

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

“EFECTO DE LA CO - INOCULACIÓN CON *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* EN EL RENDIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN CONDICIONES DE LA YARADA 5 y 6 - TACNA, PARA LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2010 - 2011”

TESIS

Presentada por:

Bach. Miguel Ángel Linares Juárez

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

EFFECTO DE LA CO-INOCULACIÓN CON *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* EN EL RENDIMIENTO DE DOS HÍBRIDOS DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN CONDICIONES DE LA YARADA 5 Y 6 – TACNA, PARA LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2010-2011

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 28 DE NOVIEMBRE DEL 2013;
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

PRESIDENTE:


.....
MSc. Magno Robles Tello

SECRETARIO:


.....
MSc. Nelly Arevalo Solsol

VOCAL:


.....
MSc. Virgilio Vildoso Gonzales

ASESOR:


.....
Dr. Oscar Fernández Cutire

DEDICATORIA

*A Dios por quién supo guiarme por el buen camino,
darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en
los problemas que se presentaban, enseñándome a
encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad
ni desfallecer en el intento.*

*A mis Padres Nicolás y Zunilda, Por la
confianza y el gran esfuerzo que hizo posible la
culminación de mi carrera universitaria.*

*A mis Hermanos Ricardo y Karina que siempre son
motivo de mi superación y esfuerzo.*

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Oscar Fernández Cutire, por su asesoría y colaboración incondicional en la realización y culminación del presente trabajo. A mis jurados MSc. Magno Robles Tello, MSc. Nelly Arévalo Solsol y MSc. Virgilio Vildoso Gonzales, por acompañarme durante la investigación con sus ideas para concluir este trabajo.

A mis compañeros de estudio y amigos, por el apoyo moral constante durante la realización del presente trabajo. Gracias a mis padres y hermanos porque son el apoyo incondicional ante cualquier proyecto, por estar a mi lado tanto en los buenos como en los malos momentos.

A todos mis profesores de la escuela Académico Profesional de Agronomía porque con su esmero y orientación han contribuido en mi formación profesional.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|---|
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema..... | 3 |
| 1.3. Delimitación de la investigación | 4 |
| 1.4. Justificación..... | 5 |
| 1.5. Limitaciones | 6 |
| 1.6. Objetivos | 6 |
| CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEORICA | 7 |
| 2.1. Conceptos generales y definiciones..... | 7 |
| 2.1.1. Origen de la sandía..... | 7 |
| 2.1.2. Taxonomía de la sandía..... | 7 |
| 2.1.3. Descripción morfológica..... | 8 |
| 2.1.4. Valor Nutricional..... | 8 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.1.5. | Ecosistemas del cultivo..... | 9 |
| 2.1.6. | Fertilización..... | 10 |
| 2.1.7. | Cosecha..... | 11 |
| 2.1.8. | Rendimiento..... | 11 |
| 2.2. | Enfoques teóricos – técnicos..... | 12 |
| 2.2.1. | Generalidades del género <i>Azotobacter</i> | 12 |
| 2.2.2. | Generalidades para <i>Glomus</i> | 15 |
| 2.3. | Marco referencial..... | 21 |
| 2.3.1. | Investigaciones realizadas..... | 21 |
| CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES | | 26 |
| 3.1. | Hipótesis general y específicas..... | 26 |
| 3.1.1. | Hipótesis general | 26 |
| 3.1.2. | Hipótesis específicas | 26 |
| 3.2. | Indicadores de las variables..... | 27 |
| 3.2.1. | Variables dependientes (Y)..... | 27 |
| 3.2.2. | Variables independientes (X)..... | 27 |
| 3.3. | Operacionalización de las variable..... | 28 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN..... | | 29 |

| | | |
|--|---|----|
| 4.1. | Tipo de investigación..... | 29 |
| 4.2. | Población y muestra..... | 29 |
| 4.3. | Materiales y métodos | 29 |
| 4.3.1. | Lugar del estudio | 29 |
| 4.3.2. | Cultivos anteriores: | 30 |
| 4.3.3. | Material de estudio:..... | 34 |
| 4.3.4. | Tratamientos..... | 35 |
| 4.3.5. | Diseño experimental | 36 |
| 4.3.6. | Características del campo experimental | 36 |
| 4.3.7. | Variables de respuesta | 38 |
| 4.3.8. | Análisis estadístico | 40 |
| 4.3.9. | Procedimiento | 40 |
| CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS..... | | 44 |
| 5.1. | Técnicas aplicadas en la recolección de la información..... | 44 |
| 5.1.1. | Observación directa: | 44 |
| 5.1.2. | Observación indirecta: | 44 |
| 5.2. | Instrumentos de medición | 45 |
| 5.3. | Resultados | 46 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.3.1. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> en la longitud de planta de sandía | 46 |
| 5.3.2. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> en el número de frutos de sandía | 48 |
| 5.3.3. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> en el largo de fruto (cm)..... | 51 |
| 5.3.4. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> en el ancho del fruto (cm). | 54 |
| 5.3.5. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> en el peso unitario (kg) | 57 |
| 5.3.6. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para el peso fresco de planta (kg)..... | 60 |
| 5.3.7. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para el peso seco de planta (kg)..... | 62 |
| 5.3.8. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para la longitud de la raíz (cm)..... | 64 |
| 5.3.9. | Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para el volumen de la raíz (cm ³)..... | 66 |

| | |
|--|----|
| 5.3.10. Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para rendimiento (t/ha)..... | 68 |
| 5.3.11. Efecto de la inoculación con <i>Azotobacter spp</i> y <i>Glomus spp</i> para grados brix..... | 70 |
| CONCLUSIONES | 74 |
| RECOMENDACIONES..... | 76 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 77 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| CUADRO 1: Operacionalización de variables..... | 28 |
| CUADRO 2: Análisis físico- químico del suelo del área experimental. | 31 |
| CUADRO 3: Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento (2010-2011)..... | 33 |
| CUADRO 4: Características del campo experimental. | 36 |
| CUADRO 5: Análisis de varianza de longitud de la planta de 2 híbridos de sandía. | 46 |
| CUADRO 6: Prueba de significación de duncan al 95%, de longitud de la planta (m) para el cultivo de sandía. | 47 |
| CUADRO 7: Análisis de varianza de número de frutos por planta en el cultivo de sandía. | 48 |
| CUADRO 8: Prueba de significación de duncan para número de frutos por planta para el cultivo de sandía. | 49 |
| CUADRO 9: Análisis de varianza del largo del fruto (cm) por planta en el cultivo de sandía. | 51 |

| | |
|---|----|
| CUADRO 10: Prueba de significación de duncan para largo del fruto (cm) en el cultivo de sandía..... | 52 |
| CUADRO 11: Análisis de varianza del ancho del fruto (cm) para el cultivo de sandía..... | 54 |
| CUADRO 12: Prueba de significación de duncan para el ancho del fruto (cm) en el cultivo de sandía..... | 55 |
| CUADRO 13: Análisis de varianza del peso unitario de fruto (kg) por planta en el cultivo de sandía | 57 |
| CUADRO 14: Prueba de significación de duncan para peso unitario de fruto (kg) en el cultivo de sandía..... | 58 |
| CUADRO 15: Análisis de varianza de peso fresco (g) de planta en el cultivo de sandía..... | 60 |
| CUADRO 16: Prueba de significación de duncan de peso fresco (kg) de planta para el cultivo de sandía. | 61 |
| CUADRO 17: Análisis de varianza de peso seco (kg) por planta en el cultivo de sandía..... | 62 |
| CUADRO 18: Prueba de significación de duncan de peso seco (kg) de planta de sandía. | 63 |

| | |
|--|----|
| CUADRO 19: Análisis de varianza de longitud de la raíz (m) por planta en el cultivo de sandía. | 64 |
| CUADRO 20: Análisis de varianza de volumen de la raíz (cm ³) por planta en el cultivo de sandía. | 66 |
| CUADRO 21: Prueba de significación de duncan de volumen de la raíz (cm ³) para el cultivo de sandía. | 67 |
| CUADRO 22: Análisis de varianza de rendimiento (t/ha) por planta en el cultivo de sandía. | 68 |
| CUADRO 23: Prueba de significación de duncan de rendimiento (t/ha) para el cultivo de sandía..... | 69 |
| CUADRO 24: Análisis de varianza de grados brix (%) de cultivo de sandía..... | 70 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Longitud de la planta (m) | 87 |
| Anexo 2: Número de frutos por planta | 87 |
| Anexo 3: Peso fresco por planta (kg) | 88 |
| Anexo 4: Peso seco por planta (kg) | 88 |
| Anexo 5: Peso unitario deal fruto (kg) | 89 |
| Anexo 6: Largo del fruto (cm)..... | 89 |
| Anexo 7: Ancho del fruto (cm)..... | 90 |
| Anexo 8: Longitud de la raíz (m) | 90 |
| Anexo 9: Volumen de la raíz (cm ³)..... | 91 |
| Anexo 10: Rendimiento (t/ha) | 91 |
| Anexo 11: Grados brix | 92 |
| Anexo 12: Costos de producción | 93 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación del área experimental..... | 30 |
| Figura 2: Croquis del campo experimental con la aleatorización de tratamientos | 37 |

RESUMEN

El trabajo de investigación fue desarrollado en el Asentamiento 5 y 6 de La Yarada, con el objetivo de "Evaluar el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de dos híbridos de sandía. Se trabajó con 8 tratamientos y 4 repeticiones en un Diseño de Bloques Completos al Azar. Los tratamientos fueron T₁: Santa Amelia + Sin inoculante; T₂: Santa Amelia + *Azotobacter spp.* T₃: Santa Amelia + *Glomus spp.* T₄: Santa Amelia + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* T₅: Daytona + Sin inoculante; T₆: Daytona + *Azotobacter spp.* T₇: Daytona + *Glomus spp.* y el T₈: Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* para el análisis estadístico se utilizó el ANVA al 0,05 y 0,01 de probabilidad y para determinar la diferencias de medias se utilizó la prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidad, los resultados evidenciaron que los tratamientos T₈: Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* y T₇: Daytona + *Glomus spp.* obtuvieron los mayores promedios con 68,80 t/ha y 66,95 t/ha respectivamente.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés por el cultivo de sandía a lo largo de la costa peruana siendo comercializada principalmente como frutas fresca en las estaciones de primavera y verano, también es procesada como fruta confitada, es un fruto muy agradable por ser muy refrescante.

En la región Tacna vemos un incremento de las áreas de cultivo de cucurbitáceas y en especial de la sandía que se incrementó de 82 hectáreas en el año 1998 a 221 hectáreas al año 2009 manteniendo un crecimiento constante del área cultivada de ésta cucurbitácea. La producción se incrementó de 1816 t. en el año 1998 a 8142 t. en el año 2009 manteniendo un incremento progresivo año tras año. Los rendimientos se han incrementado de 22 146 kg/ha en el año 1998 a 36 000 kg/ha en el año 2009. (MINAG, 2011)

Como mercado potencial a nivel internacional tenemos a los Estados Unidos que se ubica como el principal importador de sandía fresca, mostrando una tendencia creciente en los últimos años. Le siguen Alemania, Canadá y Francia que también registraron incrementos en sus

demandas. Estos son mercados que representan una oportunidad para el producto peruano.

La sandía es un cultivo que presenta un aumento en el consumo interno y un alto potencial de exportación, La zona de La Yarada posee condiciones agroclimáticas para la producción de ésta cucurbitácea, y se presenta como una excelente alternativa para los pequeños productores de la zona, que en forma organizada han realizado exportaciones de sandía y melón.

La aplicación de biofertilizantes ayudaría a disminuir significativamente la aplicación de fertilizantes sintéticos y además pondría a disposición de la planta tanto macro como micro elementos para una nutrición balanceada. Se incrementaría el rendimiento de frutos por tener a disposición permanente de elemento nutritivos a lo largo de su desarrollo fenológico. Se contará con suelos de mejor calidad en cuanto a microorganismos que ayudan a la mineralización de elementos nutritivos requeridos por la planta e inclusive se puede lograr la recuperación de suelos en procesos de erosión o contaminación.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región Tacna vemos un incremento de las áreas de cultivo de cucurbitáceas y en especial de la sandía que se incrementó de 82 hectáreas en el año 1998 a 221 hectáreas al año 2009 manteniendo un crecimiento constante del área cultivada de esta cucurbitácea.

Los rendimientos se han incrementado de 22 146 kg/ha en el año 1998 a 36 000 kg/ha en el año 2009. Como mercado de destino tenemos para el mercado exterior se exporta a Chile como fruta fresca en la ventana noviembre - febrero, para mercado nacional y local noviembre – marzo. Existe una alta tendencia hacia productos de denominación orgánicos, que presenten mejores características de calidad y rentabilidad. De continuar este ritmo de incremento de áreas de cultivo y rendimientos mayores la competencia va a pasar de obtener mayor rendimiento a mayor calidad.

El Perú vive esta problemática que afecta a la comunidad agrícola mundial, por lo que es necesario establecer investigaciones que desarrollen un conocimiento paralelo a la preservación de los ecosistemas con el uso de biofertilizantes que han tomado un papel importante y se han realizado actividades de investigación y desarrollos a nivel empresarial, donde se incluyen las metodologías de muestreo, aislamiento, selección y caracterización de microorganismos con funciones biológicas específicas, con el fin de generar productos comerciales, los cuales también cuentan con pruebas de eficacia y estabilidad utilizadas con el objetivo de reducir costos, intensificar las interacciones biológicas y benéficas de los procesos naturales, proteger la salud y medio ambiente.

La agricultura convencional está basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos sintéticos. Lo cual, acarrea un alto nivel de contaminación ambiental y del producto, afectando la salud de los consumidores, la principal alternativa de solución a la actual problemática es la agricultura sustentable, la cual es una combinación de métodos genéticos, agronómicos, biotecnológicos y químicos en un sistema de producción económico, el cual optimiza la calidad del producto, protege el medio ambiente y la salud humana.

1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general:

¿Cuál será el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*) para la campaña agrícola 2010-2011?

Problemas específicos:

¿Cuánto será el rendimiento con la co-inoculación a base de *Azotobacter spp.* en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*)?

¿Cuánto será el rendimiento con la co-inoculación a base de *Glomus spp.* en el en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*)?

¿Cuánto será el rendimiento con la co-inoculación a base de *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*)?

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Temporal:

La información a utilizar corresponde al periodo comprendido entre los años meses de setiembre del años 2010 a marzo del año 2011.

Sujetos de observación:

Los sujetos o unidades de observación será el rendimiento del cultivo de dos híbridos de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb).

Espacial:

El alcance de este estudio se realizó en la irrigación de la Yarada, específicamente en el sector 5-6 perteneciente a la provincia y Región de Tacna.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb) en la región Tacna ha tenido un elevado impacto económico, además que son productos bien conocidos y aceptados por los consumidores, lo que convierte a nuestra región en uno de los principales exportadores al vecino país de Chile.

El fundamento de este trabajo se sustenta en la falta de información con respecto a la utilización de fertilizantes biológicos o biofertilizantes que están presentando beneficios importantes en una gama de cultivos forestales, frutales y hortícolas. Por tal motivo establecer la influencia de estos microorganismos en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía resultaría una excelente alternativa que pueden tener los agricultores. Presenta dos principales beneficios la utilización fertilizantes biológicos. En primer lugar ayuda a la conservación del suelo y en segundo lugar facilita la adsorción de fertilizantes que no están al alcance de la planta en el agro ecosistema. Por tal motivo se pretende poner a disposición de la población de productores una alternativa dentro del manejo del cultivo que le ayude ofertar productos con tendencia orgánica que presenten mayores rendimientos y/o calidades.

1.5. LIMITACIONES

No existen investigaciones realizadas en el cultivo de sandía con la aplicación de bacterias y hongos que contribuyan a la fertilidad del suelo.

1.6. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar el efecto de la co-inoculación a base de *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*) para la campaña agrícola 2010-2011.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la inoculación a base de *Azotobacter spp.* en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*).
- Determinar el efecto de la inoculación a base de *Glomus spp.* en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus (Thunb)*).

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEORICA

2.1. CONCEPTOS GENERALES Y DEFINICIONES

2.1.1. Origen de la sandía.

Su origen más probable es África, aunque existen muchos indicios de que llegó muy tempranamente a Asia o que en este continente existió algún centro de origen y/o diversificación de la sandía o de plantas taxonómicamente próximas. Su cultivo parece ser que se expandió por el norte de África Central y por el oriente del IV milenio a.C., procedente del África Central (MAROTO & GÓMEZ, 2002).

2.1.2. Taxonomía de la sandía

Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitáceae
Género: Citrullus
Especie: lanatus

Nombre científico: *Citrullus lanatus* (Thunb).

Nombre común: “sandía” “wáter melón” (VIDAL, 1984).

2.1.3. Descripción morfológica

Es una planta anual, con un sistema radicular que puede profundizar mucho en lo que se refiere a la raíz principal, aunque el resto del sistema se encuentra distribuido superficialmente. Los tallos recubiertos de pelos y provistos de zarcillos, se extienden rastreramente por el suelo, pudiendo desarrollarse más de 3 metros respecto de la base de la planta. Las hojas son pinnado partidas, dividido en 3-5 lóbulos redondeados, que a su vez también se componen de varios segmentos orbiculares, formando entalladuras pronunciadas, en el haz el limbo tiene la apariencia lisa, mientras que en el envés presenta un aspecto áspero y recubierto de pilosidades (MAROTO & GÓMEZ, 2002).

2.1.4. Valor Nutricional

Señala que el cultivo de la sandía tiene usos tales como: las hojas sirven de alimento para el ganado; la cáscara se utiliza para elaborar frutas confitadas; del fruto se preparan licores y mermeladas, generalmente el consumo es directo como fruta fresca y puede extraerse aceite de las semillas (DELGADO DE LA FLOR, 1 988).

2.1.5. Ecosistemas del cultivo.

a. Clima

El cultivo prefiere climas cálidos y secos, con temperaturas óptimas de 18 – 25 °C, máxima de 32 °C y mínima de 10 °C; es muy sensible a las heladas. La duración del periodo vegetativo total varía de 80 – 110 días dependiendo del clima (DELGADO DE LA FROR, 1 988).

Para conseguir una buena germinación el mínimo térmico necesario se establece en 15,5 °C y el óptimo en 21 y 35 °C, la temperatura del cero vegetativo se fija en unos 13°C; el intervalo óptimo para el crecimiento entre 21 y 30 °C, mientras la temperatura mínima y máxima para el desarrollo vegetativo se establece en 18 y 35 °C respectivamente. La floración, el cuajado y la maduración de los frutos exigen temperaturas superiores a 18° C (MAROTO & GÓMEZ, 2002).

b. Suelo

Los suelos para el cultivo deben ser ligeros, profundos, con buen drenaje, con texturas que van de arenosos a franco arenosos, con estructura granular y alto contenido de materia orgánica; no debe tener capas duras o compactas (DELGADO DE LA FLOR, 1 988).

En cuanto al pH, está clasificada como muy tolerante a la acidez, y dentro de las cucurbitáceas es la más tolerante, teniendo un rango de pH de 5,0 a 6,8; así mismo está clasificada como medianamente tolerante a la salinidad, con valores de 6 a 4 mhos/cm (VALADEZ, 1990).

c. Necesidades hídricas.

El cultivo puede agotar el agua hasta llegar a una tensión de agua superior a dos atmosferas, sin que afecte su rendimiento. Debe regarse teniendo en cuenta el nivel de evaporación, cuando se ha agotado hasta un 70 % del agua disponible en el suelo. Las necesidades de agua para el periodo vegetativo total para un cultivo de 100 días varía de 400 600 mm (MAROTO & GÓMEZ, 2002).

2.1.6. Fertilización

Se recomienda incorporar la materia orgánica en la preparación de tierras al voleo o en las bandas en la línea de siembra; la dosis recomendada es 180 – 100 – 120 NPK aplicándose durante la siembra todo el fósforo, potasio y la mitad del nitrógeno; la otra mitad de este se aplicara al inicio del guiado durante el cambio de surco (DELGADO DE LA FLOR, 1 988).

2.1.7. Cosecha

Existen indicadores físicos y visuales que se describen a continuación:

(VALADEZ, 1990)

- **Tiempo:** Conociendo el periodo vegetativo del híbrido que se está produciendo, puede calcularse el número de días necesarios para la maduración de los frutos, pudiendo variar de 90 – 110 días.
- **Sonido:** Muchos productores mencionan que cuando el fruto está listo para cosecharse debe tener un sonido seco al ser golpeado con la palma de la mano.
- **Color:** Se afirma que al cambio de color del fruto es también otro indicador de cosecha. Por ejemplo, puede cambiar de un color verde claro opaco a un color verde oscuro brillante.

2.1.8. Rendimiento

Por un lado indica que el rendimiento promedio en el Perú es de 10 – 15 t/ha (DELGADO DE LA FLOR, 1988).

Bajo el sistema de riego por exudación se logró rendimientos de 28,67 a 71,96 t/ha (COHAILA, 1993).

En sistema de riego con cintas de goteo y con aplicaciones de Biol se obtuvo de 20 a 21 t/ha (CHAMBI, 2008).

2.2. ENFOQUES TEÓRICOS – TÉCNICOS

2.2.1. Generalidades del género azotobacter

2.2.1.1. Características de Azotobacter

Las bacterias del género *Azotobacter* son Gram – negativas que tienen una pared celular compleja que consiste de una membrana externa y una capa interna de peptidoglucano que contiene ácido murámico y murcina, se reproducen por fisión binaria, habitan en suelos rizosféricos (alrededor de raíces) y aguas frescas (DIBUT & MARTÍNEZ, 1990).

Azotobacter no forma endosporas, pero en condiciones ambientales adversas forman quistes de resistencia a la desecación y en laboratorio puede inducirse variando el cultivo en medio de glucosa a uno con B - hidroxibutirato como única fuente de carbono (PEÑA & TORRES, 1992). Según los conocimientos modernos *Azotobacter chroococcum* presenta tres formas diferenciales, de acuerdo con la edad de la célula:

- Células jóvenes: Comprenden bastoncitos móviles peritricos, de 2 a 4 μ de largo.
- Células adultas: Comprenden formas esféricas grandes y pequeñas inmóviles, de 2 a 4 μ de diámetro.
- Células envejecidas: Se presentan enquistadas formando células cocoideas de tamaño mayor, las cuales, pueden germinar y regenerar las formas jóvenes, la presencia de ciertas sustancias carbonadas forman células gigantes.

Además de estos estados celulares, se conocen otros fenómenos reproductivos (macronidias inmóviles y macronidias móviles), que son formaciones intracelulares que, una vez libres, regeneran la forma normal (DIBUT & MARTÍNEZ, 1990).

2.2.1.2. Azotobacter y la asimilación de nutrimentos

La capacidad de fijación de la bacteria *Azotobacter* varía considerablemente en dependencia de la composición del medio nutritivo, de su acidez, la temperatura y aireación, de la presencia de fuentes de nitrógeno combinado, de la naturaleza de la fuente de carbono y los microelementos (IDEMA, 2000).

Al estudiar el efecto de diferentes fuentes de carbono sobre la fijación del nitrógeno por el género *Azotobacter*, se puede encontrar que la productividad de la fijación dependía de la estructura de la sustancia orgánica, y de las reservas de energía química utilizable que contiene, siendo también importante los procesos de oxidación de la materia orgánica durante la respiración (PÉREZ, 1997).

Varias sustancias pueden actuar como fuente de carbono, entre ellos los carbohidratos (monosacáridos, disacáridos y algunos polisacáridos), ácidos alifáticos y aromáticos, alcoholes, compuestos volátiles, etc. Las distintas especies y aún cepas dentro de una misma especie, pueden diferir en cuanto a las fuentes de carbono que utilizan (PÉREZ, 1997).

En el suelo, éstas bacterias pueden utilizar una amplia gama de compuestos orgánicos y de productos de descomposición de plantas y animales, en particular, se ha observado una intensa propagación de éstos microorganismos en suelos donde hay mucha paja o compost que contienen celulosa. Esto se podría explicar por la capacidad que tienen estas bacterias para asimilar las sustancias formadas en el sustrato durante la descomposición de la celulosa. Se ha comprobado que en

suelos ricos en humus, cuando no hay residuos orgánicos frescos, la población de *Azotobacter* es pobre (PÉREZ, 1997).

Las bacterias del género *Azotobacter* viven en forma libre en el suelo y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, cuando estas bacterias mueren se descomponen hasta nitrato, siendo esta forma como las plantas absorben y metabolizan el nitrógeno fijado por la bacteria (MACKIE, 1999).

2.2.2. Generalidades para Glomus

2.2.2.1. Características de las micorrizas

Los hongos micorrízicos forman una simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas, beneficiándose ambos organismos de tal asociación. La presencia del hongo en las raíces de la planta hace que esta mejore su capacidad para la adquisición de nutrientes a partir del suelo, así como su nivel de tolerancia a situaciones de estrés, mientras que el hongo heterótrofo se beneficia de los sustratos carbonados procedentes de la fotosíntesis y del nicho ecológico protegido que encuentra dentro de la raíz (BETHLENFALVAY & LINDERMAN, 1992).

El desarrollo de productos de mayor calidad y los resultados favorables observados en ensayos de investigación posibilitaron que se incrementara su uso, a la vez que despertaron interés sobre otros microorganismos como *Azospirillum*, *Pseudomonas* o Micorrizas (AGRIOS, 1996).

Estos microorganismos están orientados a favorecer la adquisición de nutrientes por parte de los cultivos, a la vez de ejercer un efecto promotor del crecimiento que ayude a superar situaciones de estrés o simplemente logre incrementar su tasa de crecimiento en algún estadio importante para la definición de los rendimientos. En todos los casos cumplen con la condición de ser amigables con el ambiente, ya que son organismos que naturalmente se encuentran en la rizósfera de las plantas cultivadas, sólo que en estos casos se incrementa su población, la cual vuelve al nivel de equilibrio inicial luego de la senescencia del cultivo (PEÑA & TORRES, 1992).

La fisiología de la micorriza, es uno de los temas que mayor atención ha recibido, lo cual ha ampliado el notable conocimiento sobre las interacciones entre los simbioses en términos de nutrición mineral, relaciones hídricas y los efectos hormonales. La asociación simbiótica entre los hongos del orden Glomales, y la mayoría de las plantas del tipo

mutualista llamada micorriza arbuscular (MA), puede modificar el balance de reguladores de crecimiento como auxinas, citocininas, giberelinas y ácido absínico, las cuales favorecen el porte y vigor de las plantas colonizadas (FUENTES, 1999).

Las ventajas nutricionales que obtiene cada integrante de una asociación micorrízica, explica, en parte, el éxito de tal interrelación. Algunos hongos micorrízicos pueden producir auxinas o sea hormonas que estimulan el crecimiento de los vegetales, y otros producen antibióticos, esto ayuda a regular el micro ambiente alrededor de las raíces y contribuye a prevenir la infección de las plantas. Experimentalmente se demostró que los hongos micorrízicos proveen protección contra *Phytophthora sp.* (CARLILE, 2001). Una de las funciones más importantes de las micorrizas es absorber los elementos minerales menos móviles del suelo (fosfato, cobre, zinc) y transferirlos a la planta hospedadora, así como amonio. La planta proporciona azúcares al hongo (FERRARIS).

El ciclo de vida se inicia con la germinación de las esporas que los hongos micorrízicos producen de forma asexual (BECARD & PFEFFER, 1993). Esta primera fase es un proceso independiente de la presencia o no de la planta hospedadora, requiriendo tan solo unas condiciones adecuadas de

humedad y temperatura. No obstante, si es cierto que determinados factores químicos, como elevadas concentraciones de CO₂, y biológicos, como la presencia de exudados radicales (BECARD, 1989), así como factores físicos, como exponer a las esporas durante unos días a temperaturas de 4°C (HEPPER, 1981), y los derivados de una amplia variedad de hongos y bacterias del suelo (HILDEBRANDT, 2002) aceleran el ritmo de germinación de las esporas. El primer proceso que se da cuando germinan las esporas en condiciones favorables, es la formación de unos o varios tubos de germinación que pueden proliferar y formar un micelio que se extiende de forma radial y errática a través del suelo en busca de una planta hospedadora susceptible a ser colonizada (GIOVANNETTI, 2002).

Si las hifas del hongo tras la germinación no encuentran raíces de una planta susceptible de ser colonizada, se produce un micelio muy reducido, manteniendo el crecimiento tan solo unos cuantos días tras la producción del tubo de germinación y, transcurrido este tiempo, el citoplasma de las nacientes hifas, se retrae hacia la espora entrando está de nuevo en reposo (BAGO, 1999).

Del mismo modo que el hongo reacciona ante la presencia de una planta hospedadora, dicha planta también percibe señales del hongo micorrízico arbuscular se acepta que los sitios más habituales de penetración coinciden con los lugares más activos de la raíz, posiblemente porque la exudación radical es más abundante en esta zona. El hongo micorrízico no penetra por heridas ni coloniza raíces muertas (HARRISON, 2005).

En cada célula solo puede formarse un arbusculo, que recibe este nombre porque su estructura recuerda a la de un pequeño árbol con tronco y ramificaciones. Los arbusculos tienen una vida muy breve, aproximadamente 7 días, transcurrida los mismos, los arbusculos degeneran y la célula cortical recupera su morfología previa a la colonización, e incluso puede ser colonizada de nuevo (ALEXANDER, 1988).

2.2.2.2. Glomus y la asimilación de nutrimentos

El desarrollo de las micorrizas arbusculares varía con el pH, tipo y profundidad del suelo, vegetación (Especie, edad), grado de perturbación del sistema (WANG, 1993), contenido de humedad y materia orgánica, prácticas agrícolas como el uso de agroquímicos y rotación de cultivos (JONSON & PFLEGER, 1992).

La mayoría de las esporas y la colonización micorrízica arbuscular se presenta en los 20 cm, superiores del suelo, disminuyendo en forma exponencial con la profundidad (ABBOT & ROBSON, 1991).

El nivel de fósforo, el uso y tipo de fertilizantes afectan grandemente la colonización micorrízica, se ha establecido que a baja o moderada fertilidad del suelo, se mejora la respuesta de la planta. Asimismo las aplicaciones pesadas de fertilizantes sean de nitrógeno o fósforo, a menudo perjudican la colonización micorrízica aunque en campo la respuesta es impredecible (AZCON & BAREA, 1985).

La germinación de las esporas en los suelos salinos, puede describirse en cuatro formas: hidratación, activación, formación del tubo de germinación y desarrollo de la hifa (TOMMERUP, 1984).

Se ha reportado gran absorción de agua por plantas micorrizadas bajo condiciones salinas, esto es posible que mejore la nutrición de la planta por los hongos micorrízicos y permitan a las células efectivamente regular más el paso de los solutos al interior y separar los iones transportados (ROSENDAHL, 1991).

La producción de esporas por algunos hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pueden ser incrementadas por la sequía, produciendo 40% más de esporas (SILVIA & BURKS, 1988).

2.3. MARCO REFERENCIAL

2.3.1. Investigaciones realizadas

Se apreció que al emplear el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* en dosis de 90 gramos por cada 454 gramos de semilla de sandía previo a la siembra diluído en 100 centímetros cúbicos de agua, se incrementa el rendimiento respecto al testigo (sin hongo micorrizogénico) en un 23 por ciento, obteniendo 31.62 t/ha de sandía; la calidad de la fruta de sandía de primera con diámetros entre 21 a 25 centímetros se incrementa en 0,085 t/ha y la de segunda con diámetros de 16 a 20 centímetros en 0,028 t/ha por cada gramo del hongo que se aplique a la semilla; en tanto que la fruta de sandía de tercera con diámetros entre 12 a 15 centímetros se reduce a razón de 0,049 t/ha por cada gramo del hongo aplicado a cada 454 gramos de semilla antes de la siembra (SOLARES, 2007).

Se trabajó en especies del genero *Capcicum* con co-inoculaciones al sistema radicular al momento del trasplante con bacterias (*Azotobacter spp.*) y hongos micorrízico (*Glomus spp.*) incrementando a 89 frutos por planta con la aplicación de ambos organismos interactuando en contraste de 72 frutos por planta que se logró en la planta testigo sin inoculante (MAMANI, 2008).

Se observó también que el inoculante *Rhizobium* – hongo micorrízico versículo arbuscular en leguminosas mejora la disponibilidad de nitrógeno, fosforo, potasio, azufre, zinc y otras sales inorgánicas, además de que los micelios de los hongos protegen a la raíz contra las infecciones provocadas por una gran variedad de agentes patógenos originados en el suelo (ZVIETCOVICH, 1999).

Muchos son los trabajos que demuestran el beneficio de las micorrizas Para la planta contra la incidencia y severidad de los hongos patógenos del suelo. Ejemplos de beneficios se han dado en tomate contra *Fusarium oxisporum*, *Pseudomonas syringae* y *Erwinia carotovora*; en algodón contra *Verticillium albo-atrum*; en fresa contra *Fusarium oxisporum*; en pepino contra *Phytium ultimum* (BLANCO & SALAS, 1997).

Al analizar el efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y hongos formadores de micorrizas versículo arbusculares (HFMVA) en condiciones de organopónico en el cultivo de tomate, acelga, habichuelas, lechuga y rabanito encontraron una respuesta positiva de los cultivos a la inoculación, siendo la co-inoculación (*Glomus* spp. - *Azotobacter*) la que brindó los resultados más efectivos; lo que demuestra que ambos microorganismos funcionaron de forma sinérgica cuando se añadieron simultáneamente (Engormix, 2009).

Se observó que la inoculación acelera el enraizamiento en un 86 % de las plántulas de lechuga durante los primeros 6 días frente a los controles que enraizaron solo 45%. El promedio de raíces por planta se incrementó en todos los tratamientos inoculados. Otros efectos positivos se observaron en las primeras fases fenológicas del cultivo. En el sistema radicular de planta se encontró una población de bacterias del género *Azotobacter*, las mismas que sintetizaron sustancias fisiológicamente activas tales como la tiamina (VALDIVIA & CORNEJO, 2000).

La aplicación práctica de la inoculación ha sido positiva, observándose notables incrementos en los rendimientos en diferentes cultivos. Estos

resultados obtenidos, especialmente con la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, no deben atribuirse exclusivamente a la ganancia de N₂ por las plantas, ya que estos microorganismos en determinadas condiciones su efecto beneficioso se debe fundamentalmente a la capacidad de solubilizar fosfatos y sintetizar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales que intervienen directamente sobre el desarrollo de las plantas (MARTÍNEZ & DIBUT, 2002).

La producción de estas sustancias por *Azotobacter*, se ve influenciada por el estado fisiológico de la bacteria y por la edad de los cultivos, habiéndose demostrado que la presencia de nitrógeno combinado modifica la producción de auxinas y giberelinas. Concretamente la presencia de nitrato inhibe la liberación de auxinas, mientras que en sentido contrario incrementa la producción de giberelinas. La adición de exudados radicales de ciertos cereales colonizados por *Azotobacter*, determinan aumentos significativos en la producción de auxinas, giberelinas y citoquininas, siendo este efecto más evidente cuando los exudados se obtienen de plantas de más de 30 días de crecimiento (HUAUYA, 2001).

El crecimiento de las plantas está bajo el control de un pequeño grupo de compuestos que en la naturaleza actúan como hormonas y a los que por lo general se les denomina reguladores de crecimiento. El efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en la concentración de los reguladores de crecimiento en pimiento fue mayor para ácido giberélico (GA_3), luego para ácido-3-acético y finalmente para 6-amino purina en un incremento del 50, 45 y 20% de su concentración en los diferentes tejidos evaluados, se estableció también que a medida que se incrementa el contenido de AG_3 , se incrementa el contenido de AIA (ROMÁN & RODRIGUEZ, 2005).

CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICAS

3.1.1. Hipótesis general

La co-inoculación con *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* influye significativamente en el rendimiento de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus*) en condiciones de la Yarada 5y6 – Tacna para la campaña agrícola 2010-2011.

3.1.2. Hipótesis específicas

El rendimiento del cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb)) se incrementara con la inoculación a base de *Azotobacter spp.*

El rendimiento del cultivo de dos híbridos de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb)) se incrementara con la inoculación a base de *Glomus spp.*

3.2. INDICADORES DE LAS VARIABLES

3.2.1. Variables dependientes (Y)

a. Dimensiones

- Y₁: Longitud de planta (m)
- Y₂: Número de frutos por planta
- Y₃: Peso fresco por planta (kg)
- Y₄: Peso seco por planta (kg)
- Y₅: Peso del fruto (kg)
- Y₆: Longitud de raíz (cm)
- Y₇: Volumen de la raíz (cm³)
- Y₈: Rendimiento (t/ha)

3.2.2. Variables independientes (X)

a. Dimensiones

- T₁ Híbrido Santa Amelia + Sin inoculante
- T₂ Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.*
- T₃ Híbrido Santa Amelia + *Glomus spp.*
- T₄ Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*
- T₅ Híbrido Daytona + Sin inoculante
- T₆ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.*
- T₇ Híbrido Daytona + *Glomus spp.*
- T₈ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLE

CUADRO 1: Operacionalización de variables.

| Variables | Dimensiones | Indicador |
|--|--|-----------------|
| Variable dependientes Y | Longitud de planta (m) | m |
| | Número de frutos por planta | Nº |
| | Peso fresco por planta (kg) | Kg |
| | Peso seco por planta (kg) | Kg |
| | Peso del fruto (kg) | kg |
| | Longitud de raíz (cm) | cm |
| | Volumen de la raíz (cm ³) | cm ³ |
| | Rendimiento (t/ha) | t/ha |
| Variables independientes X X ₁ Híbridos X ₂ biofertilizantes | T ₁ Santa Amelia + Sin inoculante | Testigo |
| | T ₂ Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | g/planta |
| | T ₃ Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | g/planta |
| | T ₄ Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | g/planta |
| | T ₅ Daytona + Sin inoculante | Testigo |
| | T ₆ Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | g/planta |
| | T ₇ Daytona + <i>Glomus spp.</i> | g/planta |
| | T ₈ Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | g/planta |

Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de tipo experimental.

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra (N=n) está constituida por las plantas de sandía pertenecientes a los híbridos Santa Amelia y Daytona.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. Lugar del estudio

El lugar donde se realizó el experimento fue en la parcela 105 – A del Asentamiento 5 y 6 de la Yarada – Tacna. Perteneciente al área del Pozo IRHS 127 R-3. El predio posee un área de 7.00 Ha. Políticamente se encuentra en la región Tacna, en la Provincia de Tacna, y en el Distrito de Tacna. El área experimental para el presente trabajo se ubicó en una elevación de 107 m.s.n.m. y en las coordenadas 18°11'43.69" S y 70°25'02.40" N.

CUADRO 2: Análisis físico- químico del suelo del área experimental.

| ANÁLISIS FÍSICO | RESULTADOS |
|--|------------------------------------|
| Arena | 56,60% |
| Limo | 36,60% |
| Arcilla | 6,80% |
| Clase textural | Franco arenoso |
| Porosidad | 38,00% |
| Capacidad de campo | 11,3% |
| Agua disponible | 7,9% |
| Punto de marchitez permanente | 3,4% |
| ANÁLISIS QUÍMICO | RESULTADOS |
| Materia orgánica | 0,62% |
| Nitrógeno C/N | 0,03% |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 12,67 ppm |
| Potasio (K ₂ O) | 587,46 ppm |
| CO ₃ Ca | 2,57% |
| Conductividad eléctrica | 7,20 dS/m |
| Ph | 7,45 |
| SALES SOLUBLES EN PASTA SATURADA (meq/100gr de suelo) | RESULTADOS (meq/100gr de suelo) |
| Calcio (Ca) | 3.478 |
| Magnesio (Mg) | 0.537 |
| Sodio (Na) | 7.011 |
| Potasio (K) | 0.361 |
| SUMA DE CATIONES | 11.387 |
| Sulfatos (SO ₄) | 1.406 |
| Cloruros (Cl) | 10.437 |
| Bicarbonatos (HCO ₃) | 0.040 |
| Carbonatos (CO ₃) | 0.000 |
| SUMA DE ANIONES | 11.883 |

Fuente: Laboratorio EE INIA Santa Rita – Arequipa (2010)

El cuadro 3, señala que se trata de un suelo de textura moderadamente gruesa, con buena capacidad en aireación deficiente en retención de humedad, para mejorar la calidad de suelo agrícola incorporar materia orgánica al suelo previo lavado de salinidad con abundante agua dulce.

Es un suelo con reacción moderadamente alcalina en pH, salino en conductividad eléctrica, deficiente en contenido de materia orgánica y nitrógeno, ligeramente normal en fósforo y alto en potasio respectivamente: con referencia a sales solubles en pasta saturada predomina cloruro de sodio de solubilidad alta; para efectuar la recomendación de nutrientes considerar la incorporación de materia orgánica previo lavado de salinidad y fertilizantes en base de sulfatos de acuerdo a los resultados de análisis.

CUADRO 3: Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento (2010-2011).

| Meses | Temperatura | | | Humedad relativa | Helofiania |
|-----------|-----------------|--------|-------|------------------|------------|
| | Máxima Media | Mínima | Media | | |
| | °C | | | | |
| Setiembre | 20,3 | 10,4 | | 83 | 6,6 |
| Octubre | 22,1 | 11,8 | | 75 | 8,2 |
| Noviembre | 24,1 | 13,0 | | 78 | 8,8 |
| Diciembre | 26,8 | 13,7 | | 74 | 9,5 |
| Enero | 27,4 | 15,4 | | 73 | 8,4 |
| Febrero | 27,9 | 16,8 | | 66 | 7,6 |
| Marzo | 28,8 | 14,8 | | 70 | 9,5 |

Fuente: SENAMHI – TACNA (2011)

Elaboración propia

4.3.3. Material de estudio:

Material Vegetal: se utilizó híbridos de sandía de la empresa Agro génesis “Santa Amelia” y de la empresa TQC “Daytona” los más cultivados en la zona de Tacna. Las que fueron coinoculadas con *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.*

a. Características del híbrido Santa Amelia

- Híbrido de nueva generación, tipo Royal Sweet.
- Santa Amelia es una sandía con precocidad de 85-90 días, de fruto oblongo que en su peso puede fluctuar entre 11 y 16 kilos.
- La variedad Santa Amelia posee un gran sabor, pulpa intensamente roja y crocante y una cáscara delgada pero muy firme que permite soportar muy bien fletes a largas distancias.
- Su apariencia externa se caracteriza por estrías de gran contraste, similares a Emperor.
- Como planta, es muy productiva, y de gran vigor. Presenta resistencia o tolerancia a *Fusarium raza 1*.

b. Características del híbrido Daytona

- Variedad tipo crimson oval de ciclo medio.
- Planta de buen vigor y cobertura foliar.
- Alta productividad.
- Fruto de excelente calibre (12-14 Kg.)
- Cáscara color verde oscuro.
- Pulpa roja muy dulce.
- Buena post-cosecha.
- Resistencia al transporte.
- Resistencias a Fusarium y Antracnosis.

4.3.4. Tratamientos

- T₁ Híbrido Santa Amelia + Sin inoculante
- T₂ Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.*
- T₃ Híbrido Santa Amelia + *Glomus spp.*
- T₄ Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*
- T₅ Híbrido Daytona + Sin inoculante
- T₆ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.*
- T₇ Híbrido Daytona + *Glomus spp.*
- T₈ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*

4.3.5. Diseño experimental

Se empleó el modelo estadístico del Diseño de Bloques Completos Aleatorio con 8 tratamientos y 4 repeticiones.

4.3.6. Características del campo experimental

CUADRO 4: Características del campo experimental.

| A. Campo experimental | | |
|----------------------------------|-----|----------------|
| Largo: | 68 | m |
| Ancho: | 14 | m |
| Área total: | 952 | m ² |
| B. Unidad experimental | | |
| Largo: | 8 | m |
| Ancho: | 3.5 | m |
| Área: | 28 | m ² |
| Distancia entre plantas: | 0.8 | m |
| Plantas por unidad experimental: | 10 | unid |

Elaboración propia

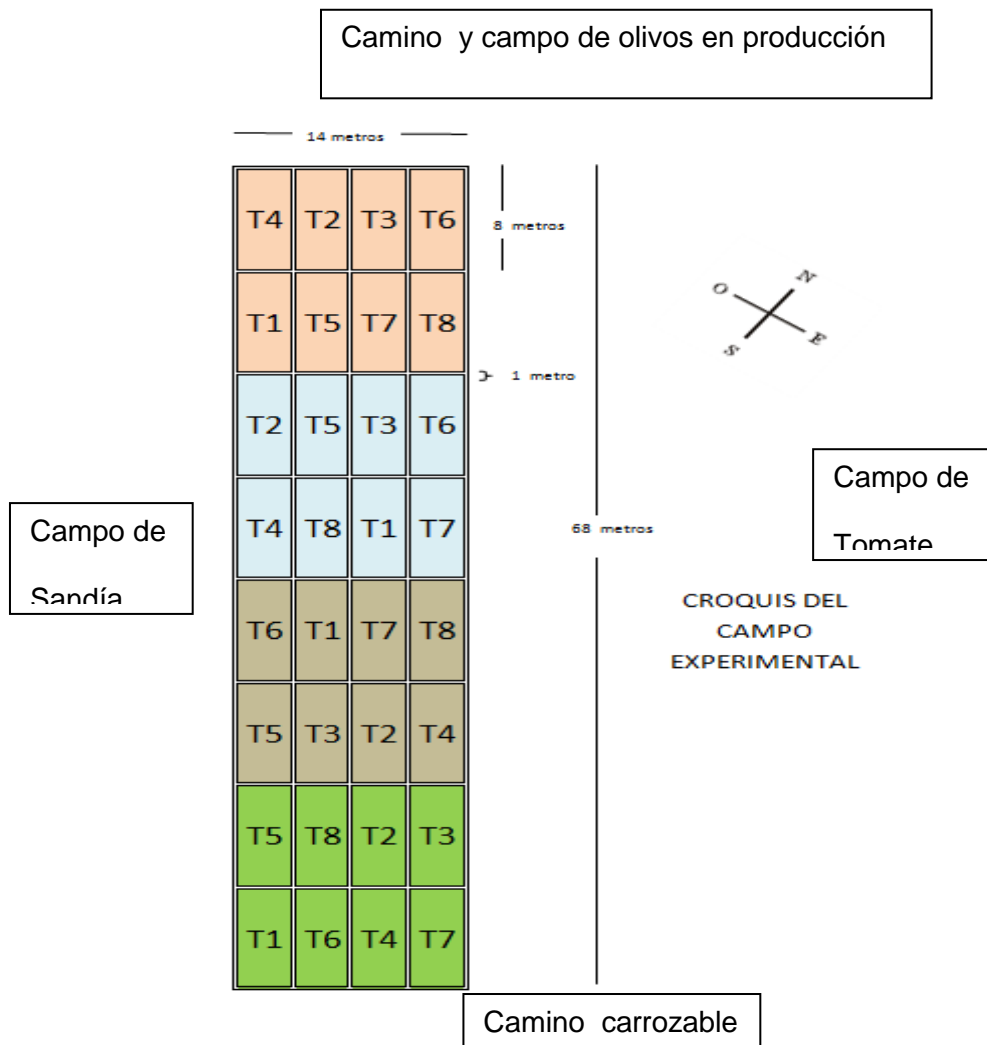


Figura 2: Croquis del campo experimental con la aleatorización de tratamientos

Elaboración propia

4.3.7. Variables de respuesta

a. Longitud de planta (m)

Para la evaluación de esta variable se consideró desde el cuello de la planta hasta el brote de mayor longitud, realizándose la medición en su última etapa del desarrollo de la planta en cinco muestras escogidas en forma aleatoria por cada unidad experimental.

b. Número de frutos por planta

Esta evaluación se realizó en cada cosecha y en las cinco plantas elegidas al azar por unidad experimental promediándose al final de la campaña el número total de frutos por planta.

c. Peso fresco por planta (kg)

Para evaluar esta variable se realizó tomando tres plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria el mismo que se promedió posteriormente en fresco.

d. Peso seco por planta (kg)

Para evaluar esta variable se realizó tomando tres plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria el mismo que se promedió posteriormente en seco.

e. Peso del fruto (kg)

Se determinó tomando 5 frutos de 5 plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria.

f. Longitud de raíz (cm)

Se realizó tomando tres plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria, sacando la tierra que sujeta a la raíz cuidadosamente, tratando de no afectar la cabellera radicular y realizó la medición más exacta posible desde el cuello hasta el final de los pelos radiculares.

g. Volumen de la raíz (cm³)

Se realizó tomando tres plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos en forma aleatoria.

h. Rendimiento (t/ha)

Se realizó pesando todos los frutos de las tres cosechas por cada unidad experimental para cada uno de los tratamientos.

4.3.8. Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza; bajo el modelo básico del diseño de bloque completo aleatorio con estructura factorial a una prueba de F de 0,05 y 0,01 de probabilidad. Para la comparación de medias se empleará la prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidad.

4.3.9. Procedimiento

a. Preparación del campo experimental

Se realizó un primer movimiento de tierra con dos pasadas de grada de discos para descompactar el suelo y se eliminó residuos vegetales existentes. Luego se realizó el nivelado del suelo con una pasada de ruflo.

Y finalmente se procedió al surcado cada 3,5 metros de distancia, el surcado se realizó en forma manual con azadón.

b. Siembra y trasplante

La siembra se realizó en bandejas germinadoras de tecnopor para un mejor manejo de la plata en sus primeros estadíos, y se mantuvieron cubiertos totalmente con plástico transparente durante las noches y semi cubierto durante los días. La fecha de siembra fue el 23 de noviembre del 2010.

El marco de plantación fue de 3,5 m entre surcos y 0,8 m entre plantas con un plantin por golpe. La fecha de trasplante fue el 23 de diciembre del 2010.

c. Co-inoculación

Los productos con bio fertilizantes utilizados son comerciales, para el caso de la micorriza (*Glomus spp.*) se utilizó el producto MYCOSYM TRI-TON y para el caso de la bacteria fijadora de nitrógeno (*Azotobacter spp.*) se utilizó el producto OIKO – BAC – NITROBIO.

La co-inoculación de bacterias y de esporas se realizó en la fase de siembra, trasplante y una última aplicación a los 20 días del trasplante con aplicaciones directas al suelo en la base de la planta.

La micorriza (*Glomus spp.*) a concentraciones de 200 unidades de infección (esporas) en promedio por cm³. Utilizando el método de impregnación directa a la zona radicular. La cantidad de inóculo fue de 1.5 gramos por planta.

El bio fertilizante (*Azotobacter spp.*) a una concentración de Azotobacter de 100.000.000 UFC/ml, que se aplicó en la fase de trasplante. Se preparó una suspensión del inóculo en proporción de 1/10 en agua sin cloro con azúcar (10%) p/v como adherente, se homogenizó para seguidamente aplicar a los plantines de sandía trasplantados. La aplicación se realizó en una dosis de 1 litro por hectárea.

d. Fertilización

Un nivel de fertilización promedio para la zona, recomendada es de: 180 - 100 - 120 de N, P205, K20 por hectárea respectivamente. El mismo que se redujo en un 30 % trabajando con una formulación de: 126 - 70 - 84 kg de N, P205, K20 por hectárea respectivamente, con el fin de no oscurecer

el efecto de los biofertilizantes. También se agregó estiércol de vacuno sin compostar en forma de chorro continuo a 15 días previos a la siembra, a cantidad de 10 t/ ha.

e. Control de malezas.

Se realizó en forma manual con ayuda de una lampa y/o coreadores apenas tengan sus primeras hojas verdaderas las malezas.

f. Riego

Se utilizó el riego presurizado por goteo, con cintas de riego RODRIP de 16 mm de diámetro y emisores cada 20 cm.

g. Aporque

Se realizó un aporque en la fase previa a la floración con la finalidad de darle mayor sostén a las plantas y evitar el contacto directo del agua con el tallo con el fin de evitar problemas fitosanitarios.

H. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual de acuerdo a los índices de madurez mencionados en la revisión de literatura. Se realizaron tres cosechas en total siendo sus fechas el 1, 8 y 15 de Marzo del año 2011.

CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1. TÉCNICAS APLICADAS EN LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

En nuestra investigación, se procedió a obtener toda la información necesaria de cómo se llevan a cabo todos los procesos en la investigación experimental, recolectando la información durante el desarrollo y crecimiento del material experimental, las técnicas fueron las siguientes:

5.1.1. Observación directa:

Esta técnica se utilizó para el caso de observaciones de campo.

5.1.2. Observación indirecta:

Esta técnica se utilizó para el caso de observaciones mediante laboratorio para el análisis de suelo.

5.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- Fichas de observación.
- Cámara fotográfica.
- Material de escritorio.
- Regla milimétrica o vernier.
- Balanza Analítica

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Efecto de la inoculación con *Azotobacter* spp y *Glomus* spp en la longitud de planta de sandía

CUADRO 5: Análisis de varianza de longitud de la planta de 2 híbridos de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | 0,05 | 0,01 |
|-------------------------|------|--------|--------|--------|------|------|------|
| Bloques | 3 | 0,0509 | 0,0169 | | | | |
| Tratamientos | 7 | 4,5386 | 0,6483 | 0,704 | 3,07 | 4,87 | ns. |
| Error experimental | 21 | 0,5050 | 0,0240 | 0,3227 | 2,49 | 3,64 | ** |
| Total | 31 | 5,0946 | | | | | |

C.V. 4,50 %

Elaboración propia.

El análisis de varianza de longitud de planta indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos en cuanto a la variable de estudio fue altamente significativa, es decir tuvieron diferente efecto sobre la variable en estudio. El coeficiente de variabilidad de 4,50 % lo

cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 6: Prueba de significación de duncan al 95%, de longitud de la planta (m) para el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio (m) | Significación 0,05 |
|------|--|------------------|-----------------------|
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 4,00 | a |
| 2 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 3,77 | b |
| 3 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 3,76 | b |
| 4 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 3,57 | bc |
| 5 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | 3,39 | cd |
| 6 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 3,27 | de |
| 7 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 3,06 | e |
| 8 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 2,79 | f |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 6, de Duncan que la mayor longitud se halló con él con tratamiento T₈ con 4,0 m superando estadísticamente al resto de tratamientos en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos T₄ y T₇ con 3,76 y 3,77 m, los tratamientos T₅ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 3,06 y 2,79 m respectivamente.

5.3.2. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp en el número de frutos de sandía

CUADRO 7: Análisis de varianza de número de frutos por planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|-------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 2,093 | 0,697 | 2,379 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 21,968 | 3,138 | 10,709 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 6,156 | 0,293 | | | |
| Total | 31 | 30,217 | | | | |

C.V. 9,27%

Elaboración propia.

El análisis de varianza de número de frutos por planta indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. es decir tuvieron diferente efecto sobre la variable en estudio El coeficiente de variabilidad de 9,27 % lo cual es un

indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 8: Prueba de significación de duncan para número de frutos por planta para el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|--|----------|-----------------------|
| 1 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 7,00 | a |
| 2 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 6,75 | ab |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | 6,50 | abc |
| 4 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 6,00 | bcd |
| 5 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 5,75 | cde |
| 6 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 5,25 | def |
| 7 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 5,00 | ef |
| 8 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 4,50 | f |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 8, de Duncan que el mayor número de frutos se halló con el tratamiento T₇ con 7,0 superando estadísticamente al resto de tratamientos en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos T₈

y T₆ con 6,75 y 6,50 los tratamientos T₃ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 5,00 y 4,50 respectivamente. Al respecto Cayo J. (2010) obtuvo con la variedad Santa Amelia 5,53 frutos/planta y con la variedad Starbrite un promedio de 5,13 frutos/planta, inferior al obtenido con el híbrido Daytona. En este sentido Knavel señala que el número de frutos es una condición varietal y que generalmente esta correlacionado con las variaciones en la densidad de plantas por hectárea.

5.3.3. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp en el largo de fruto (cm)

CUADRO 9: Análisis de varianza del largo del fruto (cm) por planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|---------|-------|-------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 8,571 | 2,857 | 3,640 | 3,07 | 4,87 * |
| Tratamientos | 7 | 37,488 | 5,335 | 6,820 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 16,498 | 0,785 | | | |
| Total | 31 | 62,5546 | | | | |

C.V. 2,27 %

Elaboración propia.

El análisis de varianza de largo del fruto indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 2,27 % es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 10: Prueba de significación de duncan para largo del fruto (cm) en el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación |
|------|--|----------|---------------|
| | | | 0,05 |
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 40,92 | a |
| 2 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 39,80 | a |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | 39,70 | ab |
| 4 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 39,22 | ab |
| 5 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 38,78 | b |
| 6 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 38,50 | bc |
| 7 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 37,72 | bc |
| 8 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 37,40 | c |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 10, de Duncan de largo del fruto se halló con tratamiento T₈ con 40,92 cm superando estadísticamente al resto de tratamientos en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos T₇ y T₆ con 39,80 y 39,70 los tratamientos T₁ y T₂ obtuvieron los menores promedios con 37,72 y 37,40 respectivamente. Al respecto Velasco E. (2010) en su ensayo utilizando la fitohormona X-CYTE obtuvo un largo

del fruto de 38,26 cm con la variedad Santa Amelia superior al de la presente investigación. Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación conjunta *Azotobacter spp.* + *Glomus spp* promueve el largo de los frutos, en un trabajo realizado por Alarcón *et al.* (2002) encontraron que la aplicación combinada de *A. brasilense* y micorrizas en plántulas de papaya, incrementó solo los valores diámetro y rendimiento de los frutos en comparación con las plántulas no micorrizadas

5.3.4. Efecto de la inoculación con *Azotobacter* spp y *Glomus* spp en el ancho del fruto (cm).

CUADRO 11: Análisis de varianza del ancho del fruto (cm) para el cultivo de sandía

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|-------|-------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 6,549 | 2,183 | 3,363 | 3,07 | 4,87 * |
| Tratamientos | 7 | 20,612 | 2,944 | 4,536 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 13,648 | 0,649 | | | |
| Total | 31 | 40,819 | | | | |

C.V. 3,78%

Elaboración propia.

El análisis de varianza de ancho del fruto indica que existen diferencias estadísticas entre los bloques, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 3,78 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 12: Prueba de significación de duncan para el ancho del fruto (cm) en el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|---|----------|-----------------------|
| 1 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 22,67 | a |
| 2 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 22,15 | ab |
| 3 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 21,77 | ab |
| 4 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 21,22 | b |
| 5 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 21,10 | bc |
| 6 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 21,00 | bc |
| 7 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp</i> | 20,90 | bc |
| 8 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 19,87 | c |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 12, de ancho del fruto se observa que los tratamientos T₇, T₈ y T₄ obtuvieron los mayores promedios con 22,67, 22,15 y 21,77 cm superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₆ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 20,90 y 19,87 cm respectivamente. Según Martínez Viera (1994), el género *Azotobacter spp* es considerado dentro de las "bacterias

rizosféricas que promueven el crecimiento de las plantas" a través de un proceso hormonal.

5.3.5. Efecto de la inoculación con *Azotobacter* spp y *Glomus* spp en el peso unitario (kg)

CUADRO 13: Análisis de varianza del peso unitario de fruto (kg) por planta en el cultivo de sandía

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|-------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 0,626 | 0,209 | 1,180 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 52,294 | 7,470 | 42,203 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 3,719 | 0,177 | | | |
| Total | 31 | 56,641 | | | | |

C.V. 4,15%

Elaboración propia.

El cuadro 13, del análisis de varianza para peso unitario del fruto indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 4,15% lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 14: Prueba de significación de duncan para peso unitario de fruto (kg) en el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|---|----------|-----------------------|
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 12,06 | a |
| 2 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 11,46 | ab |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp</i> | 11,19 | b |
| 4 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 10,49 | c |
| 5 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 10,09 | cd |
| 6 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 9,47 | de |
| 7 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 9,19 | e |
| 8 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 7,81 | f |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 14, de Duncan para el peso unitario se observa que los tratamientos T₈ y T₇ obtuvieron los mayores promedios con 12,06 y 11,46 kg superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₂ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 9,19 y 7,81 kg respectivamente. En los resultados se aprecia que existe una mayor potencialidad del sistema planta-rizobacteria para expresar su

asociación, pues imperan las condiciones favorables para ello que, junto al manejo agronómico provocan que la combinación *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* tengan el mayor efecto en el peso del fruto. Al respecto Cayo, J. (2010) en su ensayo que obtuvo un promedio con la variedad Santa Amelia de 12,34 kg y con la variedad Starbrite 11,65 kg respectivamente, por su parte Velazco E. en su investigación utilizando la fitohormona X-CYTE obtuvo un promedio de 10,05 kg con la variedad Santa Amelia difiriendo con los obtenidos en el presente ensayo.

5.3.6. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp para el peso fresco de planta (kg)

CUADRO 15: Análisis de varianza de peso fresco (g) de planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|-------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 0,4367 | 0,145 | 3,372 | 3,07 | 4,87 * |
| Tratamientos | 7 | 4,437 | 0,621 | 14,441 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 0,916 | 0,043 | | | |
| Total | 31 | 5,700 | | | | |

C.V. 6,62%

Elaboración propia.

El cuadro 15, del análisis de peso fresco de la planta indica que existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental, la respuesta de los tratamientos significativa. El coeficiente de variabilidad de 6,62 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 16: Prueba de significación de duncan de peso fresco (kg) de planta para el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|--|----------|-----------------------|
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 3,61 | a |
| 2 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 3,37 | ab |
| 3 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 3,35 | abc |
| 4 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | 3,27 | bc |
| 5 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 3,17 | bc |
| 6 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 3,08 | bc |
| 7 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 3,02 | c |
| 8 | T ₁ : Santa Amelia + Sin inoculante | 2,29 | d |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 16, de Duncan, señala que el mayor peso fresco por planta se observa que los tratamientos T₈, T₇ y T₄ obtuvieron los mayores promedios con 3,61, 3,37 y 3,35 kg superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₅ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 3,02 y 2,29 kg respectivamente.

5.3.7. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp para el peso seco de planta (kg).

CUADRO 17: Análisis de varianza de peso seco (kg) por planta en el cultivo de sandía

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|--------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 0,0321 | 0,0107 | 1,813 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 0,3896 | 0,0556 | 9,4237 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 0,1241 | 0,0059 | | | |
| Total | 31 | 0,5459 | | | | |

C.V. 8,30%

Elaboración propia.

El cuadro 17, del análisis de peso seco de la planta indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 8,30 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 18: Prueba de significación de Duncan de peso seco (kg) de planta de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|--|----------|-----------------------|
| 1 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 1,09 | a |
| 2 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 1,03 | ab |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> | 0,99 | abc |
| 4 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 0,92 | bcd |
| 5 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp.</i> | 0,92 | bcd |
| 6 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 0,88 | cd |
| 7 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 0,87 | d |
| 8 | T ₁ Santa Amelia + Sin inoculante | 0,71 | e |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 18, de Duncan, señala que el mayor peso seco por planta se halló con los tratamientos T₇, T₈ y T₆ obtuvieron los mayores promedios con 1,09, 1,03 y 0,99 kg superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₅ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 0,87 kg y 0,71 kg cm respectivamente.

5.3.8. Efecto de la inoculación con *Azotobacter spp* y *Glomus spp* para la longitud de la raíz (cm).

CUADRO 19: Análisis de varianza de longitud de la raíz (m) por planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|--------|-------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 0,0051 | 0,0017 | 0,375 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 0,0468 | 0,0066 | 1,468 | 2,49 | 3,64 ns |
| Error experimental | 21 | 0,0957 | 0,0045 | | | |
| Total | 31 | 0,1466 | | | | |

C.V. 13,189%

Elaboración propia.

El cuadro 19, del análisis de longitud de la raíz indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue no significativa. El coeficiente de variabilidad de 13,189 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento. Según Pozzon, et al (1993), *Azotobacter spp*. Produce una

asociación bacteria-raíz capaz de excitar la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, incrementando el número de pelos radicales así como su longitud, generando con ello una mayor superficie radical y mayor disponibilidad del agua y nutrientes, dado que las raíces pueden explorar un mayor volumen de suelo, corroborándose este aspecto con los trabajos de Bashan y Levanony (1991) en cultivos no cereales como tomate, pimiento y algodón, donde esta rizobacteria contribuyó a la elongación de las raíces.

5.3.9. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp para el volumen de la raíz (cm³).

CUADRO 20: Análisis de varianza de volumen de la raíz (cm³) por planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|---------|---------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 10,851 | 3,617 | 1,454 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 905,859 | 129,408 | 52,033 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimental | 21 | 52,242 | 2,487 | | | |
| Total | 31 | 968,952 | | | | |

C.V. 3,39 %

Elaboración propia.

El cuadro 20, del análisis de volumen de la raíz indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 3,39 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 21: Prueba de significación de Duncan de volumen de la raíz (cm³) para el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|---|----------|-----------------------|
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 52,915 | a |
| 2 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 52,452 | ab |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp</i> | 50,562 | ab |
| 4 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 50,245 | b |
| 5 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 43,837 | c |
| 6 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 43,655 | c |
| 7 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 41,035 | d |
| 8 | T ₁ Santa Amelia + Sin inoculante | 37,877 | e |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 21, de Duncan señala que el mayor volumen de la raíz se alcanzó con los tratamientos T₈, T₇ y T₆ obtuvieron los mayores promedios con 52,915 cm³ , 52,452 cm³ y 50,562 cm³ superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₂ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 41,035 cm³ y 37,877 cm³ respectivamente.

5.3.10. Efecto de la inoculación con *Azotobacter* spp y *Glomus* spp para rendimiento (t/ha).

CUADRO 22: Análisis de varianza de rendimiento (t/ha) por planta en el cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|----------|---------|--------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 27,875 | 9,292 | 1,806 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 1666,781 | 238,112 | 46,442 | 2,49 | 3,64 ** |
| Error experimenta | 21 | 107,664 | 5,127 | | | |
| Total | 31 | 1802,320 | | | | |

C.V. 3,82%

Elaboración propia.

El cuadro 22, del análisis de rendimiento (t/ha) indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de 3,82 % es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

CUADRO 23: Prueba de significación de duncan de rendimiento (t/ha) para el cultivo de sandía.

| O.M. | Tratamientos | Promedio | Significación 0,05 |
|------|---|----------|-----------------------|
| 1 | T ₈ : Daytona + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 68,80 | a |
| 2 | T ₇ : Daytona + <i>Glomus spp.</i> | 66,95 | ab |
| 3 | T ₆ : Daytona + <i>Azotobacter spp</i> | 65,31 | b |
| 4 | T ₅ : Daytona + Sin inoculante | 61,53 | c |
| 5 | T ₄ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> + <i>Glomus spp</i> | 57,23 | d |
| 6 | T ₃ : Santa Amelia + <i>Glomus spp.</i> | 56,38 | d |
| 7 | T ₂ : Santa Amelia + <i>Azotobacter spp.</i> | 52,18 | e |
| 8 | T ₁ Santa Amelia + Sin inoculante | 46,19 | f |

Elaboración propia.

Se observa en el cuadro 23, de Duncan, de rendimiento indica que el mayor rendimiento (t/ha) se halló con los tratamientos los tratamientos T₈, y T₇ obtuvieron los mayores promedios con 68,80 t/ha y 66,95 t/ha superando estadísticamente al resto de tratamientos, sin embargo los tratamientos T₂ y T₁ obtuvieron los menores promedios con 52,18 t/ha y 46,19 t/ha respectivamente

5.3.11. Efecto de la inoculación con Azotobacter spp y Glomus spp para grados brix

CUADRO 24: Análisis de varianza de grados brix (%) de cultivo de sandía.

| Fuentes de variabilidad | G.L. | S.C | C.M. | F.C. | F | |
|-------------------------|------|--------|--------|-------|------|---------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Bloques | 3 | 0,250 | 0,0834 | 0,141 | 3,07 | 4,87 ns |
| Tratamientos | 7 | 4,319 | 0,6170 | 1,049 | 2,49 | 3,64 ns |
| Error experimental | 21 | 12,336 | 0,588 | | | |
| Total | 31 | 16,936 | | | | |

C.V. 8,20%

Elaboración propia.

El cuadro 24, del análisis de grados brix indica que no existen diferencias estadísticas entre los bloques, es decir el campo experimental fue homogéneo, la respuesta de los tratamientos fue no significativa. El coeficiente de variabilidad de 8,20 % lo cual es un indicador de confiabilidad de los resultados, por lo tanto hubo precisión en el experimento.

5.4. DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos es evidente que *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* inoculado actúa simbióticamente con ésta y le permite una mejor absorción de los nutrientes de tal forma que esta mejor asimilación de nutrientes se ve reflejada en el incremento en el rendimiento de frutos de sandía. Resultados que confirman el efecto positivo de la biofertilización foliar con *Azotobacter* en cultivos como el arroz, han sido reportados por Kannaiyan *et al.* (1980), los cuales tuvieron incrementos en el rendimiento en grano en este cultivo con la aplicación de esta rizobacteria. Se ha confirmado que la respuesta de la planta a la inoculación depende del nivel de fertilidad del suelo, de la planta hospedera y de las bacterias (SHARDA y RODRIGUES, 2008). En su ensayo Cayo, J, (2010) obtuvo con la variedad Santa Amelia un promedio de 110,406 t/ha y con la variedad Starbrite que obtuvo un promedio de 101,698 t/ha respectivamente, si en embargo Velazco E. (2010) obtuvo un promedio de rendimiento de 114,285 t/ha superior a los obtenidos en la presente investigación.

Por otra parte BETHLENFALVAY *et al.* (1992) El efecto beneficioso de estos microorganismos en gran medida no se debe al nitrógeno fijado,

cuya cantidad puede ser exigua, sino a las sustancias fisiológicamente activas que son excretadas al medio circundante (la rizosfera), de donde son tomadas por las raicillas absorbentes de las plantas, produciendo en estas un aumento del crecimiento y por consiguiente del rendimiento al ser absorbidas en determinadas concentraciones. Solares (2007) en su investigación con cinco dosis del hongo micorrizogénico (*Glomus Fasciculatum*) sobre el rendimiento concluye que al emplear el hongo micorrizogénico *Glomus fasciculatum* en dosis de 90 gramos por cada 454 gramos de semilla de sandía previo a la siembra diluido en 100 centímetros cúbicos de agua, se incrementa el rendimiento respecto al testigo (sin hongo micorrizogénico) en un 23 por ciento, obteniendo 31,62 t/ha de sandía, inferior al obtenido en la presente investigación. Mamani E. (2009) *Azotobacter chroococcum* y *Glomus fasciculatum* en el rendimiento de dos especies de ají (*Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*) obtuvo su mayor rendimiento con la combinación *Azotobacter chroococcum* + *Glomus* sp, seguido del tratamiento con *Glomus* sp, coincidiendo con los resultados del presente ensayo.

PEÑA S. TORRES E. (1992) señalan que la biofertilización al cultivo con los microorganismos utilizados, solos o combinados, favorece el desarrollo y la asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de la planta. La respuesta de

la sandía a los microorganismos en el suelo tratado y sin tratar sugiere la interacción con otros microorganismos en la inducción de su desarrollo vegetal. La mayor respuesta de las plantas de sandía a la biofertilización en suelo tratado, se indujo *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* en comparación con el testigo. En estudios realizados de inoculación bacteriana, se ha observado una relación directa entre estos microorganismos y el incremento del sistema radical de las plantas. MARTÍNEZ (2002). Al respecto MACKIE F. (1999), señalan que la influencia de la inoculación en el desarrollo y funciones de la raíz es probablemente uno de los factores de mayores beneficios para el cultivo, pudiendo jugar un papel fundamental en este efecto la producción de sustancias promotoras del crecimiento por las cepas inoculadas, o por las raíces como una reacción a la colonización bacteriana

CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento (t/ha) se halló con los tratamientos T₈: Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*, y T₇: Híbrido Daytona + *Glomus spp.* obtuvieron los mayores promedios con 68,80 t/ha y 66,95 t/ha
2. La mayor longitud de la planta se halló con él con tratamiento T₈: Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus sp.*, con 4,0 m, en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos T₄: Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* y T₇: Híbrido Daytona + *Glomus spp.* con 3,76 y 3,77 m.
3. Con respecto al número de frutos el mayor promedio lo obtuvo halló el tratamiento T₇ Híbrido Daytona + *Glomus spp.* con 7,0 frutos superando estadísticamente al resto, el siguen los tratamientos T₈ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*, y T₆: Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* con 6,75 y 6,50 frutos respectivamente

4. Para la variables ancho del fruto se observa que los tratamientos T₇ Híbrido Daytona + *Glomus spp.* y T₄ Híbrido Santa Amelia + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* obtuvieron los mayores promedios con 22,67, 22,15 cm
5. El mayor peso unitario lo obtuvieron los tratamientos T₈: Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*, y T₇: Híbrido Daytona + *Glomus spp.* obtuvieron los mayores promedios con 12,06 y 11,46 kg respectivamente.
6. Con respecto al volumen de la raíz los tratamientos T₈ Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.*, T₇ Híbrido Daytona + *Glomus spp.* y T₆: Híbrido Daytona + *Azotobacter spp.* obtuvieron los mayores promedios con 52,915 cm³, 52,452 cm³ y 50,562 cm³ respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar *Azotobacter spp.* + *Glomus spp.* en otros cultivos de cucurbitáceas por ser el de mayor efecto en el rendimiento.
2. Ampliar los estudios en otros cultivos con la finalidad de poder obtener productos cada vez más naturales.
3. Desde el punto de vista investigativo se recomienda realizar ensayos con diferentes dosis de *Azotobacter spp.* y *Glomus spp.* diferentes frecuencias de aplicación.
4. Desarrollar la investigación en otras localidades donde ese cultiva en la Región Tacna

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ABBOT, L. Y ROBSON, A. (1991). *Factores que influyen en la presencia de las micorrizas versículo arbusculares*. Agric. Ecosistemas Environ. EE.UU.

AGRIOS, G. (1996) *Fitopatología*. Editorial Limusa, México.

ALARCÓN, A., DAVIES, F. & Otros. (2002) *Short term effects of Glomus claroideum and Azospirillum brasilense on growth and root acid phosphatase activity of Carica papaya L. under phosphorus stress*. Revista Latinoamericana de Microbiología.

ALEXANDER, T. (1988) *Dynamics of arbuscule development and degeneration in micorrizas of Triticum saetivum L. and Avena sativa L. with reference to Zea mays L.* New Phytol. EE.UU. 153 pp.

AZCON, C. Y BAREA, J. (1985) *Effect of soil microorganisms on formation of vesicular arbuscular mycorrhizas*. Transactions of the British Mycological Society. EE.UU.

BAGO, B. (1999) *Nuclei of symbiotic arbuscular mycorrhizal fungi as revealed by in vivo two-photon microscopy*. Protoplasma EE.UU. 25 pp.

BECARD, G. & PFEFFER, P. (1993) *Status of nuclear division in arbuscular mycorrhizal interaction*. Protoplasma. EE.UU.

BETHLENFALVAY, G. & LINDERMAN, J. (1992) *Mycorrhizae and crop productivity*. Horticultural Crops Research Laboratory. USDA – ARS. EE.UU. 250 pp.

BLANCO, A. & SALAS A. (1997) *Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica*. Agronomía Costarricense. Costa Rica.

BASHAN, G. (1991) *Estimation of minimal numbers of Azospirillum brasilense using time-limited liquid enrichment combined with enzyme*. Soil biology and Biochemistry.

CARLILE, M., WATKINSON, S. & GOODAY G. (2001) *The Fungi*. 2nd. Ed. Academic Press. San Diego.

CHAMBI, W. (2008) *Influencia de 5 niveles de biol sobre el crecimiento de dos híbridos híbridos de sandía (Citrullus lanatus (Thunb)) bajo condiciones de La Yarada*. Tesis UNJBG – FCAG – Tacna 103 pp.

COHAILA, V. (1993) *Influencia en la poda en el rendimiento en el rendimiento de las sandías bajo el sistema de riego por exudación en la localidad de La Yarada*. Tesis UNJBG – FCAG- Tacna – Perú.

DELGADO DE LA FLOR, F. (1988) *Cultivos hortícolas datos básicos*, UNALM, Lima-PERÚ

DIBUT, B. & MARTÍNEZ, V. (1990) *Evaluación de cepas de Azotobacter chroococcum de los suelos de Cuba*. Revista Ciencias de la Agricultura. La Habana Cuba. 45 pp.

FERRARIS, C. (2010) *Evaluación de la Inoculación con Micorrizas en Maíz bajo diferentes Ambientes de Fertilidad*. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN. Argentina.

FUENTES, L. (1999) *El suelo y los fertilizantes*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi – Prensa. España. 110 pp.

GIOVANNETTI, M. (2002) *Arbuscular Mycorrhizal fungal mycelium: from germlings to hiphal net works*. Mycorrhizal Technology in agriculture. 35 pp.

HARRISON, M. (2005) *Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis*. Rev. Microbiol. EE.UU. 25 pp.

HEPPER, C. (1981) *Techniques for studying the infection of plants by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under axenic conditions*. New Phytol. EE.UU. 86 pp.

HILDEBRANDT, U. (2002) *Towards growth of arbuscular mycorrhizal fungi independent of a plant host*. Appl Environ Microbiol. EE.UU. 110 pp.

HUAUYA, M. (2000) *Evaluación de bacteria rizosféricas fijadoras de N₂ durante el ciclo vegetativo del maíz (Zea mays) bajo el sistema de agricultura natural en Oyolo – Ayacucho*, tesis – UNALM (Anales científicos de del XX reunión latinoamericana de rizobiología y defensa del medio ambiente-2000 Arequipa - Perú.

IDEMA. (2000) *Los fertilizantes biológicos nitrogenados*. Instituto de Defensa del Medio Ambiente. Arequipa – Perú.

Kannaiyan, S., Govindarajan, K., Lewin, H. (1980) *Effect of foliar spray of Azotobacter chroococcum on rice crop*. Plant and soil. India.

JONSON, N. & PFLEGER, F. (1992) *Vesicular –arbuscular Mycorrhizae and cultural stresses*. ASA Special Publisher N° 54. Madison Wisconsin, USA.

MACKIE, F. (1999) *Efecto de inoculantes a base de Azotobacter y Hongos micorrizicos en maíz y cebada bajo invernadero en Ayacucho*. Manejo Integral de Suelos. Perú.

MAMANI, E. (2008) *Efecto de la coinoculación con Azotobacter chroococcum y Glomus fasciculatum en el rendimiento de dos especies de ají (Capsicum baccatum, Capsicum chinense) en condiciones del valle de Ite*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna – Perú.

MARTÍNEZ, R. & DIBUT, B. (2002) *Biofertilización y producción agrícola sostenible*. Retos y perspectivas. In: XIII Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes. La Habana - Cuba.

MAROTO, J. & GÓMEZ, A. (2002) *El cultivo de la sandía*, Ediciones Mundi-prensa. Valencia – ESPAÑA.

- PEÑA, S. & TORRES, E. (1992) *La biofertilización: alternativa para el desarrollo rural*. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. Perú.
- PÉREZ, S. (1997) *Producción de biofertilizante a partir de Azotobacter chroococcum*. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.
- POZZON, G., GIORGETTI, H., MARTINEZ, R. & ASCHAR, G. (1993) *Biofertilización del trigo por inoculación con cepas nativas de Azospirillum brasilense*. Investigación Agraria. producción y protección de vegetales.
- ROMÁN, G. & RODRIGUEZ, H. (2003) *Concentración de reguladores de crecimiento vegetal inducido por hongos micorrízicos en dos cultivares de Capsicum (Capsicum annum L.)*. Segunda convención Mundial de Capsicum. Tesis – Universidad de Colima. México.
- ROSENDAHL, C. (1991) *Influence of vesicular –arbuscular mycorrhizal fungi (Glomus spp.) on the response of cucumber. (Cucumis sativus L.) to salt stress*. Agric. Ecosyst. Environ.

Sharda, W. & Rodrigues, B. (2008) *Ecology of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Carica papaya L. in agro-based ecosystem of Goa. Tropical and Subtropical Agroecosystems*. India.

SILVIA, D. & BURKS, J. (1988) *Selection of vesicular- Arbuscular Mycorrhizal fungus for practical inoculation of Uniola paniculata*. Mycology. Florida – EEUU.

SOLARES, R. (2007) *Evaluación de cinco dosis del hongo micorrizogénico (Glomus fasciculatum) sobre el rendimiento del cultivo de sandía (Citrullus lanatus (thunb)) en finca flor de las palmas, guazacapán, santa rosa; UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE AGRONOMIA hyphae after root death*. Soil Biol. Biochem. USA.

TOMMERUP, I. (1981) *Prolonged survival and viability of VA-mycorrhizal hyphae after root death*. Soil Biol. Biochem. USA.

VALADEZ, J. (1984) *Producción de hortalizas*, LIMUNSA, MEXICO

VALDIVIA, G. ZVIEZCOVICH, G. (2000) *Uso de Azotobacter chroococcum como inductor del rendimiento de plántulas de lechuga bajo condiciones de invernadero (anales científicos XX Relar, IDEMA). Perú.*

VELAZCO, E. (2010) *Efecto de aplicación con la fitohormona x-cyte y cuatro distanciamientos de siembra sobre rendimiento y calidad del cultivo de sandía (Citrullus lanatus thunb) en Los Palos. Tacna – Perú.*

VIDAL, J. (1984). *Curso de botánica*. Stella Viamonte. Buenos Aires – ARGENTINA.

WANG, G. (1993) *Effects of pH on arbuscular mycorrhizae. Field observations on the long-term liming experiments at rothamsted and Worum. New Phytol. EE.UU.*

ZVIETCOVICH G. (1999) *Estudio de la asociación simbiótica Rhizobium-leguminosa-Hongo Micorrítico para la producción de inoculante doble de uso agrícola en Arequipa. Perú.*

ANEXOS

Anexo 1: Longitud de la planta (m)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T ₁ | 2,59 | 2,62 | 3,15 | 2,83 | 2,80 |
| T ₂ | 3,52 | 3,10 | 3,25 | 3,22 | 3,27 |
| T ₃ | 3,58 | 3,62 | 3,42 | 3,67 | 3,57 |
| T ₄ | 3,52 | 3,82 | 3,81 | 3,94 | 3,77 |
| T ₅ | 3,05 | 2,98 | 3,00 | 3,22 | 3,06 |
| T ₆ | 3,59 | 3,24 | 3,28 | 3,47 | 3,40 |
| T ₇ | 3,82 | 3,76 | 3,74 | 3,71 | 3,76 |
| T ₈ | 3,96 | 4,01 | 4,08 | 3,98 | 4,01 |

Elaboración propia.

Anexo 2: Número de frutos por planta

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T ₁ | 5 | 4 | 4 | 5 | 4,5 |
| T ₂ | 5 | 5 | 5 | 6 | 5,3 |
| T ₃ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,0 |
| T ₄ | 7 | 5 | 5 | 6 | 5,75 |
| T ₅ | 6 | 6 | 6 | 6 | 6,00 |
| T ₆ | 7 | 7 | 6 | 6 | 6,50 |
| T ₇ | 7 | 7 | 7 | 7 | 7,00 |
| T ₈ | 8 | 6 | 7 | 6 | 6,75 |

Elaboración propia.

Anexo 3: Peso fresco por planta (kg)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 2,750 | 2,500 | 1,890 | 2,020 | 2,290 |
| T2 | 3,115 | 3,250 | 2,820 | 2,910 | 3,020 |
| T3 | 3,250 | 3,330 | 3,050 | 3,050 | 3,170 |
| T4 | 3,412 | 3,850 | 3,000 | 3,150 | 3,350 |
| T5 | 2,850 | 3,250 | 2,980 | 3,250 | 3,080 |
| T6 | 3,010 | 3,300 | 3,450 | 3,330 | 3,270 |
| T7 | 3,250 | 3,450 | 3,338 | 3,450 | 3,370 |
| T8 | 3,550 | 3,720 | 3,558 | 3,652 | 3,620 |

Elaboración propia.

Anexo 4: Peso seco por planta (kg)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 0,562 | 0,785 | 0,850 | 0,634 | 0,710 |
| T2 | 0,895 | 0,812 | 0,963 | 0,850 | 0,880 |
| T3 | 0,992 | 0,865 | 0,917 | 0,913 | 0,920 |
| T4 | 0,852 | 0,963 | 0,911 | 0,945 | 0,920 |
| T5 | 0,910 | 0,800 | 0,850 | 0,912 | 0,870 |
| T6 | 0,988 | 0,923 | 1,045 | 1,023 | 0,990 |
| T7 | 1,012 | 1,000 | 1,263 | 1,110 | 1,100 |
| T8 | 0,963 | 1,120 | 1,036 | 0,995 | 1,030 |

Elaboración propia.

Anexo 5: Peso unitario deal fruto (kg)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 8,23 | 7,63 | 8,00 | 7,65 | 7,88 |
| T2 | 9,82 | 8,57 | 9,15 | 9,23 | 9,19 |
| T3 | 9,63 | 8,42 | 9,98 | 9,88 | 9,48 |
| T4 | 10,25 | 10,00 | 9,75 | 10,36 | 10,09 |
| T5 | 10,12 | 10,21 | 10,63 | 11,00 | 10,49 |
| T6 | 10,56 | 11,45 | 11,63 | 11,13 | 11,19 |
| T7 | 11,52 | 11,32 | 11,50 | 11,52 | 11,47 |
| T8 | 11,63 | 12,45 | 12,15 | 12,02 | 12,06 |

Elaboración propia.

Anexo 6: Largo del fruto (cm)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 38,2 | 36,2 | 38,4 | 38,1 | 37,7 |
| T2 | 37,6 | 36,2 | 38,2 | 37,6 | 37,4 |
| T3 | 39,6 | 36,8 | 37,8 | 39,8 | 38,5 |
| T4 | 40,8 | 37,4 | 38,9 | 39,8 | 39,2 |
| T5 | 39 | 39,9 | 37,3 | 38,9 | 38,8 |
| T6 | 40,8 | 38,8 | 39,4 | 39,8 | 39,7 |
| T7 | 39,9 | 39,2 | 39,6 | 40,5 | 39,8 |
| T8 | 40,8 | 41,4 | 41,2 | 40,3 | 40,9 |

Elaboración propia.

Anexo 7: Ancho del fruto (cm)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 18,8 | 19,9,0 | 20,00 | 20,8 | 19,87 |
| T2 | 20,4 | 21,6 | 21,6 | 20,4 | 21,00 |
| T3 | 20,8 | 21,5 | 21,1 | 21,5 | 21,23 |
| T4 | 20,9 | 22,3 | 22,2 | 21,7 | 21,78 |
| T5 | 20,0 | 21,2 | 20,8 | 22,4 | 21,10 |
| T6 | 21,9 | 20,0 | 22,00 | 19,7 | 20,90 |
| T7 | 21,6 | 22,4 | 24,2 | 22,5 | 22,68 |
| T8 | 20,8 | 22,8 | 23,4 | 21,6 | 22,15 |

Elaboración propia.

Anexo 8: Longitud de la raíz (m)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 0,56 | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,49 |
| T2 | 0,53 | 0,49 | 0,54 | 0,39 | .0,49 |
| T3 | 0,60 | 0,45 | 0,49 | 0,50 | 0,51 |
| T4 | 0,50 | 0,49 | 0,45 | 0,54 | 0,50 |
| T5 | 0,52 | 0,65 | 0,53 | 0,45 | 0,54 |
| T6 | 0,54 | 0,51 | 0,51 | 0,61 | 0,54 |
| T7 | 0,53 | 0,60 | 0,49 | 0,50 | 0,53 |
| T8 | 0,57 | 0,55 | 0,50 | 0,62 | 0,56 |

Elaboración propia.

Anexo 9: Volumen de la raíz (cm³)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 38,53 | 36,45 | 38,68 | 37,85 | 37,88 |
| T2 | 40,15 | 42,52 | 40,15 | 41,32 | 41,04 |
| T3 | 45,62 | 43,52 | 42,52 | 42,96 | 43,66 |
| T4 | 40,52 | 47,52 | 44,15 | 43,16 | 43,84 |
| T5 | 52,32 | 50,12 | 48,52 | 50,02 | 50,25 |
| T6 | 48,45 | 52,15 | 49,50 | 52,15 | 50,56 |
| T7 | 51,15 | 54,15 | 52,15 | 52,36 | 52,45 |
| T8 | 52,22 | 53,15 | 52,13 | 54,16 | 52,92 |

Elaboración propia.

Anexo 10: Rendimiento (t/ha)

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 48,15 | 50,02 | 46,45 | 40,15 | 46,19 |
| T2 | 52,63 | 53,16 | 51,62 | 51,32 | 52,18 |
| T3 | 55,62 | 58,45 | 56,74 | 54,71 | 56,38 |
| T4 | 54,45 | 57,63 | 59,99 | 56,85 | 57,23 |
| T5 | 62,45 | 60,38 | 62,15 | 61,15 | 61,53 |
| T6 | 64,62 | 65,36 | 64,48 | 66,78 | 65,31 |
| T7 | 62,98 | 68,75 | 67,63 | 68,45 | 66,95 |
| T8 | 65,85 | 70,05 | 68,15 | 71,15 | 68,80 |

Elaboración propia.

Anexo 11: Grados brix .

| Tratamientos | I | II | III | IV | Promedio |
|---------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| T1 | 9,90 | 11,00 | 9,00 | 10,00 | 9,98 |
| T2 | 10,0 | 8,40 | 9,50 | 9,00 | 9,23 |
| T3 | 10,0 | 9,60 | 10,0 | 8,50 | 9,53 |
| T4 | 7,60 | 10,00 | 9,10 | 8,50 | 8,80 |
| T5 | 9,60 | 9,60 | 10,0 | 9,30 | 9,63 |
| T6 | 8,20 | 9,50 | 8,00 | 10,00 | 8,93 |
| T7 | 10,0 | 8,30 | 9,40 | 9,10 | 9,20 |
| T8 | 9,60 | 9,60 | 9,50 | 9,70 | 9,60 |

Elaboración propia.

Anexo 12: Costos de producción

| | | | |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Cultivo | : Sandía | Nivel tecnológico | : Medio |
| Variedad | : Santa Amelia & Daytona | Sistema de riego | : Por goteo |
| Clase de semilla | : Vegetativa | | |
| Periodo vegetativo | : 110 dias | | |
| Epoca de siembra | : Set - Nov | | |

| RUBROS | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD POR HA | PRECIO UNITARIO (S/.) | COSTO TOTAL (S/.) |
|---------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| 1.- COSTOS DIRECTOS | | | | 6,290.00 |
| INSUMOS | | | | |
| Semillas | | | | |
| Semilla | Kg | 1.00 | 1,300.00 | 1,300.00 |
| Fertilizantes | | | | |
| Urea | Bls 50 kg | 9.00 | 80.00 | 720.00 |
| Fosfato diamonico | Bls 50 kg | 3.00 | 100.00 | 300.00 |
| Sulfato de potasio | Bls 50 kg | 1.00 | 130.00 | 130.00 |
| Biofertilizante | | | | |
| Glomus | kg | 1.50 | 280.00 | 420.00 |
| Azotobacter | Lt | 1.00 | 250.00 | 250.00 |
| Agroquímicos | | | | |
| Wuxal calcio | Lt | 2.00 | 50.00 | 100.00 |
| Carboxy K | Lt | 4.00 | 35.00 | 140.00 |
| Fipronil | Lt | 1.00 | 180.00 | 180.00 |
| suces | Lt | 0.10 | 100.00 | 10.00 |
| Folicur | Lt | 1.00 | 280.00 | 280.00 |
| Break thru | Lt | 1.00 | 150.00 | 150.00 |
| MANO DE OBRA | | | | |
| Preparación de plantines | | | | |
| Siembra de almácigo | Jornal | 1.00 | 30.00 | 30.00 |
| Control fitosanitario | Jornal | 2.00 | 30.00 | 60.00 |
| Campo definitivo | | | | |
| Transplante | Jornal | 3.00 | 30.00 | 90.00 |
| Labores Culturales | | | | |
| Riegos | Jornal | 4.00 | 30.00 | 120.00 |
| Aplicación de fertilizantes | Jornal | 12.00 | 30.00 | 360.00 |
| Aplicación de tratamientos | Jornal | 2.00 | 30.00 | 60.00 |
| Aplicación de pesticidas | Jornal | 3.00 | 30.00 | 90.00 |
| Deshierbos | Jornal | 15.00 | 30.00 | 450.00 |
| Cosecha | Jornal | | | |
| Arranque y acopio | Jornal | 15.00 | 30.00 | 450.00 |
| MECANIZACIÓN | | | | |
| Terreno definitivo | | | | |
| Grada de discos | hr. - maq. | 3.00 | 100.00 | 300.00 |
| OTROS GASTOS | | | | |
| Transporte | Global | 1.00 | 300.00 | 300.00 |
| II.- COSTOS INDIRECTOS | | | | 314.50 |
| Gastos administrativos | Global | 1.00 | 314.50 | 314.50 |
| TOTAL (S./Ha) | | | | 6,604.50 |

| | | | | |
|------------------------------|----------|-----------|--|---------------|
| A. Rendimiento Total | Kg/ha | 60,000.00 | | 60,000.00 |
| B. Pérdidas (15%) | % | 5 | | 3,000.00 |
| C. Rendimiento Neto (A-B) | Kg/ha | | | 57,000.00 |
| D. Precio | S/. / Kg | 0.60 | | |
| E. Valor Bruto de Producción | S/. | | | 34,200.00 |
| F. Costo de Producción | S/. | | | 6,604.50 |
| G. Valor Neto de Producción | S/. | | | 27,595.50 |
| H. Rentabilidad (B/C) | | | | 417.8% |