



Ingeniería Agronómica

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y
la co-inoculación con *Pseudomonas
fluorescens* sobre el comportamiento
agronómico del cultivo de trigo

Trabajo final de graduación para optar por el título de
Ingeniero Agrónomo

Autor: Ventura, Marcos Miguel
Tutor: Jecke, Fernando Ariel
Fecha de Defensa: 2025



Resumen

El trigo desempeña un papel crucial en la economía de la República Argentina, es uno de los principales cultivos del país, ocupando una posición destacada en términos de superficie sembrada y volumen de producción. De dicha producción, aproximadamente el 52% se destina al mercado local, y el restante 48% va destinado a exportaciones.

A nivel global, la producción de trigo es liderada por China, Unión Europea e India; Argentina se posicionó en el duodécimo lugar, con una producción de 17,5 millones de toneladas. El trigo también es un actor clave en la economía internacional, considerando de su participación a nivel industrial en el mercado alimenticio donde su procesamiento y subproductos, generan un gran valor agregado y mercados secundarios en la industria alimentaria.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica y productiva del cultivo de trigo bajo el uso de la cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens*.

El experimento fue llevado a cabo en el segundo semestre del año 2023 en San Antonio de Areco, Prov. De Buenos Aires, en conjunto con la entidad pública INTA San Antonio de Areco y Estancia La Fe. El diseño de este ensayo fue de cinco tratamientos incluyendo un testigo, en un diseño de bloques al azar (DCBA) con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados se basaron en el uso de promotores de crecimiento a base de *Azospirillum* y *Pseudomonas*.

El análisis estadístico de las variables evaluadas en cada tratamiento se realizó utilizando el software Infostat, con un umbral de significancia de $P = 0.05$ para identificar diferencias mínimas significativas. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Además, las condiciones climáticas y nutricionales durante el ensayo fueron óptimas, lo que evitó cualquier tipo de estrés y pudo haber limitado la manifestación de los efectos de los tratamientos aplicados.

Palabras clave: trigo, inoculación, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*.

Índice

1. Introducción.....	4
2. Botánica.....	6
2.1. Desarrollo Fisiológico de trigo.....	6
2.2. Estadios de desarrollo.....	8
3. Productos Biológicos.....	9
3.1. Azospirillum spp.....	10
3.2. Pseudomonas spp.....	10
4. Hipótesis.....	11
5. Objetivos.....	11
6. Materiales y Métodos.....	11
6.1. Objetivos Específicos.....	12
6.2. Precipitaciones.....	12
6.3. Suelo.....	13
6.3.1. Composición del suelo en pre-siembra.....	13
6.4. Historial del Lote.....	14
6.5. Tratamientos.....	14
6.6. Diseño Experimental.....	14
7. Resultados.....	15
8. Conclusiones y Discusión.....	18
9. Bibliografía.....	21
10. Anexos.....	23

Introducción

El trigo es uno de los cultivos más importantes a nivel global debido a su papel fundamental en la alimentación humana y su versatilidad en la industria. Originario de la región del Creciente Fértil, ha sido cultivado por miles de años y constituye la base de la dieta en muchas culturas. Su principal uso es la producción de harina para panificación, pastas, galletas y otros productos derivados, además de ser un componente clave en la alimentación animal y en la fabricación de biocombustibles. A lo largo de la historia, su producción ha evolucionado significativamente gracias a avances tecnológicos en genética, mejoramiento de semillas, fertilización y manejo agronómico, lo que ha permitido incrementar los rendimientos y mejorar su resistencia a factores climáticos adversos. En la actualidad, el trigo no solo es un pilar de la seguridad alimentaria mundial, sino que también impulsa economías agrícolas a través de su comercialización y exportación.

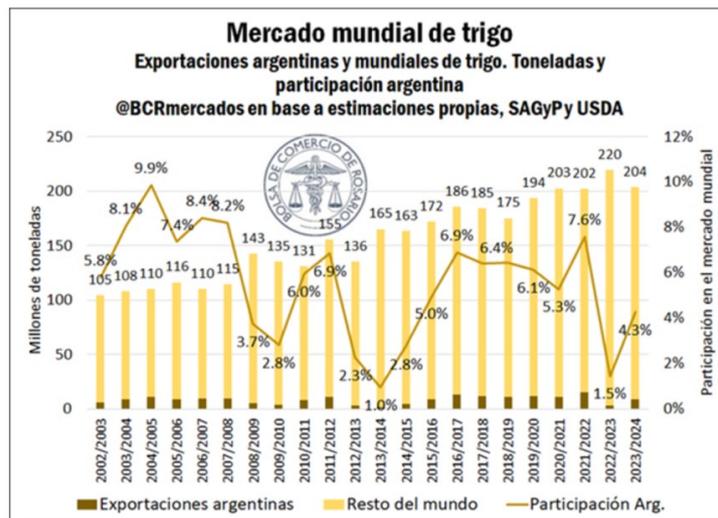


Figura 1. Mercado mundial de trigo campañas 2002/03 – 2023/24.

La producción y exportación de trigo en Argentina han experimentado variaciones significativas en la última década, influenciadas por factores climáticos, económicos y políticos. Durante la campaña 2023/2024, la producción nacional de trigo alcanzó aproximadamente 15,9 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 28,4 quintales por hectárea.

Este incremento en la producción permitió que, hasta agosto de 2024, se exportaran 6,6 millones de toneladas de trigo, lo que representa una recuperación respecto al ciclo anterior. Sin embargo, este volumen se encuentra un 25% por debajo de la mediana de los últimos diez años y un 11% por debajo de la mediana de los últimos veinte años, indicando que las exportaciones aún no alcanzan los niveles históricos habituales.

Históricamente, las exportaciones de trigo en Argentina han mostrado una alta volatilidad. Por ejemplo, en la campaña 2021/2022, se registró una producción récord de 20,5 millones de toneladas, sustentada en una expansión de la superficie sembrada, que alcanzó su mayor nivel en dos décadas. Sin embargo, en la campaña 2022/2023, la producción se redujo significativamente debido a condiciones climáticas

adversas, lo que resultó en un volumen exportable menor, con embarques que totalizaron 3,9 millones de toneladas en los primeros meses del ciclo comercial. A pesar de la recuperación observada en la campaña 2023/2024, la evolución de las exportaciones de trigo en Argentina continúa condicionada por variables estructurales, como la disponibilidad hídrica, la estabilidad de las políticas comerciales y la demanda internacional.

El cultivo de trigo en Argentina es un actor clave para su economía agrícola y tiene una presencia significativa en el mercado mundial. La producción de trigo ha experimentado variaciones en las últimas campañas debido a factores climáticos y tecnológicos. Según datos de la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), la producción de trigo en la campaña 2023/2024 mostró una recuperación significativa en comparación con el ciclo anterior afectado por la sequía y se estimó en 16,2 millones de toneladas, lo que representó un incremento del 40% respecto a la campaña anterior, aunque fue la segunda menor producción en ocho años.

Durante las últimas dos décadas, la superficie sembrada en Argentina ha experimentado variaciones significativas. Después de alcanzar un pico de 6,3 millones de hectáreas en la campaña 2003/2004, se observó una tendencia descendente hasta la campaña 2009/2010, cuando la superficie sembrada cayó a 3,6 millones de hectáreas. A partir de entonces, la superficie sembrada mostró una recuperación gradual, alcanzando nuevamente 6,3 millones de hectáreas en la campaña 2018/2019 y un máximo de 6,9 millones de hectáreas en la campaña 2021/2022. Sin embargo, en las campañas más recientes, se ha registrado una disminución, con 6,1 millones de hectáreas en 2022/2023 y 5,6 millones de hectáreas en 2023/2024. Estas fluctuaciones reflejan la influencia de diversos factores, incluyendo condiciones climáticas, políticas agrícolas y dinámicas del mercado internacional.

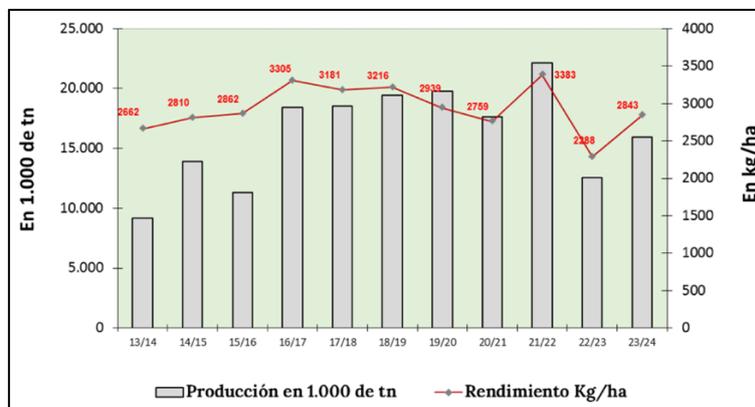


Figura 2. Evolución de la producción y rendimiento de trigo campañas 2013/14 a 2023/24.

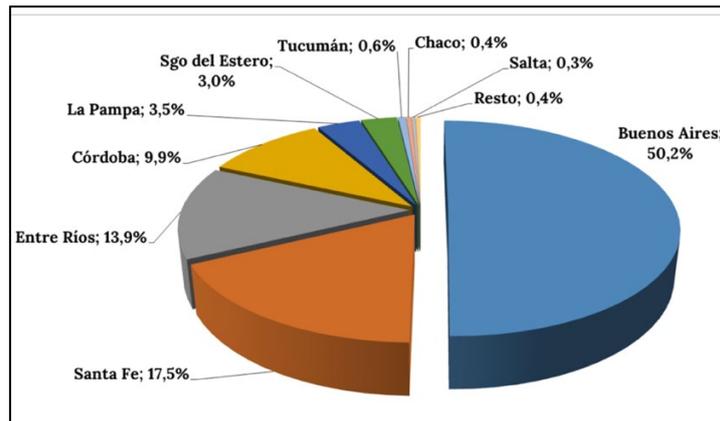


Figura 3. Producción de trigo por provincia (Campaña 2023/24).

Botánica

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae, considerada uno de los principales cereales a nivel mundial por su importancia en la alimentación humana. Su sistema radicular es fasciculado, con raíces adventicias que se desarrollan a partir de la base del tallo. El tallo es una estructura hueca y erecta, compuesto por una serie de entrenudos separados por nudos, con una altura que varía entre 60 y 150 cm según la variedad y las condiciones ambientales. Las hojas son alternas, lanceoladas y alargadas, con una vaina que envuelve parcialmente el tallo y una lámina foliar plana, presentando en su base la lígula y las aurículas, estructuras típicas de las gramíneas. La inflorescencia del trigo es una espiga compuesta, en la que las espiguillas están dispuestas de manera alterna a lo largo del raquis, cada una conteniendo de 2 a 5 flores, que pueden ser fértiles o estériles. Sus flores son hermafroditas, protegidas por dos glumillas (pálea y lema) y poseen tres estambres junto a un ovario súpero con dos estigmas plumosos, lo que favorece la polinización predominantemente autógena. Su fruto es una cariósipide, un tipo de fruto seco e indehisciente donde la semilla está firmemente unida al pericarpio, con forma ovalada o alargada y color variable entre amarillo y marrón claro.

Su ciclo de vida es anual y puede clasificarse en trigo de invierno, que requiere una fase de vernalización para inducir la floración, y trigo de primavera, que no la necesita y completa su ciclo más rápidamente. Su desarrollo se divide en diferentes fases, iniciando con la germinación y emergencia de la radícula y la plúmula, seguido por el macollaje, donde se forman brotes laterales en la base de la planta, etapa clave para el rendimiento. Posteriormente, ocurre el encañado, con la elongación del tallo y el desarrollo de los entrenudos, seguido del espigado y floración, donde emergen las espigas y se abren las flores. Finalmente, se da el llenado del grano, en el que se acumulan reservas en la cariósipide hasta alcanzar la madurez fisiológica.

Desarrollo Fisiológico de Trigo

La germinación del trigo inicia si se dan ciertas condiciones humedad y temperatura, el grano necesita absorber entre un 30 y un 40% de su peso en agua, como consecuencia de la diferencia de potencial hídrico entre el grano seco y el suelo húmedo, facilitando así el inicio del desarrollo. La temperatura es determinante en este proceso. Idealmente una germinación óptima se da a 25°C, pero también el trigo

puede comenzar a germinar incluso a temperaturas cercanas a los 0°C. Una vez iniciado el proceso, la radícula y el epicótilo comienzan a alargarse, con este último emergiendo hacia la superficie del suelo. Es fundamental que el coleóptilo, la estructura que protege la primera hoja verdadera logre alcanzar la superficie, ya que, si este se mantiene bajo la superficie del suelo, impediría un correcto desarrollo de la plántula.

En la fase de pre-macollaje, tras la emergencia de la plántula, el crecimiento se acelera, las hojas que estaban preformadas ahora empiezan a desplegarse completamente. En las gramíneas se considera de manera referencial, que una hoja alcanza su máxima expansión cuando la lígula se hace visible.

El macollaje da inicio cuando a partir de la yema axilar de la hoja más antigua se genera un nuevo macollo, permaneciendo el meristema de crecimiento por debajo de la superficie del suelo. Un macollo es un brote lateral que se desarrolla en las gramíneas, cada uno de los cuales generará cuatro hojas antes de formar su propio sistema radicular y volverse independiente. Si bien una fase de macollaje más prolongada puede dar lugar a espigas más largas, esto no siempre se traduce en una mayor cantidad de granos por metro cuadrado. Cuando la planta entra en esta fase, el meristema apical deja de generar nuevas hojas y empieza con la diferenciación de espiguillas dentro de la espiga. En este momento, la altura final de la planta queda definida. Factores como la densidad de siembra, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones climáticas también afectan el rendimiento final del cultivo. La duración de esta etapa depende y corresponde a la cantidad de grados día que la planta necesita y acumula para pasar a la siguiente etapa que es la fase de encañazón, lo que determina si el trigo es de ciclo largo, medio o corto. El filocrono del trigo es de 100°D, quiere decir entonces que con 400°D el macollaje ya se ha iniciado.

En encañazón, el meristema se especializa en la formación de la última espiguilla, dejando de producir nuevas estructuras vegetativas. En esta etapa se establece el número de espiguillas por cada tallo y comienza la diferenciación de las flores dentro de cada espiguilla. Al mismo tiempo el tallo se alarga y el meristema se desplaza fuera del suelo, volviéndose más vulnerable a condiciones adversas. Aquí el crecimiento de la planta se vuelve exponencial, impulsado por el aumento de temperaturas y una mayor captación de luz solar. La demanda de nutrientes alcanza su punto más alto, por lo que deben estar disponibles en cantidad suficiente para asegurar un buen desarrollo del cultivo.

En la siguiente etapa, vaina engrosada, el índice de área foliar alcanza su punto máximo, y se despliega la "hoja bandera". La tasa de fotosíntesis está en su nivel más alto, y la planta produce foto asimilados esenciales para el llenado del grano. Durante esta fase se lleva a cabo la meiosis en los granos de polen, y la planta se vuelve especialmente susceptible a las heladas. La espiga crece rápidamente, compitiendo por recursos con la elongación del último entrenudo. En esta etapa queda determinado el número de espigas por metro cuadrado, un factor crucial en el rendimiento final del cultivo.

Luego el trigo entra en una etapa crítica para la productividad, espigazón y floración. En esta fase, la espiga emerge por encima de la hoja bandera, y el proceso se completa cuando el 100% de la espiga es visible. La floración es un periodo

determinante en el que la planta redirige todos sus recursos hacia el desarrollo de la espiga. Durante esta fase, la competencia por nutrientes y foto asimilados es intensa, y las espiguillas basales y centrales suelen ser las que predominan en términos de fecundación y llenado de grano.

El trigo al ser una planta autógama implica que su polinización y fecundación se producen dentro de la misma flor. Sin embargo, factores ambientales y genéticos pueden afectar la tasa de fecundación cruzada. La floración comienza en las espiguillas inferiores y avanza hacia la parte superior de la espiga, un proceso estrechamente ligado a la distribución de los fotoasimilados. Aquí, la demanda de agua de la planta se incrementa considerablemente, con tasas de transpiración que pueden superar los 6 mm/día. Un déficit hídrico en este momento afecta directamente el llenado de grano y como consecuencia también reducir el rendimiento. Asimismo, las heladas tardías pueden causar daños irreparables en la espiga, disminuyendo la cantidad de granos formados y favoreciendo la aparición de granos vanos.

La última etapa del ciclo fisiológico del trigo es el llenado de grano. En esta etapa, el crecimiento vegetativo prácticamente se detiene y los fotoasimilados se destinan exclusivamente al grano. En temperaturas más bajas, el llenado es más lento, permitiendo una mayor acumulación de fotoasimilados y dando lugar a granos más pesados. A medida que avanza esta fase, la planta comienza a deteriorarse, marcando el final de su ciclo. La duración de este periodo depende del mantenimiento del área foliar activa y de la acumulación de grados día. El llenado se completa con aproximadamente 800°D. Las hojas más relevantes para el llenado son la hoja bandera y la anterior, ya que al ser más jóvenes y de mayor tamaño, aportan hasta el 80% de los fotoasimilados que contribuyen al llenado del grano en condiciones normales. (Abadía, et al. 2017)

Estadios de Desarrollo

Para la identificación y monitoreo de los estadios fenológicos a lo largo del desarrollo del trigo en este trabajo, utilizamos la escala de Zadoks, considerada una medida estándar internacional para este cultivo. Esta escala se divide en 10 fases, cada una representada por un número de dos dígitos, donde el primer dígito hace referencia a una de las etapas principales del cultivo y el segundo dígito indica el progreso dentro de esa etapa. Esta metodología permite un seguimiento preciso y sistemático del ciclo de vida del trigo, facilitando una gestión más eficiente del cultivo (Zadocks et. al. 1974)

Tabla de las fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (Z0.0 a Z9.9)

Etapla principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase	Etapla principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase
0	Germinación	0.0-0.9	5	Espigado	5.0-5.9
1	Producción de hojas TP	1.0-1.9	6	Antesis	6.0-6.9
2	Producción de macollos	2.0-2.9	7	Estado lechoso del grano	7.0-7.9
3	Producción de nudos TP (encañado)	3.0-3.9	8	Estado pastoso del grano	8.0-8.9
4	Vaina engrosada	4.0-4.9	9	Madurez	9.0-9.9

TP = tallo principal

Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

Tabla 1. Escala Zadoks (FAO).

Productos Biológicos

Según el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA), un bioinsumo se define como: “Todo producto biológico que consista o haya sido producido por microorganismos o macroorganismos, extractos o compuestos bioactivos derivados de ellos y que estén destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética e incluso en el saneamiento ambiental agropecuario” (Resolución N° 7/2013, CABUA).

Los bioinsumos agrícolas pueden ser clasificados en dos grandes grupos. Los que estimulan el crecimiento o desarrollo de las plantas, como biofertilizantes, bioestimulantes y biorreguladores. Después están los que buscan combatir plagas o disminuir sus efectos nocivos al cultivo, como los biofitosanitarios para el control biológico de plagas y enfermedades.

En la última década, la investigación científica ha evidenciado un creciente interés en el desarrollo y aplicación de insumos biológicos en la agricultura, especialmente en el cultivo de trigo. Estos productos, derivados de organismos vivos o sus metabolitos, buscan mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas. A nivel mundial, se proyecta que los bioinsumos representarán el 24% del mercado agrícola para 2029, un aumento considerable respecto al 17,4% estimado para 2024. Este crecimiento refleja una tendencia hacia la adopción de productos biológicos en detrimento de los químicos tradicionales, debido a su menor impacto ambiental y su contribución a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

En Argentina, la adopción de los productos biológicos en la agricultura ha mostrado un crecimiento sostenido hasta el año 2024, reflejando una tendencia hacia prácticas más sostenibles y eficientes. Según datos de la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (Casafe) de 2023, los bioinsumos generaron un valor estimado de 117,2 millones de dólares, representando el 2,6% del mercado total de fitosanitarios en el país. Sin embargo, si se excluyen los inoculantes, Argentina presenta un bajo nivel de adopción de bioinsumos en comparación con otros países de la región, como Chile y Brasil.

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB por sus siglas en inglés (plant growth-promoting bacteria), representan diversas especies en el suelo y se encuentran asociadas a gran cantidad de especies vegetales (Carletti, 2008).

Los géneros *Azospirillum* y *Pseudomonas* son microorganismos del suelo que sin depender simbióticamente del cultivo le confieren importantes beneficios (Dobbelaere et al., 2003; Bashan y Levanony, 1990). Efectos como una implantación más rápida,

mayor crecimiento de raíces, tolerancia mejorada a patógenos, fijación biológica no simbiótica de nitrógeno y solubilización de nutrientes son habitualmente reportados en numerosas experiencias (Chaparro et al., 2012; Caballero Mellado et al. 1992).

Azospirillum spp.

El género *Azospirillum spp.* comprende bacterias gramnegativas de vida libre, pertenecen a la familia *Rhodospirillaceae*, ampliamente distribuidas en suelos agrícolas y asociadas a la rizosfera de diversas especies vegetales. Estas bacterias, descubiertas por primera vez en 1978, se distinguen por tener forma de varilla o bacilar, con movimiento vibratorio y patrón flagelar mixto característico. Son bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (N_2), pero de manera no simbiótica, lo que contribuye a la disponibilidad de este nutriente en el suelo, se encuentran comúnmente en asociación con raíces de pastos y cereales de diferentes regiones del mundo. Estos microorganismos encajan en el grupo de diazotrofos endofíticos facultativos, ya que colonizan tanto el interior de las raíces, donde sus células pueden penetrar en el interior de la célula, así como en la parte externa de las raíces, en el mucigel presente en la rizosfera de las plantas.

Además, *Azospirillum spp.* promueve el crecimiento vegetal a través de la producción de fitohormonas, como ácido indolacético (AIA), giberelinas y citoquininas, favoreciendo el desarrollo radicular y mejorando la absorción de agua y nutrientes. También participa en la solubilización de fosfatos y en la inducción de resistencia sistémica (ISR), fortaleciendo la respuesta de las plantas frente a patógenos y condiciones de estrés abiótico, como sequía y salinidad.

En la agricultura, su aplicación como biofertilizante y bioestimulante ha demostrado ser una estrategia eficiente para optimizar la productividad en cultivos como trigo, maíz, soja y arroz, permitiendo la reducción del uso de fertilizantes químicos y promoviendo un manejo más sustentable del suelo. Gracias a estos beneficios, *Azospirillum spp.* se posiciona como un bioinsumo clave en la producción agrícola moderna, contribuyendo a la eficiencia nutricional de los cultivos y a la sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas.

Una de las bondades agronómicas más considerables que se atribuyen a *Azospirillum sp.* es su capacidad de promover el crecimiento vegetal en los primeros estadios del ciclo del cultivo, especialmente bajo estrés moderado (Bashan y Levanony, 1990; Ferraris y Faggioli, 2011).

Pseudomonas spp.

El género *Pseudomonas* pertenece a la familia Pseudomonadaceae y está compuesto por bacterias Gram-negativas con forma de bacilo, aerobias, no esporuladas y con una gran versatilidad metabólica. Se encuentran ampliamente distribuidas en diversos ambientes incluyendo suelos, cuerpos de agua y la rizósfera de múltiples especies vegetales. Este género fue descrito por primera vez en el siglo XIX y desde entonces ha sido objeto de numerosos estudios debido a su papel tanto en la microbiología ambiental como en la agricultura. Los efectos atribuidos a *Pseudomonas* sp. pueden resumirse en una acción de biocontrol, secreción de sustancias inductoras y solubilización de nutrientes (Valverde y Ferraris, 2006; Faggioli et al., 2007).

Las bacterias del género *Pseudomonas*, especialmente *Pseudomonas fluorescens*, juegan un rol clave en la agricultura gracias a su capacidad para promover el crecimiento vegetal y actuar como agentes de control biológico. Estas bacterias producen fitohormonas como ácido indolacético (AIA), giberelinas y citoquininas, que estimulan el desarrollo radicular y mejoran la absorción de agua y nutrientes.

Además, solubilizan fósforo y otros nutrientes esenciales mediante la producción de sideróforos, compuestos que capturan hierro y lo hacen más disponible para las plantas. Su eficacia en el control de enfermedades se debe a la síntesis de antibióticos naturales como DAPG, fenazinas y pirrolnitrina, así como al cianuro de hidrógeno, que inhiben el crecimiento de patógenos del suelo.

También pueden inducir resistencia sistémica en las plantas, fortaleciendo sus defensas naturales, y degradar compuestos tóxicos, favoreciendo la biorremediación de suelos contaminados. *Pseudomonas* se caracteriza por su versatilidad metabólica, su movilidad mediante flagelos polares y su habilidad para colonizar la rizósfera.

Su uso combinado con otras bacterias beneficiosas, como *Azospirillum* y *Bacillus*, ha demostrado sinergias positivas en la promoción del crecimiento vegetal y la sanidad del cultivo, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles y con menor dependencia de agroquímicos.

Hipótesis

La inoculación con *Azospirillum brasilense* y su co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de trigo estimulara el rendimiento y desarrollo agronómico del cultivo de trigo.

Objetivos

Evaluar el efecto de la cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo.

Objetivos específicos

Evaluar el impacto para cada microorganismo a diferentes dosis, en forma aislada o co-inoculada en:

- Rinde
- Peso de mil granos

- Peso hectolítrico
- Plantas vivas/m² en Z1.1, Z1.3, Z2.2
- Plantas muertas/m² en Z1.1, Z1.3, Z2.2
- Vigor en Z1.1, Z1.3, Z2.2
- Fitotoxicidad en Z1.1, Z1.3, Z2.2
- Cobertura en Z1.1, Z1.3, Z2.2
- NDVI en Z3.3 y Z4.2
- Radiación en Z4.2
- Espigas/m²
- Granos/espiga

Materiales y métodos

El experimento fue desarrollado en la Estancia La Fe, San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires, Kilometro 125, Ruta Nacional 8.

Latitud: 34°12'21.0" S

Longitud: 59°32'41.8" O

Campaña 2023/2024

Fecha de siembra: Miércoles 28 junio 2023

Cultivar: Baguette 550 (Nidera). Esta variedad es de ciclo corto, con un alto potencial de rinde y un gran comportamiento sanitario. No tiene requerimiento de frío, capacidad de macollaje medio, porte semi-erecto de unos 88cm de alto, resistencia al vuelco muy bueno, y el desgrane es bajo. La densidad de siembra fue de 350 pl/m².

Se fertilizó con 100 kg/ha de Fosfato Mono-amónico a la siembra y 200 kg/ha de Urea en el estadio de macollaje. Se realizó un barbecho el 25/04/2023 con 2.5 L/ha Glifosato al 62 % + 1000 cm³/ha de 2,4 D + 1000 cm³/ha de Cletodim + 35 gr/ha de Saflufenacil y en macollaje se aplicó 120 cm³/ha de Dicamba + 5 g/ha de Metsulfurom. El 08/09/2023 se aplicó un fungicida a base de 25 % Propiconazole + 4 % Benzovindiflupir para controlar Roya de la Hoja causada por el hongo *Puccinia triticina* y el 06/10/2023 se aplicó un fungicida a base de 17,5 % Protioconazole + 4 % Bixafen + 15 % Trifloxistrobin por reinfección de la misma enfermedad.

Se hizo la inoculación el mismo día de la siembra, horas antes de la misma, asegurando la calidad del proceso.

En todos los tratamientos utilizamos la dosis de 1000cc de líquido por cada 100kg de semillas, completando con agua sin presencia de cloro para asegurar una correcta distribución de los microorganismos en la semilla.

Precipitaciones

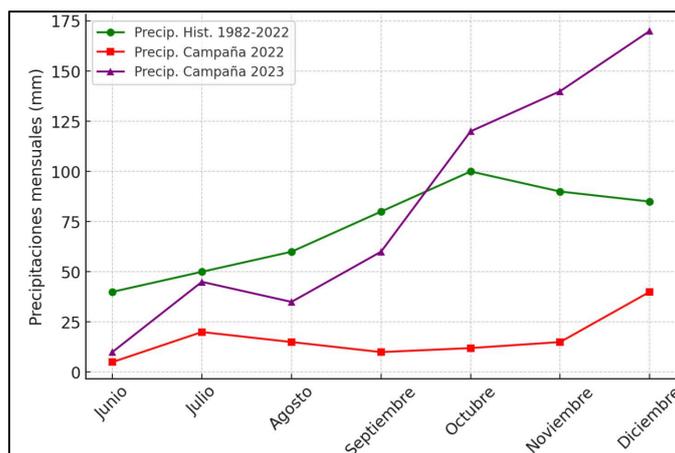


Figura 4. Precipitaciones mensuales campaña 2022, 2023 y precipitaciones promedio mensuales Históricas (1982-2022) en la localidad de San Antonio de Areco.

Suelo

El experimento se llevó a cabo en un suelo perteneciente a la serie Capitán Sarmiento (Sm11), clasificado como Argiudol vértico, de textura fina, mineralogía illítica y régimen térmico, según la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy V. 2014).

La Estancia La Fe se encuentra dentro de la unidad cartográfica 8a, correspondiente al dominio edáfico 8, caracterizado por un relieve de lomas alargadas o planicies con una suave ondulación, presentando pendientes entre el 0.5% y el 1%. Esta área, ubicada en el partido de San Antonio de Areco, forma parte de la región de la Pampa Ondulada y está cubierta por un manto loésico de más de 2 metros de espesor.

El suelo de la zona es profundo, de tonalidad muy oscura, con buen drenaje y una elevada aptitud agrícola, clasificándose con una capacidad de uso de nivel 2. Su textura es franco limoso con tendencia arcillosa, no presenta atributos sódicos o alcalinos. Así, forma parte del grupo de los argiudoles típicos, teniendo como única limitación la presencia de un horizonte Bt con marcada acumulación de arcilla. (CIRN, Instituto de Suelos – INTA, 2022).

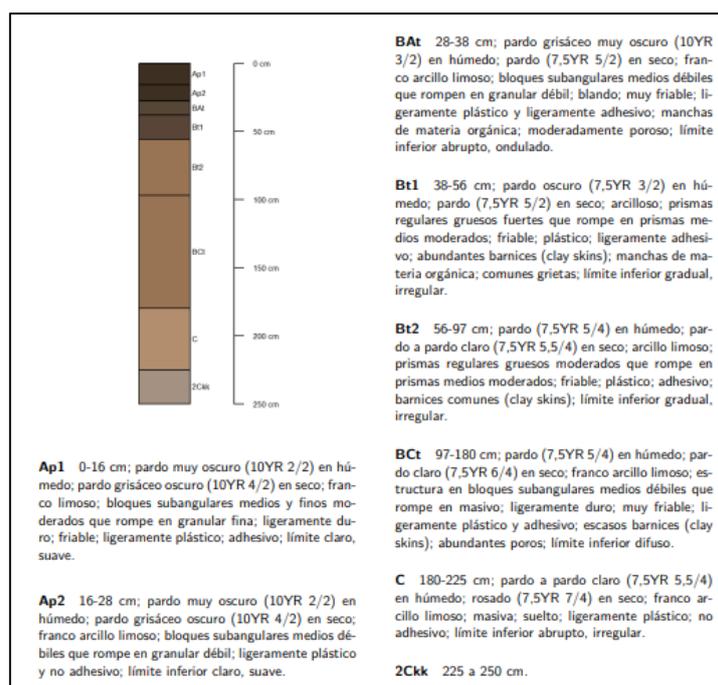


Figura 5. Perfil típico serie Capitán Sarmiento (Jarsun – Etchevehere, INTA. 1965).

Composición del suelo en pre-siembra

Materia Orgánica	Fósforo extractable	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos (20-40) cm	pH	CE
%	mg kg ⁻¹	ppm	Ppm	agua 1:2,5	dS m ⁻¹
4.0	13.1	16.6	8.5	6.0	0.09
Medio	Medio	Medio	Medio	Neutro	Bajo

Tabla 2: Resultados de análisis de suelo.

Historial del Lote

En el establecimiento se practica agricultura desde hace más de 15 años, utilizando el sistema de siembra directa. Esta técnica ha permitido un manejo sustentable del suelo, mediante la implementación de rotaciones con gramíneas y leguminosas. Para esa campaña, el cultivo antecesor del trigo fue soja.

Tratamientos

En la siguiente tabla detallan los tratamientos que fueron evaluados en este experimento, consiste en 5 diferentes tratamientos, con diferentes dosis y combinaciones.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	DOSIS	MOMENTO DE APLICACIÓN
1	Testigo		
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39	(250 ml/100 kg de semillas)	Pre-siembra
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39	(125 ml/100 kg de semillas)	Pre-siembra
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6	(250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	Pre-siembra
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6	(125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	Pre-siembra

Tabla 3: Tratamientos aplicados en el experimento.

Diseño experimental

El experimento tuvo un diseño en bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 1,4 m de ancho y 5,5 m de largo con 7 surcos distanciados a 0,2 m entre sí.

La densidad de siembra fue de 350 pl/m².

Se evaluó el número de plantas vivas y muertas por metro cuadrado en el estadio de Z11 (21/07/2023), Z13 (29/07/2023) y Z22 (06/08/2023) de la escala de Zadocks et. al. (1974) contando las mismas sobre 2 metros lineales de cada parcela. En los mismos estadios se evaluó vigor aéreo en una escala de 1 a 5, donde 3 es el valor asignado al tratamiento testigo mientras que de 1 a 2,9 es peor que el testigo y de 3,1 a 5 es mejor que este, fitotoxicidad (observación del retraso de la emergencia, altura de las plántulas, clorosis, reducción del stand u otros síntomas) en una escala de 0 a 10, donde 0 es sin fitotoxicidad y 10 es muy alta fitotoxicidad y cobertura de suelo mediante la aplicación Canopeo (desarrollada por Oklahoma State University) realizando dos evaluaciones por parcela.

En Z33 (19/09/2023) y en Z42 (04/10/2023) se determinó NDVI por Greenseeker, se evaluó intercepción de la radiación con un ceptometro en Z42 (04/10/2023) y en Z87 (28/11/2023) se cuantifico el número de espigas logradas.

La cosecha se realizó con una cosechadora autopropulsada de parcelas dentro de los cinco surcos centrales. Sobre las muestras del grano cosechado se determinó el peso de mil granos y peso hectolitrico.

Se realizo un análisis de la varianza para un DBCA y se compararan las medias con el test Tukey al 0,05 con el programa Infostat Versión 2018e.

R	1	5
3	4	2
R	3	1
5	4	2
R	2	4
5	1	3
R	5	4
1	2	3

Resultados

En esta sección están plasmados los resultados obtenidos del experimento en cuestión.

En la siguiente tabla se muestran los resultados en cuanto a rendimiento (Kg/Ha), PMG (grs) y PH (gr/Hl) para cada tratamiento.

Tabla 4: Valores promedio obtenidos por tratamiento para; Rendimiento, Peso de Mil Granos (PMG) y Peso Hectolitrico (PH).

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (Kg/Ha)	PMG (grs)	PH (gr/hl)
1	Testigo	5910.75 A	42.25 A	76.03 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	6632.25 A	42.75 A	76.55 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	6726.25 A	41.50 A	76.65 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	6280 A	41.25 A	77.13 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	6057 A	43.00 A	71.88 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para el rendimiento entre los distintos tratamientos evaluados. Sin embargo, observamos que el tratamiento 3 fue el de mayor rinde, con 6.726,25 kg/ha y el tratamiento 1 (Testigo) fue el menor para esta variable con 5.910,75 kg/ha.

No hay diferencias estadísticas significativas en el Peso de Mil Granos (PMG) entre los distintos tratamientos evaluados. Si bien el tratamiento 5 presenta un valor mayor al resto, hablamos de una diferencia muy pequeña.

No hay diferencias estadísticas significativas en cuanto al Peso Hectolitrico (PH) entre los distintos tratamientos evaluados. El tratamiento 4 fue el que presentó el mayor valor para esta variable, y el menor fue el tratamiento 5.

Sin embargo, algo interesante para marcar aquí, es que los tratamientos en los que se utilizó la co-inoculación, tuvieron un menor rendimiento, que de los que solo fueron inoculados con *Azospirillum brasilense*.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados en cuanto a plantas vivas por metro cuadrado, en los estadios Z1.1; Z1.3 y Z2.2 para cada tratamiento.

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Tabla 5. Plantas vivas/m² en Z1.1-Z1.3-Z2.2.

Tratamiento	Descripción	Plantas vivas/m ² (Z1.1)	Plantas vivas/m ² (Z1.3)	Plantas vivas/m ² (Z2.2)
1	Testigo	275.75 A	235.25 A	269.25 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	270.75 A	259.50 A	293.50 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	289.50 A	288.75 A	270.25 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	282.25 A	247.00 A	283.75 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	279.75 A	248.75 A	273.00 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en la cantidad de plantas vivas por metro cuadrado para los distintos estadios, entre los distintos tratamientos evaluados.

Sin embargo, creo que vale la pena resaltar que todos, menos el tratamiento 3, mostraron un patrón de caída en Z1.3 y luego una recuperación en Z2.2 para el recuento de plantas, en comparación con el primero en Z1.1.

El tratamiento 3 por otro lado, sostuvo prácticamente la misma cantidad de plantas desde Z1.1 a Z1.3, pero luego en Z2.2 el recuento de plantas disminuyó.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados en cuanto a plantas muertas por metro cuadrado, en los estadios Z1.1; Z1.3 y Z2.2 para cada tratamiento.

Tabla 6. Plantas muertas/m² en Z1.1-Z1.3-Z2.2. (NA: No aplica)

Tratamiento	Descripción	Plantas muertas/m ² (Z1.1)	Plantas muertas/m ² (Z1.3)	Plantas muertas/m ² (Z2.2)
1	Testigo	0.00	0.00	0.00
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	0.00	0.00	0.00
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	0.00	0.00	0.00
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	0.00	0.00	0.00
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	0.00	0.00	0.00

No se encontraron plantas muertas en ninguno de los tratamientos para los distintos estadios.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados en cuanto a vigor, en los estadios Z1.1; Z1.3 y Z2.2 para cada tratamiento.

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Tabla 7. Vigor en Z1.1-Z1.3-Z2.2.

Tratamiento	Descripción	Vigor (Z1.1)	Vigor (Z1.3)	Vigor (Z2.2)
1	Testigo	3.00 A	3.00 A	3.00 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	3.03 A	3.08 A	3.10 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	3.00 A	3.03 A	3.05 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	3.05 A	3.10 A	3.05 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	3.05 A	3.05 A	2.98 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a vigor para los distintos estadios, entre los distintos tratamientos evaluados. Los valores obtenidos varían muy poco entre sí, independientemente del tratamiento o momento de lectura.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados en cuanto a cobertura de suelo del cultivo, en los estadios Z1.1; Z1.3 y Z2.2 para cada tratamiento.

Tabla 8. Cobertura Z1.1-Z1.3-Z2.2.

Tratamiento	Descripción	Cobertura (Z1.1)	Cobertura (Z1.3)	Cobertura (Z2.2)
1	Testigo	4.38 A	7.40 A	21.83 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	4.50 A	8.08 A	24.75 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	4.30 A	8.33 A	23.78 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	4.25 A	8.10 A	22.78 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	4.43 A	8.33 A	23.20 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a cobertura de suelo para los distintos estadios, entre los distintos tratamientos evaluados. Cabe remarcar que se puede apreciar un patrón entre los distintos tratamientos para el aumento del nivel de cobertura en cada estadio.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados para NDVI y radiación en los estadios Z33 y Z42 para cada tratamiento.

Tabla 9. NDVI Z33-Z42 Y Radiación Z42.

Tratamiento	Descripción	NDVI (Z33)	NDVI (Z42)	Radiación (Z42)
1	Testigo	0.79 A	0.81 A	90.58 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	0.82 A	0.82 A	86.00 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	0.81 A	0.82 A	89.48 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	0.80 A	0.82 A	82.68 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	0.80 A	0.82 A	86.80 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en NDVI para los distintos estadios, entre los distintos tratamientos evaluados.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para radiación en Z42, entre los distintos tratamientos evaluados.

En la siguiente tabla están plasmados los resultados para espigas por metro cuadrado y granos por espiga, para cada tratamiento.

Tabla 10: Espigas x m2 y Granos x Espiga.

Tratamiento	Descripción	Espigas x m2	Granos x Espiga
1	Testigo	501.25 A	27.88 A
2	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (250 ml/100 kg de semillas)	489.00 A	32.00 A
3	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 (125 ml/100 kg de semillas)	504.50 A	32.48 A
4	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (250 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	507.75 A	30.18 A
5	<i>Azospirillum brasilense</i> AZ39 + <i>Pseudomonas fluorescens</i> PS6 (125 ml/100 kg de semillas) + (100 ml/100 kg de semillas)	489.75 A	28.88 A

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para espigas por metro cuadrado, entre los distintos tratamientos evaluados.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para granos por espiga, entre los distintos tratamientos evaluados.

En cuanto a espigas por metro cuadrado, el tratamiento 4 fue el de mayor recuento, con 507,75. Y el tratamiento 2 fue el de menor recuento, incluso menor al testigo.

Por otro lado, en cuanto a granos por espiga, el tratamiento 3 fue el mayor con 32,88. El tratamiento 1 (Testigo) fue el menor para esta variable.

Discusión y Conclusiones

Para esta campaña 2023/2024 las precipitaciones fueron insuficientes y estuvieron mal distribuidas, como podemos apreciar en el grafico de lluvias, vemos lluvias tardías a fines de octubre y principio de noviembre, que permitieron obtener aceptables niveles de producción para la zona. A nivel nacional este déficit hídrico al inicio del periodo de cultivo afecto negativamente al cultivo en varias regiones del país, donde se esperaba una cosecha aproximada entre 17 y 18 millones de toneladas para este cultivo, pero en consecuencia a esto, la estimación se redujo a unos 13,5 millones de toneladas.

No obstante, en el caso de este experimento, recibió lluvias suficientemente buenas para sostener el óptimo desarrollo del cultivo y llegar a los resultados obtenidos.

Si bien se vieron diferencias en algunos resultados, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en este experimento para ninguna de las variables evaluadas en los distintos tratamientos, por lo cual se rechaza la hipótesis planteada.

Sin embargo, vimos que los tratamientos 2 y 3 obtuvieron un 12.21% y 13.80% más respectivamente, en cuanto a rendimiento con respecto al tratamiento testigo. Mientras que los tratamientos 4 y 5 estuvieron arriba del testigo solamente por 6.25% y 2.47% respectivamente.

La interpretación de estos resultados da pie a la teoría, en la que la inoculación con la cepa *Azospirillum brasilense* AZ39 por si sola, independientemente de la dosis, podría generar un incremento mayor en el rendimiento en comparación al uso de ambas cepas para la inoculación de las semillas de trigo.

En los siguientes gráficos se ven plasmados los resultados comparativos, en cuanto a rendimiento entre los tratamientos, incluido el testigo.

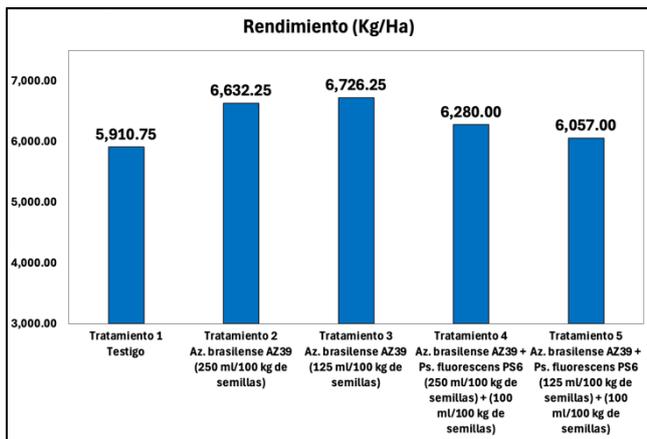


Figura 6. Resultados de rendimiento por tratamiento.

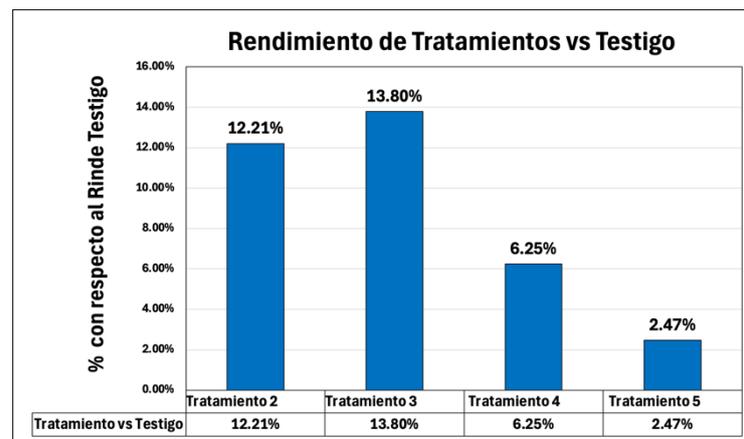


Figura 7. Comparación porcentual en rendimiento con respecto al tratamiento testigo.

Los resultados obtenidos en este estudio confirman el impacto positivo de la inoculación con *Azospirillum brasilense* y su co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el rendimiento del cultivo de trigo. En línea con lo reportado por Díaz-Zorita et al. (2006), quien analizó 237 ensayos en la región pampeana, se observó un incremento promedio de 229 kg ha⁻¹ (equivalente al 6,5%) en los rendimientos con la aplicación del inoculante en comparación con los tratamientos sin inoculación. Además, el trabajo destaca que la inoculación produjo mejoras en la biomasa aérea y radicular en etapas tempranas del cultivo, así como en el número de espigas por metro cuadrado y granos por espiga. Si bien en este trabajo no se evaluó el desarrollo radicular, sería interesante plantearlo para futuras evaluaciones lo cual coincide con los mecanismos fisiológicos observados en nuestro ensayo, por lo que se cree que podría haber una respuesta positiva.

Esto sugiere que la sinergia entre *A. brasilense* y *P. fluorescens* podría potenciar aún más la eficiencia del cultivo en la captación de nutrientes y agua, y en la estimulación hormonal. En comparación con los resultados del presente trabajo, el uso combinado de ambas bacterias habría generado una respuesta no tan marcada, como cuando solo se inoculó con *A. brasilense*.

Los hallazgos encontrados en este trabajo, también concuerdan con lo reportado por Naiman et al. (2009), quienes evaluaron la aplicación de tres inoculantes comerciales—dos cepas de *A. brasilense* (Az1 y Az2) y una cepa de *P.*

fluorescens (Pf)—en un experimento de campo. En promedio, la inoculación con estos microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPB) generó incrementos del 16% en el rendimiento de grano respecto al control, aunque sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). En nuestro ensayo, los efectos observados con la co-inoculación fueron similares, donde aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas, hubo un aumento del rendimiento, lo que podría atribuirse a una mayor eficiencia fisiológica en la colonización rizosférica y a la producción sinérgica de reguladores del crecimiento vegetal como citoquininas y ácidos orgánicos por parte de *P. fluorescens*. Estos resultados refuerzan la idea de que la co-inoculación no solo puede igualar los efectos de la fertilización nitrogenada, sino también aportar beneficios adicionales en términos de sostenibilidad del agroecosistema, esto abre la puerta para investigar mas en profundidad esta variante.

BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Economía. Secretaria de Agricultura, ganadería y Pesca. (2024). *Campaña Trigo 2023/24 Resultados de ciclo*. Recuperado de: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/cierre/archivos/Resultado-Campaña-Trigo-2023-24.pdf>

INTA. (2023). *Rendimiento y calidad del trigo en la región central del país campaña 2023/24*. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2024/10/inta_crcordoba_eeamarcosjuarez_mir_1_rendimiento.pdf

BCR. (16/06/2023). *Argentina apunta a los 16,2 millones de toneladas de trigo en la 2023/24 y las exportaciones podrían crecer en mil millones de dólares*. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/argentina-20>

BCR. (04/08/2023). *¿Cuánto trigo de la campaña 2023/24 queda disponible para vender al exterior*. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/cuanto-trigo>

Martín Díaz-Zorita, Rafael M. Baliña, María V. Fernández-Canigia, Alejandro Peticari. (Enero 2006). *RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE TRIGO EN LA REGION PAMPEANA INOCULADOS CON Azospirillum brasiliense*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Peticari/publication/237691453_RENDIMIENTO_DE_CULTIVOS_DE_TRIGO_EN_LA_REGION_PAMPEANA_INOCULADOS_CON_Azospirillum_brasiliense/links/00b49532ac01695b6000000/RENDIMIENTO-DE-CULTIVOS-DE-TRIGO-EN-LA-REGION-PAMPEANA-INOCULADOS-CON-Azospirillum-brasiliense.pdf

INTA. (Abril 2021). *La cadena de trigo en Argentina*. Recuperado de: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9218/INTA_CRBsAsNorte_EEAPergamino_Paolilli_Maria_Cadena_de_trigo_en_Argentina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BCR.(24/11/23). *El aporte fundamental del trigo a la economía argentina*. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/el-aporte>

José Nabaes. (Abril 2021). *Evaluación de la fertilización nitrogenada continua en trigo bajo siembra directa*. Recuperado de: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5617/Nabaes%2C%20José%20Trabajo%20de%20Intensificación.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Economía Argentina. Secretaria de Planificación del Desarrollo y la Competitividad Federal. (Noviembre 2023). *Informe de cadenas de valor Agroquímicos y Bioinsumos*. Recuperado de:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_sectorial_agroquimicos_2023_-_web.pdf

Gabriela Starobinsky*. Jesica Mozón** Exequiel Di Marzo Broggi***Hernán Braude**** (2024). *El desarrollo de bioinsumos como camino hacia una especialización sustentable: capacidades, oportunidades y recomendaciones de políticas para Argentina*. Recuperado de:
https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/article/view/46458/46581?utm_source=chatgpt.com

Parra, Yanet; Cuevas, F. (2002). *Potencialidades de Azospirillum como inoculante para la agricultura*. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120004.pdf>

Bioestimulantes Agrícolas. (25/10/2024). *La bacteria Azospirillum como bioestimulante*. Recueprado de:
<https://www.bioestimulantesagricolas.net/la-bacteria-azospirillum-como-bioestimulante/>

Red Agrícola. (06/11/2024). *Azospirillum, la bacteria clave en la búsqueda de una agricultura sustentable*. Recuperado de:
<https://redagricola.com/azospirillum-la-bacteria-clave-en-la-busqueda-de-una-agricultura-sustentable/>

Jessica I. Licea-Herrera. Jesús Di Carlo Quiroz-Velásquez. José L. Hernández-Mendoza. (16/04/2020). *Impacto de azospirillum brasilense, una rizobacteria que estimula la producción del ácido indol-3-acético como el mecanismo de mejora del crecimiento de las plantas en los cultivos agrícolas*. Recuperado de:
https://www.redalyc.org/journal/4263/426363282005/html/#redalyc_426363282005_ref29

Muriel E. Rhodes. (01/08/1959). *The Characterization of Pseudomonas fluorescens*. Recuperado de:
<https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/00221287-21-1-221>

European Journal of Soil Biology. Andres D. Naiman, Alejandra Latrónico. (Febrero 2009). *Inoculation of wheat with Azospirillum brasilense and Pseudomonas fluorescens: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora*. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556308001416>

Eduardo Henrique Marcandalli Boleta. (23/12/2020). *Inoculation With Growth-Promoting Bacteria Azospirillum brasilense and Its Effects on Productivity and Nutritional Accumulation of Wheat Cultivars*. Recuperado de:
<https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2020.607262/full?utm>

Zadoks, J.C., Chang T.T.; Konzak C.F. 1974. "A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals". Weed Research 14: 415-421.

Anexos

Nueva tabla : 3/1/2024 - 09:27:00 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Rinde

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde	20	0,46	0,15	8,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3221358,85	7	460194,12	1,48	0,2618
Tratamiento	2003143,50	4	500785,88	1,61	0,2343
Rep	1218215,35	3	406071,78	1,31	0,3171
Error	3725100,90	12	310425,08		
Total	6946459,75	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1255,75340

Error: 310425,0750 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	5910,75	4	278,58	A
5	6057,00	4	278,58	A
4	6280,00	4	278,58	A
2	6632,25	4	278,58	A
3	6726,25	4	278,58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PMG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMG	20	0,46	0,14	4,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35,05	7	5,01	1,45	0,2734
Tratamiento	9,30	4	2,33	0,67	0,6237
Rep	25,75	3	8,58	2,48	0,1108
Error	41,50	12	3,46		
Total	76,55	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,19140

Error: 3,4583 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4	41,25	4	0,93	A
3	41,50	4	0,93	A
1	42,25	4	0,93	A
2	42,75	4	0,93	A
5	43,00	4	0,93	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

PH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PH	20	0,56	0,30	3,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	82,21	7	11,74	2,17	0,1140
Tratamiento	73,51	4	18,38	3,39	0,0446
Rep	8,70	3	2,90	0,54	0,6665
Error	64,96	12	5,41		
Total	147,17	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,24399

Error: 5,4134 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	71,88	4	1,16 A
1	76,03	4	1,16 A B
2	76,55	4	1,16 A B
3	76,65	4	1,16 A B
4	77,13	4	1,16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Plantas vivas/m2 Z1.1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas vivas/m2 Z1.1	20	0,21	0,00	11,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3143,25	7	449,04	0,45	0,8496
Tratamiento	800,70	4	200,18	0,20	0,9323
Rep	2342,55	3	780,85	0,79	0,5230
Error	11877,70	12	989,81		
Total	15020,95	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=70,90903

Error: 989,8083 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	270,75	4	15,73 A
1	275,50	4	15,73 A
5	279,75	4	15,73 A
4	282,25	4	15,73 A
3	289,50	4	15,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Plantas vivas/m2 Z1.3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas vivas/m2 Z1.3	20	0,56	0,30	9,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9072,65	7	1296,09	2,14	0,1173
Tratamiento	6595,30	4	1648,83	2,73	0,0796
Rep	2477,35	3	825,78	1,37	0,3000
Error	7251,90	12	604,33		
Total	16324,55	19			

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=55,40657

Error: 604,3250 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	235,25	4	12,29 A
4	247,00	4	12,29 A
5	248,75	4	12,29 A
2	259,50	4	12,29 A
3	288,75	4	12,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Plantas vivas/m2 Z2.2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas vivas/m2 Z2.2	20	0,67	0,48	5,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6434,65	7	919,24	3,51	0,0274
Tratamiento	1739,70	4	434,93	1,66	0,2229
Rep	4694,95	3	1564,98	5,98	0,0098
Error	3140,30	12	261,69		
Total	9574,95	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=36,46036

Error: 261,6917 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	269,25	4	8,09 A
3	270,25	4	8,09 A
5	273,00	4	8,09 A
4	283,75	4	8,09 A
2	293,50	4	8,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Plantas muertas/m2 Z1.1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas muertas/m2 Z1.1	20	sd	sd	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	7	0,00	sd	sd
Tratamiento	0,00	4	0,00	sd	sd
Rep	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	19			

Plantas muertas/m2 Z1.3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas muertas/m2 Z1.3	20	sd	sd	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	7	0,00	sd	sd
Tratamiento	0,00	4	0,00	sd	sd
Rep	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	19			

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Plantas muertas/m2 Z2.2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas muertas/m2 Z2.2	20	sd	sd	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	7	0,00	sd	sd
Tratamiento	0,00	4	0,00	sd	sd
Rep	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	19			

Vigor Z1.1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vigor Z1.1	20	0,27	0,00	6,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,18	7	0,03	0,64	0,7185
Tratamiento	0,01	4	2,5E-03	0,06	0,9923
Rep	0,17	3	0,06	1,40	0,2893
Error	0,49	12	0,04		
Total	0,68	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45730

Error: 0,0412 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3	3,00	4	0,10 A
1	3,00	4	0,10 A
2	3,03	4	0,10 A
4	3,05	4	0,10 A
5	3,05	4	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Vigor Z1.3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vigor Z1.3	20	0,21	0,00	3,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	7	0,01	0,44	0,8558
Tratamiento	0,03	4	0,01	0,56	0,6991
Rep	0,01	3	3,3E-03	0,30	0,8274
Error	0,14	12	0,01		
Total	0,17	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23906

Error: 0,0113 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	3,00	4	0,05 A
3	3,03	4	0,05 A
5	3,05	4	0,05 A
2	3,08	4	0,05 A
4	3,10	4	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Vigor Z2.2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vigor Z2.2	20	0,64	0,43	2,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	7	0,02	3,05	0,0435
Tratamiento	0,04	4	0,01	1,54	0,2525
Rep	0,09	3	0,03	5,05	0,0172
Error	0,07	12	0,01		
Total	0,21	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17699

Error: 0,0062 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	2,98	4	0,04 A
1	3,00	4	0,04 A
4	3,05	4	0,04 A
3	3,05	4	0,04 A
2	3,10	4	0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cobertura Z1.1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cobertura Z1.1	20	0,34	0,00	15,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,78	7	0,40	0,87	0,5553
Tratamiento	0,16	4	0,04	0,09	0,9852
Rep	2,63	3	0,88	1,92	0,1807
Error	5,48	12	0,46		
Total	8,26	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,52295

Error: 0,4566 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	4,25	4	0,34 A
3	4,30	4	0,34 A
1	4,38	4	0,34 A
5	4,43	4	0,34 A
2	4,50	4	0,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cobertura Z1.3

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cobertura Z1.3	20	0,46	0,14	12,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,94	7	1,42	1,44	0,2775
Tratamiento	2,31	4	0,58	0,58	0,6808
Rep	7,63	3	2,54	2,57	0,1028
Error	11,87	12	0,99		
Total	21,81	19			

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,24152

Error: 0,9891 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	7,40	4	0,50	A
2	8,08	4	0,50	A
4	8,10	4	0,50	A
5	8,33	4	0,50	A
3	8,33	4	0,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cobertura Z2.2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cobertura Z2.2	20	0,23	0,00	10,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,76	7	3,25	0,52	0,8058
Tratamiento	19,13	4	4,78	0,76	0,5710
Rep	3,63	3	1,21	0,19	0,8997
Error	75,54	12	6,30		
Total	98,31	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,65500

Error: 6,2953 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	21,83	4	1,25	A
4	22,78	4	1,25	A
5	23,20	4	1,25	A
3	23,78	4	1,25	A
2	24,75	4	1,25	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

NDVI Z33

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NDVI Z33	20	0,47	0,16	2,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,4E-03	7	4,8E-04	1,50	0,2560
Tratamiento	1,3E-03	4	3,2E-04	0,99	0,4498
Rep	2,1E-03	3	7,0E-04	2,18	0,1431
Error	3,8E-03	12	3,2E-04		
Total	0,01	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04037

Error: 0,0003 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	0,79	4	0,01	A
4	0,80	4	0,01	A
5	0,80	4	0,01	A
3	0,81	4	0,01	A
2	0,82	4	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

NDVI Z42

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NDVI Z42	20	0,14	0,00	1,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,5E-04	7	5,1E-05	0,28	0,9479
Tratamiento	2,0E-05	4	5,0E-06	0,03	0,9983
Rep	3,3E-04	3	1,1E-04	0,63	0,6118
Error	2,1E-03	12	1,8E-04		
Total	2,5E-03	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03010

Error: 0,0002 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	0,81	4	0,01 A
4	0,82	4	0,01 A
3	0,82	4	0,01 A
2	0,82	4	0,01 A
5	0,82	4	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Radiacion Z42

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
radiacion Z42	20	0,28	0,00	7,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	186,20	7	26,60	0,65	0,7077
Tratamiento	154,39	4	38,60	0,95	0,4710
Rep	31,81	3	10,60	0,26	0,8530
Error	489,79	12	40,82		
Total	675,99	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,39931

Error: 40,8161 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	82,68	4	3,19 A
2	86,00	4	3,19 A
5	86,80	4	3,19 A
3	89,48	4	3,19 A
1	90,58	4	3,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Espigas x m2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Espigas x m2	20	0,63	0,41	6,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18811,45	7	2687,35	2,92	0,0495
Tratamiento	1183,70	4	295,93	0,32	0,8579
Rep	17627,75	3	5875,92	6,39	0,0078
Error	11029,50	12	919,13		
Total	29840,95	19			

Evaluación de cepa *Azospirillum brasilense* y la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* sobre el comportamiento agronómico del cultivo de trigo. | Marcos Miguel Ventura

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=68,33029

Error: 919,1250 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	489,00	4	15,16 A
5	489,75	4	15,16 A
1	501,25	4	15,16 A
3	504,50	4	15,16 A
4	507,75	4	15,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Granos x espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Granos x espiga	20	0,51	0,23	10,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	133,92	7	19,13	1,81	0,1759
Tratamiento	62,18	4	15,55	1,47	0,2725
Rep	71,74	3	23,91	2,26	0,1341
Error	127,15	12	10,60		
Total	261,07	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,33658

Error: 10,5958 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	27,88	4	1,63 A
5	28,88	4	1,63 A
4	30,18	4	1,63 A
2	32,00	4	1,63 A
3	32,48	4	1,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)