

# **APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES, CON NUEVAS TECNOLOGIAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*)**

## **INTRODUCCION**

En Colombia, el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) es el segundo producto en importancia del sector agrícola después del café. En los últimos años ha mostrado un incremento en las hectáreas de producción, según las cifras del Departamento Nacional de Estadística (DANE), estas indicaron un crecimiento en el primer semestre del 2023 con respecto al mismo semestre del 2022 en un 13,8%, (DANE, 2023)

Entre los departamentos de mayor producción de arroz en Colombia destacan el Casanare con 187.789 hectáreas cultivadas, seguido del Meta con 68.184,5 hectáreas y el Tolima con 46.742 hectáreas. El Huila, Arauca, Guaviare, Vichada, Caquetá, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Valle del Cauca también representan una producción significativa de 107.365 hectáreas.

Las actividades de la agricultura tradicional que van en contravía de una agricultura sostenible y ecológica; albergan el uso indiscriminado de productos agroquímicos: plaguicidas, pesticidas y herbicidas; además de labores que afectan a la resistencia normal de las plantas al ataque de enfermedades y plagas las cuales afectan el equilibrio del ecosistema y de paso la pérdida de la biota, la calidad y fertilidad de los suelos.

En esencia la agricultura ecológica combina prácticas que afectan mínimamente el medio ambiente, clima, biodiversidad, coadyuvan a la conservación de los recursos naturales y aplicación de las normas sobre bienestar tanto de animales como de consumidores, todo en la suma de buscar la obtención de productos de máxima calidad; sin llegar al uso indiscriminado e innecesario de productos químicos.

Desde la formación del planeta, los microorganismos han sido parte de la rizosfera y fundamentales en ciertos procesos como la descomposición de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno, la regulación de ciclos biológicos de otras especies y de los nutrientes que hacen parte fundamental en el desarrollo de las plantas, además de mejorar las características y condiciones del suelo para el desarrollo de la actividad antimicrobiana, entre otros.

Este estudio, se basó en la incorporación de algunos microorganismos eficientes (ME), en un cultivo de arroz en la zona de Saldaña, departamento del Tolima; donde su uso inició 65 días antes de la preparación del suelo hasta 25 después de la siembra; el manejo del cultivo durante todo el período estuvo sujeto a los manejos que normalmente hace el productor.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la nueva Tecnología Combinante de Microorganismos Antagónicos (TCMA), en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo del arroz (*Oryza sativa*).

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Cuantificar los efectos de la TCMA en el desarrollo vegetativo de un cultivo de arroz con sistema de siembra por trasplante en el municipio de Saldaña – Tolima.
- Estimar los efectos de la TCMA en los componentes de rendimiento y calidad molinera del cultivo de arroz tratado.

## **DESARROLLO**

### **Uso de los microorganismos eficientes (ME), en la agricultura**

Hoy en día se han evidenciado diferentes alternativas en busca de encontrar mecanismos eficientes para el control de plagas y enfermedades, incluida la fertilización y remediación de los suelos; es así que la ciencia ha recurrido a reencontrar aquellos sistemas naturales y biológicos en el cual mediante el uso microorganismos, ha revisualizado el poder de la naturaleza, a través de los microorganismos recupera a su dinámica biológica, zonas y recursos naturales degradados y mejora su capacidad productiva. Estos microorganismos sabemos que son biológicamente activos, y se caracterizan por tener propiedades líticas y tóxicas, algunos de estos generan compuestos como proteasas, lipasas, quitinasas, hemolisinas; sustancias por medio de las cuales generan control para otros microorganismos y beneficios para las plantas.

En el suelo los microorganismos, usan los residuos de plantas, animales y derivados de la materia orgánica para sus actividades biológicas, a medida que los descomponen y generan nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre), tanto para su desarrollo como para liberar dentro del suelo elementos en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad).

La actividad biológica de la biota del suelo, comprende procesos que generan productos de deshecho los cuales contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo; y aunque son más difíciles de descomponer que el material original de las plantas y los animales, pueden ser usados por un gran número de organismos.

La descomposición de los residuos genera varios compuestos, muchos de ellos con estructuras de carbono propia o mediante la reconstrucción de nuevas estructuras; esto nos permite comprender que la biota del suelo tiene una función muy importante en los procesos de reciclaje de nutrientes, así que la capacidad de un suelo mejora tanto como para proveer al cultivo suficientes nutrientes para cosechar un buen producto; entonces podemos decir que todo depende de las poblaciones de microorganismos presentes en él.

En resumen, la parte viva del suelo es responsable de mantener la disponibilidad de agua, aire, nutrientes a las plantas, destruir a los agentes contaminantes y mantener la estructura de éste. Los mecanismos biológicos además de lo ya descrito, contribuye a la formación de sustancias pegajosas asociadas con la actividad biológica; por lo tanto, es de comprender que consecuentemente el suelo además de almacenar agua, puede actuar como sumidero de dióxido de carbono.

En los sistemas de agricultura convencional, la actividad biológica de la biota del suelo no es tomada en cuenta; las prácticas del uso de los agroquímicos eclipsan las capacidades de auto recuperación, los recursos para la restauración biológica completa son minimizados o desaparecidos y entonces no se permite superar los daños causados por la labranza y el pisoteo del ganado, los niveles nutricionales del suelo declinan y, por ende, su productividad queda sujeta a la fertilidad química demostrada en altos rendimientos de las plantas; pero de bajos aportes naturales constructores de salud en hombres y animales. La restauración de la porosidad del suelo por medios mecánicos es menos satisfactoria que por medios biológicos.

### **Las tropas biológicas de la naturaleza en el suelo.**

La biota del suelo incluye una amplia variedad de microorganismos tales como bacterias, hongos, protozoarios, nemátodos, virus y algas; además de invertebrados y vertebrados visibles a simple vista. Todos estos elementos tienen su propia función en los procesos de reciclaje de nutrientes.

Las bacterias descomponen los substratos de modo fácil y generan productos disponibles para su uso; la acción de éstas genera compuestos de carbono simple que existen en las exudaciones de las raíces y los residuos frescos de las plantas. Estos desechos se convierten entonces en materia orgánica de disposición inmediata y puede ser usada por un gran número de organismos; algunos de estos «descomponedores» pueden descomponer incluso pesticidas y agentes contaminantes en el suelo, (UCM, 2003). Son especialmente importantes en la inmovilización y retención de nutrientes en sus células y, por lo tanto, previenen la pérdida de nutrientes de la zona de las raíces. También sintetiza sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales que intervienen directamente con el desarrollo de la planta.

Hay que destacar que entre las bacterias hay géneros secretadores de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético; así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. Como biofertilizante es una opción amigable para el suelo y el ambiente que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible, (Corrales y otros, 2016).

Por su parte, los hongos descomponen la materia orgánica más resistente, reteniendo en el suelo los nutrientes obtenidos bajo forma de biomasa de hongos y liberando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El material menos resistente es descompuesto de primeras, mientras que el material más resistente, como la lignina y las proteínas, es descompuesto en varias etapas. Muchos de los productos de desechos secundarios son ácidos orgánicos; por ello, los hongos ayudan a incrementar la acumulación de materia orgánica rica en ácidos húmicos, resistentes a una degradación posterior, (Chavarría, 2011). Así que las bacterias de descomponedores presentes en el suelo, son además importantes para la transformación de las estructuras de los anillos de carbono de algunos agentes contaminantes.

Adicionalmente, en los suelos agrícolas, existen los protozoarios que son los mayores productores del nitrógeno disponible para las plantas. Entre el 40 y el 80 por ciento del nitrógeno de las plantas puede provenir de la interacción predator-presa de protozoarios con bacterias. El nitrógeno liberado por los protozoarios está en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y de este modo, fácilmente disponible para las raíces de las plantas y otros organismos, (Barchuk y otros, 2020).

Por su parte, los nemátodos tienen aún menor contenido de nitrógeno que los protozoarios, entre 10 y 100 veces menos que las bacterias o entre 5 y 50 veces menos que las hifas de los hongos. De este modo, cuando hay nemátodos que se alimentan de bacterias y hongos, el nitrógeno es liberado como ( $\text{NH}_4^+$ ), haciendo que el nitrógeno esté disponible para el crecimiento de las plantas y de otros organismos del suelo, (SEMANA, 2018).

Cada especie y grupo existe donde pueden encontrar un suministro apropiado de alimentos, espacio, nutrientes y humedad. Esas condiciones ocurren dondequiera que esté presente la materia orgánica; por lo tanto, los organismos del suelo están concentrados alrededor de las raíces, en los residuos, en el humus, en la superficie de los agregados del suelo y en los espacios entre esos agregados. Por esta razón, son más abundantes en las áreas forestales y en los sistemas de cultivos que dejan una gran cantidad de biomasa sobre la superficie del suelo.

Hay que comprender también que la actividad de los organismos del suelo sigue un modelo de desarrollo estacional (condiciones cíclicas del clima), así como también un modelo de comportamiento cotidiano. No todos los organismos presentan actividad al mismo tiempo. La mayor parte raramente está activa o inclusive, latente; un condicionamiento para que estén y en las cantidades suficientes, está determinada por la disponibilidad de alimentos que influye en el nivel de actividad de los organismos del suelo y, por ende, está relacionado con el uso y manejo de la tierra. (Jaramillo, 2002)

Entendiendo los procesos de la descomposición de la materia orgánica y la liberación del carbono son procesos aeróbicos, lo que significa que los microorganismos necesitan oxígeno y, por lo tanto:

- Cuando se tienen suelos intervenidos con agricultura, entonces los residuos ubicados sobre su superficie generan un ciclo del carbono, el proceso es más lento debido a que hay una población menor de microorganismos estos decaen más lentamente dando lugar a la producción de humus que es más estable y libera menos dióxido de carbono a la atmósfera. La conservación de los

residuos sobre la superficie del suelo no solo proporciona abundantes alimentos, sino que también lo protege de la insolación directa, lo cual, a su vez, regula la temperatura del suelo. Las altas temperaturas afectan adversamente el crecimiento y desarrollo tanto de la población de organismos del suelo como el crecimiento de las raíces.

- Cuando se ara los residuos son incorporados en el suelo junto con el aire y se ponen en contacto con muchos microorganismos lo cual acelera el ciclo del carbono. La descomposición es más rápida, lo que trae como resultado menos formación de humus estable y liberación del dióxido de carbono a la atmósfera y, por lo tanto, una reducción de la materia orgánica, (Bonilla y otros, 2020).

Dependiendo de la composición química de los residuos de los cultivos y la materia orgánica, la descomposición es rápida (azúcares, almidones y proteínas), lenta (celulosa, grasas, ceras y resinas) o muy lenta (lignina), (de Lucas y otros, 2012). La fracción activa o de fácil descomposición de la materia orgánica del suelo es el principal suministro de alimentos para varios organismos vivos del suelo, es fuertemente influenciada por las condiciones climáticas, el estado de humedad del suelo, la etapa de desarrollo de la vegetación, la adición de residuos orgánicos y las prácticas culturales como la labranza, (Martínez, 2008).

### **Microorganismos antagonistas:**

Los microorganismos antagonistas (bacterias, levaduras y hongos) tienen la capacidad de ejercer un efecto de control biológico sobre diferentes patógenos de interés y se han empleado para controlar diversas enfermedades en frutos y vegetales, (De Costa, 2005).

Los microorganismos antagonistas pueden presentar cinco mecanismos de acción:

- Antibiosis
- Competencia
- Explotación
- Lisis
- Resistencia inducida en el hospedador.

### **Antibiosis.**

La acción de una sustancia producida por un organismo inhibe el crecimiento o reduce la actividad metabólica de otro organismo (Gottlieb y Shaw, 1970). En este mecanismo no es necesario un contacto directo antagonista-patógeno y el antibiótico puede permanecer en el medio incluso después de la muerte del antagonista.

La obtención de mutantes incapaces de producir antibióticos, que no muestran control sobre el patógeno, han dejado clara la idea de que la responsable del control es la molécula de antibiótico, (Fravel & Keinath, 1991). Como ejemplo de este tipo de control se puede citar la inhibición del

crecimiento de *Gaeurnannomyces graminis* var. *tritici*, patógeno de trigo, por bacterias productoras del antibiótico fenacina, (Thomashow L. S., 2013) (Thomashow & Weller, 1988). El hecho de la obtención de mutantes no productores de fenacina incapaces de inhibir el crecimiento de *G. graminis* var. *tritici* y el aislamiento de fenacina de suelos donde se observó control de la enfermedad y no en aquellos donde no se observaba, demuestran que la fenacina es la responsable de la inhibición del crecimiento.

## **Competencia.**

La competencia consiste en la disputa de dos o más organismos por un sustrato en cantidad insuficiente para todos ellos. Los individuos interactúan aquí directamente unos con otros, y un individuo impedirá realmente a otro que ocupe una porción del hábitat y por lo tanto que explote los recursos que se hallan en él, (Begon y otros, 1988) . Se pueden distinguir distintos tipos de competencias:

- Competencia por nutrientes y agua, este tipo es característico en la fase de prepenetración del organismo patógeno.
- Competencia por oxígeno, se produce generalmente en la rizosfera, ya que en esta localización se pueden dar situaciones de anaerobiosis.
- Competencia por espacio, en este caso el antagonista cubre toda la superficie vegetal evitando así el establecimiento del patógeno. Este es un caso en el que resulta interesante la relación entre las velocidades de crecimiento de patógeno y antagonista, (Baker & Cook, 1974).

## **Explotación.**

Este mecanismo incluye la predación y parasitismo directo, implica contacto directo hospedador-parásito, (G., 1964). En este caso un organismo (parásito) consigue todo o parte de los nutrientes de otro organismo (hospedador), a pesar de que muchos microorganismos producen sustancias antimicrobianas y el fenómeno de la antibiosis puede ser fácilmente de mostrado «in vitro» , es muy difícil detectar este bajo condiciones naturales (Dubos, 1987). En biocontrol interesa buscar hongos parásitos de otros hongos patógenos de plantas, esto es lo que se conoce como hiperparasitismo. Al requerirse un contacto directo patógeno-hiperparásito, se cuestionan estos últimos como antagonistas efectivos frente a la afección primaria, ya que es necesario un tiempo para el contacto en el cual el patógeno podría ser capaz de infectar (Baker & Cook, 1974). Los hiperparásitos son por tanto útiles para la reducción del inóculo del patógeno en infecciones secundarias.

## **Lisis.**

La lisis celular es un proceso que puede desencadenar la muerte celular. Consiste en la rotura de la membrana celular de células o bacterias y provoca la salida de orgánulos o material celular;

este proceso puede ocurrir por medios químicos, físicos o incluso por infección de virus, (ambientech, 2023); consiste en la degradación enzimática total o parcial por enzimas líticas de otro organismo (heterólisis) o del propio organismo (autólisis). Se puede diferenciar entre: exólisis o digestión parcial de las paredes del organismo por enzimas hidrolíticas del tipo quitinasas y glucanasas y endólisis o disolución del citoplasma sin digestión previa de la pared. Ambos pueden ser el resultado de la heterólisis o de la autólisis. En ocasiones se dan ambos tipos de lisis.

Las actividades quitinasa y  $\beta$ -1,3-glucanasa están implicadas en los procesos de degradación de la pared celular fúngica y ambas conjuntamente son capaces de hidrolizar ésta significativamente. Estas actividades también pueden ser sintetizadas por plantas como mecanismo de defensa y producen la inhibición del crecimiento microbiano, (Legrand y otros, 1987). La síntesis de estas enzimas en la planta puede ser inducida por el ataque de hongos fitopatógenos, (Barber & Mitchell, 1997), o por la presencia de determinadas sustancias químicas como el etileno (Boller y otros, 1983) (Mauch & Staehelin, 1989).

Los hongos producen estas actividades, las cuales pueden degradar las paredes celulares de otros hongos (Villanueva & García-Acha, 1971) (Peberdy, 1979), o bien su propia pared (Reyes & Lahoz, 1977) (Pérez-Leblic y otros, 1982). Las enzimas hidrolíticas son producidas por los hongos de manera constitutiva, o inducida por la presencia de determinadas sustancias o paredes aisladas de otros hongos en el medio de cultivo, como únicas fuentes de carbono (Sivan & Chet, 1989).

La especie *Trichoderma*, actualmente uno de los pocos agentes de biocontrol disponibles comercialmente (Campbell, 1989), es considerado como un buen agente frente a patógenos del suelo (Chet & Henis, 1985). Se ha demostrado (Chérif & Benhamou, 1990) que *Trichoderma harzianum* es capaz de producir quitinasas y  $\beta$ -1,3-glucanasas que degradan la pared celular de *Fusarium oxysporum* f.sp. radicles-lycopersici, inhibiendo el crecimiento del patógeno. Además, se han encontrado cepas de *T. harzianum* efectivas en el control biológico de *Rhizoctonia solani*, en medios con paredes celulares de este patógeno como única fuente de carbono (Hadar & Henis, 1979). La purificación de tres quitinasas de *T. harzianum* capaces de degradar paredes celulares de hongos fitopatógenos (De la Cruz y otros, 1992), confirman la importancia de esta actividad en el antagonismo de *Trichoderma* frente a otros patógenos.

### **Resistencia inducida en el hospedador.**

Consiste en preparar los mecanismos de defensa del hospedador frente a un ataque del patógeno, mediante el reconocimiento y respuesta a un organismo menos dañino, el agente de biocontrol (Campbell, 1989). Éste puede ser una cepa avirulenta del patógeno, una forma especial diferente o una especie distinta relacionada con el patógeno (Cook & Baker, 1983), un ejemplo es la resistencia inducida en el algodón durante tres meses frente a la cepa patogénica de *Verticillium albo-atrum* por pulverización de las raíces con una cepa medianamente patogénica de este hongo (Campbell, 1989).

## Batería de microorganismos aplicados en campo

Microorganismos (ME1)	Concentración
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Cellulomonas cellasea</i> , <i>Chaetomium brasiliense</i> , <i>Pseudomonas fluorescense</i> , <i>Rhodopseudomonas palustris</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma reesei</i>	Ingredientes activos (4%)
	Ingredientes inactivos (96%)

### CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de minerales, que liberan los nutrientes presentes en el suelo y transforman el nitrógeno atmosférico a amonio y nitratos, suministrándolo a los cultivos. Contiene aminoácidos que aumentan la calidad del cultivo y permiten un mejor desarrollo de la planta durante etapas críticas de crecimiento.

En la agricultura, la especie *Bacillus* es la especie más utilizada y se la aprovecha como agente de control biológico de enfermedades agrícola. También funciona como estimulador del crecimiento en los cultivos de plátano, arroz, tomate, frutales, trigo y fréjol. (Falconí & Yánez, 2007).

### MODO DE ACCIÓN

Los microorganismos interactúan con la rizósfera de la planta; presentan acción fungicida; como fungicida actúa destruyendo las paredes celulares de los patógenos, ocasionando su muerte, inhiben la formación del tubo germinativo, evitando su colonización y previenen la germinación de esporas. Está compuesto por endosporas, las que son reconocidas como las estructuras de sobrevivencia más resistentes de la naturaleza, pudiendo soportar altas temperaturas y falta absoluta de humedad.

Al mismo tiempo, produce unos compuestos llamados ciclodipéptidos que estimulan a la planta a producir una hormona llamada auxina, que es una de las hormonas más importantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El complejo ME genera distintos exudados antimicrobianos contra *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Gaumannomyces*, *Phytophthora*, *Stenfilium*, que inhiben el crecimiento y el desarrollo de hongos fipopatógenos que atacan el cuello y la raíz de la planta.

### BENEFICIOS DE SU USO

- ✓ Mejora la estructura del suelo permitiendo un mejor enraizamiento y una mayor vigorosidad de las plantas.
- ✓ Suministra en forma continua y natural diferentes principios activos promotores de crecimiento que permiten una mejor tasa de desarrollo y una mayor productividad del cultivo.

- ✓ Facilita la disponibilidad de nutrientes para las plantas en las formas correctas y en las proporciones adecuadas
- ✓ No afecta la población de fauna benéfica que contribuye a la regulación de plagas y favorece el manejo bio-ecológico de los cultivos.
- ✓ Es inocuo y no contamina el medio ambiente, el agua o los alimentos, no afecta la salud del hombre ni de los animales.

Microorganismos (ME)	Concentración
<u>Piriformospora indica</u>	Ingredientes activos (8%)
	Ingredientes inactivos (92%)

## CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Es un hongo del orden Sebacinales. Es un género monotípico, que contiene la única especie endofítica colonizadora de raíces Piriformospora indica, descubierta a partir de plantas de orquídeas en el desierto de Thar en Rajasthan, India por el Prof. Ajit Verma y el grupo, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Jawaharlal Nehru, Nueva Delhi. El hongo tiene clamidosporas típicas en forma de pera y, por lo tanto, recibe el nombre de *P. indica*; se puede cultivar fácilmente en varios sustratos. Se ha descubierto que promueve el crecimiento de las plantas durante su relación simbiótica mutualista con una amplia variedad de plantas. Los experimentos han demostrado que *P. indica* aumenta la resistencia de las plantas colonizadas contra los patógenos fúngicos. En experimentos con cebada las plantas inoculadas con *P. indica* son tolerantes al estrés salino y más resistentes a los patógenos de las raíces. Las raíces infestadas con *P. indica* también muestran capacidad antioxidante. Se descubrió que *P. indica* requiere la muerte de la célula huésped para la proliferación durante la simbiosis mutualista en la cebada. (Wikipedia, Recuperado el 2021).

Los beneficios más conocidos es el intercambio nutricional, en el que la planta da al hongo carbohidratos y otras sustancias sintetizada por la misma, y el hongo da a la planta, agua, nutrientes minerales y orgánicos del suelo y otros sintetizados por el hongo (Montilla, 2010), citado en (Saboya, 2018).

## MODO DE ACCIÓN

*Piriformospora indica* (*P. indica*), un hongo endofítico versátil, promueve el crecimiento y confiere resistencia contra múltiples estreses por colonización de raíces en plantas hospedantes.

La colonización de raíces por *P. indica* comienza con la germinación intracelular de clamidosporas y forma esteras hifales extracelulares, y simultáneamente penetra en las células rizodérmicas y corticales (Deshmukh y col., 2006; Jacobs y col., 2011). A medida que avanza la colonización, las raíces se cubren densamente con hifas extracelulares y se albergan a través de redes inter e intracelulares; sin embargo, el hongo nunca entra en los tejidos vasculares. A nivel celular, este hongo coloniza las células radiculares vivas por su penetración directa (Jacobs y col., 2011). No

se encontró evidencia microscópica de deterioro o incluso necrotización en *H. vulgare* y *P. indica* colonizada *A. thaliana* raíces (Schäfer y Kogel, 2009). Los patrones de colonización de las diversas regiones radiculares albergan algunas diferencias tanto cuantitativas como cualitativas, que distinguen *P. indica* en *H. vulgare* (y *A. thaliana*) de hongos endomicorrízicos.

La colonización de las raíces por hongos aumenta con la maduración de las raíces y la mayor biomasa de hongos se ha encontrado en la diferenciación, particularmente en las zonas de pelos de las raíces. Los estudios citológicos han revelado los diversos tipos de *P. indica* interacción con diferentes regiones de raíces de *H. vulgare*, donde se observó que la zona del pelo de la raíz (como la zona de la raíz más antigua) estaba altamente colonizada por hifas intracelulares (Deshmukh y col., 2006). Las células en la zona de diferenciación pueden llenarse con hifas fúngicas que recuerdan a las hifas de las hifas (Deshmukh y col., 2006); mientras que, escasa y únicamente extracelularmente se puede evidenciar colonización en las células de la zona meristemática (Schäfer y Kogel, 2009).

Es importante destacar que la actividad fisiológica de las células huésped se ha considerado un requisito previo para el intercambio eficiente de nutrientes entre los socios simbióticos (Schäfer y Kogel, 2009). Por lo tanto, el patrón de colonización de raíces de *P. indica* difiere de la de los hongos AM, que se sabe que colonizan preferentemente las partes más jóvenes de la raíz (Schäfer y Kogel, 2009), citado en (Sarvajeet, Dipesh, Naser, Krishna, & Mohammed, 2016).

Una de las respuestas simbióticas de la planta con el hongo, es destinar fotosintatos en forma de sacarosa, para que el hongo pueda nutrirse heterotróficamente y para que pueda sintetizar azúcares propios tales como manitol, trehalosa, glicógeno y el hongo coloniza el interior de su hospedante formando hifas intraradicales, arbuscúlos y vesícula. (Ruiz, Rojas y Sieverding, 2011), citado en (Saboya, 2018).

## **BENEFICIOS DEL USO**

Rojas (2010) citado en (Saboya, 2018), indica:

- ✓ Mayor crecimiento y desarrollo de las plantas por una mayor absorción de agua, nutrientes minerales y químicos del suelo.
- ✓ Aumenta la eficiencia de otros microorganismos que tienden a asociarse con ellas, tales como *Rizhobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, que a su vez incrementan la captación de nutrientes para las plantas.
- ✓ Se disminuye el costo de producción ya que ahorramos en insecticidas, fertilizantes y plaguicidas químicos, (CERES INPUTS, Recuperado el 2021).
- ✓ Resistente a enfermedades y cambios climáticos, y aumenta desarrollo de raíz, (REY TLALOC, Recuperado el 2021).

✓ Facilitan la adaptación a suelos salinos, a la vez genera sustancias llamadas glomalinas las cuales son unas glicoproteínas que permiten la formación de agregados en el suelo que mejoran su estructura.

<b>Microorganismos (ME2)</b>	<b>Concentración</b>
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Azotobacter chroococcum</i>	Ingredientes activos (10%)
	Ingredientes inactivos (90%)

## CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Enmienda fertilizante orgánica usada como remediador de suelos gracias ser alta fuente de carbono oxidable orgánico, siendo alimento y energía para los microorganismos nativos que ya están allí en las plantas y rizosfera, además de aportar Zinc y Boro de asimilación rápida. Las nano cadenas de carbohidratos en el producto permiten que la vida microbial beneficiosa ya presente en el medio obtenga una humedad, pH y carbono necesario para que se propaguen y colonicen de manera natural de nuevo en el medio (las plantas y los suelos). Las plantas por su proceso natural de evolución desarrollaron biosferas de protección que sirven como un factor natural para el control de plagas, insectos y enfermedades, pues en el pasado, las plantas estaban colonizadas por sus microorganismos naturales, pero por efecto de los agroquímicos y sintetizados que se han utilizado con la excusa de mejorar la producción en la agricultura, se ha acabado con la mayor parte de la vida microbiana que existía en el medio de forma natural en simbiosis con el entorno y que coadyuva a la resistencia de plagas y enfermedades. Por eso gracias a su nano tecnología de fabricación, permite recuperar y fortalecer la vida natural de las plantas y el suelo.

El secreto de este grupo de ME, radica en su fabricación, pues su tecnología de nano partículas de carbono oxidable soluble en agua, así, por su tamaño tan pequeño, permiten ser la forma adecuada de administración de alimento para los microorganismos que antes no tenían una disponibilidad de recursos accesible para ellos en el medio y poder transformarlo en energía para poder crear enzimas y transformar compuestos, etc. Instaurando las simbiosis naturales con otros organismos ayudando en el establecimiento de un ecosistema y una biosfera de resistencia natural en el cultivo.

### Red Nutrient

<b>Producto</b>	<b>Nutriente</b>	<b>Función</b>	<b>Ausencia</b>
RED NUTRIENT	Nitrógeno (N)	Estimula el crecimiento rápido, favorece la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas.	Crecimiento atrofiado, color amarillento en las hojas inferiores; tronco débil; color verde claro.
	Materia orgánica total	Presencia de microorganismo (hongos, bacterias, y entre otros), que sintetizan los nutrientes para las plantas	Desarrollo deficiente de las plantas

Zinc (Zn)	Esencial para la formación de auxina y almidón.	Clorosis entre los nervios superiores de las hojas.
Hierro (Fe)	Catalizador en la formación de clorofila; componentes de las enzimas.	Clorosis entre los nervios de las hojas superiores.
Manganeso (Mn)	Participa en la síntesis de clorofila.	Color verde oscuro en los nervios de las hojas; clorosis entre los nervios.
Magnesio (Mg)	Componente de la clorofila, de las enzimas y de las vitaminas; colabora en la incorporación de nutrientes.	Amarilleo entre los nervios de las hojas inferiores (clorosis).
Boro (B)	Importante en la floración, formación de frutos y división celular.	Yemas terminales muertas; hojas superiores quebradizas con plegamiento.
Calcio (Ca)	Constituyente de las paredes celulares; colabora en la división celular.	Hojas terminales deformadas o muertas; color verde claro.
Cobre (Cu)	Componente de las enzimas; colabora en la síntesis de clorofila y en la respiración.	Yemas terminales y hojas muertas; color verdeazulado.
Molibdeno (Mb)	Colabora en la fijación de nitrógeno y con la síntesis de proteínas.	Similar al nitrógeno

Composición:

- Ingredientes activos: Red Nutrient es un producto de origen orgánico vegetal, su fabricación se define como nanotecnología. Pues las partículas que componen el producto son muy finas y pequeñas facilitando que la absorción de nutrientes directamente por las paredes celulares de la planta. Red Nutrient aporta los elementos esenciales para el crecimiento y producción de frutos y flores, asistiendo a la aceleración del ciclo de Calvin en el cultivo.

#### CARACTERÍSTICAS Y CUALIDADES ORGANICAS.

Las plantas elaboran su biomasa usando agua y dióxido de carbono principalmente el cual es obtenido del aire, así, mediante un proceso de intercambio catiónico y fotosíntesis, la energía solar, el agua y los nutrientes del suelo son extraídos a través de las raíces o las hojas. Estos nutrientes, son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas, ya que los nutrientes minerales tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta. A simple vista no se pueden ver, pero los nutrientes son gases incoloros o se asemejan a polvo disuelto en agua, o están adheridos a cada fragmento o terrón del suelo. Las plantas por intermedio de sus raíces secundarias (son prolongaciones epidérmicas, tienen vida efímera de 1 a 3 días) absorben una serie de nutrientes disponibles del suelo.

Todos los nutrientes que son absorbidos por las plantas se aprecian en forma de iones (Piaggese, 2004). Para la asimilación, los iones deben estar disueltos en el agua del suelo, es decir, en una solución conductora en el suelo para que las plantas puedan absorberlos. El fósforo, el azufre, el

cloro, el boro y el molibdeno son absorbidos respectivamente como fosfatos, sulfatos, cloratos, boratos y molibdatos. Los otros nutrientes son absorbidos bajo la forma de cationes de  $K^{+1}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$  o  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  y  $Cu^{+2}$ . El nitrógeno es absorbido bajo forma de  $NO^{-3}$ ,  $NO^{-2}$  o  $NH_4$ . Estos iones están disueltos en la solución del suelo en concentraciones variables cada suelo tiene su composición típica (Piaggese, 2004).

## MODO DE ACCIÓN

Los iones pasan desde la solución del suelo hasta el centro vascular de las raíces a través de la membrana celular, cuyo movimiento puede ser pasivo o activo. Se entiende por movimiento pasivo cuando los nutrientes ingresan a la planta con flujo masivo a través de la membrana por diferencia de concentraciones a favor del gradiente de concentraciones. Sin embargo, el movimiento activo se da a través de la membrana en contra del gradiente de concentraciones y requiere energía para bombear a los iones hacia dentro de la célula (Ramos, 2011). El movimiento del agua y los nutrientes adentro de la raíz ocurre mediante dos vías, la primera vía es denominada ruta intracelular o simplasto; el agua y los solutos seleccionados pasan a través de las membranas celulares de las células que forman la epidermis de los brotes secundarios de la raíz y, por medio de los plasmodesmos a cada célula hasta llegar a la xilema.

Lo anterior, tiene aplicación ya que, por tecnología de fabricación y características físicas, permite que al aplicar el Red Nutrient este impregne la zona denominada extracelular o apoplasto; el agua y los solutos penetra por la pared celular de las células de la raíz y pasan entre la membrana plasmática hasta que encuentran la endodermis, la misma es una capa de células que deben traspasar para llegar a la xilema.

Con relación al movimiento interno de los nutrientes en la planta, desde que son transportados de las raíces hacia las hojas a través de la xilema se da como consecuencia la transpiración (pasiva). De la misma manera los nutrientes pueden ser transportados (redistribuidos y translocados) desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes y raíces a través del floema por efecto del gradiente de presión hidrostática (activo) el cual requiere energía.

Aunque se han identificado veinte elementos químicos en la mayor parte de las plantas, se ha visto que solamente dieciséis son realmente necesarios para un adecuado crecimiento y una completa maduración de las plantas. A estos 16 elementos se les considera como los nutrientes esenciales.

En investigaciones anteriores han determinado la composición química aproximada de un tejido vegetal. Donde el carbono y oxígeno, constituyen la mayor parte del peso seco de las plantas (45% en ambos casos) y en menor proporción el hidrógeno (6%); estos elementos provienen del  $CO_2$  atmosférico y del agua. Seguido de los elementos nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre los cuales son absorbidos del suelo (Baerga, 2011), citado en (Proyecto UNICA - Universidad en el Campo, 2011).

## BENEFICIOS DEL USO DE RED NUTRIENT

- ✓ Mejora la capacidad de intercambio catiónico en el medio.
- ✓ Mejora la productividad del cultivo, como en cantidad, calidad del producto, entre otros criterios.
- ✓ Fortalece la fertilidad del suelo del cultivo, mejorando su estructura, capacidad de aireación del suelo, etc.
- ✓ Fortalece la capacidad de retención y/o absorción de nutrientes, agua, minerales, entre otros.
- ✓ Corrige y amortigua los cambios de pH del suelo.
- ✓ Aumenta la eficiencia de los microorganismos presentes antes de la inoculación del producto.
- ✓ Con RED NUTRIENT, se reduce el consumo de fertilizantes inorgánicos porque aporta gran cantidad de nutrientes para el suelo del cultivo.

## COMPATIBILIDAD

- ✓ El producto es compatible con fertilizantes, insecticidas, fertilizantes foliares, controladores biológicos, micorrizas, ácidos fúlvicos.
- ✓ No debe usarse en mezcla con bactericidas, plaguicidas o herbicidas.
- ✓ No utilice agua que contenga cloro.

## DESARROLLO DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN TECNOLOGÍA COMBINANTE DE MICROORGANISMOS ANTAGÓNICOS (TCMA), EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y PRODUCTIVO DEL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa*).

**Ubicación del lote.** Se ubica en el municipio de Saldaña situada en la llanura del Tolima, al sureste del departamento; se encuentra junto al río más importante de la región: el Río Saldaña que nace y muere en el departamento. Su altitud es de 400 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media de 28 °C.

La finca La Lira se encuentra a 309 m.s.n.m. con coordenadas 3°55'58.79" N y 75°02'43.76" O, en la vereda La Arenosa del municipio de Saldaña en el departamento del Tolima.

Ubicación del lote del estudio.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

La agricultura es la actividad económica de mayor importancia del municipio y el arroz su principal cultivo; también se siembra maíz, sorgo, ajonjolí, algodón, pasturas, yuca, plátano, cítricos, etc.

La finca se divide en dos lotes separados por un camellón, el lote 1 tratamiento con productos **ME** con un área de 1,3 hectáreas y el lote 2 tratamiento de la finca con 2,5 hectáreas.

En el cultivo del arroz una de las practicas agronómicas comunes en la región es realizar la quema de la soca del arroz, preparar para incorporar y dejar el suelo listo para la siembra. La finalidad de la tecnología es evitar la práctica de quemar la soca con la aplicación de 100g de **ME1** el cual contiene los siguientes microorganismos (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium*, *Cellulomonas cellasea*, *Chaetomium brasiliense*, *Pseudomonas fluorescence*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma reesei*), encargados de descomponer los residuos de cosecha, evitar olores y presencia de insectos.

#### Aplicación de ME1 (marzo 4 de 2023)



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Como es un arroz por método de siembra mateado o por trasplante; se realiza el semillero de arroz variedad TANIA en un costado del lote o en un área determinada para tal fin y paralelo a esta labor se realiza las prácticas de adecuación del suelo para el trasplante; como son pases de rastra y rastrillo, incorporando así los residuos de cosecha ya transformados por los microorganismos antes aplicados.

Previo al trasplante se realiza aplicación de *Piriformosporas indica* de concentración  $1 \times 10^6$  propágulos/g en una dosis de 250g por hectárea con el propósito de mejorar el sistema radicular y disminuir el estrés provocado por el trasplante a sitio definitivo mejorando el establecimiento del cultivo después de dicha labor, bajo condiciones normales y sin aplicación de los microorganismos la planta se recupera entre 10 a 15 días después del trasplante.

#### Aplicación de *Piriformosporas indica* (mayo 8 de 2023)



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

El trasplante se realiza el 28 de mayo de 2023 y al día siguiente se hace aplicación de **ME2** (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Polymyxa*, *Azotobacter chroococcum*) con estos microorganismos en concentración de  $1 \times 10^{12}$  UFC/g y en una dosis de 100g/Ha más RED NUTRIENT (Fertilizante Nitrogenado Simple) con dosis de 100g/Ha.

Aplicación de ME2 + RED NUTRIENT (mayo 29 de 2023)



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Con el manejo tradicional la planta de arroz se recupera del estrés post trasplante (plantas acostadas sobre el suelo o semi erectas); al término de 10 a 15 días después de dicha labor, se destaca y se evidencia en la fotografía anterior; que el área tratada con la aplicación de los productos **ME**, el cultivo de arroz un día después del trasplante presenta plantas erectas y sin sintomatología de estrés.

El 5 de julio se realiza la evaluación de conteo de macollas.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Se visualiza en las fotografías una tonalidad de verde más intenso y mayor cubrimiento de plantas de arroz por área en la zona tratada con la aplicación de los productos **ME**, frente a lo observado en la zona tratada por la finca. El manejo agronómico es de acuerdo al criterio de los encargados del cultivo y es el mismo para los dos lotes a evaluar.

Para realizar la evaluación se escoge 10 plantas al azar en cada una de las áreas a evaluar (Tratamiento **ME** y Tratamiento de la finca) a las cuales se procede a hacer el conteo de número de macollas por planta; las que se relacionan en la siguiente tabla de evaluación.

**LECTURAS**

Variable Evaluada: Numero de Macollas

Hoja de

EVALUACIÓN No   1   FECHA   Julio 5 de 2023   OBS \_\_\_\_\_

Unidad experimental	Tratamiento	1	2	3	4	5
1	1	34,0	41,0	36,0	38,0	
2	1	29,0	33,0	29,0	37,0	
3	1	42,0	40,0	32,0	38,0	
4	1	26,0	28,0	37,0	42,0	
5	1	34,0	32,0	34,0	36,0	
6	1	32,0	32,0	28,0	32,0	
7	1	35,0	36,0	38,0	29,0	
8	1	27,0	34,0	30,0	36,0	
9	1	30,0	40,0	32,0	33,0	
10	1	38,0	44,0	36,0	39,0	
	PROMEDIO	32,7	36,0	33,2	36,0	34,48
11	2	18,0	29,0	19,0	25,0	
12	2	25,0	21,0	18,0	21,0	
13	2	26,0	25,0	20,0	27,0	

14	2	30,0	28,0	23,0	18,0	
15	2	24,0	27,0	22,0	22,0	
16	2	28,0	23,0	18,0	20,0	
17	2	22,0	18,0	24,0	22,0	
18	2	15,0	22,0	29,0	27,0	
19	2	30,0	20,0	18,0	23,0	
20	2	20,0	23,0	26,0	21,0	
	PROMEDIO	23,8	23,6	21,7	22,6	22,93

Fuente: Alesagro SAS, 2023.

De acuerdo a los valores obtenidos por conteo de macollas en diez (10) plantas de arroz al azar se obtiene un valor promedio de 34,47 macollas para el área tratada con los productos **ME** frente a 22,93 macollas promedio en el área tratamiento de la finca; dando como resultado una diferencia de 11,54 macollas a favor del área tratada con los **Microorganismos Eficientes**.

NUMERO DE MACOLLAS	
TRAT ME	TRAT DE LA FINCA
34,475	22,925

Fuente: Alesagro SAS, 2023.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Gráficamente se observa la diferencia favorable con la aplicación de los productos **ME** indicando que a mayor número de macollas se espera mayor número de espigas y por ende mayor rendimiento.

Con la aplicación del tratamiento **ME** se observa un mayor desarrollo de la planta de arroz, mayor masa radicular y mayor longitud de raíces.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Los productos **ME** aplicados al cultivo favorecen el desarrollo de la planta de arroz tanto de la parte aérea como de su masa radicular, garantizando un excelente establecimiento del cultivo.



TRATAMIENTO ME	TRATAMIENTO DE LA FINCA
----------------	-------------------------

Fuente: Alesagro SAS, 2023.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Para evaluar componentes de rendimiento se cosecha un cuadrado al azar de 50 x 50 cm., para un área de 0,25 m<sup>2</sup>; y se procesa manualmente las plantas cosechadas obteniendo los siguientes resultados.

TRATAMIENTO ME												
Área m <sup>2</sup>	# Macollas	Peso espigas + granos	Peso espigas sin granos	Peso granos + vano	Peso grano limpio	Peso vano	% Vano	Índice grano peso de 1000 semillas	Rendimiento teórico kg/ha	Bultos teóricos/ha	Rendimiento real kg/ha	Rendimiento real bultos/ha
0,25	23	59	4	55	51	4	7,84	26 gr				
	36	93	6	87	83	4	4,82					
	38	98	9	89	83	6	7,23					
<b>TOTALES</b>	97	250	19	231	217	14	6,63		8680	138,88	5961,54	95,38
<b>PROMEDIO</b>	32,33	83,33	6,33	77	72,33	4,67	2,21					
TRATAMIENTO DE LA FINCA												
Área m <sup>2</sup>	# Macollas	Peso espigas + granos	Peso espigas sin granos	Peso granos + vano	Peso grano limpio	Peso vano	% vano	Índice grano peso de 1000 semillas	Rendimiento teórico kg/ha	Bultos teóricos/ha	Rendimiento real kg/ha	Rendimiento real bultos/ha
0,25	29	66	5	61	54	7	12,96	26 gr				
	24	52	4	48	43	5	11,62					
	25	56	5	51	46	5	10,86					
	27	60	4	56	51	5	9,8					
<b>TOTALES</b>	105	234	18	216	194	22	11,31		7760	124,16	5500	88
<b>PROMEDIO</b>	26,25	58,5	4,5	54	48,5	5,5	2,83					

Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Para la zona tratada con los productos **ME** en el cuadrado al azar de 0,25 m<sup>2</sup> se cosechan tres plantas de arroz y en el área de tratamiento de la finca se cosechan cuatro plantas de arroz.

### Conteo y separación de granos llenos y granos vanos

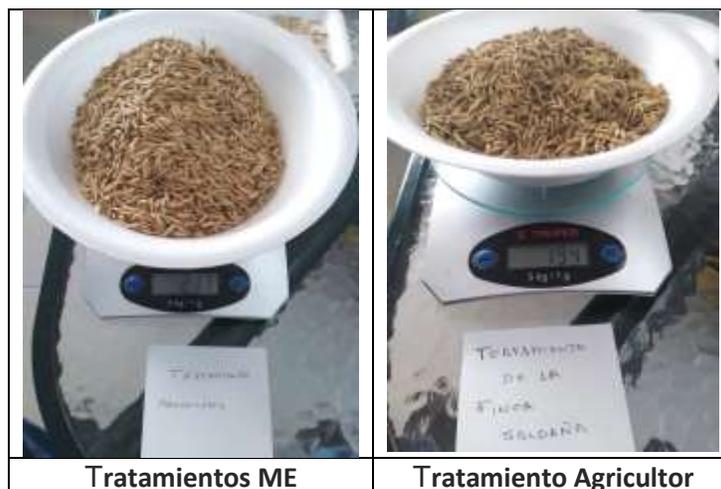


Fuente: Alesagro SAS, 2023.

El número promedio de macollas para el tratamiento **ME** fue de 32,33 macollas frente a 26,25 macollas promedio en el tratamiento de la finca, con una diferencia de 6,08 macollas promedio a favor del tratamiento **ME**.

El peso promedio de las espigas para el tratamiento **ME** es de 83,33 gramos frente a 58,33 gramos del obtenido con el tratamiento de la finca con una diferencia de 24,83 gramos.

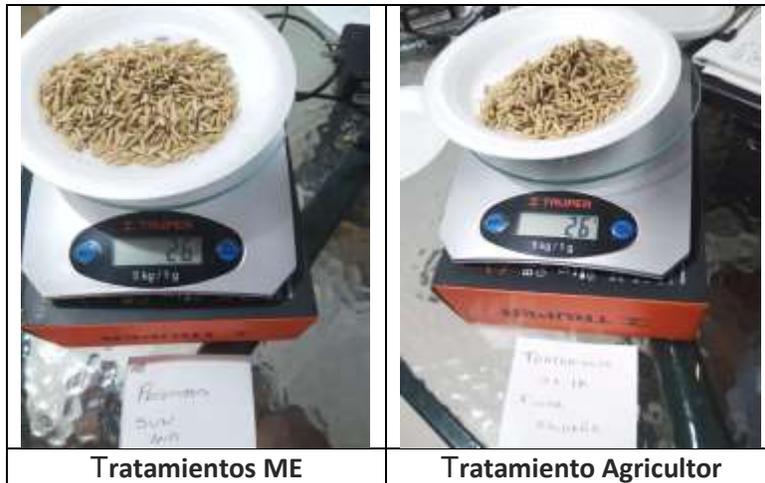
Para el peso promedio de granos limpios se obtiene un valor de 72,33 gramos con la aplicación de los productos **ME**; equivalente a 217 gramos por las tres plantas cosechadas y para el tratamiento de la finca se obtiene 48,5 gramos promedio de granos limpios equivalente a 194 gramos en las cuatro plantas cosechadas y con 23 gramos de diferencia a favor del área tratada con los productos **ME**.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

El porcentaje promedio de grano vano es superior en el tratamiento de la finca con 2,83% y un peso promedio de 5,5 gramos frente a 4,67 gramos y 2,21% de granos vanos obtenidos con la aplicación de los productos **ME**.

Para obtener el índice de grano se cuentan mil semillas y se pesan, dando como resultado 26 gramos tanto para el área tratada con los productos **ME** como en el área manejada por la finca.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

La cosecha de los lotes de arroz se inicia el 19 de septiembre del año en curso arrojando los siguientes datos:



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

TRATAMIENTO ME		TRATAMIENTO AGRICULTOR	
RENDIMIENTOS TEORICOS BULTOS /Ha	RENDIMIENTO REAL BULTOS/Ha	RENDIMIENTOS TEORICOS BULTOS/Ha	RENDIMIENTO REAL BULTOS/Ha
138,88	95,38	124,16	88
<b>DIFER. TEORICA</b>		<b>14,72 bultos</b>	
<b>DIFER REAL</b>		<b>7,38 bultos</b>	

Fuente: Alesagro SAS, 2023.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

REDIMIENTO EN CAMPO				
	AREA/Ha	BULTOS	AREA/Ha	BULTOS
TRATAMIENTO ME	1,3	124	1	95,38
TRATAMIENTO AGRICULTOR	2,5	220	1	88

Fuente: Alesagro SAS, 2023.

El rendimiento real de campo en la cosecha del área tratada con el tratamiento **ME** es de 95,38 bultos por hectárea y en el área tratada por la fca el rendimiento real de campo fue de 88 bultos por hectárea, indicando que con la aplicación de la tecnología de **ME** se obtiene un incremento de 7,38 bultos de arroz paddy por hectárea.

## PRUEBA DE MOLINERIA

Con los granos cosechados se realiza la prueba de molinería, tomando una muestra de 100 gramos para sacar los datos de rendimiento de pilada, índice de pilada y grano partido relacionados en la siguiente tabla.

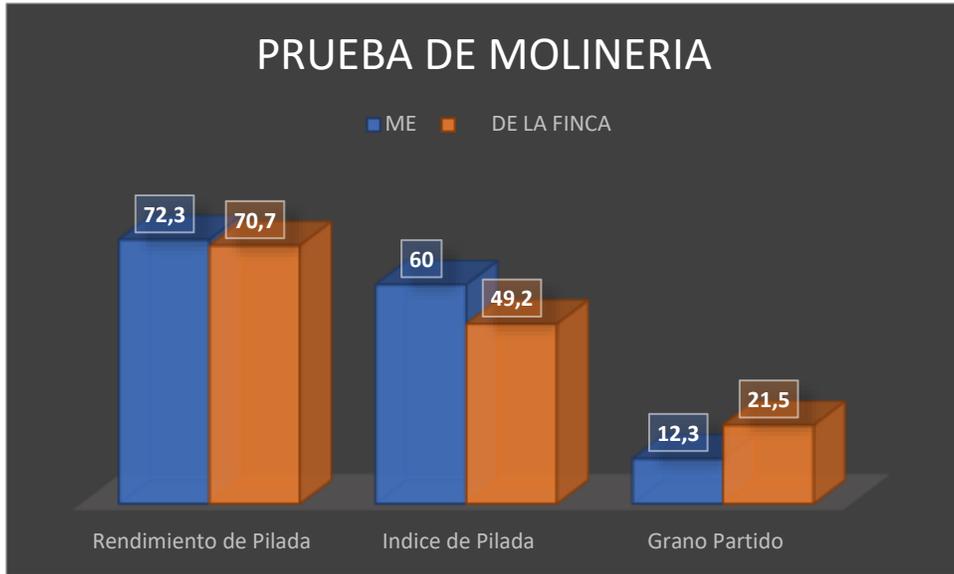
PRUEBA DE MOLINERIA			
	Rendimiento de Pilada	Índice de Pilada	Grano Partido
TRATAMIENTO ME	72,3	60	12,3
TRATAMIENTO AGRICULTOR	70,7	49,2	21,5

Fuente: Alesagro SAS, 2023.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

Con la aplicación del tratamiento **ME**, se obtiene 60% de índice de pilada (granos enteros) y 12,3% de grano partido y con el tratamiento de la finca se obtiene 49,2% de índice de pilada (granos enteros) y 21,5% de grano partido, garantizando que con la aplicación de la tecnología **SE ME** mejora la calidad molinera.



Fuente: Alesagro SAS, 2023.

## CONCLUSIONES

Los efectos de la **Tecnología Combinante de Microorganismos Antagónicos (TCMA)** en el desarrollo vegetativo del cultivo de arroz bajo sistema de siembra por trasplante en el municipio de Saldaña en el departamento del Tolima, fueron superiores, mostrando mejores características fenológicas (altura de planta, número de macolla, etc.) comparadas con las plantas que recibieron el tratamiento tradicional del agricultor.

Los **Microorganismos Eficientes (ME)**, estimulan a la planta a tener mejor desarrollo vegetativo, nutricional y de refuerzo al sistema de defensa contra patógenos y plagas.

El aprovechamiento de los fertilizantes aportados por el agricultor fue superior, gracias al estímulo que reciben las plantas tratadas con *Piriformospora indica*, al desarrollar mayor número de raíces y macollas.

Con la aplicación de los **Microorganismos Eficientes (ME)** se obtiene un incremento en el rendimiento el cual está directamente relacionado con el incremento en el número de macollas.

Los **Microorganismos Eficientes (ME)** mejoran la calidad molinera, aumentan el índice de pilada y disminuyen el porcentaje de grano partido.

## Bibliografía

- ambientech. (2023). *Glosario General*. <https://ambientech.org/lisis>
- Baker, K., & Cook, R. (1974). *Biological Control of Plant Pathogens*.
- Barber, M. S., & Mitchell, H. J. (1997). *Regulation of phenylpropanoid metabolism in relation to lignin biosynthesis in plants*. *International Review Of Cytology*.
- Barchuk, A. H., Guzmán, M. L., & Locati, L. (2020). *Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos*. Córdoba - Argentina: Editorial Brujas.
- Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1988). *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Omega S.A. .
- Boller, T., Gehri, F., Mauch, F., & Vögeli, U. (1983). *Chitinase in bean leaves: induction by ethylene, purification, properties and possible function*. .
- Bonilla, C. C., Díaz, J., Gil, C., Girón, K., León, M., & Ortiz, O. (2020). *DINÁMICA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. [https://doi.org/10.47864/SE\(50\)2020p31-39\\_123](https://doi.org/10.47864/SE(50)2020p31-39_123)
- Campbell, R. (1989). *Biological control of microbial plant pathogens*. . Cambridge : Cambridge University Press.
- Chavarría, A. F. (2011). *Módulo: edafología 1*. Villamaría - Caldas: Equipo de Educación Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.
- Chérif, M., & Benhamou, N. (1990). *Cytochemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of a Trichoderma sp. on Fusarium oxysporum f.sp. radicum-lycopersici*. .
- Chet, L., & Henis, Y. (1985). *Trichoderma as a biocontrol agent against soilborne root pathogens*. Press, St. Paul. .
- Cook, R., & Baker, K. (1983). *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. .
- Corrales, R. L., Caycedo, L. L., Gómez, M. A., Ramos, R. S., & Rodríguez, T. J. (2016). *Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos*. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- DANE, D. N. (2023). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado, ENAM Primer Semestre 2023*. Fedearroz - DANE.
- De Costa, D. a. (2005). *An integrated method to control postharvest diseases of banana using a member of the Burkholderia cepacia complex*. *Postharvest Biology and Technology*.
- De la Cruz, J., Hidalgo-Gallego, A., Llorca, J., Benítez, T., Pintor-Toro, J., & Llobell, A. (1992). *Isolation and characterization of three chitinases from Trichoderma harzianum*. .

- de Lucas, H. A., del Peso, T. C., Rodríguez, G. E., & Prieto, P. P. (2012). *BIOMASA, BIOCOMBUSTIBLES Y SOSTENIBILIDAD*. Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT.
- Dubos, B. (1987). *Fungal antagonism in aerial agrobiocenosis*. . New York: Innovative approaches to plant disease control.
- Fravel, D., & Keinath, A. (1991). *Biocontrol of soilborne plant pathogens with fungi*.
- G., B. M. (1964). *Hyperparasitism*. . Annual Review of Phytopathology.
- Hadar, Y. C., & Henis, Y. (1979). *Biological control of Rhizoctonia solani damping-off with wheat bran culture of Trichoderma harzianum* .
- Jaramillo, J. D. (2002). *introducción a las Ciencias del Suelo*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Legrand, M., Kauffmann, S., Geoffroy, P., & Fritig, B. (1987). *Biological function of "pathogenesis-related" proteins: Four tobacco PR-proteins are chitinases*. Proc. Natl. Acad. Sci.
- Martínez, H. E. (2008). *CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO*. J. Soil Sc. Plant Nutr. 8.
- Mauch, F., & Staehelin, L. (1989). *Functional implications of the subcellular localization of ethylene-induced chitinase and B-1,3-glucanase in bean leaves*. Plant Cell. .
- Peberdy, J. (1979). *Fungal protoplasts: isolation, reversion and fusion*. Ann. Rev. Microbiol. .
- Pérez-Leblic, M., Reyes, F., Martínez, M., & Lahoz, R. (1982). *Cell wall degradation in the autolysis of filamentous fungi*. . Mycopathologia. .
- Reyes, F., & Lahoz, R. (1977). *Variation of lysis of walls of Sclerotinia fructigena with he age of culture*. . J. Gen. Microbiol.
- SEMANA, F. (2018). *PRÁCTICAS REGENERATIVAS PARA LA COSECHA DE AGUA Y TIERRA: Soluciones eficaces para el Diseño Hidrológico, la Gestión Comunitaria del Agua, el mejoramiento de los Suelos, y el incremento de la producción Agropecuaria en los Montes de María*. Bogotá: MADRETIERRA PERMACULTURA.
- Sivan, A., & Chet, L. (1989). *Degradation of fungal cell walls by lytic enzymes of Trichoderma harzianum*. . J. Gen. Microbiol. .
- Thomashow, L. S. (2013). *Phenazines in the environment: microbes, habitats, and ecological relevance. In Microbial phenazines*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Thomashow, L., & Weller, D. (1988). *Role of a phenazine antibiotic from Pseudomonas fluorescens in biological control of Gaeumannomyces graminis var. tritici*. Journal of Bacteriology.
- UCM, U. C. (2003). *Universidad de Complutence de Madrid*.  
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>

Villanueva, J., & García-Acha, I. (1971). *Production and use of fungal protoplasts*. . London. : cademic Press, Inc. London. .