelo, realizados por el laboratorio Indrasa Biotecnología Rio Cuarto, se presentan en la tabla 4. La cosecha manual se llevó a cabo el 1 de agosto de 2021 con una humedad promedio de 15,7. El ensayo se realizó con un diseño completamente aleatorizado (DCA), en este tipo de diseño el requisito más importante para su uso es la homogeneidad de las unidades experimentales. La parcela donde se realizó el ensayo era totalmente homogénea. Las fuentes de variación para el análisis estadístico fueron:

- Fuentes Grados de libertad
- Tratamiento (t-1)
- Error (t-1) (r-1)

Características:

- Las unidades experimentales son homogéneas.
- Los tratamientos están distribuidos al azar.

Modelo

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño completo al azar:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i de la repetición j

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento i ; $i=1,2,\dots,t$

ϵ_{ij} = termino de error asociado al tratamiento i .

Se diseño un ensayo con 7 tratamientos y 5 repeticiones para cada uno (figura 2). Cada parcela estaba compuesta por 4 surcos de 10 metros de largo distantes 0,52 metros entre surcos. La distancia entre cada planta dentro del surco fue de 0,20 metros, dando una densidad aproximada de 100.000 plantas/hectárea. Junto a la siembra se realizó una fertilización de 90 kg/ha de Fosfato mono amónico (MAP). En preemergencia del cultivo se realizó una aplicación de herbicidas con 2 lt/ha de glifosato, 1 kg/ha de atrazina y 0,8 lt/ha de S-metolacloro.

Para el control de malezas en post emergencia se realizó una aplicación de 1,5 lt/ha de glifosato, 0,1 lt/ha de Tropamezone y 1 kg/ha de atrazina; en el estadio de V2. En el periodo vegetativo de V6 se fertilizó con 200 kg/ha de Urea.

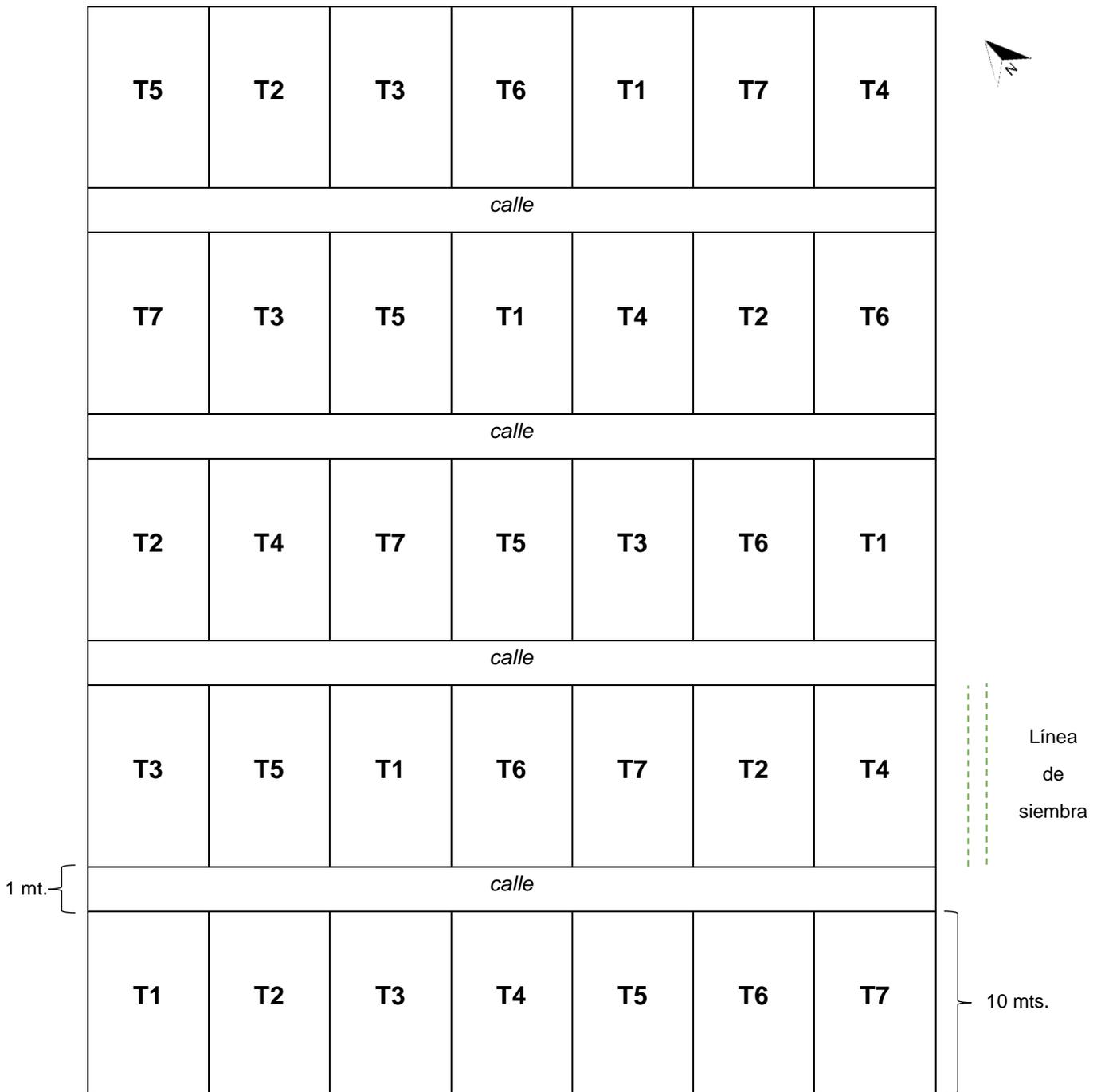


Figura 2. Disposición en la parcela de los distintos tratamientos y sus repeticiones.

Tratamientos

Los diferentes tratamientos se realizaron con semilla de maíz, Pioneer 1833VYHR. Es un híbrido seleccionado especialmente para fechas de siembras tardías, por su destacado

comportamiento agronómico y adecuado potencial de rendimiento, según la empresa. Tiene evento de resistencia para glifosato, glufosinato de amonio y lepidópteros.

Se llevaron a cabo siete tratamientos y del análisis de cinco publicaciones previas sobre la evaluación del control biológico de insectos se ultimó que el número de repeticiones recomendados para estos tratamientos son cinco (Cabrera et al., 2016); se probaron dos cepas distintas del hongo *Beauveria bassiana*.

T1: Testigo c/ fungicida.

T2: Testigo c/ fungicida e insecticida.

T3: Testigo c/ insecticida.

T4: *Beauveria bassiana* cepa 1.

T5: *Beauveria bassiana* cepa 2.

T6: *Beauveria bassiana* cepas 1 y 2.

T7. Testigo Absoluto.

Del tratamiento 4 al 6 la semilla se trató únicamente con fungicida, Maxim Quattro.

Las cepas microbianas para la realización de los experimentos fueron suministradas por el laboratorio INDRASA Biotecnología, identificadas como B1067 y B 1098.

La incorporación del hongo se realizó por medio de la técnica de inoculación en la semilla, con una dosis de 10 ml / kg de semilla. Utilizando una jeringa y una bolsa tipo “Ziploc” se incorporó la semilla junto al inoculante y se mezcló por 5 minutos, este procedimiento se hizo una hora antes de la siembra. Es importante tener en cuenta que primero se inocula con el producto químico (fungicida) y luego con el biológico (*B. bassiana*). Si bien está demostrado que el orden de inoculación no afecta, por una cuestión de mayor seguridad y meramente física (superficie de contacto) se realizó de esta manera.

La dosis en maíz, según marbete, para el fungicida Maxim Quattro es de 100 ml de producto más 1100 ml de agua para 100 kilogramos de semilla, es decir una dosis final, una vez disuelto el producto, de 1200 ml / 100 kg de semilla.

La dosis utilizada del insecticida Cruiser fue de 100 ml / 100 kg de semilla.

Es importante aclarar que todos los tratamientos se llevaron a un mismo volumen final, en el caso que hiciera falta se agregó agua. Esto se puede observar en la tabla 2.

Tratamiento (3kg de semilla c/u)	Fungicida (ml)	Insecticida (ml)	Beauveria (ml)	Agua (ml)	Volumen final (ml)
T1: Testigo c/ fungicida.	36	-	-	30	66
T2: Testigo c/ fungicida e insecticida.	36	3	-	27	66
T3: Testigo c/ insecticida.	-	3	-	63	66
T4: <i>Beauveria bassiana</i> 1 (B1067).	36	-	30	-	66
T5: <i>Beauveria bassiana</i> 2 (B1098).	36	-	30	-	66
T6: <i>Beauveria bassiana</i> 1 y 2.	36	-	30 (15+15)	-	66
T7: Testigo Absoluto.	-	-	-	66	66

Tabla 2. Cantidades de producto a utilizar según cada tratamiento.

Análisis de laboratorio:

- Poder germinativo de la semilla. (Anexo, tabla 14). Metodología INASE, ISTA.
- Recuento de microorganismo (UFC/semilla) al momento de la siembra. Recuento en placa, con diluciones, método de Hoben y Somasegaran, 1982.
- Presencia/ausencia del hongo en análisis de los granos cosechados. Esterilización, con alcohol 70%, de la semilla y luego recuento en placa, con diluciones, método de Hoben y Somasegaran, 1982.

Determinaciones de parcela:

- Vigor, mediante la técnica de velocidad de emergencia de la plántula medida en emergencia (Gallo et al.,2017). Se tomaron la cantidad de días desde la siembra hasta la emergencia de la primera hoja, el día corresponde cuando el 50% de las plántulas de la parcela lograron llegar a dicho estadio.
- Extracción de plantas para observar desarrollo radicular y medir MS (Materia Seca) aérea, en V5. Se recolectaron 2 plantas al azar de los 2 surcos centrales y con ayuda de un cúter se las cortó a 5 cm de la superficie del suelo, se picaron y colocaron en un sobre de papel madera y se llevaron a estufa durante 10 días a 65 °C. Luego se pesaron.
- Medición al estado fenológico V8, del índice de verdor, con el medidor de clorofila (Chlofophill-meter-Spad-502, Konica Minolta Sensing, Inc). Se registró el promedio de 3 mediciones por hoja realizadas sobre la hoja 3.

- Medición del rendimiento: sobre los dos surcos centrales de las parcelas experimentales sembradas y en una superficie de 5 metros cuadrados, se tomaron todas las espigas y posterior deschalada se cosecharon manualmente, por último, se pesaron y se corrigió por humedad para obtener el dato final.
- Observación de plagas en las parcelas, 2 veces por semana a últimas horas de la tarde en todas las parcelas se busca presencia de adultos o larvas de plagas y se registra en una planilla.

Análisis estadístico

Se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos utilizando el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2017). Los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza (ANNOVA) y para la diferenciación de los tratamientos, en el caso que corresponda, se utilizó la prueba de Tukey.

Cronograma de actividades

En la tabla 3 se visualiza el cronograma de actividades.

Actividad	Mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Búsqueda bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Preparación del ensayo	■	■											
Siembra			■										
Cosecha										■			
Toma de datos			■	■	■	■	■	■	■	■			
Análisis de datos								■	■	■	■		
Redacción del informe final										■	■	■	

Tabla 3. Cronograma de actividades.

Resultados

Una vez obtenidos todos los datos y mediciones se analizaron mediante el software Infostat y Excel. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Se determinó que las variables fueron estadísticamente significativas cuando estudiamos el análisis de la varianza de cada una. En los anexos se encuentran las tablas resultantes.

Como podemos observar en el gráfico 1, cuando se grafica el promedio de rendimiento por hectárea podemos ver que el tratamiento 5 (T5) que corresponde a la semilla tratada con la cepa 2 de *Beauveria bassiana* muestra un valor superior con respecto al resto. Le sigue el T3 que es un testigo tratado solo con insecticida y luego tenemos el T4 y T6, que corresponden a la inoculación con la cepa 1 y al tratamiento inoculado con ambas, respectivamente.

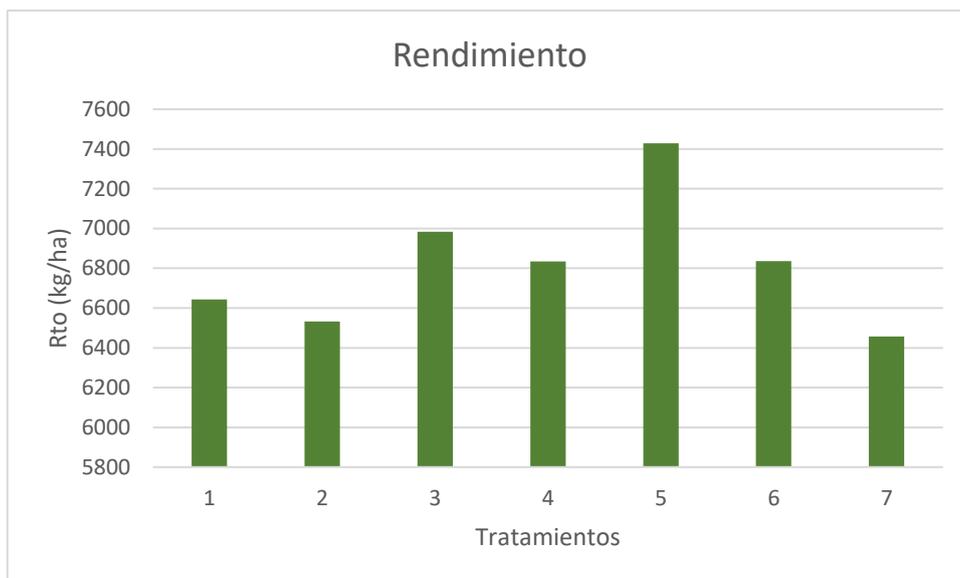


Gráfico 1. Se observa el rendimiento promedio de las cinco repeticiones, medido en kg/ha, para cada tratamiento.

En el gráfico 2, una vez analizado mediante la prueba de Tukey, se observa que el T5 es significativamente distinto al resto, con un alfa de 0,05. Con este análisis podemos ver, solo evaluando los promedios, que el T3 no muestra una diferencia significativa con el T4 y el T6. Otra cuestión a observar es que la cepa 1 no muestra el potencial que expresa la otra y que, si se utilizan ambas cepas, tampoco sobresale el tratamiento; en lo que respecta a esta variable analizada. Podemos destacar entonces un efecto estadísticamente

significativo de la inoculación con la cepa 2 del hongo sobre el rendimiento. (anexo, tabla 5 y 9).

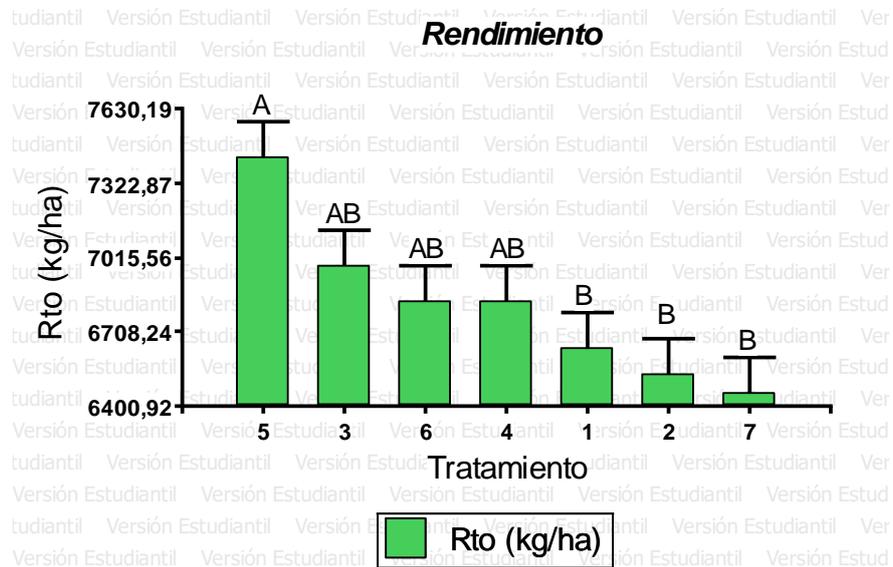


Gráfico 2. Rendimiento. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El gráfico 3 muestra los promedios obtenidos de materia seca por tratamiento, al igual que para rendimiento, el T5 muestra valores superiores, seguido por el T6.

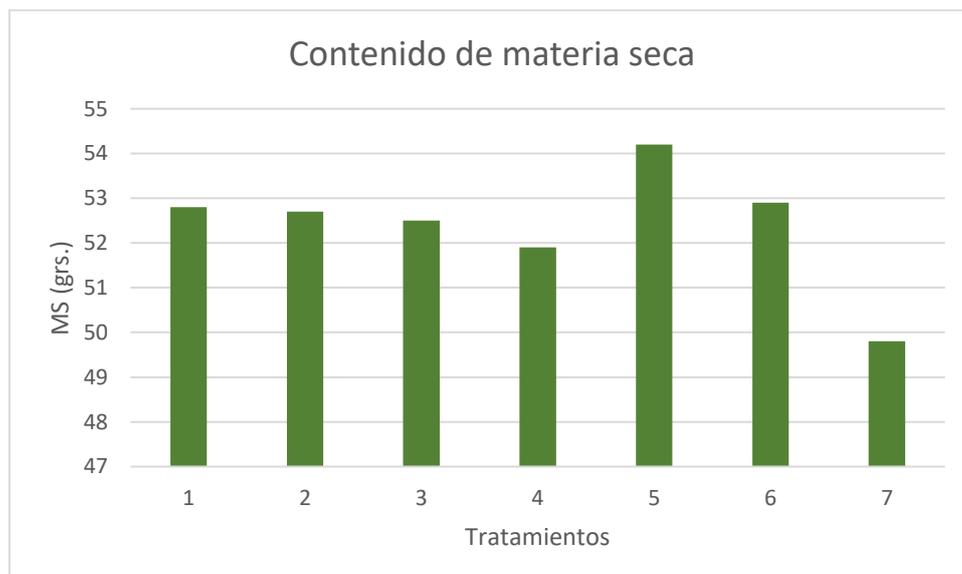


Gráfico 3. Se observa el contenido de materia seca promedio de las cinco repeticiones, medida en gramos, para cada tratamiento.

Cuando analizamos los datos, volvemos a obtener una diferencia en el T5, como lo muestra el gráfico 4, y se corresponde a lo observado anteriormente. Al igual que lo ocurrido con el rendimiento, podemos determinar una diferencia estadísticamente significativa del T5 sobre la materia seca producida (Anexo, tabla 6 y 10). Lo que podemos establecer también es que, para este parámetro, el resto de los tratamientos arrojan valores similares y, de hecho, estadísticamente no diferentes.

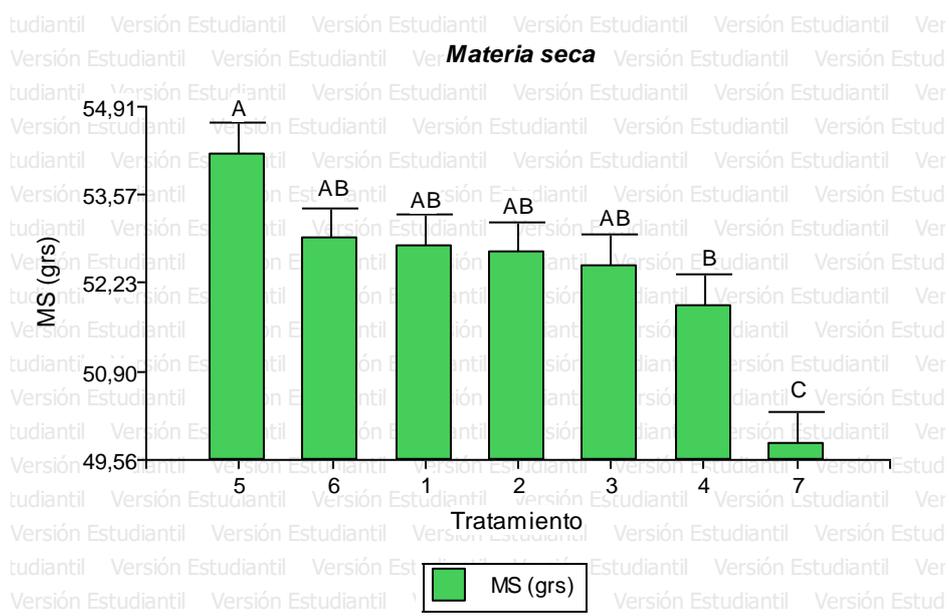


Gráfico 4. Contenido de materia seca. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Otra variable analizada fue la concentración de clorofila, para este caso, y siguiendo el patrón de las variables antes mencionadas, podemos ver que el T5 obtuvo mayores niveles con respecto a los demás. Al igual que en el rendimiento los tratamientos que siguen con valores superiores son el T3, T4 y T6.

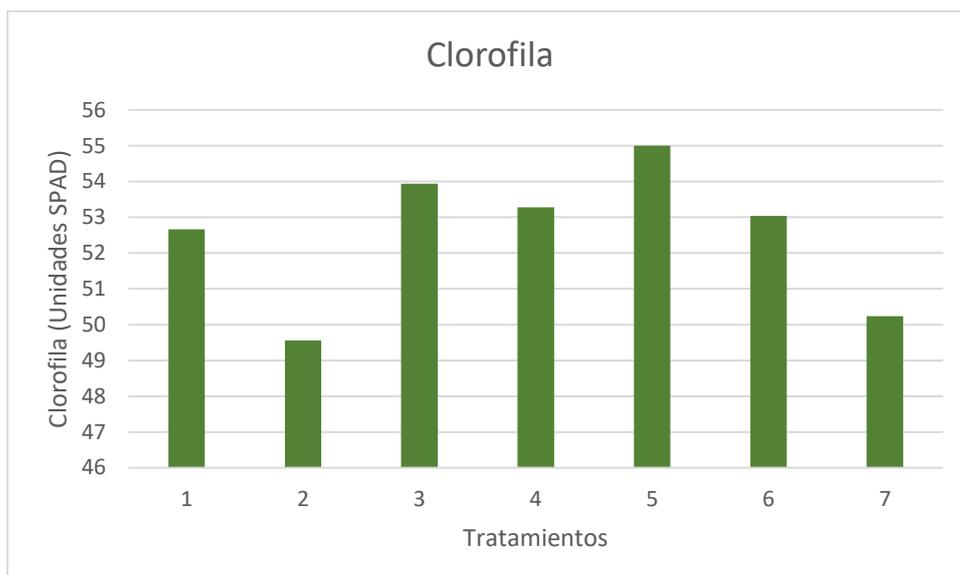


Gráfico 5. Se observa la concentración de clorofila promedio de las cinco repeticiones, medida en unidades SPAD, para cada tratamiento.

Esto nuevamente queda demostrado estadísticamente (anexo, tabla 7 y 11) y lo podemos visualizar fácilmente en el gráfico 6.

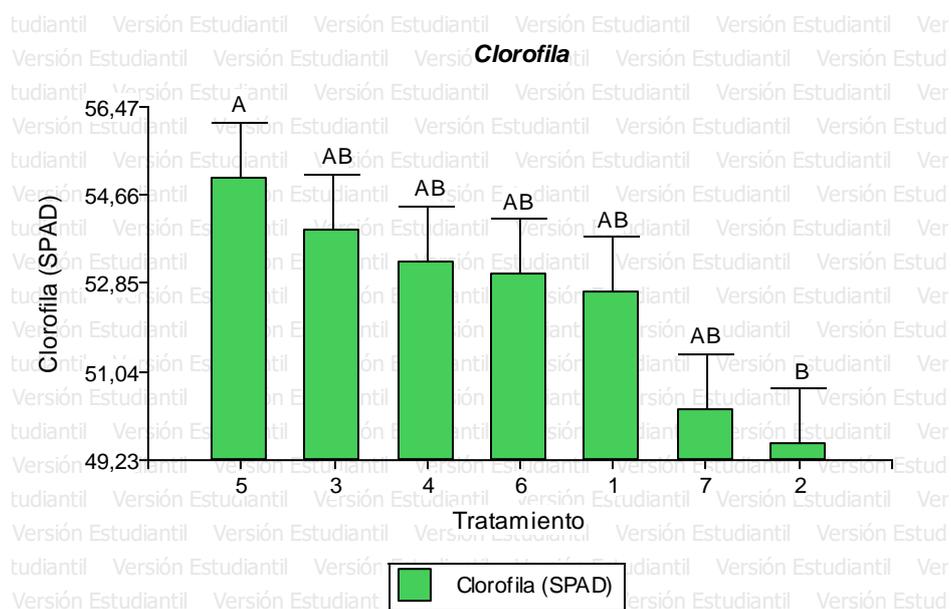


Gráfico 6. Concentración de clorofila. El índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenido por el clorofilómetro portátil SPAD-502 es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Si observamos el gráfico 7, donde se representa la cantidad de días promedio que tardaron el 50% de las plantas de la parcela en llegar desde la siembra al estadio de V1, vemos que el T5 fue el que lo realizó en menor tiempo, dando un indicio de que el aporte biológico del hongo comienza desde las primeras etapas del desarrollo del cultivo.

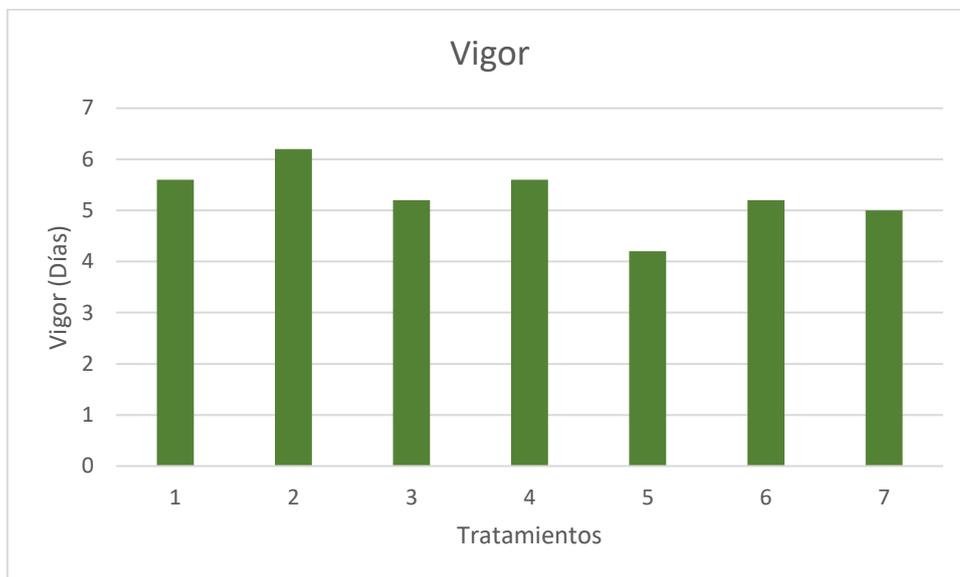


Gráfico 7. Se observa el vigor promedio de las cinco repeticiones, medido en días, para cada tratamiento.

Nuevamente podemos observar, ahora hacia el lado derecho del gráfico 8 que la semilla del T5 tardó menos tiempo en llegar a dicho estadio y quedó determinado estadísticamente (anexos, tabla 8 y 12).

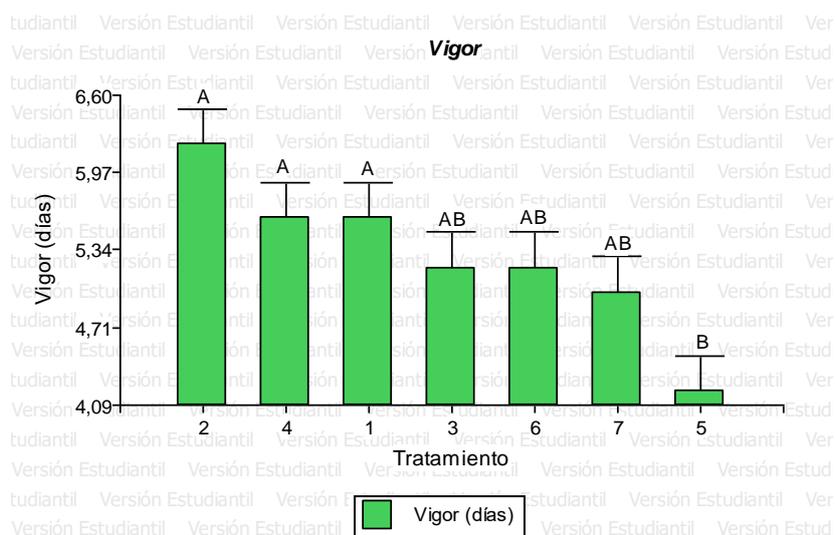


Gráfico 8. Vigor. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos del análisis de suelo se presentan en la tabla 4.

Lote	Prof.	M.O.	P	pH	N-NO3	NO3	H°	Nt
	cm	%	ppm		ppm	ppm	%	%
Arroyo Dulce	0-20	2,6	22,9	6,52	9,61	42,57	11,86	0,14

Tabla 4. Resultado del análisis de suelo 0-20 a la siembra. Prof: Profundidad; cm: centímetros; M.O.: Materia Orgánica; P: Fosforo; ppm: partes por millón; pH: concentración de protones; N-NO3: nitrógeno de nitratos; NO3: nitratos; H°: humedad; %: porcentaje; Nt: Nitrógeno total.

METODOLOGIA

N - Nitratos:	Fenoldisulfónico
Hº	100-105ºC
pH	Potenciometría 1/2,5
Materia Orgánica:	Método Walkley - Black
Fósforo:	Método Kurtz y Bray

Figura 3. Métodos empleados para las determinaciones del análisis de suelo. Indrasa biotecnología.

Con respecto a la presencia de plagas, los resultados indican que en el periodo evaluado la presión de plagas fue muy baja, como se observa en el gráfico 9. En las ocasiones donde se encontró presencia, las cantidades eran bajas. (Anexos, tabla 13). Prácticamente, la inexistencia de plagas hace darle una mayor relevancia al efecto PGPM que al efecto de control de insectos.

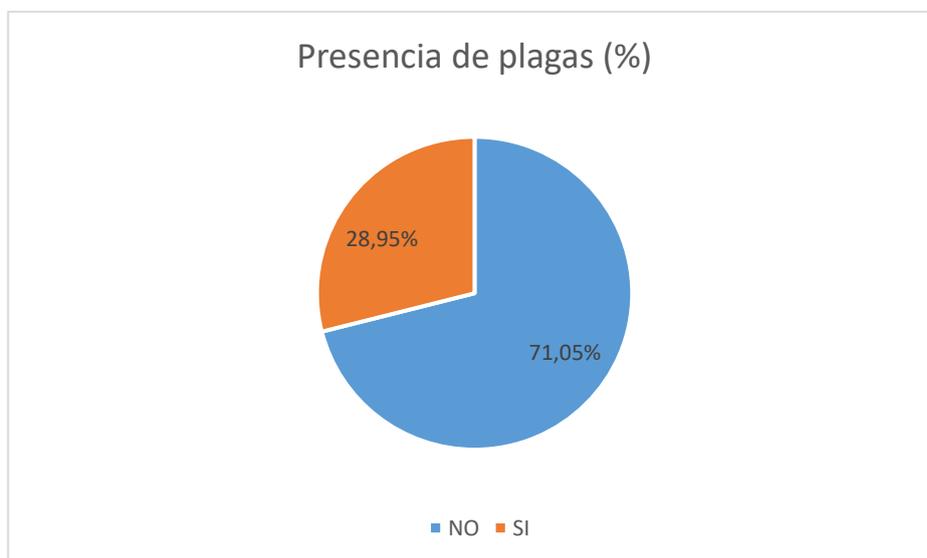


Gráfico 9. Presencia de plagas. Porcentaje del total de datos con presencia y ausencia de plagas.

El recuento de *Beauveria bassiana*. Producto y semilla, respectivamente:

- Cepa 1 (B1067): $1,9 \times 10^8$ UFC/ml; 2×10^4 UFC/ml.

- Cepa 2 (B1067): $2,5 \times 10^8$ UFC/ml; 3×10^4 UFC/ml.
- Cepa 1 y 2: $2,3 \times 10^8$ UFC/ml; $1,8 \times 10^4$ UFC/ml.

Para el análisis de la presencia del hongo en los granos cosechados, se envió una muestra al laboratorio INDRASA donde se analizaron según la metodología previamente indicada, dando un resultado negativo. Es decir, no hay presencia del hongo en los granos cosechados.

Discusión

En la zona núcleo se usaba tradicionalmente fechas de siembra tempranas de maíz, para evitar principalmente daños causados por lepidópteros como, barrenador del tallo "*Diatraea saccharalis*", la oruga militar tardía "*Spodoptera frugiperda*" y la oruga de la espiga "*Helicoverpa zea*", con la finalidad de obtener rendimientos potenciales elevados. Posteriormente con la posibilidad de utilizar cultivares Bt se priorizó como importante la fecha de siembra, buscando una menor ocurrencia del déficit hídrico en el período crítico del cultivo, a costa de menores rendimientos de grano potenciales (Aapresid, 2017), pero con una mayor estabilidad interanual de los rindes alcanzables. Argentina se encuentra transitando un cambio en su sistema productivo, donde la superficie cultivada del maíz con siembra tardía ocupa entre un 40 y 60% (PAS, 2017). La misma se ha convertido en una alternativa interesante por los buenos y estables rendimientos que obtuvieron durante los últimos años, a pesar de su menor potencialidad respecto a las fechas tempranas (Aapresid, 2017). Es por este motivo que se diseñó el ensayo en función de los datos mencionados anteriormente junto al historial del lote y del ambiente; donde la presencia de plagas era recurrente. En la campaña donde se realizó este trabajo la presencia de plagas no fue tal (**gráfico 9**), esto se debe, probablemente, a la sequía de la campaña anterior donde la población de adultos bajó y también a las abundantes precipitaciones que ocurrieron en el mes de enero y marzo (anexo tabla 19), que ocasionan la aparición de hongos que pueden llegar a afectar hasta en un 80% la supervivencia de larvas (Satorre, 2014).

El híbrido elegido para llevar a cabo el experimento, es un material de la empresa Pioneer que tiene resistencia a lepidópteros, glifosato y glufosinato de amonio. Como se

puede ver en la **figura 4** y por lo mencionado anteriormente cada campaña la utilización, de híbridos de maíz con eventos que den resistencia a insectos, es mayor. Elegir un híbrido que no tenga ninguna tecnología contra plagas no tendría significancia práctica, ya que este tipo de materiales y más aún en fechas de siembra tardías, no los utilizan los productores.

El objetivo con este híbrido que tenía eventos de resistencia fue potenciar la eficiencia de control con un hongo entomopatógeno y así poder representar más claramente los efectos positivos de la utilización de productos biológicos.

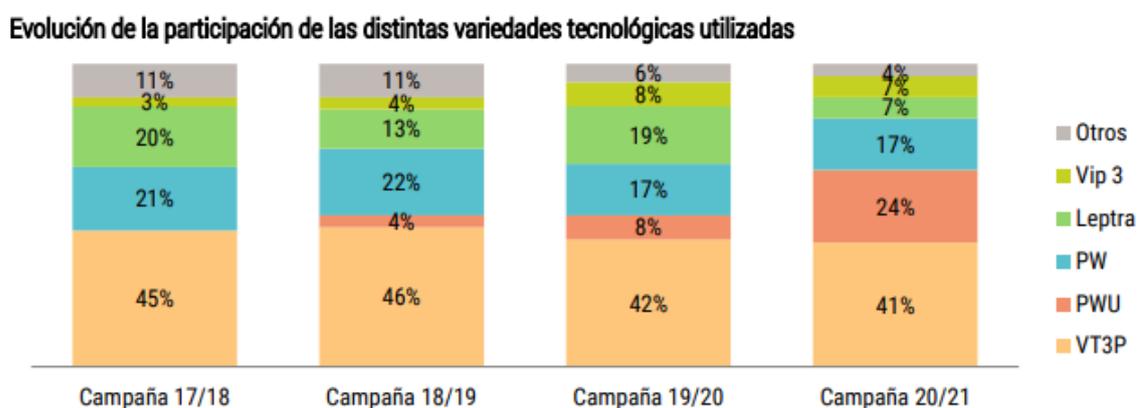


Figura 4. Porcentaje de adopción de las tecnologías en el cultivo de maíz para distintas campañas.

Fuente: Movimiento CREA en base al Proyecto Plagas.

Por otro lado, la utilización del hongo tiene características de promoción del crecimiento vegetal. Para poder analizarlo se tomaron en cuenta cuatro caracteres, que son: vigor, materia seca, concentración de clorofila y rendimiento.

El primer valor obtenido es el vigor. El mismo se consiguió observando las parcelas y contando los días desde la siembra hasta el estadio V1 del 50% de la parcela. Para el tratamiento que fue inoculado con la cepa 2 del hongo (T5) se obtiene un valor de un poco más de cuatro días, siendo este estadísticamente diferente con los demás tratamientos que lo hicieron en 5 y 6 días.

Ya podemos empezar a observar cómo desde el primer momento del desarrollo del cultivo, *B. bassiana* hace un gran aporte. Es importante destacar que en las recorridas a campo lo que se observó fue que, si bien en algunas parcelas había algunas plántulas que llegaban a V1 en 4 días, eran pocas, alrededor del 5%. A diferencia de lo observado en las

parcelas del T5 que la uniformidad de emergencia fue mayor; entonces podemos pensar que no solo fue la velocidad sino también la uniformidad lo que determinó este resultado.

La uniformidad cobra vital importancia para lograr el potencial de rendimiento, esto se debe a que, si las plántulas emergen en diferentes momentos, se genera una competencia intraespecífica por los recursos y seguido de eso una dominancia de las que lograron emerger antes sobre las que emerjan luego (Bragachini, 2002).

La velocidad de emergencia también juega un papel muy importante porque cuando mayor sea, menor va a ser la posibilidad de que algún agente externo (insecto o enfermedad) pueda atacar la semilla y así disminuir el stand; también es menor la posibilidad de que disminuya el stand de plantas por un gasto excesivo de los recursos de la semilla para emerger.

Con respecto a la concentración de clorofila, se obtuvieron resultados favorables para el tratamiento 5. Es importante recordar que este método no destructivo es una herramienta muy útil ya que el contenido de nitrógeno (N) foliar y el contenido de clorofila están positivamente correlacionados. Lo cual refleja el estado nutricional respecto a este importante nutriente.

Los valores de índice de verdor encontrados superiores a 50 unidades SPAD determinan un valor adecuado de clorofila para un buen rendimiento de grano de maíz. Como valor crítico se reportan 35 unidades SPAD (Novoa, 2002).

Los piques para medir concentración de clorofila se hicieron posterior a la fertilización con urea.

Si miramos los valores de materia seca (MS) que se obtuvieron luego del procesamiento de los datos, vemos una diferencia significativa para la parcela con la semilla tratada con la cepa 2 de *B. bassiana*, esta medición se llevó a cabo previo a la fertilización nitrogenada.

Teniendo en cuenta las últimas dos variables que se encuentran relacionadas, vemos que previo a la fertilización el tratamiento 6, que corresponde a la semilla inoculada con ambas cepas del hongo manifiesta valores positivos de MS, pero no así cuando medimos la concentración de clorofila.

La cepa 1 del hongo no parece dar características positivas en todas las variables y teniendo en cuenta lo antes mencionado puede tratarse de que una fertilización nitrogenada

haga desaparecer por completo el potencial del hongo por ser una cepa menos eficiente y eficaz.

Por último, analizamos el rendimiento, que en definitiva es el valor que los productores leen, ven y por el cual comparan distintos escenarios. Para esta variable vemos que la cepa 2 de *B. bassiana* tiene una diferencia en el rendimiento de casi 5 QQ/ha con el segundo rendimiento más alto, lo que también podemos observar de los resultados obtenidos es que la cepa 1 y cuando la semilla es inoculada con ambas cepas, tratamiento 4 y 6 respectivamente, no muestran valores superiores si tomamos como referencia la cepa 2 (T5). Ahora bien, si a esto último lo comparamos con el testigo absoluto (T7); para las variables rendimiento, materia seca y concentración de clorofila, estos 2 tratamientos tuvieron un comportamiento superior. Confirmando lo dicho en párrafos anteriores, la cepa 1 tiene efectos positivos, pero probablemente su eficiencia y eficacia no sean tan altas comparada con la cepa 2.

Conclusiones

Luego de analizados todos los resultados se puede concluir que:

- El efecto de biocontrol de plagas por parte de *B. bassiana* cuando es inoculado en la semilla no pudo ser probado, como se mencionó anteriormente en la campaña analizada no fue significativa la presión de plagas. Es decir, en términos prácticos, que la incidencia de plagas fue despreciable.
- Se pudo probar y se visualiza en los resultados; como la cepa 2 del hongo, que corresponde al tratamiento 5 de este trabajo, tiene un impacto positivo y significativamente diferente a los demás en la producción de biomasa aérea, esto se observó mediante la determinación de materia seca y así también se pudo observar una incidencia positiva en el crecimiento y desarrollo, como los muestran los resultados de materia seca y vigor. Estos últimos también manifiestan desde el punto de vista estadístico una diferencia positiva para el T5.
- La última variable determinada a campo fue el rendimiento, en este parámetro también se encontró un efecto positivo de la cepa 2, otorgándole a ese tratamiento valores superiores al resto.
- Es importante destacar que con todo lo mencionado anteriormente queda demostrado el efecto promotor del crecimiento de *B. bassiana* sobre el cultivo de maíz, para el híbrido y la campaña analizada.
- Desde el punto de vista del impacto ambiental, si bien no se puede afirmar a ciencia cierta que en este trabajo se pudo reducir, si es importante mencionar que desde que se inició este ensayo hasta la actualidad la investigación con respecto a la utilización de microorganismos para la producción extensiva cobró mayor importancia en nuestro país. La finalidad de la utilización de estos agentes biológicos es disminuir el uso de productos sintéticos, proteger la fauna benéfica, aumentar la fertilidad de los suelos, entre otros; y así también aumentar de manera sostenible el

rendimiento de los cultivos, que son la materia prima para la elaboración del alimento que consume el mundo entero.

Podemos concluir entonces que estos resultados son alentadores y muestran un efecto contundente y positivo en todas las variables analizadas para la cepa 2 de *B. bassiana* y es esperable que, ante una posible presencia de plagas, el rendimiento no se vea afectado y se podría conferir a este microorganismo un punto positivo más.

Es por todo lo mencionado anteriormente que sugerimos seguir esta línea de investigación.

Como dijo Louis Pasteur: “La importancia de lo infinitamente pequeño es infinitamente grande”.

Bibliografía

- Andrade, F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart and M.E. Otegui, 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. La Barrosa Ed. Dekalb Press., CERBAS, FCA-UNMP.
- Andrade, F. H.; Uhart, S.; Cirilo, A. G. 1993. Temperature affects radiation use efficiency in maize. *Field Crops Res.* 32: 17-25.
- Bragachini, M; Von Martini, A; Mendez, A; Pacioni, F; Alfaro, M. 2002. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano.
- Cabrera Verdezoto, Rodrigo Paul, Morán Morán, Jéssica Jessenia, Mora Velasquez, Bladimir Juvencio, Molina Triviño, Humberto Manuel, Moncayo Carreño, Oscar Fabián, Díaz Ocampo, Eduardo, Meza Bone, Gary Alex, & Cabrera Verdesoto, Cesar Alberto. (2016). Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de frejol en el litoral ecuatoriano. *Idesia (Arica)*, 34(5), 27-35. Epub 30 de octubre de 2016. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000025>
- Cassán F, Perrig D, Sgroy V, Masciarelli O, Penna C, Luna V. 2009. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *Eur J Soil Biol* 45:28-35.
- Cassman, K.G.; Dobermann, A.; Walters, D.T. & Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annu. Rev. Environ. Resource* 28:315-58.
- Cirilo, A. 2004. Fecha de siembra y rendimiento en maíz. *IDIA XXI*, 1-6.
- Cirilo, A. G.; Andrade, F.H. 1994a. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science*. 34:1039-1043.
- Criollo, Paola Jimena, Obando, Melissa, Sánchez M., Leonardo, & Bonilla, Ruth. (2012). Efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacense. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* , 13 (2), 189-195.

- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FAOSTAT. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division. Consultado en marzo de 2017. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fischer, K. S. & Palmer, F. E. (1984). Tropical maize. En P. R. Goldsworthy & N. M. Fischer, eds. The physiology of tropical field crops (pp. 213-248). New York, USA: J. Wiley & Sons.
- Fischer, R.A. & Edmeades, G.O. 2010. Breeding and cereal yield progress. *Crop Sci.* 50: 85-98.
- Gallo, C; Arano, M; Craviotto, R. 2017. Una prueba nueva para estimar el vigor en lotes de semilla: Prueba de Emergencia de Radícula. INTA EEA Oliveros.
- Garay, J.A; Colazo, J.C. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. INTA
- GBEP-FAO 2008. A review of the current state of bioenergy development in G8 +5 countries. Global Bioenergy Partnership Secretariat; Food and Agriculture Organization of the United Nations; Environment, Climate Change and Bioenergy Division. Rome, Italy, 302.
- Hernández-Hernández, E. J.; Hernández-Rios, I.; Almaraz-Suarez, J. J.; López-López, A.; Torres-Aquino, M. y Flores, F. J. M. 2018. Caracterización in vitro de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del damping off em Chile. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(9):525-537. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.335>.
- Humber, R.A. 1998. Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures.USDA-ARS (Suppl.to the 1992 Catalog), Ithaca, NY, USA.
- Kiniry, J. R., Ritchie, J. T., Musser, R. L., Flint, E. P. & Iwig, W. C. (1983). The photoperiod sensitive interval in maize. *Agronomy Journal*, 75: 687-690.
- Kloepper JW, Lifshitz R, Zablotowicz RM. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol* 7:39-49.

- Lara R. Jaber & Jürg Enkerli (2017) Entomopatógenos fúngicos como endófitos: ¿pueden promover el crecimiento de las plantas?, *Biocontrol Science and Technology*, 27:1, 28-41
- Liu, Y., Yang, Y. & Wang, B. (2022). Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* desempeñan funciones de promotores del crecimiento del maíz (*Zea mays*). Informe científico 12 , 15706
- MA. 2017. Ministerio de Agroindustria. SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria) (en línea). Consultado en marzo de 2017. Disponible en <http://www.siaa.gob.ar/>
- Maddonni, G.A. & Otegui, M.E. 2004. Intra-specific competition in maize: early-determined hierarchies among plants affect final kernel set. *Field Crops Res.* 85:1-13.
- Mascarin, G; Jaronski, S. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World J Microbiol Biotechnol* (2016) 32:177
- Monteith, J. L. (1977). Climate. En P. T. Alvim & T. T. (eds.), *Ecophysiology of tropical crops* (pp. 1-27). New York, USA: Academic Press.
- Nielsen, R.L.; Thomison, P.R.; Brown, G.A.; Halter, A.L.; Wells, J.; Wuethrich, K.L.2002. Delayed planting effects on flowering and grain maturation of dent corn. *Agron. J.* 94, 549–558.
- Novoa R, Villagrán N. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica.* 2002;62(1):166– 71. doi:10.4067/S0365-28072002000100017
- Otegui, M. E., Cirilo, A. G., Maddonni G. A. & Cárcova, J. (2000). Fenología y composición del rendimiento en cinc híbridos de maíz. Informe de circulación restringida. Convenio Cátedra de Cereales-Nidera S. A. 15 pp.
- Otegui, M.E.; Lopez Pereira, M. 2003. Fecha de siembra. In Satorre, E.H. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo.* Facultad de Agronomía. UBA. p. 259-274
- Padilla, J.M. & Otegui, M.E. 2005. Co-ordination between leaf initiation and leaf appearance in field-grown maize (*Zea mays*): genotypic differences in response of rates to temperature. *Annals of Botany* 96, 997– 1007.

- PAS. Panorama Agrícola Semanal. 2015. Bolsa de Cereales, Argentina. URL <http://www.bolsadecereales.org/>
- Red de innovadores Aapresid (2017). “Maíz de última generación, la densidad de siembra se mira, pero no se toca. pág. 59.
- Satorre, E. 2014. Manejo de Insectos en Maíz: Oportunidades y desafíos de la biotecnología para el manejo de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo) y *Spodoptera frugiperda* (isoca del cogollo).
- Satorre, E. H; Arnold, R. L; Slafer, G. A; de la Fuente, E. B; Miralles, D. J; Otegui, M. E; Savin, R. 2018. Producción de granos, bases funcionales para su manejo. FAUBA.
- Sadras, V., Ferreiro, M., Gutheim, F. & Kantolic, A. G. (2000). Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. En F. H. Andrade & V. O. Sadras, eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja (pp. 29-60). Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Singh, H; Keswani, C; Ray, S; Yadav, S; Singh, S. S. Singh, and B.K. Sarma. 2015. *Beauveria bassiana*: Biocontrol Beyond Lepidopteran Pests. Chapter 10.
- Uhart, S; Ferraris, G; Mazzini, C. 2017. ALTA DENSIDAD POBLACIONAL Y DOSIS DE NITROGENO EN SIEMBRAS TARDIAS DE MAIZ EN LA ZONA NUCLEO MAICERA ARGENTINA.
- USDA, 2020. United States Department of Agriculture (en línea). Consultado marzo de 2020. Disponible en <http://www.usda.gov>.
- Zimmermann, G. 2007. Revisión sobre la seguridad de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology, 17(6), 553–596.

Anexos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3214267,09	6	535711,181	5,00482303	0,00134847
Tratamiento	3214267,09	6	535711,181	5,00482303	0,00134847
Error	2997091,6	28	107038,986		
Total	6211358,69	34			

Tabla 5. Análisis de la varianza de las variables estudiadas en el ensayo de comparación de los tratamientos y el rendimiento por hectárea.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53,8	6	8,96666667	8,20479303	0,000036
Tratamiento	53,8	6	8,96666667	8,20479303	0,000036
Error	30,6	28	1,09285714		
Total	84,4	34			

Tabla 6. Análisis de la varianza de las variables estudiadas en el ensayo de comparación de los tratamientos y el contenido de materia seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	114,967429	6	19,1612381	2,93742426	0,02373373
Tratamiento	114,967429	6	19,1612381	2,93742426	0,02373373
Error	182,648	28	6,52314286		
Total	297,615429	34			

Tabla 7. Análisis de la varianza de las variables estudiadas en el ensayo de comparación de los tratamientos y la concentración de clorofila.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,5428571	6	1,92380952	4,64367816	0,00215462
Tratamiento	11,5428571	6	1,92380952	4,64367816	0,00215462
Error	11,6	28	0,41428571		
Total	23,1428571	34			

Tabla 8. Análisis de la varianza de las variables estudiadas en el ensayo de comparación de los tratamientos y el vigor.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
5	7428	5	146,314036	A	
3	6984,2	5	146,314036	A	B
6	6836,6	5	146,314036	A	B
4	6834,2	5	146,314036	A	B
1	6644	5	146,314036		B
2	6532	5	146,314036		B
7	6456,8	5	146,314036		B

Tabla 9. Rendimiento. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
5	54,2	5	0,46751623	A		
6	52,9	5	0,46751623	A	B	
1	52,8	5	0,46751623	A	B	
2	52,7	5	0,46751623	A	B	
3	52,5	5	0,46751623	A	B	
4	51,9	5	0,46751623		B	
7	49,8	5	0,46751623			C

Tabla 10. Contenido de materia seca. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
5	55	5	1,14220338	A	
3	53,94	5	1,14220338	A	B
4	53,28	5	1,14220338	A	B
6	53,04	5	1,14220338	A	B
1	52,66	5	1,14220338	A	B
7	50,24	5	1,14220338	A	B
2	49,56	5	1,14220338		B

Tabla 11. Concentración de clorofila. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2	6,2	5	0,28784917	A	
4	5,6	5	0,28784917	A	
1	5,6	5	0,28784917	A	
3	5,2	5	0,28784917	A	B
6	5,2	5	0,28784917	A	B
7	5	5	0,28784917	A	B
5	4,2	5	0,28784917		B

Tabla 12. Vigor. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento. Tukey. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fecha	Presencia	Cantidad	Observaciones
19/1/2021	NO		
21/1/2021	NO		
26/1/2021	NO		
28/1/2021	SI	2	1 adulto y una L4 de <i>Spodóptera</i> sp.
2/2/2021	SI	1	un adulto <i>Spodóptera</i> sp.
4/2/2021	NO		
9/2/2021	SI	4	3 adultos de <i>Heliothis</i> sp. y 1 adulto de <i>Spodóptera</i> sp.
11/2/2021	SI	3	2 adultos de <i>Spodóptera</i> sp. y 1 adulto de <i>Heliothis</i> sp.
16/2/2021	NO		
18/2/2021	NO		
23/2/2021	NO		
25/2/2021	NO		
2/3/2021	NO		
4/3/2021	NO		
9/3/2021	SI	3	3 adultos de <i>Heliothis</i> sp.
11/3/2021	SI	2	2 adultos de <i>Spodóptera</i> sp.
16/3/2021	SI	2	1 adulto de <i>Heliothis</i> sp. y una de <i>Spodóptera</i> sp.
18/3/2021	NO		
23/3/2021	NO		
25/3/2021	NO		
30/3/2021	NO		
1/4/2021	SI	1	adulto de <i>Heliothis</i> sp.
6/4/2021	NO		
8/4/2021	SI	1	adulto de <i>Heliothis</i> sp.
13/4/2021	NO		
15/4/2021	NO		
20/4/2021	NO		
22/4/2021	SI	1	adulto de <i>Heliothis</i> sp.
27/4/2021	NO		
29/4/2021	NO		
4/5/2021	NO		
6/5/2021	NO		
11/5/2021	NO		
13/5/2021	NO		
18/5/2021	SI	1	adulto de <i>Heliothis</i> sp.
20/5/2021	NO		
25/5/2021	NO		
27/5/2021	NO		

Tabla 13. Presencia de plagas. Fecha, presencia, cantidad, especie y estadio de las mismas. L4: larva

Híbrido	PG
P1833VYHR	94%

Tabla 14. Poder germinativo de la semilla del híbrido Pioneer 1833 VYHR.

Rto	Repetición					Promedio
Tratamiento	1	2	3	4	5	
1	7014	6980	6148	6120	6958	6644
2	6875	5987	6654	6426	6718	6532
3	6693	7255	7125	6943	6905	6984
4	7045	6514	7053	6464	7095	6834
5	7075	7152	7706	7412	7795	7428
6	6669	6749	6584	6996	7185	6837
7	6384	6183	6696	6147	6874	6457

Tabla 15. Datos de rendimiento/ha de cada tratamiento y repetición. Medido en kg/ha.

MS	Repetición					Promedio
Tratamiento	1	2	3	4	5	
1	53	53	53	53	53	53
2	52	52	53	53	54	53
3	53	53	52	52	54	53
4	50	53	51	53	54	52
5	54	53	55	55	55	54
6	51	53	54	55	53	53
7	49	49	51	50	51	50

Tabla 16. Datos de contenido de materia seca de cada tratamiento y repetición. Medido en grs.

Clorofila	Repetición					Promedio
Tratamiento	1	2	3	4	5	
1	52	54	52	52	52	53
2	52	47	46	51	52	50
3	55	56	54	53	53	54
4	52	48	53	56	58	53
5	51	55	56	57	57	55
6	51	55	50	58	52	53
7	48	50	52	48	54	50

Tabla 17. Datos de concentración de clorofila de cada tratamiento y repetición. Medido en unidades SPAD.

Vigor	Repetición					Promedio
Tratamiento	1	2	3	4	5	
1	6	5	6	5	6	6
2	7	7	5	6	6	6
3	6	5	6	4	5	5
4	6	5	6	6	5	6
5	4	4	4	5	4	4
6	5	5	5	6	5	5
7	5	6	5	4	5	5

Tabla 18. Datos de vigor de cada tratamiento y repetición. Medido en días.

Mes	Precipitaciones (mm)
Enero	115
Febrero	15
Marzo	100
Abril	70
Mayo	70
Junio	5
Julio	20
Agosto	20

Tabla 19. Precipitaciones ocurridas en el ciclo del cultivo (2021). Fuente propia, José Mogues.