

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agrícolas

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**Efecto de la aplicación del biofertilizante Azotolam (*Azotobacter sp.*)
con niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento del
cultivo de aji páprika (*Capsicum annum L.*) bajo
condiciones del PROTER - Sama**

TESIS

Presentada por:

Bach. LESSANY ROSARIO MARTÍNEZ ARGOTE

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ciencias Agrícolas
Escuela Académico Profesional de Agronomía

**Efecto de la aplicación del biofertilizante Azotolam (*Azotobacter sp.*)
con niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de
ají páprika (*Capsicum annum L.*) bajo condiciones
del PROTER – Sama**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 21 DE NOVIEMBRE DEL 2008

JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

PRESIDENTE


.....
Dr. OSCAR FERNÁNDEZ CUTIRE

SECRETARIO


.....
MSc. MAGNO ROBLES TELLO

VOCAL


.....
Ing. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

ASESOR


.....
Ing. MARIO GÁLVEZ BRICEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN" DE TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

TITULO PROFESIONAL

Tomo: 02

Folio N° 439

El Decano de la Facultad, GERTIFICA:

Que el Bachiller: Martinez Argote

Jessamy Rosario

ha sustentado el presente Trabajo de Tesis y ha sido **APROBADO**

por Mayoria con el calificativo de Regular

Tacna, 5 diciembre 2008



[Signature]
DECANO FSAG

DEDICATORIA:

A mi padre Lucio
por su amor y su apoyo constante,
a mi hermano Noe por su comprensión.

A mis tíos Jorge y Marcia que
me brindaron todo su apoyo en
los momentos mas difíciles de
mi vida.

A mi enamorado Edwin por
haber sido mi fortaleza en este
camino.

AGRADECIMIENTO:

- ❖ A Dios todopoderoso por permitirme llegar hasta este punto de mi carrera y darme la fuerza para no renunciar.
- ❖ También debo agradecer a mi padre y tíos, quienes siempre han sido la luz al final del túnel, por su constante apoyo en todos los desafíos que he emprendido.
- ❖ A Edwin por amarme tanto, por su compañía, por su comprensión y por ser apoyo incondicional.
- ❖ Agradezco a mi asesor: Ing. Mario Gálvez Briceño, por compartir sus invaluable enseñanzas y conocimientos conmigo.
- ❖ Mi especial consideración a mi amigo Blgo. Julio Gonzales por su gran orientación y colaboración antes, durante y después de la ejecución de mi trabajo de tesis.
- ❖ A mis amigos: Yobany Mollinedo Escobar, Lenis López Huiza y Alfredo Ticona Choque, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de esta tesis.
- ❖ Quiero recordar en este momento a mi mamá Aurora que fue la inspiración y el motivo, que me impulso en mi formación personal y profesional.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
V. CONCLUSIONES	84
VI. RECOMENDACIONES	85
VII. BIBLIOGRAFÍA	86
VIII. ANEXOS	95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto de la aplicación del biofertilizante azotolam (*Azotobacter sp.*) con niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de ají páprika (*Capsicum annum L.*) bajo condiciones del PROTER – Sama”, se realizó durante los meses de julio del 2006 a febrero del 2007.

Los factores en estudio fueron: *Azotobacter sp.* (sin *Azotobacter* (a_0) y con *Azotobacter* (a_1)), y nitrógeno con cuatro niveles crecientes (0, 75, 150, 225 kg/ha) originando una combinación de 8 tratamientos. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos aleatorios con arreglo factorial de 2x4, con cuatro repeticiones.

Las variables de respuesta fueron rendimiento de peso fresco y peso seco de fruto, altura de planta, número de frutos, longitud y diámetro de fruto.

Los resultados señalan que el mayor efecto sobre las variables de estudio se obtuvieron con *Azotobacter sp.* Siendo los más importantes los siguientes:

El mayor rendimiento de peso fresco se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando un rendimiento de 20 t/ha, siendo inferior sin *Azotobacter sp.* con un rendimiento de 16,9 t/ha. El nitrógeno óptimo fue de 183,9 kg/ha.

Con respecto al peso seco, el mayor rendimiento se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando un rendimiento de 3,9 t/ha respectivamente. Siendo inferior sin

Azotobacter sp. con un rendimiento de 3,4 t/ha. El nitrógeno óptimo fue de 175,3 kg/ha.

Con respecto a la altura de planta se encontró un óptimo de nitrógeno 180,1 kg/ha. Así mismo la mayor altura de planta se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando 52,2 cm.

I. INTRODUCCIÓN.

El páprika (*Capsicum annuum L.*) es un cultivo de importancia en la costa peruana; en la actualidad el Perú se ha reafirmado como un país exportador de páprika, las principales zonas de producción son: Arequipa, Ica, Barranca, Piura, Motupe (Lambayeque), y Tacna, con rendimientos muy variados, debido al nivel tecnológico empleado.

Los principales destinos de las exportaciones peruanas de páprika son: España con 49%, Estados Unidos con 29% y México con 19%, y el resto de las exportaciones se envía a otros países como Israel, Chile y países bajos; proporcionando muy buenas fuentes de ingresos a los productores nacionales.

Por otro lado el desarrollo de la agricultura depende en gran medida de la nutrición de las plantas por lo que se ha estudiado y desarrollado dos grandes ramas, una de ellas, la más tradicional el uso de productos químicos sintéticos y la otra, explotando la capacidad que tienen algunos microorganismos para fijar nitrógeno y otros nutrientes.

Los procesos naturales de fijación biológica del N₂, juega un importante rol en la activación de los sistemas agrícolas por su beneficio ambiental. La aplicación de *Azotobacter* puede ayudar a reducir el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos con su consiguiente efecto benéfico. Este proceso depende básicamente

de la acción de los microorganismos en conjunto con las plantas. Desde el punto de vista ambiental, el *Azotobacter*. no es tóxico para animales, plantas o cualquier tipo de ser vivo, incluyendo microorganismos benéficos de la rizósfera.

El efecto beneficioso de estas bacterias no se debe solo a la cantidad de nitrógeno fijada sino a la presencia de vitaminas y sustancias fisiológicamente activas que sintetizan.

Por lo expuesto, se consideró muy importante ejecutar este trabajo de investigación el cual tuvo el siguiente objetivo:

- Determinar el efecto de la aplicación del biofertilizante Azotolam (*Azotobacter sp.*) con niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento de páprika (*Capsicum annumm L.*).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOFERTILIZACIÓN

El término biofertilizante puede definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan mas rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos. (15)

Estos biopreparados son capaces de suministrar a los cultivos en que se aplican entre 15 y 50 % de sus necesidades de nitrógeno mediante su capacidad de captación de nitrógeno atmosférico; además su capacidad para sintetizar sustancias biológicamente activas permiten acortar los ciclos de cultivos y estimular los rendimientos entre 30-50%.(19)

2.2 INFLUENCIA DEL NITRÓGENO EN LA PLANTA

El nitrógeno es un constituyente esencial de toda materia viva de la planta, tiene su rol en los siguientes aspectos:

- Interviene en la formación de proteínas y es un constituyente de todo el protoplasma por lo tanto esencial en el crecimiento de la planta.
- Es responsable de la coloración verde de la planta, porque el nitrógeno interviene en la síntesis de los cloroplastos.
- La aplicación de nitrógeno influye fuertemente en la proporción de proteínas a carbohidratos y por lo tanto una abundancia de nitrógeno incrementa la turgencia de las células vegetales, originando la formación de paredes celulares delgadas.(10)

La importancia del nitrógeno en la planta, entre otros es que; el destino de este elemento dentro de la planta es múltiple. Es un constituyente de muchos compuestos como aminoácidos, proteínas, nucleótidos, coenzimas, etc. más del 70% del nitrógeno de las hojas están en los cloroplastos, asimismo gran parte del nitrógeno se acumula en las vacuolas de las plantas en forma de amidas (glutamina y asparagina), estos compuestos luego se comportan como fuentes donantes de nitrógeno reducido para la biosíntesis de otros compuestos nitrogenados en la planta (19)

El exceso de nitrógeno en la planta presenta mayor sensibilidad a las plagas y enfermedades, los tejidos permanecen verdes y tiernos durante más tiempo, siendo más vulnerables.

Deficiencia del nitrógeno: La planta presenta un deficiente crecimiento vegetativo; coloración pálida, los síntomas aparecen en las hojas basales.

De todos los elementos nutritivos, el nitrógeno es el único que no existe en la roca madre, se encuentra en el suelo y procede de la atmósfera luego de haber sufrido un proceso microbiano, industrial o como producto de la descomposición de la materia orgánica.

El nitrógeno se da como compuesto inorgánico en los suelos en forma de óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4), nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3). De estos los cuatro primeros son gases; los restantes son formas iónicas que se encuentran en el suelo. Por lo general, el amonio se presenta en forma intercambiable en la solución del suelo. Así como los nitratos y nitritos que no llegan a constituir el 2 % del contenido total de nitrógeno en los suelos. Sin embargo tienen gran importancia cualitativa, puesto que es la forma que las plantas lo utilizan. (10)

2.3 GENERALIDADES DEL GÉNERO *AZOTOBACTER*

2.3.1 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Según Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1994), considera la siguiente clasificación para la bacteria *Azotobacter*.

Reino:	Procariota
Grupo:	Protista
Clase:	Esquizomicetes - Bacterias
Orden:	Eubacteriales
Familia:	Azotobacteriaceae
Género:	<i>Azotobacter</i>
Especie:	<i>Azotobacter chroococcum</i>

Las bacterias aerobias de vida libre fijadoras de N₂ más conocidas, se encuentran formando parte de las familias Azotobacteriaceae, Spirillaceae y Bacillaceae. Del género *Azotobacter* se han descrito varias especies: *Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. agilis* y *A. paspali*; sin embargo no todas tienen características perfectamente definidas.

2.3.2 CARACTERES MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS

Azotobacter es el organismo mejor caracterizado en condiciones aerobias. Las células se presentan frecuentemente de a pares, son Gram negativas, aunque pueden aparecer como Gram variables, aerobios estrictos, pero pueden crecer y fijar N₂ bajo presión reducida de O₂. (Coyne, 2000). Son móviles por flagelos peritricos o polares, o inmóviles. (12)

El rango de pH en el que crecen en presencia de nitrógeno combinado es de 4,8 a 8,5; el pH óptimo para crecer cuando fijan nitrógeno es de 7,0 a 7,5. Su temperatura óptimo, para el crecimiento y fijación de nitrógeno se sitúa entre 28 – 30 °C. (5)

La eficacia media en relación con el N₂ fijado por unidad de azúcar descompuesto es de 5 – 10 g, lo cual se cataloga como bajo.

Las bacterias habituales en el suelo muestran un rango de 0 a 10³ g⁻¹, en consecuencia, no aportan al suelo demasiado nitrógeno fijado. (8)

El efecto de diferentes fuentes de carbono sobre la fijación de N₂ por esta especie, depende de la estructura de las sustancias orgánicas y de las reservas de energía química utilizable que contiene, siendo también importantes los procesos de oxidación de la materia orgánica durante la respiración. (17)

2.3.3 PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS ESTIMULADORAS DE CRECIMIENTO

La aplicación práctica de la inoculación de microorganismos fijadores de nitrógeno 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.

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. (13).

Las hormonas son factores estimulantes del desarrollo, pero este es uno de sus efectos pero no su acción fundamental, en realidad, las moléculas directamente reguladoras de los procesos del desarrollo son las enzimas involucradas en el proceso. Las hormonas son mensajeras cuyo papel es actuar como intermediarios entre el estímulo (a menudo la luz o la temperatura) y la respuesta de la planta (germinación, floración, etc.). (16)

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. Estos reguladores actúan a concentraciones muy bajas e incluso pequeñas variaciones en su concentración normal pueden desencadenar en las plantas modelos de crecimiento. La concentración de un determinado regulador de crecimiento en una planta no es constante, sino que normalmente aumenta con rapidez hasta un punto máximo a partir del cual disminuye rápidamente, debido a la acción de los sistemas inhibitorios hormonales que se encuentran en la planta. (1)

2.3.4 *Azotobacter sp.* COMO FIJADOR DE N₂

El *Azotobacter* es capaz de utilizar un gran número de compuestos orgánicos como parte energética, como también un gran número de azúcares mono y polisacáridos, alcoholes, ácidos grasos, etc. Este microorganismo utiliza los compuestos carbonados dando como productos finales ácido carbónico y agua, la cantidad de nitrógeno fijado depende de la fuente de energía que utiliza, el primer producto formado es el amoníaco, siendo la cantidad fijada de nitrógeno alrededor de 10 mg por gramo de azúcar consumido.

El *Azotobacter* puede también utilizar el nitrógeno en forma combinada o sales intratadas, aminoácido al estado amoniacal, etc. cuando no lo hace al estado de nitrógeno libre. La fijación del nitrógeno atmosférico es producida mediante la enzima nitrogenasa, que actúa directamente sobre el nitrógeno para efectuar su combinación, pero para poder actuar necesita una determinada concentración de calcio, es además, fuertemente activada en presencia de sales raras, como molibdeno, estroncio, vanadio, etc. (24).

El uso de inoculadores microbianos, a menudo llamado biofertilizantes, ha aumentado gradualmente sobre las últimas dos décadas en varios países. Las razones por la que los agricultores han preferido a los biofertilizantes son muchas, el más importante es el alto costo de fertilizantes químicos. El *Azotobacter* es

capaz de convertir el nitrógeno en amoníaco que alternadamente es tomado por la planta.

La fijación del nitrógeno se regula altamente en todos los microorganismos que se han estudiado y su fijación puede depender de las condiciones ambientales. La actividad de la fijación del nitrógeno (nitrogenasa) es reprimida por el amonio; por lo tanto, la presencia de altas cantidades de fertilizante nitrogenado en el campo reduce su eficacia como biofertilizante. (14)

2.3.5 CONDICIONES DEL SUELO QUE SON ESENCIALES PARA UNA BUENA FIJACIÓN DE NITRÓGENO

- **Agua:** El contenido de agua de un suelo deberá ser mayor de 40 % de la capacidad retentiva del mismo. Cuando se encuentran excesivas cantidades de agua se crean condiciones anaeróbicas que inhiben el crecimiento de estas especies aerobias.
- **Materia orgánica:** Es especialmente importante la cantidad de materia orgánica existente en el suelo para el buen desarrollo del *Azotobacter*, ya que éste constituye el material energético.
- **pH:** La acidez o alcalinidad del suelo tiene un efecto directo sobre la fijación de nitrógeno. Un suelo ácido es desfavorable para estos microorganismos que tienen un pH óptimo de 7 a 8, a un pH menor de 6 se

impide la multiplicación y fijación de nitrógeno, son muy sensible a cambios de pH, cuando se eleva arriba de 8 también cesa el proceso de fijación.

- **Temperatura:** La bacteria *Azotobacter* posee una temperatura de vida de 10 a 40° C con un óptimo de 30 a 37° C.
- **Fosfatos:** Es reconocido que la existencia de fosfato en el suelo beneficia el crecimiento de *Azotobacter*, y por lo tanto, favorece la fijación de nitrógeno. Cuando la cantidad de fosfato en el suelo es limitante, *Azotobacter* puede competir por él, con los vegetales superiores.
- **Tipo de suelo:** La presencia de este grupo de bacteria en el suelo está relacionada con el pH del mismo. La cantidad de ciertos elementos minerales, abundancia de materia orgánica, presencia de elementos antagónicos, aireación, humedad, temperatura, etc. son condiciones reguladoras del suelo. La abundancia de *Azotobacter* es mayor en suelos no abonados. (24)

2.3.6 INVESTIGACIONES REALIZADAS

Condori (2005), determinó el efecto de *Azotobacter chroococcum* nativo y de *Azotobacter chroococcum* comercial Azotolam en el desarrollo del cultivo de *Allium cepa* L. (cebolla amarilla dulce) en al yarada – Tacna, donde obtuvo como

conclusiones que la inoculación de *Azotobacter* influyó en la altura de planta, longitud radicular, diámetro y peso fresco del bulbo y que se obtuvo como resultado en todos los parámetros un incremento de 70,9 % y 41,7 % en relación al tratamiento testigo sin inocular.

Montesinos (2007); realizó el trabajo “Efecto de la inoculación de *Azotobacter chroococcum* en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon sculentum*)”, el cual obtuvo un rendimiento mayor cuando la bacteria es combinada con la fertilización química nitrogenada alcanzando un promedio de 58,19 t/ha, siendo inferior sin *Azotobacter* con 45,99 t/ha.

Loayza (2007); realizó el trabajo de investigación “Efecto de la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR) *Azotobacter sp.* Con niveles de nitrógeno en el rendimiento del fruto del pepinillo (*Cucumis melo L.*) en el fundo los pichones CEA III de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna”, concluyó que la aplicación de la cepa comercial *Azotobacter sp.* a través de la inoculación en materia orgánica descompuesta, obtuvo como promedio 38 799 kg/ha de producción, superior a los rendimientos obtenido sin la aplicación de *Azotobacter sp.* que obtuvo como promedio 25 769 kg/ha.

Páramo (2004), en su trabajo de investigación, *Azotobacter chroococcum*, una alternativa de fertilización biológica amigable con el ambiente. Características

microbiológicas, producción y ejemplos de aplicación práctica, donde se logró obtener que en la evaluación de cepas de *Azotobacter chroococcum* en campos experimentales de tomate y tempate, se observa que el mayor porcentaje de frutos en plantas de tomate inoculadas con la cepa, con respecto al cultivo de tempate se obtuvo mayor rendimiento de frutos en las plantas inoculadas.

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. (13)

Además de los compuestos mencionados, estos diazotófos son capaces de sintetizar sustancias fungistáticas que, al inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos del suelo, promueven indirectamente el desarrollo de las plantas, especialmente en las etapas tempranas del cultivo. Estos compuestos tienen acción sobre hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Penicillium sp.* y *Rhizoctonia sp.*, variando su acción antagónica con la cepa

bacteriana utilizada. Mediante su acción conjunta, estas sustancias son capaces de estimular la germinación de las semillas y acelerar el crecimiento de las plantas siempre y cuando sea adecuada la concentración de organismos en la rizósfera de las plantas. (32)

Varias cepas evaluadas en el efecto sobre trigo, particularmente la fijación de nitrógeno, excreción de amoníaco, producción sustancias estimuladoras de crecimiento y sustancias antimicrobianas. Los estudios demostraron que las cualidades de la producción, tales como altura de planta, biomasa y grano aumentaron debido a la inoculación con cepas de *Azotobacter*, con y sin nitrógeno agregado. Varios ensayos prácticos demostraron un ahorro neto de 30 kilogramos de nitrógeno que puede ser alcanzado con la inoculación de las cepas bacterianas. (14)

2.3.7 VENTAJAS DEL USO DE BIOFERTILIZANTE A BASE DE LA BACTERIA *Azotobacter sp.*

El uso de inoculantes biológicos en los sistemas productivos, es una alternativa viable e importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

Dentro de los beneficios que presenta el uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos la detoxificación de plaguicidas, el control de las enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimula el crecimiento de las plantas, del mismo modo es importante continuar estudios para la búsqueda de nuevas fuentes de inoculantes y por supuesto nuevas aplicaciones. (16)

Dentro de las principales ventajas del uso de biofertilizante tenemos las siguientes:

- Acelera el proceso de germinación de las semillas e incremento del vigor de plantas.
- La acción de la bacteria produce sustancias que actúan sobre la floración, fructificación, rendimiento total y calidad de los frutos.
- Ahorro de agua, plaguicidas, mano de obra para el proceso productivo.
- Es una fuente de nitrógeno natural y favorece la solubilización de fosfatos.
- Acelera el crecimiento de plantas y raíces.
- Es un suplemento vitamínico para las plantas en la zona de las raíces.

- Actúa como método de protección contra enfermedades, *Azotobacter* produce antibióticos, que pueden ayudar a prevenir el establecimiento de patógenos, durante el período más vulnerable de la planta.

2.4 GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.4.1 ORIGEN

El centro de origen del pimiento (*Capsicum annum L.*) se encuentra en Sudamérica, entre los andes y la cuenca amazónica (Perú, Bolivia, Argentina).(11)

La distribución precolombina de *Capsicum* se extendió probablemente desde el borde más meridional de los EEUU. a la zona templada cálida del sur de américa. El grupo *C. annum* es de flores blancas, asociada con habitat más húmedos, parece haber sido distribuido originalmente a través de tierras bajas tropicales de América del sur y central. Una porción importante de este género *Capsicum* se originó en un área nuclear en Bolivia sud central con subsiguiente migración a los andes y tierras bajas de la amazonía. (23).

La domesticación del pimiento es lograda por los aborígenes de la zona siendo desconocido el tiempo que se ha requerido para la misma. Su consumo data desde las culturas pre-incas, expandiéndose al resto de América central, después del descubrimiento de América se extendió por los países europeos, a la gran mayoría de países asiáticos y africanos durante el siglo XVI. (11)

2.4.2 APROVECHAMIENTO

En una u otra forma, el pimiento está presente en la cocina de la mayoría de países del mundo. Se emplea en estado seco como condimento de alimentos; para ser mezclados en alimentos balanceados de la industria avícola y dar color a la carne y yema del huevo de aves; también se le emplea en la industria de embutidos y finalmente se le emplea en la industria para la extracción de oleorresinas y obtención de colorantes y aceites esenciales, su consumo es benéfico por su bajo contenido de colesterol y sodio. (22)

También se ha descubierto que la *capsacina*, tiene acción medicamentosa como agente contra el dolor, a través de su reacción con una sustancia química del cerebro denominada sustancia P y que se relaciona directamente con la transmisión del dolor; obstruyendo la sustancia P en ciertos nervios que terminan en la piel y en las membranas mucosas, donde funciona como antisensibilizante. También es empleada como parte de medicamentos utilizados para combatir la atonía gastrointestinal y algunos casos de diarrea. (4)

2.4.3 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Según (Nuez et al, 1996)

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Tubiflora

Familia: Solanácea

Género: *Capsicum*

Especie: *Annumm L.*

Nombre científico: *Capsicum Annumm L*

Nombres comunes: pimiento, paprika, pimenton, ají dulce, etc.

2.4.4 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL PÁPRIKA

El páprika se cultiva como una planta herbácea anual, su aspecto es lampio de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones del cultivo.

a. RAÍZ

El pimiento consta con una raíz axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces laterales. La ramificación adopta al principio una forma de punta de flecha triangular, con el ápice en el extremo del eje de crecimiento. Posteriormente se forma una densa borla de raíces.

La borla de raíces profundiza en el suelo hasta unos 30-60 cm aunque la distribución no es uniforme con una mayor densidad en la parte superficial. Horizontalmente el crecimiento se extiende hasta unos 30-50 cm del eje. (23)

b. TALLO

El tallo es de crecimiento limitado y erecto, conforme se desarrolla se ramifica y se hace semileñoso llegando entre 40-60 cm de altura, es determinado por la variedad, cuando la planta adquiere una cierta edad los tallos se lignifican ligeramente. (18)

A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 ó 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente). (38)

c. HOJA

La hoja es simple, entera y peciolada. En cuanto a forma, la lámina foliar puede ser ovada, elíptica o lanceolada, los bordes son parejos en ciertas variedades pueden mostrar cierta pilosidad. (10)

d. FLOR

Las flores de pimentón son blancas aisladas, se ubican en las axilas de las hojas y miden de dos a tres centímetros de diámetro. Son gamosépalas simpétalas, dotadas de cinco estambres y de pistilo súpero además de hermafrodita y autógamas, con un porcentaje de alogamia entre 10% y 20%. Las primeras flores aparecen cuando las plantas han desarrollado las primeras 10 hojas aproximadamente. Las flores poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. (29)

e. FRUTO

El fruto de pimiento botánicamente se define como baya. Se trata de una estructura hueca, llena de aire con forma de cápsula verosímilmente a esta peculiaridad se debe el nombre científico del género *Capsicum* (del griego Kapsakes, cápsula). La baya esta constituida por un pericarpio grueso y jugoso y un tejido placentario al que se unen las semillas. (23)

f. SEMILLA

Las semillas son redondas y ligeramente reniformes, suelen tener de 3-5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central y son de un color amarillo pálido, su poder de germinación es de tres a cuatro años (Zapata, 1992). En un kilogramo de pimiento puede haber entre 5 a 50 gramos de semilla, pesando mil semillas alrededor de 5 gramos. (28)

2.4.5 VARIEDADES

Las variedades de páprika cultivadas actualmente en Perú, son los siguientes:

a. PAPRI KING: El fruto producido por esta variedad de páprika tiene una longitud promedio de 15 a 20 cm. El fruto es de paredes delgadas con un excelente color rojo y poco picante en la mayoría de las condiciones del cultivo, la capacidad para secado es muy buena. Papri King ofrece niveles ASTA 220/280 u.

b. PAPRI QUEEN: Produce frutos de paredes delgadas, de largo ligeramente menor que Papri King pero de hombro mucho más ancho; de buena capacidad de secado. Ofrece niveles 200/300 u ASTA con menos de 500 grados Scoville.

c. SONORA: Pimiento tipo Anaheim está caracterizado por excelentes cosechas de frutos grandes y uniformes. Produce frutos de (20,3 x 3,8 cm) con dos celdas lisas y de paredes gruesas. Es una planta erecta, de tamaño mediano

con madurez precoz. El fruto madura hacia el rojo oscuro y tiene muy altos niveles de ASTA es excelente para procesamiento con 300 a 600. (27)

2.4.6 ECOSISTEMA DEL CULTIVO

a. TEMPERATURA

El pimiento es una hortaliza que prefiere climas cálidos, sobre todo en su fase de floración y fructificación. Es sensible al frío. La temperatura óptima es de 20° a 28°C, la mínima media es de 13°C a 18°C. Valores por debajo de los 13°C o superiores a 35°C producen caída de flores e impiden la formación de los frutos. El crecimiento se detiene por debajo de los 10°C.

CUADRO 1: Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo.

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Fuente: Infoagro

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos.

b. HUMEDAD RELATIVA

En cuanto a la humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%, humedad relativa muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa provoca la caída de flores y frutos recién cuajados.

También afirma que, es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración. (38)

2.4.7 SUELO

Los mejores suelos para el cultivo de paprika son los francos y francos arenosos, con un buen drenaje, puesto que su sistema radicular es pivotante y se profundiza en el suelo, los suelos arcillosos pueden causar asfixia radicular y desarrollo de enfermedades fungosas. El pH optimo del suelo es de 6,5 a 7,9 (29)

2.4.8 EPOCA DE SIEMBRA Y PLANTACION

Las almacigueras se realizan de 1 x 5 metros entre mayo a octubre; en cada almacigo debe entrar 50 gramos de semilla, 10 almacigos para 1/2 kilo de semilla.

En el caso de almácigos, por riego por goteo (cintas de riego), es recomendable cintas con emisores a 20 centímetros con una descarga de 5 litros por metro lineal.

El tamaño de planta para el transplante es de 10 a 15 centímetros de altura. Cuando las plántulas estén formando raíces adventicias. Es recomendable realizar el transplante entre 45 y 60 días como máximo.

2.4.9 FERTILIZACIÓN

El páprika es una planta muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, decreciendo la demanda de este elemento tras la recolección de los primeros frutos verdes debiendo controlar muy bien su dosificación a partir de este momento, ya que un exceso retrasaría la maduración de los frutos, la máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el periodo de maduración de las semillas. La absorpcin de potasio es determinante sobre la precocidad, coloración y calidad de los frutos, aumentando progresivamente hasta la floración y equilibrándose posteriormente. El páprika es muy exigente en cuanto al magnesio, la absorpcin de este microelemento aumenta durante la maduración de la planta. (10)

En términos de fertilización las dosis a emplearse dependerá el grado de fertilidad natural del suelo y la densidad de siembra que se piensa instalar.

Bajo las condiciones de los suelos de la costa que son de textura ligera a media, de reacción alcalina, con niveles medios a altos de conductividad eléctrica; pobres en materia orgánica con niveles bajos a medios de fósforo y medio a alto de potasio, un nivel de fertilización promedio estaría en el orden de: 240 de N, 140 P₂O₅, 260 K₂O kg por hectárea. Finalmente debemos considerar que las recomendaciones de fertilización son generales y para casos específicos se debe considerar lo reportado por el análisis de suelo. (38)

La falta de abonamiento o una escasa dosis produce la floración y fructificación cuando las plantas aún están pequeñas, afectando seriamente el rendimiento.

En términos de fertilización las dosis a emplearse dependerán del grado de fertilidad natural del suelo y la densidad de siembra que se piensa instalar. Las dosis pueden variar de 200 a 300 kg de N/ha, 100 a 150 kg/ha de P₂O₅ y 180 a 260 kg/ha de K₂O. (10)

El abonado en el fondo, cuyo objetivo es mejorar la estructura general y primaria del suelo con el aporte de materia orgánica como fertilizante mejora la estructura del suelo y es práctica usual en el cultivo de páprika; como los estiércoles suelen ser bajos en contenido de fósforos con respecto a su contenido de nitrógeno y potasio, es conveniente aumentarles su contenido en fósforo con

adiciones de superfosfato de calcio y sulfato de potasio para aumentar el contenido de potasio. (34)

La aplicación conjunta de agua y fertilizante, tiene una clara incidencia en las distintas fases del cultivo (brotación, floración, cuajado, desarrollo de fruto y maduración), incluyendo decisivamente en la productividad. Así el nitrógeno tiene una gran influencia en la producción y en el color, si bien hay que evitar un exceso de dicho nutriente, ya que ello conllevaría a un retraso en la maduración. El fósforo, aunque en menores cantidades, también es muy importante para una mayor precocidad y rendimiento en materia seca. El potasio es el nutriente necesario en mayor cantidad, está relacionado directamente con la producción y la calidad del fruto. (10)

2.4.10 NECESIDADES HÍDRICAS

El riego es imprescindible en el cultivo de pimiento, ya que esta especie se caracteriza por poseer un ciclo vegetativo muy largo y un gran desarrollo aéreo en comparación con el pobre y superficial sistema radical. De hecho, la existencia del regadío es esencial para la implantación de este cultivo.

La carencia de agua, debido a la gran sensibilidad de la especie, se manifiesta con pérdidas cuantitativas y cualitativas de cosecha. Estas se deben a caídas de flores y pequeños frutos y a la aparición de podredumbres apicales en los frutos por lo que es necesario manejar con precaución las dosis de riego,

particularmente en terrenos arcillosos o mal drenados, en los que puede mostrar con facilidad síntomas de asfixia radical y caída de flores y frutos.

2.4.11 PLAGAS Y ENFERMEDADES

a.1 PLAGAS

a.1.1 Gusanos de tierra (*Agrotis sp.*)

Los daños son especialmente graves en las plantas de pimiento después del transplante, ya que a las pérdidas de hojas producidas por las larvas al alimentarse, hay que añadir las pérdidas de plantas que son perforadas por el cuello del tronco y que terminan dándole la muerte, obligando a efectuar una replantación.

En plantas adultas el daño se efectúa fundamentalmente por debajo del nivel del suelo. Existe un daño directo producido por la destrucción y apertura de galerías en las raíces como consecuencia de la alimentación de las orugas y otro indirecto debido a que las heridas producidas son puerta de entrada de fitopatógenos y favorecen las pudriciones. (23).

a.1.2 Gusano enrollador de la hoja (*Lineodes integra*)

Es una plaga que se encuentra en todas las zonas ajiceras, atacando también el pimiento, y lo cual enrolla las hojas y brotes terminales y luego barrena

su interior ocasionado daños de consideración al cultivo. Su control son los siguientes productos: Lannate, Ambush, Pounce, Evisect. (30).

a.1.3 Trips (*Frankliniella occidentales*)

Los daños que producen pueden ser directos o indirectos. Los daños directos son debidos a las picaduras de las larvas y adultos en las paredes de los tejidos epidérmicos. Las células al ser vaciadas de su contenido y llenarse de aire, adquieren un aspecto plateado que después se torna marrón sobre todo en las zonas próximas al cáliz. Los daños indirectos se producen como consecuencia la transmisión de virus. (23)

a.1.4 Acaro hialino (*Polyphagotarsonemus latus*)

Vive en las hojas raspando los tejidos chupando la savia de las plantas. Los síntomas del ataque son enrollamiento de las hojas jóvenes, el color del envés cambia a un tostado café; cuando la ingestación es mayor, las hojas toman un color amarillo verdoso oscuro con un aspecto duro o coriáceo, los brotes se encrespan, las flores no cuajan, los frutos son pequeños y deformes. (4)

a.1.5 Pulgón (*Myzus persicae*)

Se encuentra ampliamente distribuido en el Perú pertenece a la familia aphidae del orden homóptera polífagos por excelencia. Los daños son ocasionados por las ninfas y hembras adultas succionan la savia produciéndose diversos

efectos perjudiciales para el cultivo, tales como el amarillamiento, deformación de hojas y brotes haciendo que se detenga el crecimiento. Se considera que algunas especies como *M. Persicae* inyectan toxinas.

Las excretas azucaradas de los áfidos permiten el desarrollo de fumagina. Estas especies adquieren importancia por ser vectores de las enfermedades virosicas en páprika y otros cultivos.

a.2 ENFERMEDADES

a.2.1 Podredumbre radical

Se presenta en suelos fríos, pesados y en climas secos o húmedos, con altas y bajas temperaturas; se propagan con el riego. Una vez establecido el hongo en el suelo, este permanece indefinidamente. Estos hongos atacan a la plántula antes de que emerjan o después de la emergencia. La infección en plántulas jóvenes es más severa cuando la planta crece lento.

Se presentan los siguientes síntomas: falta de emergencia en el almácigo debido a que hay muerte de plántulas después de la germinación pero antes de su emergencia. Lesiones con aspecto de cánceres profundos de color pardo o pardo rojizo, que se presentan en la raíz y en la zona del tallo que se encuentra cercana a la superficie del suelo, que ablanda al tallo y lo hace incapaz de sostener a la plántula, la cual se desploma y se muere. (35)

a.2.2 Oidiosis (*Leveillula taurina*)

Esta enfermedad se manifiesta con manchas blancas circulares de apariencia pulverulenta en las hojas que pueden llegar a cubrirla por completo; el follaje se amarilla, encrespa y cae (1)

a.2.3 Marchitez o tristeza de los pimientos (*Phytophthora capsici*)

Afecta no solo a la parte radicular si no también al follaje, sin embargo la pudrición del cuello y la consiguiente marchitez es lo más común. (9)

El agente causal se presenta con severidad en climas de temperaturas entre 15° y 22° y en suelos húmedos, ocasiona la muerte rápida de raíces por pudrición. El marchitamiento se desarrolla con especial rapidez en la floración o fructificación, aparece en focos y se extiende gradualmente causando muerte prematura de las plantas afectadas. Se propaga con el agua y con mayor intensidad cuando el riego es por gravedad.

Los síntomas se manifiestan en una ligera aclaración de las nervaduras de los folíolos jóvenes más externos. Mientras en la raíz va muriendo por la pudrición en algunas ocasiones pueden mostrar una mancha rojiza. Las hojas tienden a marchitarse como si faltase agua de allí que en algunos lugares se le denomina a la enfermedad tristeza de los pimientos se disemina por el polvo, agua, equipo agrícola y plantas infectadas. (35)

a.2.4 Alternaria (*Alternaria solani*)

Este hongo ataca los tallos, hojas y frutos. En las hojas se presentan pequeñas manchas circulares de color café frecuentemente rodeadas de un halo amarillo. A medida que la enfermedad progresa, el hongo puede atacar los tallos y frutos (20)

a.2.5 Moho negro (*Aspergillus niger*)

Este hongo es un organismo secundario que vive en forma saprófita y como contaminante medio ambiental. No ocasiona un daño directo a las plantas pero se desarrolla sobre los frutos en forma secundaria.

Los síntomas de esta enfermedad se pueden observar a simple vista en el fruto y se presenta con manchas de forma irregular de color negro que van ampliando en tamaño y que no permiten un crecimiento uniforme del mismo. La enfermedad es favorecida cuando hay alta humedad relativa y temperaturas de 25° C.

La presencia de esta enfermedad tiene una especial importancia ya que produce micotoxinas (como las aflatoxinas y ocratoxinas), que son sustancias tóxicas que pueden producir enfermedades en el hombre. Se recomienda cosechar el fruto cuando ya está deshidratado en la planta, no cosechar frutos muy turgentes o frescos. Evitar humedecer el producto una vez cosechado seco, por cuanto esto

promueve la presencia del hongo. La zona para el secado de los frutos cosechados debe estar bien ventilada y alejada de la humedad, en todo momento se debe evitar que el fruto tenga contacto con el suelo. (3)

a.2.6 Virus

Otras enfermedades a considerar son las virosis entre ellas se podrían mencionar al virus del mosaico del tabaco (TMV) que es transmitido por insectos vectores como pulgones, langostas y por los mismos operarios. (26)

2.4.12 DAÑOS FISIOLÓGICOS

Las plantas suelen crecer adecuadamente dentro de unos márgenes ambientales. Estos factores afectan al pimiento cuando el cultivo del mismo no se ajusta a los requerimientos normales para su crecimiento y desarrollo. Así mismo, se incluyen algunas malformaciones de origen genético.

a. Caída de flores

La caída de flores es un fenómeno muy frecuente en esta especie. Puede ser resultado tanto de una falta de fecundación de los óvulos como la respuesta a cualquier estrés ambiental sufrido por la planta. Han señalado a las altas temperaturas como el más importante de ellos. La falta de fecundación puede estar producida por temperaturas de menos de 10°C en este último caso el fenómeno

puede estar asociado a una falta de polinización que en algunos cultivares deriva en el desarrollo de frutos partenocárpicos. (23)

Otros factores causantes de la caída de flores son: sequía, fotoperíodos cortos o poca luminosidad, exceso de fertilizantes nitrogenados, altas densidades de plantación humedad excesiva en el suelo, etc. (36)

b. Necrosis apical

La necrosis apical es causada por una deficiencia en calcio durante el desarrollo del fruto en suelos con bajos niveles de calcio. También es observado este fenómeno en suelos ricos en calcio. En estos casos la necrosis apical es generalmente producida por fluctuaciones importantes en el nivel de humedad del suelo, ya sea por sequía o exceso de agua durante el crecimiento del fruto.

c. Quemadura de sol

Es este un accidente producido por el sol al desvitalizar las células de la epidermis del fruto o de las plantas.

El desarrollo de esta fisiopatía sobre los frutos se ve favorecido por la fuerte insolación estival, el estado de inmadurez del fruto y la exposición de los frutos al sol tras periodos prolongados con el cielo cubierto. También puede ocurrir como el resultado de ataques de patógenos que provoquen la defoliación de plantas. (23)

2.4.13 COSECHA Y POSCOSEHA

La cosecha se realiza cuando los frutos están totalmente rojos y luego se colocan tendidos en un lugar para que se sequen, se debe voltear los frutos para lograr un buen secado y evitar además la sobre exposición al sol, porque puede dañar el color del fruto. (26)

Debido al escalonamiento de la fructificación típico de esta especie, suele prolongar la cosecha de 4 a 8 semanas. Puede llegar hasta 3 a 4 meses, si las condiciones climáticas y la sanidad y otras circunstancias del cultivo lo permiten. Los frutos del pimiento páprika se considera maduros cuando han alcanzado los caracteres morfológicos característicos de la variedad (longitud anchura y espesor de pericarpio), tiene la piel tersa y brillante y toleran la presión natural de los dedos) sin daño. Sin embargo, el aspecto más visible del proceso de maduración, en la mayoría de variedades, es el cambio de color de verde a rojo. Otro aspecto importante a tomar es la firmeza o consistencia que esta asociado fundamentalmente con el estado de madurez. (35)

Para lograr un buen manejo de pos-cosecha se necesita ambientes, limpios, aireados, y libres de patógenos, ya que de no ser así se puede mermar la calidad del producto.

La pos-cosecha se inicia distribuyendo uniformemente los frutos sobre plástico negro o malla rachell 450 m²/ha (también se puede usar arena de río pero

la limpieza del fruto es costosa). Los frutos se exponen al sol directamente de 5 a 7 días, esto se logra con una temperatura promedio de 30°C, así mismo diariamente se voltea el producto y se separa los frutos que presentan daños de insectos y hongos.(6)

2.4.14 RENDIMIENTO

La producción depende directamente del número de plantas que sobreviven hasta la cosecha y de las condiciones en que haya desarrollado el cultivo. Los rendimientos de pimiento en la zona central del Perú varían entre 2,0 a 4,0 toneladas por hectárea de frutos secos, pero algunos productos han alcanzado sobre 4,0 toneladas, en Ica en la zona de Villacurí y en Tacna en el sector de los Palos, algunos agricultores con alta tecnología (riego presurizado básicamente), alcanzan rendimientos por sobre las 6 t/ha de frutos secos, aplicando como una segunda opción la poda y estimular su brote y con ello lograr una segunda producción del cultivo.(31)

2.4.15 MEDICIÓN DE COLORACIÓN DE ALIMENTOS.

Existe diversos métodos para la determinación de pigmentos en los alimentos entre estos: Determinación visual, con carta de colores, celdas fotosensibles, etc.

El método más usado son los grados ASTA (América Spice Trade Association). El cual se realiza disolviendo 100 ml. de acetona durante 16 horas

en oscuridad, se llevan a espectrofotómetro a 460 nm de longitud de onda, se determina las unidades ASTA mediante la ecuación:

El cálculo del color en unidades ASTA se determinó según la siguiente

$$\text{Color ASTA} = \frac{\text{Absorbancia del extracto de acetona a 460 nm} \times 16,4 \times I_f}{\text{Peso de muestra en gramos}}$$

Expresión:

I_f = Factor de corrección Instrumental

$$I_f = 0,600 / A_s$$

A_s = Absorbancia de la solución Standard de color

En la costa central se obtenido cloraciones de muy alta calidad fluctuando entre 180 a 210 grados ASTA que supera los promedios obtenidos por otros países (160 grados ASTA) (10)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 LUGAR DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo experimental se realizó en el PROTER Sama Inclan, de propiedad del señor Lucio Martínez Salamanca.

a. Ubicación política

Departamento : Tacna
Provincia : Tacna
Distrito : Sama Inclan
Lugar : PROTER Sama Inclan

b. Ubicación geográfica

Latitud sur : 17° 47' 1,2"
Longitud oeste : 70° 29' 16,5"
Altitud : 534 m.s.n.m.

3.1.2 SITUACIÓN EDÁFICA DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Para determinar las características físico-químicas se realizó el análisis del suelo correspondiente, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.

Dentro de las principales características físico-químico que presenta el suelo, se tiene un suelo de textura, arena franca que son los mejores suelos para el cultivo de paprika, puesto que su sistema radicular es pivotante, el pH de 7,34 se encuentra dentro del optimo del suelo que es de 6,5 a 7,9; lo cual nos indica que el suelo es adecuado para el cultivo de paprika.

CUADRO 2: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO

CUALIDADES GENERALES		
Textura	A.Fr.	Arena franca
Arena	74	%
Limo	24	%
Arcilla	2	%
CALCÁREOS		
CaCO₃	0,00	%
PH (1/1)	7,34	
C. E. (Sales)	4,04	ds/m
NUTRICIÓN PRINCIPAL		
Materia orgánica	1,6	%
P	17,6	ppm
K₂O	1067	ppm
CATIONES CAMBIABLES		
Ca⁺⁺	4,86	me/100g
Mg⁺⁺	2,12	me/100g
Na⁺	3,49	me/100g
K⁺	3,13	me/100g
Al⁺³+H⁺¹	0,00	me/100g
C.I.C	13,60	me/100g

Fuente: laboratorio de análisis de suelos, planta, aguas y fertilizantes de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina-2006

3.1.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos fueron obtenidos en la estación meteorológica CO-SAMA. Se consideró el periodo de julio del 2006 a febrero del 2007, fecha en que se realizó la fase de campo del presente trabajo.

La temperatura óptima es de 20° a 28°C, la mínima es de 13°C a 18°C valores por debajo de los 13°C o superiores a 35°C producen caída de flores e impiden la formación de los frutos. El crecimiento se detiene por debajo de los 10°C. (38)

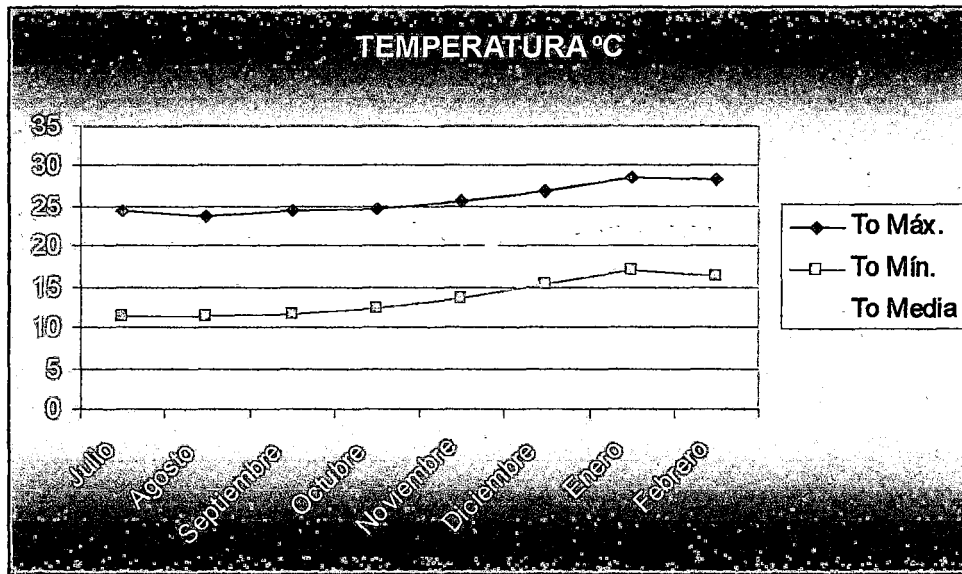
En el cuadro N° 3 se registra una temperatura máxima promedio que es de 25,9° C, y una temperatura mínima promedio de 13,7° C, estando dentro de las temperaturas requeridas para el desarrollo del ají paprika .

**CUADRO 3: Características climáticas PROTER Sama-Inclan. Julio 2006-
Febrero 2007.**

Mes	Temperatura			Humedad			Evapo- Transp.
	Máx.	Mín	Media	Máx.	Mín	Media	
Julio	24,5	11,5	18,0	87	69	78	3,0
Agosto	23,8	11,4	17,6	87	71	79	3,0
Septiembre	24,5	11,8	18,1	87	69	79	3,0
Octubre	24,8	12,5	18,6	88	68	79	3,0
Noviembre	25,6	13,8	19,7	88	68	79	3,0
Diciembre	26,9	15,3	21,1	88	72	81	3,3
Enero	28,7	17,2	22,9	86	73	80	4,0
Febrero	28,4	16,3	22,4	85	73	80	4,0

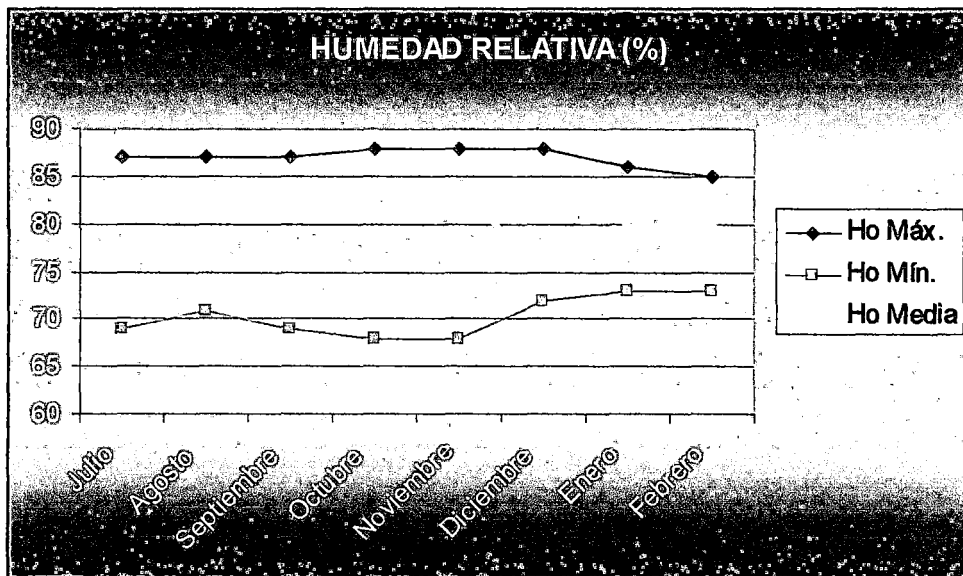
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (SENAMHI)
Estación CO - SAMA - Tacna. 2006 - 2007

GRÁFICO 1. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA – 2006-2007

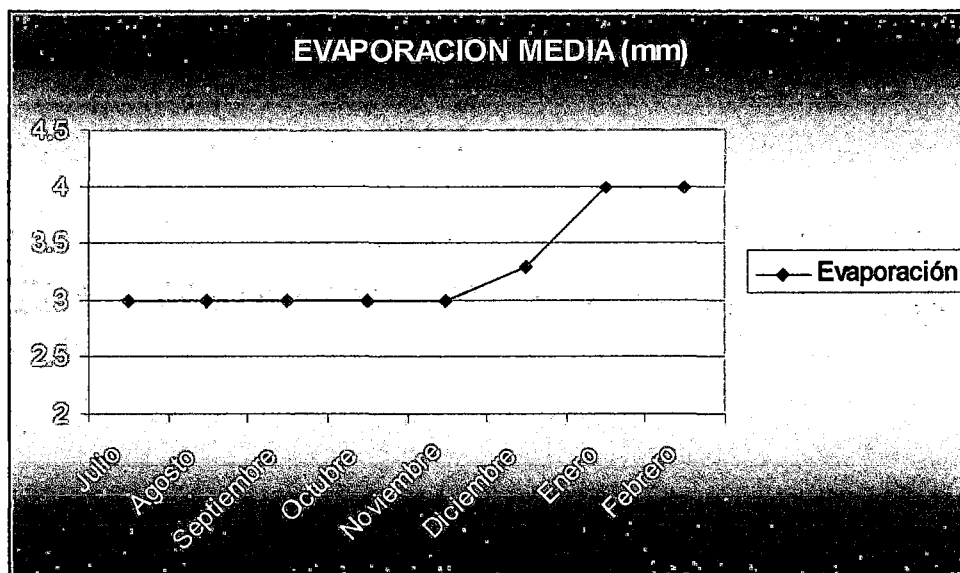


Fuente: Servicio de Nacional de Meteorología e Hidrología. (SENAMHI)
Estación CO - SAMA - Tacna. 2006 - 2007

GRÁFICO 2. HUMEDAD RELATIVA MÁXIMA Y MÍNIMA- 2006-2007



Fuente: Servicio de Nacional de Meteorología e Hidrología. (SENAMHI)
Estación CO - SAMA - Tacna. 2006 – 2007

GRÁFICO 3. EVAPORACIÓN MEDIA- 2006-2007

Fuente: Servicio de Nacional de Meteorología e Hidrología. (SENAMHI)
Estación CO - SAMA - Tacna. 2006 - 2007

3.2 MATERIALES

3.2.1 MATERIALES EXPERIMENTALES

a) SEMILLA

Se utilizó semillas de páprika de la variedad Papri king (*Capsicum annum*), cuya procedencia fue de la empresa Semiagro, el cual fue sometido a los diferentes tratamientos establecidos previamente.

b) BIOFERTILIZANTE

La fuente de inoculación que se utilizó fue cepas de *Azotobacter sp.* bajo el nombre comercial de Azotolam, lote N 0369 y 0370, la bolsa es de 250 g con una concentración de (10^8 UFC/g) es un producto ecológico natural preparado en base a cultivo de bacterias del genero *Azotobacter*, estimuladoras y reguladoras del crecimiento fijadoras de nitrógeno, solubilizan el fósforo mineralizado del suelo, sus exudaciones extracelulares inhiben el ataque de enfermedades fungosas de la raíz (Salas; 1999).

c) NITRÓGENO

Como fuente nitrogenada se utilizó el nitrato de amonio, cuya ley es 33% N.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Factores en estudio

Se utilizó dos factores: *Azotobacter sp.* (Azotolam) y nitrógeno.

a. Factor A: *Azotobacter* (kg/ha):

a_0 : Sin *Azotobacter*

a_1 : Con *Azotobacter*

b. Factor B: Niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha)

n_0 : 0

n_1 : 75

n_2 : 150

n_3 : 225

CUADRO 4. COMBINACIÓN DE FACTORES

FACTORES EN ESTUDIO		COMBINACIÓN	CÓDIGO
<i>Azotobacter</i>	Nitrógeno		
A_0	N_0	<i>Azotobacter</i> 0 + nitrógeno 0 (Testigo)	T_1
	N_1	<i>Azotobacter</i> 0 + nitrógeno 75 kg/ha	T_2
	N_2	<i>Azotobacter</i> 0 + nitrógeno 150 kg/ha	T_3
	N_3	<i>Azotobacter</i> 0 + nitrógeno 225 kg/ha	T_4
A_1	N_0	<i>Azotobacter</i> 1 + nitrógeno 0	T_5
	N_1	<i>Azotobacter</i> 1 + nitrógeno 75 kg/ha	T_6
	N_2	<i>Azotobacter</i> 1 + nitrógeno 150 kg/ha	T_7
	N_3	<i>Azotobacter</i> 1 + nitrógeno 225 kg/ha	T_8

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron:

1. Rendimiento total de peso fresco (t/ha)

Se pesaron todos los frutos existentes al momento de las cosechas por cada unidad experimental, para los cálculos estadísticos se proyectaron dichos valores a una superficie por hectárea para determinar el rendimiento.

2. Rendimiento total de peso deshidratado (t/ha)

Se pesaron todos los frutos existentes, luego del secado al aire libre, por cada unidad experimental, para los cálculos estadísticos se proyectaron dichos valores a una superficie por hectárea para determinar el rendimiento.

3. Altura de planta (cm)

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

4. Número de frutos por planta

Esta evaluación se desarrolló 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.

5. Longitud de fruto (cm)

Se obtuvo midiendo la longitud de los frutos cosechados de cada unidad experimental, tomando cinco plantas al azar por tratamiento.

6. Diámetro de fruto (cm)

Se obtuvo midiendo el diámetro de los frutos cosechados de cada unidad experimental, siempre tomando cinco plantas al azar por tratamiento.

3.3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado en el presente trabajo de tesis fue el de bloques completos aleatorios (D.B.C.A.) con arreglo factorial 2 x 4 con una distribución de 8 tratamientos y 4 repeticiones.

3.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

◇ **Unidad experimental**

Largo : 11 m

Ancho : 1,5 m

Área : 16,5 m²

Distanciamiento entre plantas: 0,20 m.

Número de unidades experimentales: 32

◇ **Bloque experimental**

Largo : 11 m

Ancho : 12 m

Área : 132 m²

Separación entre bloques: 1,0 m

◇ **Campo experimental**

Largo : 23 m

Ancho : 24 m

Área : 552 m²

Número de líneas del campo experimental: 16

3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los factores en estudio, se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza, con un arreglo factorial de 2 x 4, usando la prueba F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01; para hallar el nivel óptimo de nitrógeno se empleó la técnica de polinomios ortogonales, ajustándose a una función de respuesta. (33) (37)

Para la variable expresada en conteo (número de frutos por planta) se realizó la transformación de raíz cuadrada \sqrt{x} .

Para la comparación entre los promedios de los niveles del factor *Azotobacter* se utilizó la prueba de significación de Duncan al 95% de confiabilidad.

3.4 CONDUCCIÓN DEL CULTIVO

3.4.1 ALMÁCIGO

La siembra del almacigo se realizó el 11 de julio del 2006; se utilizó 85 gramos de semilla para una almaciguera de 18 m de largo; la preparación del terreno se hizo de manera homogénea aplicando 10 kg de compost. El riego fue por goteo (cintas de riego).

3.4.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno se realizó el 29 de julio del 2006, se procedió a un rotulado del suelo, posteriormente se incorporó estiércol de vacuno a razón de 6,6 t/ha para su previa descomposición, se realizó riegos ligeros, un mes antes del transplante se hizo un volteo del suelo y se procedió agregar el abono de fondo y se realizó riegos ligeros hasta el momento del transplante.

3.4.3 INOCULACIÓN

Se preparó una suspensión del inoculante bacteriano *Azotolam* (*Azotobacter sp.*), en proporción de 1/10 en agua sin cloro con azúcar (10%) p/v como adherente, se homogenizó para seguidamente introducir las raíces de los plantines de ají páprika manteniéndolos all durante 15 minutos. Pasado este tiempo se procedió al transplante. (Chudhury & Kabi, 2004; Nakkeeran et al 2006)

3.4.4. TRANSPLANTE

El transplante se realizó después de la inoculación, cuando las plántulas alcanzaron una altura de 12 a 15 cm colocándose dos plántulas a cada lado del gotero a un distanciamiento de 0,20 cm entre goteros y 1,5 entre líneas (66 666 plantas/ha), el cual se realizó el 10 de setiembre del 2006.

3.4.5 CONTEO DE BACTERIAS/PLANTA

Para determinar el número de bacterias inoculadas por planta se seleccionaron al azar 8 plantas inmediatamente después de su inculación (cada 15 minutos por planta). Se separó la parte radicular y se introdujo esta en un matraz de 250 ml conteniendo 100 ml de solución de NaCl 0,85% seguidamente se agitó durante 5 minutos en un agitador orbital (200 rpm), posteriormente se realizaron diluciones decimales hasta alcanzar una dilución de 1×10^{-7} , de cada una de las diluciones se inoculó 0,1 ml en una placa petri conteniendo agar de Brown libre de nitrógeno, con la ayuda de un asa de Drigalski. Se incubó a 28°C durante cinco días hasta la aparición de colonias típicas del género. Se procedió a contar su número expresando el resultado como UFC/Planta.

3.4.6 RIEGO

El tipo de riego utilizado fue por goteo, una vez delimitada el área experimental se sometió a riegos pesados en turnos interdiarios durante tres semanas aproximadamente antes de proceder al trasplante.

Posteriormente después del trasplante se realizó riegos interdiarios de acuerdo a las necesidades de la planta hasta la última cosecha.

3.4.7 APLICACIÓN DE FERTILIZANTE NITRÓGENADO

La fertilización nitrogenada se realizó utilizando tres niveles, los cuales fueron fraccionados para su aplicación, como se observa en el cuadro 5.

CUADRO 5. APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE

Nitrógeno kg/ha	Fraccionamiento del fertilizante kg/ha			
	1	2	2	1
75	12.5	25	25	12.5
150	25	50	50	25
225	37.5	75	75	37.5

Fuente: Elaboración propia.

El fertilizante nitrogenado utilizado es el nitrato de amonio (33%) se aplicó según los tratamientos, directamente al suelo a un costado del tallo en pequeñas aberturas en forma fraccionada.

3.4.8 CONTROL DE MALEZAS

Esta labor cultural se realizó conforme se presentaban las malezas en el campo. En total se efectuaron cuatro deshierbos manuales el primero se realizó a los 24 días de la siembra, luego cada mes. Las principales malezas fueron:

Yuyo (*Amaranthus hybridus*)

Gramma dulce (*Cynodon dactylon*)

Malva (*Malva sp.*)

3.4.9 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

A nivel de crecimiento se observó la presencia de "gusanos de tierra" (*Feltia experta*, *Agrotis ipsilon*), perforando las hojas tiernas, las cuales se controlaron con Lannate a 1 0/00.

El problema entomológico más saltante fue el ácaro hialino (*Poliphagotarsonemus latus*) durante el crecimiento, usándose para el control D-katina a 0,75 0/00.

Se realizó aplicaciones de azufre micronizado para la prevención de oidium (*Erisiohe cichoracearum*), para lo cual se aplicó Kumulus 0,5 0/00.

En cuanto a problemas en el desarrollo del fruto se presentó la plaga mas importante *Heliothis virescens* siendo controlado con Tracer 0,1 l/ha y Sunfire 0,1 l/ha.

3.4.10 EVALUACIÓN DE BACTERIAS (*Azotobacter sp.*)

Para determinar el número de bacterias presentes en la rizósfera de las plantas de ají páprika se tomaron al azar 5 plantas por unidad experimental, con ayuda de una pala previamente desinfectada superficialmente con una solución de lejía al 10%, procurando obtener todo el sistema radicular e introduciéndolas en bolsas de polietileno de primer uso para ser transportadas al laboratorio.

Llegadas las muestras al laboratorio se procedió a separar la parte radicular de la planta, con movimientos suaves se eliminó el suelo no rizosférico de las raíces, el suelo que quedó adherido a la superficie radicular se consideró como rizosférico. Se tomaron 10 gramos de suelo rizosférico y se mezclaron en un matraz de 250 ml con 90 ml de agua destilada estéril (dilución 1: 10 ó 10^{-1}), seguidamente el matraz fue agitado durante 30 minutos para disgregar las partículas de suelo y liberar a las bacterias, pasado este periodo se realizaron diluciones decimales (10^{-2} - 10^{-5}) y se sembraron por duplicado 0,5 ml con la ayuda de una asa de Digalsky en placas petri conteniendo agar de Brown libre de nitrógeno. Las placas fueron incubadas a 28° C durante 5 días hasta la aparición de colonias típicas del género *Azotobacter*. Se procedió a contar su número expresado el resultado como UFC/gramo de suelo rizosférico.

3.4.11 COSECHA

La cosecha se efectuó de forma manual, fueron tres cosechas la primera el 18 de enero, la segunda el 28 de enero y la tercera el 16 de febrero del 2007.

Los frutos se recolectaron cuando alcanzaron un color rojo intenso, que muestran flacidez por deshidratación, la punta del fruto debe estar algo arrugada. Los frutos fueron colectados en sacos para su traslado y evaluación.

3.4.12 POST-COSECHA

El producto de la cosecha fue colocado en un lugar acondicionado, para lo cual se preparó el lugar donde sería extendidos los frutos. La labor consistió en la limpieza superficial del suelo. El producto de las diferentes cosechas paso por distintos tiempos de secado, se colocó los frutos para que sequen y se volteo cada cinco días para lograr un buen secado. Cuando los frutos se hallaron secos se procedió a la selección y clasificación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RENDIMIENTO TOTAL DE PESO FRESCO (t/ha)

Los datos originales del rendimiento total se presentan en el anexo 1; el análisis de varianza se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6: Análisis de varianza para el rendimiento total de peso fresco (t/ha) de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	125,517	41,839	6,126	**
<i>Azotobacter</i>	1	77,674	77,674	11,373	**
Niveles N	3	618,510	206,170	30,187	**
Lineal	1	501,908		73,489	**
Cuadrática	1	110,830		16,228	**
AxN	3	26,342	8,781	1,286	NS
Error	21	143,423	6,830		
Total	31	991,467			

C.V. 14,16 %

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza del rendimiento total por hectárea, muestra para los bloques se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas lo que nos indica que entre bloques se muestran diferencias bien marcadas ganándose de esta manera eficiencia en la aplicación del presente diseño.

En lo que respecta a ambos factores nitrógeno y *Azotobacter* se encontró diferencias altamente significativas, por lo tanto los niveles utilizados tuvieron diferentes efectos sobre la variable en estudio.

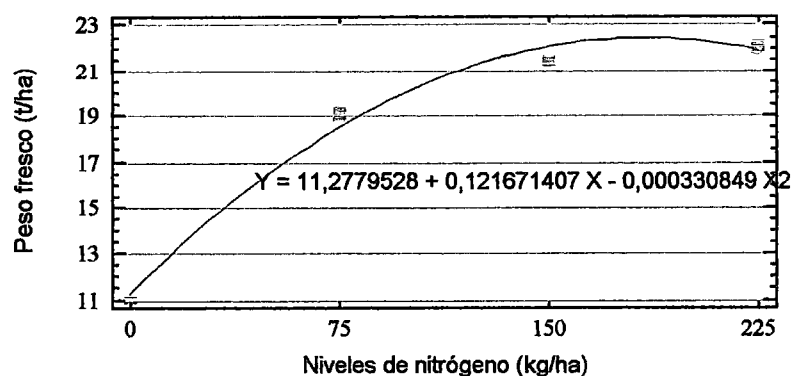
Para la interacción de los factores *Azotobacter* por nitrógeno (AxN) no se encontró diferencias estadísticas, lo cual indica que ambos factores en estudio actuaron independientemente.

Al ser altamente significativo el efecto lineal y cuadrático nos indica que la respuesta del rendimiento frente a las dosis de nitrógeno es ajustable a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 11,2779528 + 0,121671407x - 0,000330849x^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el nivel óptimo de nitrógeno de 183,877 kg/ha con el que se obtiene un rendimiento máximo de 22,464 t/ha de frutos frescos, tal como se observa en el gráfico 4.

Gráfico 4: Rendimiento total de peso fresco (t/ha) de páprika.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7: Prueba de significación de Duncan de peso fresco (t/ha) de páprika para el factor *Azotobacter*.

O.M.	Niveles	Promedio (t/ha)	Significación $\alpha 0,05$
1	Con <i>Azotobacter</i>	20,01	a
2	Sin <i>Azotobacter</i>	16,90	b

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 8 de la prueba de significación de Duncan se observa que el mayor rendimiento de peso fresco se obtiene con *Azotobacter* combinado con el nitrógeno, alcanzando 20,01 t/ha y siendo inferior sin *Azotobacter* con 16,90 t/ha respectivamente.

No se tiene referencias de la aplicación de *Azotobacter* en el cultivo de ají páprika, pero en forma general podemos mencionar que los resultados obtenidos en la presente investigación son diferentes a los obtenidos por Chambilla Condori I. (Tesis 2004), en el valle Caplina - Tacna, el cual obtuvo 31,00 t/ha para el cultivar Papri king, utilizando una dosis optima de 232 kg/ha de nitrógeno.

Asimismo resultados obtenidos son diferentes a los obtenidos por Vélez Juárez R. (Tesis 2003), en Moquegua el cual obtuvo 23,30 t/ha para el cultivar Papri king, utilizando la dosis 200 kg/ha de nitrógeno.

Barreto Arevalo M. (Tesis 2005) obtuvo rendimientos de 20,18 t/ha para el cultivar Papri king en la Yarada baja, utilizando una dosis de 285 kg/ha de nitrógeno diferente a los resultados de la presente investigación.

Parihuana Choque J. (Tesis 2001) obtuvo rendimientos de 27,74 t/ha para el cultivar Papri king en Bella Unión-Arequipa, utilizando una dosis de 200 kg/ha diferente a los resultados de la presente investigación.

4.2. RENDIMIENTO TOTAL DE PESO SECO (t/ha)

Los datos originales de peso seco de los frutos, se presentan en el anexo 2, el análisis de varianza se encuentra en el cuadro 8.

Cuadro 8: Análisis de varianza para el rendimiento total de peso seco (t/ha) de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	0,720	0,240	1,429	NS
<i>Azotobacter</i>	1	2,480	2,480	14,777	**
Niveles N	3	35,013	11,671	69,532	**
Lineal	1	27,064		161,234	**
Cuadrática	1	7,731		46,058	**
AxN	3	0,310	0,103	0,616	NS
Error	21	3,525	0,168		
Total	31	42,048			

C.V =11,19%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de peso seco de fruto, nos muestra que para el caso de los bloques no se encontraron diferencias estadísticas, lo cual nos indica que los

bloques tuvieron un comportamiento similar para la variable de peso seco. Para el efecto de la interacción *Azotobacter* por nitrógeno no se encontraron diferencias estadísticas, indicándonos que dichos factores actúan independientemente.

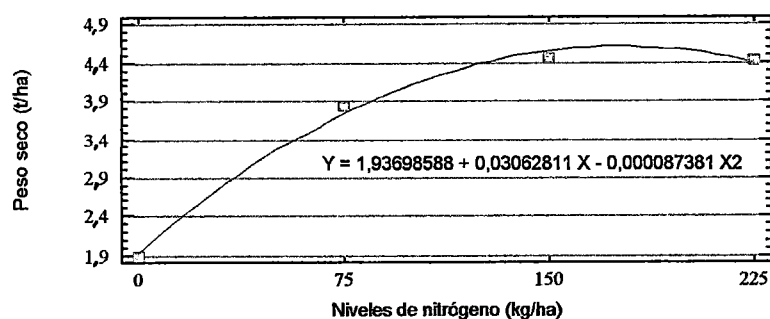
Analizando independientemente el factor *Azotobacter*, se encontraron diferencias altamente significativas, lo que nos indica que hay diferencias reales entre los niveles de dicho factor. Además se analizó el factor nitrógeno, resultando altamente significativa para la componente lineal y cuadrática.

Al ser altamente significativo el efecto cuadrático se ajustó a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 1,93698588 + 0,03062811x - 0,000087381 x^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el óptimo de nitrógeno de 175,256 kg/ha con lo que se obtiene un rendimiento máximo de 4,621 t/ha de frutos secos, tal como se observa en el gráfico 5.

Gráfico 5: Rendimiento total de peso seco (t/ha) de páprika.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9: Prueba de significación de Duncan de peso seco (t/ha) de páprika para el factor *Azotobacter*.

O.M.	Niveles	Promedio (t/ha)	Significación α 0,05
1	Con <i>Azotobacter</i>	3,94	a
2	Sin <i>Azotobacter</i>	3,38	b

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro 9 de la prueba de significación de Duncan se observa que el mayor rendimiento de peso seco se obtuvo con *Azotobacter* combinado con el nitrógeno alcanzando 3,94 t/ha y siendo inferior sin *Azotobacter* con 3,38 t/ha respectivamente.

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Chambilla Condori I. (Tesis 2004), el cual obtuvo un promedio de peso seco de 6 t/ha para el cultivar Papri king, en el valle Caplina – Tacna, utilizando la dosis de 232 kg/ha de nitrógeno.

Asimismo resultados obtenidos son diferentes a los obtenidos por Vélez Juárez R. (Tesis 2003), en Moquegua el cual obtuvo 4,51 t/ha para el cultivar Papri king utilizando la dosis 200 kg/ha de nitrógeno.

Barreto Arevalo M. (Tesis 2005) obtuvo rendimientos de 5,63 t/ha para el cultivar Papri king en la Yarada Baja, utilizando una dosis de 285 kg/ha diferente a los resultados de la presente investigación.

Parihuana Choque J. (Tesis 2001) obtuvo rendimientos de 5,54 t/ha para el cultivar Papri king en Bella Unión - Arequipa, utilizando una dosis de 200 kg/ha diferente a los resultados de la presente investigación.

4.3. ALTURA DE PLANTA (cm)

Esta variable consta de la altura final de las plantas evaluadas. Los datos de altura de planta se presentan en el anexo 3; el análisis de la varianza se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10: Análisis de varianza de la altura de planta (cm) de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	1,614	0,538	0,060	NS
<i>Azotobacter</i>	1	43,059	43,059	4,777	*
Niveles N	3	837,780	279,260	30,979	**
Lineal	1	635,687		70,519	**
Cuadrática	1	156,468		17,357	**
AxN	3	10,805	3,602	0,400	NS
Error	21	189,303	9,014		
Total	31	1082,562			

C.V =5,88%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de la altura de planta, nos muestra que para el caso de bloques no se encontraron diferencias estadísticas. Para el efecto de la interacción *Azotobacter* y nitrógeno no se encontraron diferencias estadísticas, indicándonos que dichos factores actúan independientemente.

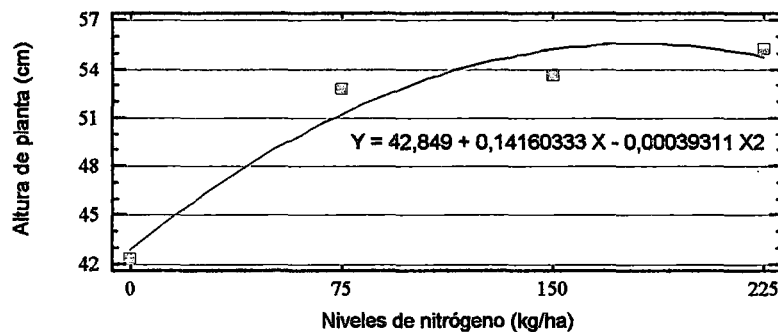
Analizando independientemente el factor *Azotobacter*, se encontraron diferencias significativas, y para el factor nitrógeno se encontraron diferencias altamente significativas, por lo tanto tuvieron efectos diferentes sobre la variable en estudio.

Al ser altamente significativo el efecto cuadrático se ajustó a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 42,849 + 0,14160333x - 0,00039311x^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el óptimo de nitrógeno de 180,105 kg/ha con la que se obtiene una altura de planta de 55,60 cm, tal como se observa en el gráfico 6.

Gráfico 6: Altura de planta (cm) de páprika.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11: Prueba de significación de Duncan de altura de planta (cm) de páprika para el factor *Azotobacter*

O.M.	Niveles	Promedio (cm)	Significación $\alpha 0,05$
1	Con <i>Azotobacter</i>	52,20	a
2	Sin <i>Azotobacter</i>	48,88	b

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 11 de la prueba de significación de Duncan se observa que la mayor altura se obtiene con *Azotobacter* combinado con el nitrógeno alcanzando 52,20 cm y siendo inferior sin *Azotobacter* con 48,88 cm de altura respectivamente.

Barreto Arevalo M. (Tesis 2005) el cual obtuvo alturas promedio de 56,26 cm para el cultivar Papri king en la Yarada Baja, utilizando una dosis de 285 kg/ha diferentes a los resultados de la presente investigación.

4.4. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Los datos originales del número de frutos por planta se presentan en el anexo 4, el análisis de varianza se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12: Análisis de varianza del número de frutos por planta de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	0,312	0,104	2,767	NS
<i>Azotobacter</i>	1	0,725	0,725	19,285	**
Niveles N	3	7,015	2,338	62,165	**
Lineal	1	5,962		158,501	**
Cuadrática	1	0,921		24,486	**
AxN	3	0,095	0,032	0,842	NS
Error	21	0,790	0,038		
Total	31	8,937			

C.V =4,02 %

Fuente: Elaboración propia.

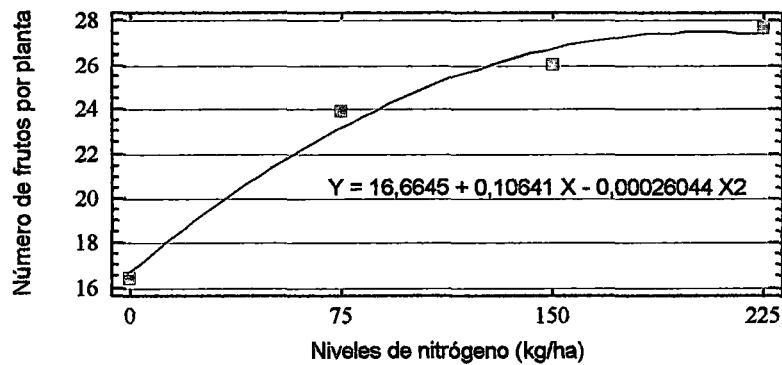
El análisis de varianza del número de frutos por planta, nos muestra que para bloques no hay diferencias significativas, para el factor *Azotobacter*, hay diferencias altamente significativas; y en el caso del factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas.

Para el efecto de la interacción de *Azotobacter* y nitrógeno no hay diferencias estadísticas por lo tanto ambos factores en estudio actúan independientemente.

Al ser altamente significativo el efecto cuadrático se ajusto a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 16,6645 + 0,10641X - 0,00026044X^2$$

Mediante esta ecuación se determinó que con el nivel de nitrógeno de 204,29 kg/ha con la que se obtiene 27,53 frutos por planta, tal como se observa en el gráfico 7.

Gráfico 7: Número de frutos por planta de páprika.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13: Prueba de significación de Duncan de número de frutos por planta de páprika para el factor *Azotobacter*.

O.M.	Niveles	Promedio (N de frutos/planta)	Significación α 0,05
1	Con <i>Azotobacter</i>	25	a
2	Sin <i>Azotobacter</i>	22	b

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 13 de la prueba de significación de Duncan se observa que el mayor promedio de frutos por planta se obtiene con *Azotobacter* combinado con el nitrógeno con 25 frutos por planta y siendo inferior sin *Azotobacter* con 22 frutos respectivamente.

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Chambilla Condori I. (Tesis 2004), el cual obtuvo un promedio óptimo de 31 frutos para el cultivar Papri king, respectivamente con la dosis de 232 kg/ha de nitrógeno.

Asimismo resultados obtenidos son diferentes a los obtenidos por Vélez Juárez R. (Tesis 2003), en Moquegua el cual obtuvo 25 frutos para el cultivar Papri king utilizando la dosis 200 kg/ha de nitrógeno respectivamente.

Barreto Arevalo M. (Tesis 2005) obtuvo promedios de 23 frutos por planta para el cultivar Papri king en la Yarada baja, utilizando una dosis de 285 kg/ha diferentes a los resultados de la presente investigación.

Parihuana Choque J. (Tesis 2001) obtuvo un promedio de 30 frutos por planta para el cultivar Papri king en Bella Unión - Arequipa, utilizando una dosis de 200 kg/ha diferentes a los resultados de la presente investigación.

4.5. LONGITUD DE FRUTO (cm)

Los datos de longitud de fruto de páprika, se presentan en el anexo 5; el análisis de varianza se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14: Análisis de varianza de longitud de fruto (cm) de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	1,465	0,488	2,285	NS
<i>Azotobacter</i>	1	8,174	8,174	38,268	**
Niveles N	3	7,012	2,337	10,942	**
Lineal	1	1,498		7,011	*
Cuadrática	1	3,855		18,047	**
AxN	3	1,743	0,581	2,720	NS
Error	21	4,486	0,214		
Total	31	22,880			

C.V.= 3,15%

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza de longitud de fruto de aj  páprika, nos muestra que para el efecto de bloques no se encontraron diferencias estadísticas, lo que nos indica que los bloques tuvieron un comportamiento homogéneo.

Para el factor *Azotobacter* y el factor nitrógeno obtuvieron diferencias altamente significativas es decir que los niveles utilizados tuvieron efectos diferentes sobre la variable en estudio.

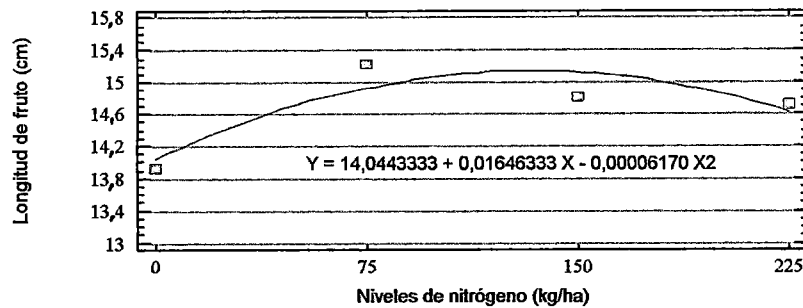
Para el efecto de la interacción de nitrógeno y *Azotobacter* no se encontraron diferencias estadísticas, por lo tanto ambos factores en estudio actuaron independientemente sobre la variable en estudio.

Al ser altamente significativo el efecto cuadrático se ajustó a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 14,0443333 + 0,01646333X - 0,00006170 X^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el nivel óptimo de nitrógeno de 133,406 kg/ha con la que se obtiene un promedio óptimo de 15,142 cm de longitud, tal como se observa en el gráfico 8.

Gráfico 8: Longitud de fruto (cm) de ají páprika.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 15: Prueba de significación de Duncan de longitud del fruto (cm) de páprika para el factor *Azotobacter*.

O.M.	Niveles	Promedio (cm)	Significación α 0,05
1	Con <i>Azotobacter</i>	15,19	a
2	Sin <i>Azotobacter</i>	14,18	b

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 15 de la prueba de significación de Duncan se observa que la mayor longitud del fruto se obtiene con *Azotobacter* combinado con el nitrógeno alcanzando con 15,19 cm y siendo inferior sin *Azotobacter* con 14,18 cm de longitud respectivamente.

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Chambilla Condori I. (Tesis 2004), el cual se obtuvo un promedio de longitud de frutos de 18,18 cm para el cultivar Papri king con la dosis de 232 kg/ha de nitrógeno.

Asimismo resultados obtenidos son diferentes a los de Vélez Juárez R. (Tesis 2003), en Moquegua el cual obtuvo una longitud de fruto de 19,53 cm para el cultivar Papri king utilizando la dosis 200 kg/ha de nitrógeno.

Parihuana Choque J. (Tesis 2001) obtuvo longitud de fruto de 17,23 cm para el cultivar Papri king en Bella Unión Arequipa, utilizando una dosis de 200 kg/ha diferentes a los resultados de la presente investigación.

4.6. DIÁMETRO DE FRUTO (cm)

Los datos del diámetro de los frutos de ají páprika se presentan en el anexo 6, el analisis de varianza se muestra en el cuadro 16:

Cuadro 16: Analisis de varianza del diametro de fruto (cm) de páprika.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	3	0,051	0,017	0,981	NS
<i>Azotobacter</i>	1	0,006	0,006	0,349	NS
Niveles N	3	0,202	0,067	3,877	*
Lineal	1	0,055		3,157	NS
Cuadratica	1	0,086		4,965	*
AxN	3	0,024	0,008	0,467	NS
Error	21	0,364	0,017		
Total	31	0,647			

C.V =3,82%

Fuente: Elaboracion propia.

En el analisis de varianza del diametro de fruto, se observa que para el caso de bloques no es significativo, es decir que los bloques fueron homogeneos.

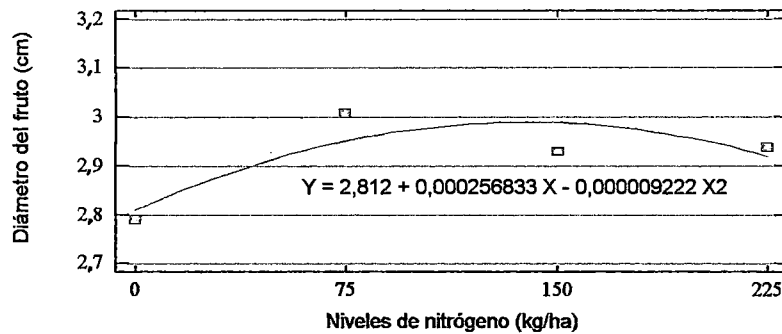
Para el factor *Azotobacter* no hay diferencias estadísticas si encontrándose diferencias significativas para el factor nitrógeno.

Al ser altamente significativo el efecto cuadrático se ajustó a una función de respuesta siendo la ecuación resultante:

$$Y = 2,812 + 0,00256833 X - 0,000009222 X^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el nivel óptimo de nitrógeno de 139,247 kg/ha con la que se obtiene un promedio óptimo de 2,99 cm de diámetro del fruto tal como se observa en el gráfico 9.

Gráfico 9: Diámetro del fruto (cm) de páprika.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Chambilla Condori I. (Tesis 2004), el cual obtuvo un promedio de diámetro de frutos de 3,07 cm para el cultivar Papri king respectivamente con la dosis 232 kg/ha de nitrógeno.

Asimismo resultados obtenidos son diferentes a los obtenidos por Vélez Juárez R. (Tesis 2003), en Moquegua el cual obtuvo un diámetro de fruto de 2,70 cm para el cultivar Papri king utilizando la dosis 200 kg/ha de nitrógeno.

4.7 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE BACTERIAS.

En el cuadro 17 muestra los resultados que se obtuvieron en el conteo de bacterias por tratamiento.

Cuadro 17: Conteo de bacterias por tratamiento.

Tratamientos	UFC/g suelo rizosférico
T ₁	9,3x 10 ²
T ₂	2,0 x 10 ³
T ₃	1,5 x 10 ³
T ₄	1,0 x 10 ³
T ₅	7,9 x 10 ⁵
T ₆	5,3 x 10 ⁵
T ₇	5,0 x 10 ⁵
T ₈	7,6 x 10 ⁵

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 17, los tratamientos inoculados muestran un número de colonias de *Azotobacter* superior a los tratamientos que no fueron inoculados con *Azotobacter*, lo cual contrasta con los resultados obtenidos.

Según Alexander, (1980) las densidades de *Azotobacter* varían de cero a varios miles por gramo de suelo y no es común encontrar cifras que sobrepasen 10^3 siendo aun mas raro encontrar valores que excedan 10^4 .

4.8. IMPACTO ECONÓMICO

El cuadro 18 muestra el análisis económico, realizado para producir una ha de páprika a partir de las variantes de fertilización, para lo cual se tomó como referencia la fertilización mineral en contraste con la fertilización biológica con *Azotobacter sp.*

Cuadro 18: Análisis económico.

Tratamiento	Rendimiento	Costo (s/.)	Ingresos	Beneficio neto	beneficios
Con <i>Azotobactersp.</i> + Nitrógeno	3940	10 535,33	25 216	14 680,66	3987,20
Sin <i>Azotobacter sp.</i> + Nitrógeno	3380	10 938,53	21 632	10 693,46	

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los costos de producción, se aprecia un menor valor con la utilización de la fertilización biológica, el cual redujo en S/. 403,20 en comparación de la fertilización mineral, lo que evidencia el beneficio por costos de los métodos biológicos y el ahorro de insumos agrícolas. En los ingresos por ventas se observa que con el uso de la fertilización biológica se obtiene un beneficio por incrementos en la producción de S/. 3584,00 con respecto a la fertilización mineral.

Los beneficios netos representan las utilidades obtenidas mediante las diferentes variantes, por lo que al disminuir los costos de producción y aumentar

los beneficios por ventas, existirá un incremento en las utilidades, observándose una diferencia de S/. 3987,20 en la fertilización con *Azotobacter sp.* al compararlo con la fertilización mineral.

Los beneficios de la aplicación de fertilizantes biológicos no se aprecian solo en términos económicos, sino que además se eliminarían los efectos nocivos de la fertilización nitrogenada en la absorción y asimilación, así como la erradicación de la contaminación tanto atmosférica como a las aguas subterráneas, siendo este impacto ambiental mucho más beneficioso que el impacto económico.

V. CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento de peso fresco se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando un rendimiento de 20 t/ha. Siendo inferior sin *Azotobacter sp.* con un rendimiento de 16,9 t/ha. El nitrógeno óptimo fue de 183,9 kg/ha.
2. Con respecto al peso seco, el mayor rendimiento se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando un rendimiento de 3,9 t/ha respectivamente. Siendo inferior sin *Azotobacter sp.* con un rendimiento de 3,4 t/ha.
3. La mayor altura de planta se obtuvo con *Azotobacter sp.* alcanzando 52,2 cm.,siendo inferior sin *Azotobacter sp.* con 48,9 cm.
4. Para la variable longitud de fruto se obtuvo con *Azotobacter sp.* una longitud de 15,19 cm. y sin *Azotobacter sp.* 14.18 cm.
5. Los resultados de evaluación del número de unidades formadoras de colonias dieron que, los tratamientos inoculados muestran un número de colonias de *Azotobacter* mayor con un promedio de 10^5 UFC/g de suelo y los tratamientos que no fueron inoculados con 10^3 UFC/gr de suelo.
6. Finalmente podemos indicar que el mayor efecto sobre las variables en estudio (Peso fresco, peso seco, altura de planta, número de frutos por planta, longitud) fueron obtenidas con *Azotobacter sp.* más nitrógeno.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para las condiciones de la zona de PROTER Sama – Inclán, en donde se desarrolló la presente investigación se recomienda lo siguiente:
 - Fertilizar con el nivel de 183,9 kg/ha de nitrógeno fraccionados en cuatro partes (1:2:2:1).
 - Inocular *Azotobacter sp.* en el momento del trasplante debido a que su principal característica es fijar nitrógeno, producir sustancias de crecimiento, solubilizar fósforo.
2. Realizar ensayos con cepas nativas de *Azotobacter sp.* y momentos de aplicación durante el cultivo y con diferentes niveles de materia orgánica.
3. Realizar trabajos de investigación buscando alternativas para la reducción de fertilización nitrogenada y de costos de producción para un manejo ecológico del cultivo.
4. Realizar ensayos de investigación de diferentes tipos de inoculación para una mejor adaptación de la bacteria.
5. En vista de los beneficios que brindan estas bacterias como fijadoras de nitrógeno y la producción de sustancias fisiológicamente activas, es necesario realizar ensayos con otros cultivos agrícolas de importancia regional.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. **AGRIOS, G. (1996);** "Fitopatología" Editorial Limusa, México. 839 pp.
2. **ALEXANDER M. (1980);** Introducción a la microbiología del suelo, 2^{da} Edición, Editor AGT S.A., México, 315 pp.
3. **APAZA W.; DIAZ A.; MARTELL F. (2005);** "Experiencia en el manejo de enfermedades en los cultivos de páprika y anís". Programa de fortalecimiento de capacidades para el manejo empresarial del negocio agrícola. Imprenta De la torre, Apurimac- Perú. 34 pp.
4. **BARRETO M. (2005);** "Efecto del distanciamiento de siembra en la producción de frutos de cinco cultivares de páprika (*Capsicum annuum L.*)", Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo. 86 pp.
5. **BERGEY’S (1994);** Manual of determinative bacteriology 9na Edition; Jhon G.; Holt. Baltimore; USA 173 pp.

6. **CASAPIA, R. (1997)**; Seminario de manejo agronómico-cultivo del páprika. COFIDE centro de información Arequipa 45 pp.
7. **CONDORI, D. (2005)**; “Efecto de *Azotobacter chroococcum* nativo y del *Azotobacter chroococcum* comercial azotolam en el desarrollo del cultivo de *Allium cepa* L. (cebolla amarilla dulce) en la Yarada – Tacna”, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Biología –microbiología. 68 pp.
8. **COYNE, M. (2000)**; “Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio”; Editorial Paraninfo ITP An Internacional Thomson, Publishing company, Magallanes 25, 28015; Madrid-España. 416 pp.
9. **CUADROS L. (1999)**; Seminario, Producción de páprika. Universidad Nacional la Molina. Lima.- Perú 25 pp.

10. **CHAMBILLA, I. (2004);**"Efecto de tres niveles de nitrógeno y fósforo en el redimiendo de dos cultivares de páprika (*Capsicum annuum L.*) en condiciones del valle del Caplina", Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo. 99 pp.
11. **ESPEJO, J. (1999);** Determinación del nivel óptimo de nitrógeno y fósforo en el rendimiento de pimiento (*Capsicum annum L.*) “Var. California Wonder”, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo. 65 pp.
12. **FRIONI, L. (1999);** “Procesos microbianos”; Editorial de la fundación universidad nacional de Río Cuarto Argentina, Tomo I, 282 pp; Tomo II, 286 pp.
13. **GONZÁLEZ, J. y LLUCH, C. (1992);** Biología del Nitrógeno. Interacción Planta-Microorganismo. Editorial Rueda. Madrid. España , 218 pp.

14. **KUMAR, R.; NARULA, N.; VASUDEVA, M; SATO, A.; SHINANO, T.; OSAKA, M. (2006);** Mini Review, Harnessing, wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics; Vol. 15. 21 pp.
15. **LOAYZA, J. (2007);** “Efecto de la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR) *Azotobacter sp.* con niveles de nitrógeno en el rendimiento del fruto de pepinillo (*Cucumis sativus L.*) en el fundo los pichones CEA III, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo. 95 pp.
16. **MANTILLA, M. (2007);** Evaluación de un bioinoculante sobre el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* var. Yoko ono) en periodo de enraizamiento, Pontífica Univ. de Javeriana Facultad de Ciencias, Bogota D.C. 127 pp.

17. **MARTINEZ - VIERA, (1986);** “Acción estimuladora de *Azotobacter Chroococcum* sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.-) en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre el semillero. Agrotecnia de Cuba.27 pp.
18. **MAROTO J. (1983);** “Horticultura Herbacea Especial” Editorial Mundi Prensa Madrid-España 369 pp.
19. **MONTESINOS, E. (2007);** “Efecto de la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo.82 pp.
20. **NETER, J. (1984);** Influence of spacing on sweer pepper. Editorial HortSciense. Llinois EE. UU. 149 pp.

21. **NAKKEERAN, S., W. FERNANDO & Z. SIDDIQUI. (2006);** Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization. 2º Ed. Springer – Dordrecht – The Netherlands. 318 pp.
22. **NICHO, P. (2003);** Manual del cultivo de Páprika (*Capsicum annum L.*) Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Estación experimental Donoso-Huaral. 68pp.
23. **NUEZ, F.; GIL, R.; COSTA, J.; (1996);** “EL cultivo de pimientos, chiles y ajíes.” Edición Mundi-Prensa. Primera edición. España. 607 pp.
24. **ORDÓÑEZ Á.; SOLÍS M. (2003);** “Determinación de la dosis óptima de biofertilizante (*Azotobacter Chroococcum*) para el cultivo de maíz (*Zea mays*)”, UNI Nicaragua-Managua, Facultad de agronomía, Tesis Ingeniero Agrónomo. 113 pp.

25. **PÁRAMO, A. (2004);** Una Alternativa biológica amigable con el ambiente. Características microbiológicas, producción y ejemplos de aplicación practica, Universidad Nacional de Ingenieria (UNI), Managua – Nicaragua, 8 pp.
26. **PARIHUANA J. (2001);** “Comportamiento de dos cultivares y cuatro niveles de nitrógeno en el cultivo de páprika (*Capsicum annum L.*) en Bella Unión Arequipa”, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna - Perú, Tesis Ingeniero Agrónomo.82 pp.
27. **PETOSEED SUDAMERICANO (1992);** Ficha técnica, cultivo de pimientos para páprika al aire libre, Santiago de Chile 4 pp.
28. **RAYMOND G. (1986);** “Producción de semillas de cultivos hortícola” Editorial Mundi Prensa Madrid España 385 pp.
29. **ROBLES M.; NNEZ N. (2003);** "Efecto de la nutrición fosforada en la producción de frutos páprika (*Capsicum annum L.*)", Trabajo de investigación, UNJBG. Tacna – Perú.37 pp.

30. **ROBLES M.; ESCOBAR A. (2003);** Efecto de niveles crecientes de nitrógeno y fósforo en la floración y fructificación de la páprika (*Capsicum annumm L.*) en condiciones de suelos áridos de Tacna, Trabajo de investigación, UNJBG. Tacna – Perú. 30 pp.
31. **ROBLES T, M. (2001);** El cultivo de Páprika Tacna marzo del 2001, Trabajo de investigación, UNJBG. Tacna – Perú. 14 pp.
32. **RODELAS, M. (2001);** Interacción *Rhizobium-Azospirillum* y *Rhizobium-Azotobacter*. Efecto sobre la nodulación y fijación simbiótica del dinitrógeno en *Vicia faba*, Trabajo de investigación, UCLV Cuba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 82 pp.
33. **STEEL Y TORRIE. (1995);** Bioestadística Principios y procedimientos segunda edición. 622 pp.
34. **THOMPSON L. (1996);** El suelo y su fertilidad, Tercera Edición, editorial hispano americana, México 760 pp.

35. **VÉLEZ R. (2003)**; “Rendimiento de seis variedades de pimiento páprika (*Capsicum annum L.*) en el valle de Moquegua”, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna - Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo. 85 pp.
36. **WIEN C.; TRIPP E.; HERNADEZ-ARMENTE A. (1899)**; “Abscission of productive structures in pepper: causes, mechanisms and control En “Green, S.k.(ed.). Tomato and pepper production in the tropics. AVRDC, Formosa” 165 pp.
37. **ZEA FLORES W. 1995.** "Estadística y diseños experimentales" Universidad Nacional del altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Puno - Perú. 531 pp.

Paginas Web:

38. **INFOAGRO (2007)**; www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm, Cultivo de pimiento 2 pp.

ANEXOS

ANEXO 1

DATOS ORIGINALES DEL RENDIMIENTO TOTAL DE PESO FRESCO (t/ha).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	10,04	6,84	14,20	12,83	10,98
a ₀ n ₁	18,74	15,40	17,81	15,00	16,74
a ₀ n ₂	19,61	17,80	20,36	19,20	19,24
a ₀ n ₃	18,05	1,22	23,61	22,59	20,62
a ₁ n ₀	12,27	8,38	13,09	11,04	11,19
a ₁ n ₁	27,04	15,57	23,84	19,51	21,49
a ₁ n ₂	21,44	25,07	24,55	24,09	23,79
a ₁ n ₃	23,44	15,83	29,94	25,07	23,57

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

DATOS ORIGINALES DEL RENDIMIENTO TOTAL DE PESO SECO (t/ha).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	2,67	1,33	1,11	1,87	1,74
a ₀ n ₁	3,17	3,85	3,57	3,24	3,46
a ₀ n ₂	4,19	4,13	4,19	3,91	4,10
a ₀ n ₃	4,41	4,63	4,15	3,74	4,23
a ₁ n ₀	2,37	2,07	2,52	1,26	2,06
a ₁ n ₁	4,33	3,78	4,59	4,30	4,25
a ₁ n ₂	4,74	4,63	4,67	5,19	4,80
a ₁ n ₃	5,16	4,74	4,56	4,15	4,65

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3

DATOS ORIGINALES DE LA ALTURA DE PLANTA (cm.).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	40,40	40,60	40,54	46,94	42,12
a ₀ n ₁	54,70	49,34	47,66	53,1	51,20
a ₀ n ₂	50,46	53,70	56,24	49,3	52,43
a ₀ n ₃	55,60	53,20	50,06	56,24	53,78
a ₁ n ₀	41,84	43,50	44,14	40,56	42,51
a ₁ n ₁	57,06	53,30	55,50	52,22	54,52
a ₁ n ₂	50,20	58,54	55,70	55	54,86
a ₁ n ₃	55,94	54,70	60,20	56,8	56,91

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4

RAIZ CUADRADA DEL NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA (\sqrt{X}).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	3,79	3,82	3,82	3,85	3,82
a ₀ n ₁	4,43	4,80	4,82	4,87	4,73
a ₀ n ₂	4,71	4,94	5,12	4,97	4,94
a ₀ n ₃	5,16	5,16	5,04	5,40	5,19
a ₁ n ₀	4,60	4,04	4,38	4,02	4,26
a ₁ n ₁	4,77	4,80	5,06	5,51	5,04
a ₁ n ₂	5,08	5,06	5,40	5,48	5,26
a ₁ n ₃	5,14	5,24	5,53	5,39	5,33

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5

DATOS ORIGINALES DE LONGITUD DE FRUTO (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	14,03	13,29	13,56	13,59	13,62
a ₀ n ₁	13,65	14,91	14,68	14,97	14,55
a ₀ n ₂	13,75	13,53	14,47	14,41	14,04
a ₀ n ₃	13,99	13,76	15,15	15,09	14,50
a ₁ n ₀	14,41	13,90	14,13	14,63	14,27
a ₁ n ₁	15,93	16,13	16,19	15,45	15,92
a ₁ n ₂	16,37	15,01	15,40	15,63	15,60
a ₁ n ₃	14,94	14,30	15,23	15,35	14,96

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6

DATOS ORIGINALES DE DIÁMETRO DE FRUTO (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
a ₀ n ₀	2,93	2,65	2,60	2,76	2,74
a ₀ n ₁	2,80	3,05	3,09	3,08	3,01
a ₀ n ₂	2,83	2,96	2,95	3,06	2,95
a ₀ n ₃	3,03	2,67	3,01	3,02	2,93
a ₁ n ₀	2,85	2,84	2,86	2,85	2,85
a ₁ n ₁	3,04	3,01	2,95	3,07	3,02
a ₁ n ₂	2,87	3,01	2,96	2,81	2,91
a ₁ n ₃	2,86	2,71	3,22	3,02	2,95

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7

COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA UNA HECTÁREA DE PÁPRIKA.

Actividad	Unid.	Con <i>Azotobacter sp.</i> + nitrógeno	Sin <i>Azotobacter sp.</i> + nitrógeno
Rendimiento (kg/ha)		3940	3380
Precio venta		7,65	7,65
Ingresos		30 141	25 857
I.- Costos directos			
1. Mano de obra:			
A. Preparación del terreno			
Almácigo	jornal	34	34
Riego	jornal	34	34
Incorporación de M.O.	jornal	102	102
B. Siembra y transplante			
Siembra	jornal	17	17
Transplante	jornal	204	204
C. Labores culturales			
Abonamiento	jornal	119	119
Deshierbos	jornal	204	204
D. Aplicaciones fitosanitarias			
Control fitosanitario	jornal	170	170
E. Riego	jornal	255	255
F. Cosecha	jornal	510	510
Sub-total mano de obra		1649	1649
2.- Maquinaria agrícola			
A. Preparación del terreno			
Aradura	h/maq	120	120
Gradeo	h/maq	120	120
Surcado	h/maq	80	80
Sub-total maquinaria		320	320
3.- Gastos especiales			
A. Insumos			
Semilla	kg	720	720
B. Biofertilizante-Azotolam	kg	60	
C. Fertilzantes			
Nitrato de amonio	kg	948,60	948,60
Sulfato de Potasio	kg	540	540
Superfosfato triple	kg	623,30	623,30

Estiercol	t	800	800
D. Canon de agua	m3	15,75	15,75
E. Insecticidas y fungicidas			
D-katina	L	560	560
Lannate	kg	160	160
Tracer	L	1820	1820
Sunfire	L	1380	1380
Rescate	kg	160	160
Benlate	kg		36
Benomex	kg		84
Aliete	kg		324
Kumulus	kg	108	108
Superwett	L	22	22
Pegasol	L	22	22
F. Otros			
Envases (sacos negros)	unid	125	125
Sub-total gastos especiales		8064,65	8448,65
Total de costos directos		10 033,65	10 417,65
II.- Costos indirectos			
A. Gastos de administración	5%	501,68	520,88
B. Imprevistos			
III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN			
		10535,33	10938,53

VALORIZACIÓN DE LA COSECHA		Con <i>Azotobacter sp.</i> + nitrógeno	Sin <i>Azotobacter sp.</i> + nitrógeno
Rendimiento por ha (kg)		20 010 fresco 3940 seco	16 900 fresco 3380 seco
Precio promedio de venta (kg)	S/.	6,40	6,40
Valor bruto de producción	S/.	25 216	21 632

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD			
Costo de producción total	S/.	10 535,33	10 938,53
Valor bruto de producción	S/.	25 216	21 632
Utilidad de la producción	S/.	14 680,66	10 693,46
Precio venta (kg)	S/.	6,40	6,40
Costo de producción unitario (kg)	S/.	2,67	3,23
Margen de utilidad unitario	S/.	3,72	3,16

ANEXO 8

Análisis químico.

PRUEBA	RESULTADOS	MÉTODO
Color (Unidades ASTA) <i>Sin Azotobacter</i>	225,32	ASTA (American Spice Trade Association)
Color (Unidades ASTA) <i>Con Azotobacter</i>	229,53	

Dichos Análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos de la
Facultad de ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNJBG-TACNA

ANEXO 9

Distribución del campo experimental con sus respectivos tratamientos y bloques.

N M
↗

BLOQUE II

T ₁
T ₈
T ₈
T ₂
T ₃
T ₅
T ₄
T ₇

BLOQUE I

T ₄
T ₂
T ₁
T ₈
T ₅
T ₃
T ₇
T ₆

BLOQUE IV

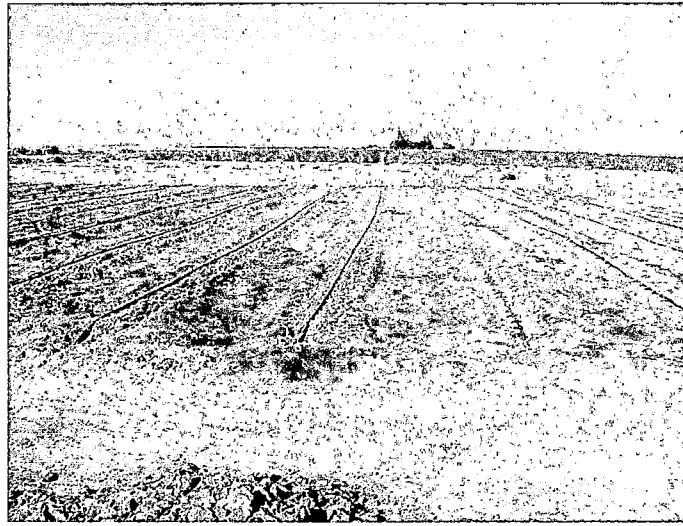
T ₆
T ₈
T ₂
T ₁
T ₇
T ₅
T ₄
T ₃

BLOQUE III

T ₃
T ₅
T ₁
T ₇
T ₆
T ₄
T ₈
T ₂

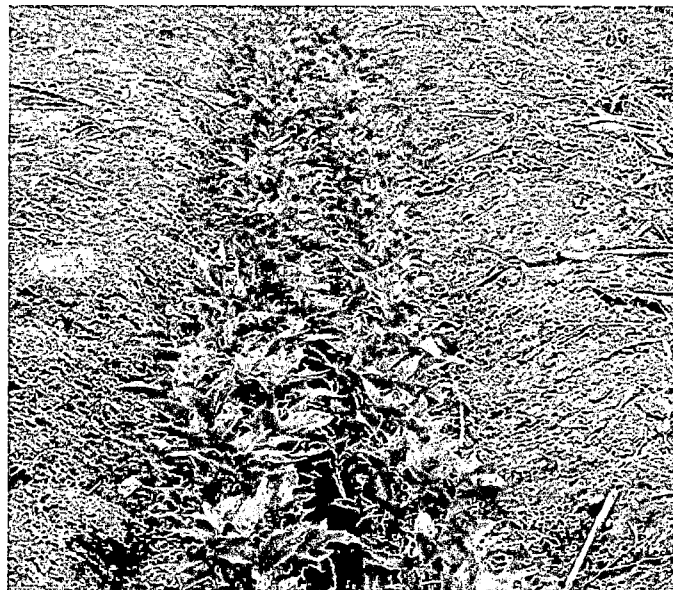
ANEXO 10

Preparación de terreno



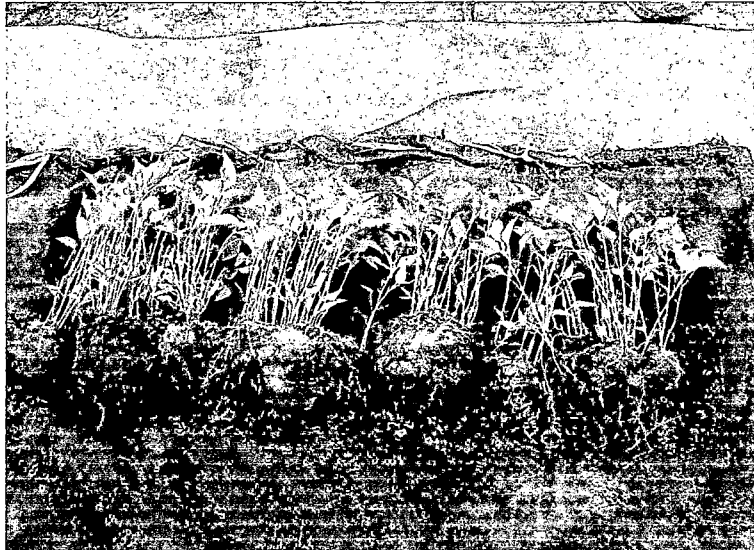
ANEXO 11

Almácigo



ANEXO 12

Selección de plantines para el transplante



ANEXO 13

Campo experimental antes del transplante



ANEXO 14

Inoculación de los plantines



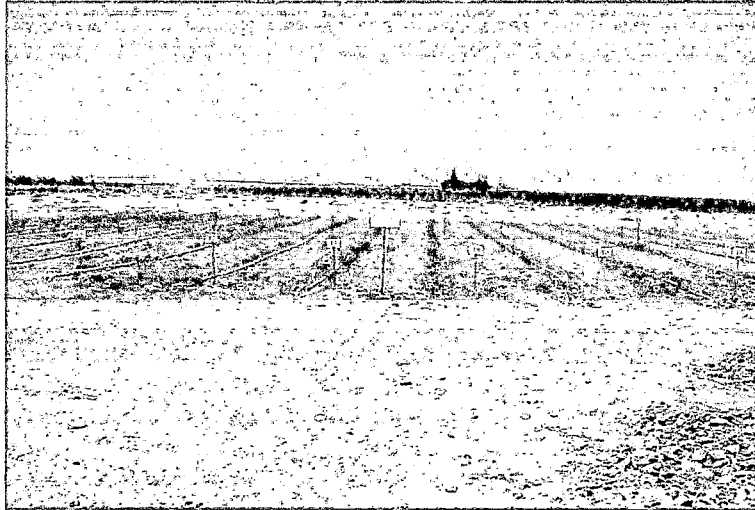
ANEXO 15

Transplante



ANEXO 16

Vista de campo experimental



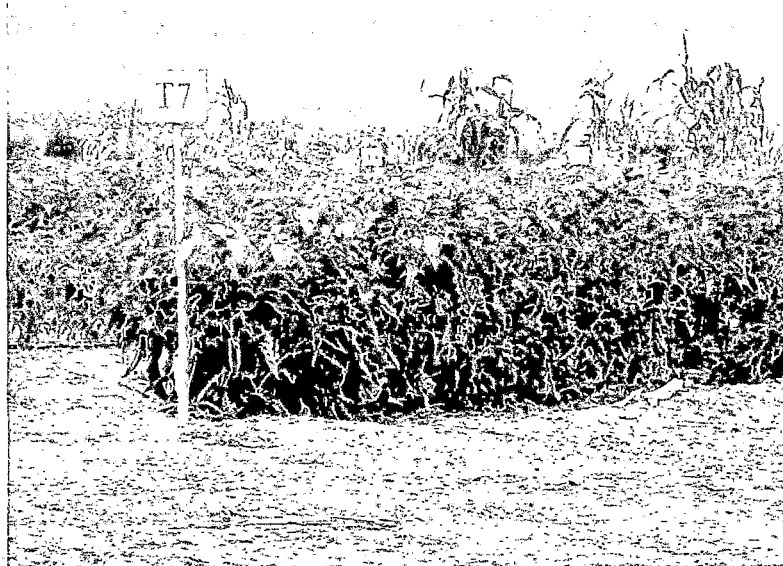
ANEXO 17

Floración



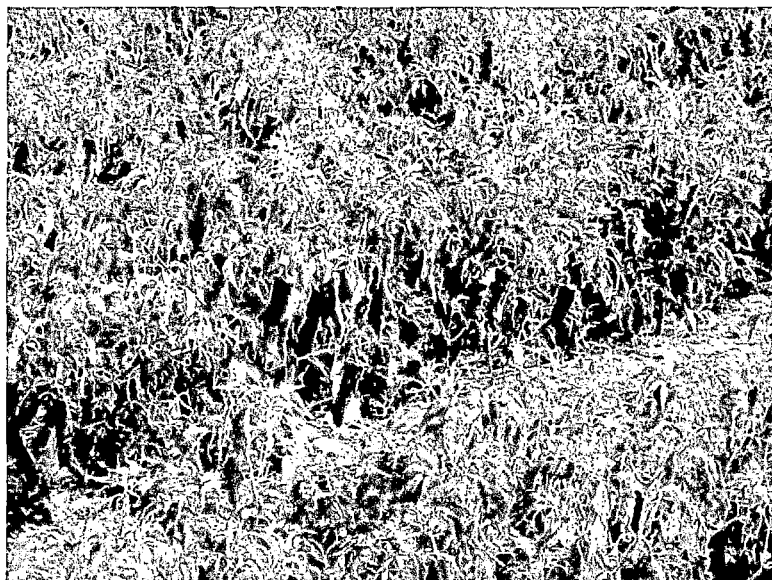
ANEXO 18

Inicio de la fructificación



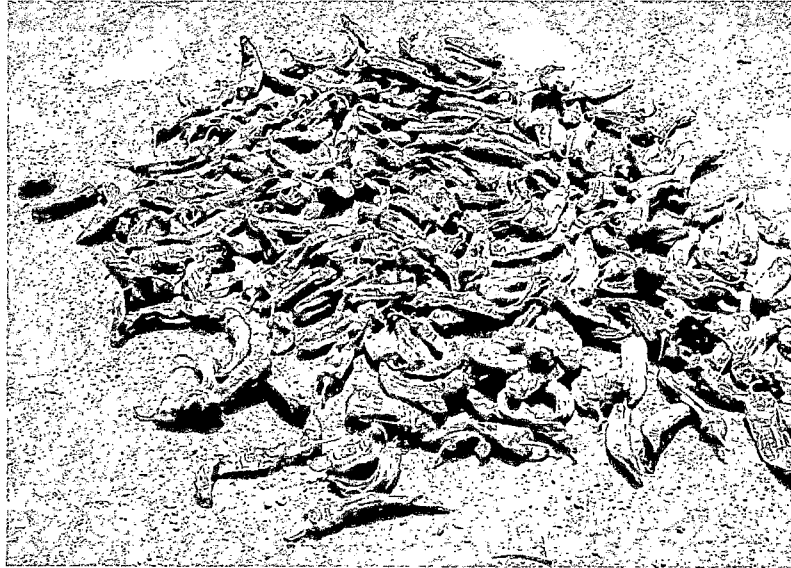
ANEXO 19

Inicio de pintado de fruto



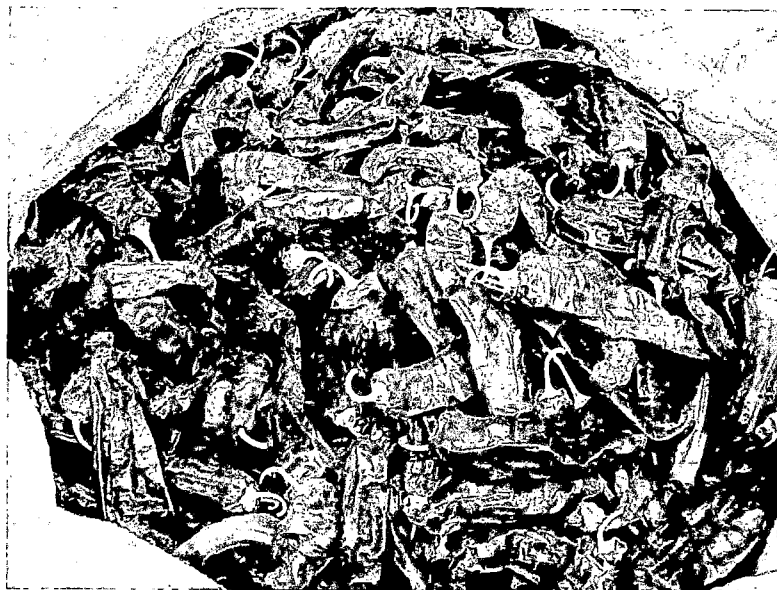
ANEXO 20

Cosecha y secado de fruto



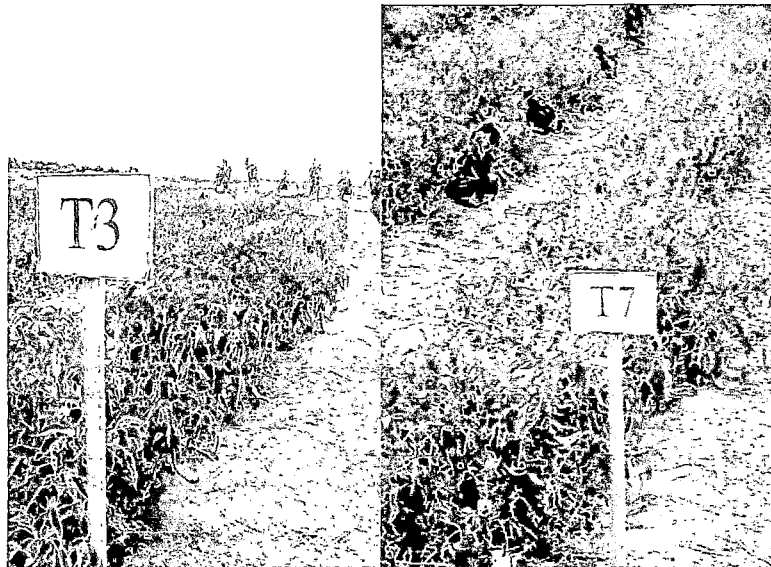
ANEXO 21

Frutos secos



ANEXO 22

Tratamientos con y sin *Azotobacter*

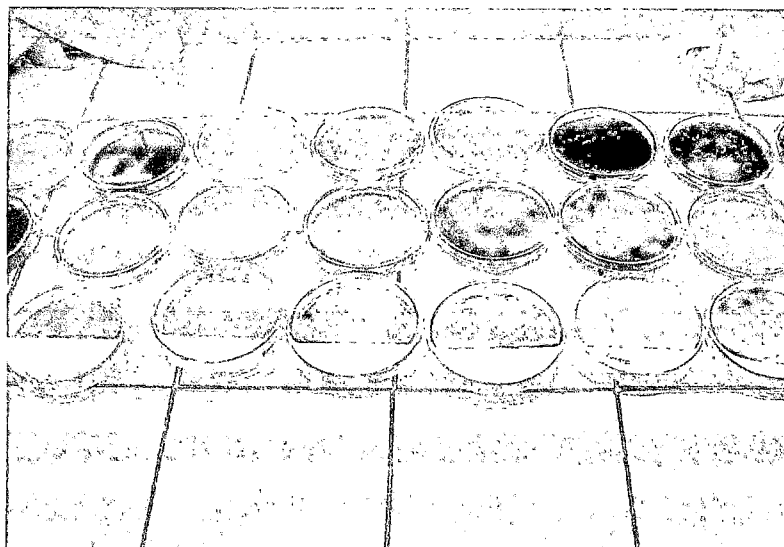


Sin Azotobacter

Con Azotobacter

ANEXO 23

Conteo de *Azotobacter sp.*



ANEXO 24

Azotobacter sp.

