

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM-1)  
CON DIFERENTES FRECUENCIAS EN EL RENDIMIENTO DE  
AJÍ AMARILLO (*Capsicum baccatum*) VAR. PACAE  
EN EL CEA III PICHONES**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Cesar Augusto Marca Ocaña**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA - PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**TESIS**

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM-1)  
CON DIFERENTES FRECUENCIAS EN EL RENDIMIENTO DE  
AJÍ AMARILLO (*Capsicum baccatum*) var. PACAE  
EN EL CEA III PICHONES”**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 15 DE JUNIO DEL 2017,  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



\_\_\_\_\_  
MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

MIEMBRO:



\_\_\_\_\_  
MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

MIEMBRO:



\_\_\_\_\_  
MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

ASESOR:



\_\_\_\_\_  
Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi especial agradecimiento a mi asesor Dr. Oscar Fernández Cutire, por la confianza y apoyo a encaminar esta investigación.

A mis jurados; MSc Magno Robles Tello, MSc. Arístides Choquehuanca Tintaya , MSc. Nivardo Nuñez Torreblanca, por acompañarme durante toda la investigación con sus aportes e ideas para concluir este trabajo.

A mis compañeros de estudios con los cuales compartí buenas experiencias e inolvidables momentos en clases y viajes de estudio. Para Giovanna Rivera Villar y Lucila Quispe Manzano, por su apoyo y aliento incondicional en todo momento.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por ser los pilares más importantes en mi vida y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi hermano y toda mi familia por su apoyo constante.

A mis profesores, amigos, y a todas las personas que siempre me dieron palabras de aliento y aquellos que de alguna manera colaboraron para la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
 <b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	4
1.2.1. Problema principal.....	4
1.2.2. Problema secundario.....	5
1.3. Delimitaciones de la investigación.....	5
1.3.1. Espacio geográfico .....	5
1.3.2. Temporal.....	5
1.4. Justificación .....	6

1.5. Limitaciones .....	7
-------------------------	---

## **CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

2.1. Objetivos .....	9
2.1.1. Objetivo general.....	9
2.1.2. Objetivo específico .....	9
2.2. Hipótesis .....	9
2.2.1. Hipótesis general.....	9
2.2.2. Hipótesis específica.....	10
2.3. Variables .....	10

## **CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

3.1. Breve descripción de los microorganismos eficaces (EM).....	11
3.1.1. Modo de acción de los microorganismos eficaces .....	12
3.1.2. Tipos de organismos presentes .....	13
3.1.3. Aplicaciones de microorganismos eficaces.....	16
3.1.4. Condiciones ideales para el uso de microorganismos eficaces .....	18
3.1.5. Receta básica para elaborar microorganismos eficaces EMa (EM activado) en un recipiente de 10 litros.....	19
3.1.6. Modo de uso de microorganismos eficaces EM-1.....	19
3.1.7. Relación de microorganismos con la planta.....	20

3.1.8.	Efectos de los microorganismos sobre las plantas .....	21
3.1.9.	Efectos de EM sobre el crecimiento y producción de Las cosechas.....	22
3.2.	Estiércol .....	23
3.3.	Características e importancia del cultivo de ají.....	23
3.3.1.	Características morfológicas.....	25
3.3.2.	Condiciones de crecimiento.....	26
3.3.3.	Fertilización balanceada en el cultivo de ají.....	27
3.3.4.	Tendencias a nivel nacional o situación actual.....	28
3.4.	Antecedentes de investigación.....	30

#### **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

4.1.	Tipo de investigación .....	35
4.2.	Población y muestra.....	35
4.3.	Caracterización del suelo .....	35
4.4.	Datos meteorológicos en la campaña agrícola 2014 - 2015 .....	37
4.5.	Factores en estudio.....	37
4.6.	Material experimental .....	38
4.7.	Características del campo experimental.....	39
4.8.	Aleatorización del campo experimental .....	40
4.9.	Modelo estadístico .....	41
4.10.	Variables de estudio.....	42

4.11. Diseño experimental .....	43
4.12. Conducción del campo experimental.....	43
4.12.1. Siembra de almacigo .....	43
4.12.2. Preparación de terreno .....	44
4.12.3. Tendido de cinta .....	44
4.12.4 Fertilización y abonamiento .....	44
4.12.5. Aplicación de microorganismos .....	45
4.12.6. Trasplante.....	45
4.12.7. Riego .....	46
4.12.8. Desmalezado.....	46
4.12.9. Control de plagas.....	46
4.12.10. Control de enfermedades.....	47
4.12.11. Cosecha.....	47
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>48</b>
5.1. Altura de planta.....	48
5.2. Número de botones florales .....	51
5.3. Número de frutos por planta.....	53
5.4. Longitud de fruto .....	55
5.5. Diámetro de frutos (cm).....	57
5.6. Peso de fruto por planta (g).....	59
5.7. Peso promedio de fruto fresco .....	61

5.8. Rendimiento de fruto fresco (kg/ha) .....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables. ....	10
Tabla 2. Composición química del estiércol.....	23
Tabla 3. Temperatura crítica para las distintas fases de desarrollo.....	26
Tabla 4. Cantidad estimada de extracción de nutrientes para producir una tonelada de fruto en Capsicum.....	27
Tabla 5. Estadística del cultivo de ají en la región Tacna.....	28
Tabla 6. Registro de exportaciones de ají.....	29
Tabla 7. Análisis físico y químico del suelo de CEA III los pichones. ....	36
Tabla 8. Datos meteorológicos de la estación experimental SENAMHI. Diciembre 2014 – Julio del 2015. ....	37
Tabla 9. Análisis de varianza de altura de planta (cm) de ají amarillo variedad Pacae. ....	48
Tabla 10. Análisis de varianza de regresión de altura de planta (cm) de ají amarillo variedad Pacae. ....	49
Tabla 11. Análisis de varianza de número de botones florales (unidad) de ají amarillo variedad Pacae. ....	51
Tabla 12. Análisis de varianza de regresión de número de botones florales (unidad) de ají amarillo variedad Pacae.....	51

Tabla 13. Análisis de varianza de número de frutos por planta (unidad), de ají amarillo variedad Pacae. ....	53
Tabla 14. Análisis de varianza de regresión de número de frutos por planta (unidad) en ají amarillo variedad Pacae.....	54
Tabla 15. Análisis de varianza de longitud de fruto fresco (cm), de ají amarillo variedad Pacae.....	55
Tabla 16. Análisis de varianza de regresión de longitud de fruto fresco (cm) en ají amarillo variedad Pacae. ....	56
Tabla 17. Análisis de varianza de diámetro de frutos frescos (cm), de ají amarillo variedad Pacae. ....	57
Tabla 18. Análisis de varianza de regresión de diámetro de fruto fresco (cm), de ají amarillo variedad Pacae. ....	58
Tabla 19. Análisis de varianza de peso de fruto fresco (g) por planta de ají amarillo variedad Pacae. ....	59
Tabla 20. Análisis de varianza de regresión de peso de fruto fresco por planta (g) de ají amarillo variedad Pacae. ....	60
Tabla 21. Análisis de varianza de peso de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.....	61
Tabla 22. Análisis de varianza de regresión de peso promedio de fruto fresco (g) de ají amarillo variedad Pacae. ....	62

Tabla 23. Análisis de varianza rendimiento de frutos frescos por hectárea (kg) de ají amarillo variedad Pacae. ....	63
Tabla 24. Análisis de varianza de regresión de rendimiento de fruto fresco (kg/ha) de ají amarillo variedad Pacae.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del diseño experimental.....	40
Figura 2. Función lineal de altura de planta de ají amarillo variedad Pacae.....	49
Figura 3. Función lineal de número de botones florales de ají amarillo variedad Pacae.....	52
Figura 4. Función lineal de número de frutos por planta de ají amarillo variedad Pacae.....	54
Figura 5. Función cuadrática de longitud de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.....	56
Figura 6. Función cuadrática de diámetro de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.....	58
Figura 7. Función cuadrática de peso de fruto fresco por planta de ají amarillo variedad Pacae. ....	60
Figura 8. Función cuadrática de peso de fruto fresco de ají amarillo Pacae.....	62
Figura 9. Función cuadrática de rendimiento de fruto fresco (kg/ha) de ají amarillo variedad Pacae. ....	64

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm).....	76
Anexo 2. Número de botones florales (Unidad) .....	76
Anexo 3. Número de frutos por planta (Unidad).....	76
Anexo 4. Longitud de frutos promedio (cm) .....	77
Anexo 5. Ancho de frutos promedio (cm).....	77
Anexo 6. Peso de fruto fresco por planta (g/planta) .....	77
Anexo 7. Peso promedio de fruto fresco (g).....	78
Anexo 8. Rendimiento de fruto fresco por hectárea (kg/ha) .....	78

## RESUMEN

La investigación denominada “Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM-1) con diferentes frecuencias en el rendimiento de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) var. Pacae en el CEA III Pichones” se ejecutó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de la Universidad Jorge Basadre de Tacna, entre los meses de diciembre del 2014 a julio del 2015, a una altitud de 535 msnm. El objetivo específico fue: Determinar la frecuencia apropiada de aplicación de Microorganismos eficaces (EM-1), para el rendimiento del cultivo de ají amarillo variedad Pacae. El diseño experimental fue de bloques completos al azar; con T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>; sin aplicación de microorganismos, luego cada 7 días, 14 días, 21 días y 28 días respectivamente, con cuatro repeticiones. Obteniéndose un rendimiento de fruto de 29 001,85 kg/ha, con una frecuencia de aplicación de Microorganismos eficaces (EM-1) de 18,8 días.

**Palabras clave:** *Ají, frecuencia, microorganismos eficaces.*

## **ABSTRACT**

The research entitled "Effect of the application of effective microorganisms (EM-1) with different frequencies on the yield of yellow pepper (*Capsicum baccatum*) var. Pacae in the CEA III Pigeons "was carried out at the Experimental Agricultural Center III" Los Pichones "of the Jorge Basadre University of Tacna, between December 2014 and July 2015, at an altitude of 535 masl. The specific objective was: To determine the appropriate frequency of application of effective microorganisms (EM-1), for the yield of the yellow pepper variety Pacae. The experimental design was randomized complete blocks; with T0, T1, T2, T3, T4; without application of microorganisms, then every 7 days, 14 days, 21 days and 28 days respectively, with four replications. A fruit yield of 29 001,85 kg / ha was obtained, with a frequency of application of Effective Microorganisms (EM-1) of 18,8 days.

***Keywords:*** *Ají, frequency, effective microorganisms.*

## INTRODUCCIÓN

El ají es parte de la cultura alimentaria de la población peruana, muchos potajes preparados en la actualidad demandan la utilización de dicho condimento que no solo ha marcado un gusto predominante en el paladar de la mayoría de comensales peruanos, sino que también ha sido visto como un símbolo de la identidad del país.

El ají amarillo (*Capsicum baccatum*) se adapta a todos los suelos del país cultivándose en costa sierra y selva; en la costa se distribuye desde Tacna hasta Piura, este cultivo es muy adaptado a suelos salinos con particularidades de alta tolerancia a condiciones ambientales adversas, lo que permite su cultivo en los valles de Sama, Ite, Locumba, Irrigaciones de la Yarada los Palos y Tacna, donde se cultiva regularmente, por lo que representa parte importante del sistema agrícola y economía de la región.

La producción a nivel nacional fue de 42 967 t., en la región de Tacna es de 4 982 t, durante la campaña agrícola 2015 en Tacna se cultivó 781 ha, obteniéndose un rendimiento en fresco de 12 111 kg/ha y 2 422 kg/ha en seco (MINAGRI, 2015).

El uso inadecuado de los productos químicos, para obtener mejores y mayores producciones no sólo afecta a la economía, sino el empobrecimiento y la degradación de los suelos, ocasionando la muerte de los microorganismos benéficos, mayor resistencia de plagas y enfermedades debido a la eliminación de los controladores biológicos, afectando negativamente los rendimientos de la producción agrícola.

Los Microorganismos Eficaces (EM-1) inicialmente fueron utilizados como un acondicionador de suelos. Hoy en día es usado no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción del problema**

El ají amarillo es uno de los productos representativos del Perú y tiene gran importancia cultural y económica, en la que participan diferentes agricultores con ingresos importantes. Además, su fruto es usado como un condimento característico e infaltable en la gastronomía peruana.

En la región Tacna es un cultivo de mucha importancia socio - económico, porque se trata de un producto de exportación no tradicional, garantizando de esta manera una mejora en los ingresos del productor.

La agricultura mundial y nacional pasa por un momento crítico desde el punto de vista ambiental y de salud debido a la dependencia de insumos agroquímicos y las prácticas inadecuadas de estos es muy grave en el sector, el mal manejo de fertilizantes químicos sintéticos no sólo afecta la economía, sino el empobrecimiento y la degradación de los suelos, contaminación ambiental, lo que a la larga solo crea un desbalance nutricional y susceptibilidad de las plantas al ataque de plagas

y enfermedades, con lo cual hace que se eleve los costos de producción del cultivo, y esto a su vez disminuye las ganancias de los mismos agricultores.

Por lo que es imperativa la búsqueda de alternativas, tanto para mejorar los rendimientos como la calidad del fruto. En la actualidad, la tendencia es dejar de utilizar productos químicos sintéticos, priorizando el empleo de insumos orgánicos; en este sentido se ha investigado la aplicación de microorganismos en varios cultivos con resultados positivos, al producto que se le atribuye efectos beneficiosos para mejorar los rendimientos.

La presente investigación propone estudiar los beneficios de los microorganismos eficaces (EM-1) en el rendimiento de ají amarillo variedad Pacae.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces con diferentes frecuencias en el rendimiento de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) bajo condiciones de Tacna?

### **1.2.2. Problema secundario**

¿Cuál es la frecuencia de aplicación de microorganismos eficaces que obtendrá el mayor efecto sobre el rendimiento de ají amarillo bajo condiciones de Tacna?

### **1.3. Delimitaciones de la investigación**

#### **1.3.1. Espacio geográfico**

Este trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”. De la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

#### **1.3.2. Temporal**

Es el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM-1) con diferentes frecuencias, en el rendimiento de ají amarillo (*Capsicum baccatum*).

**Tiempo:** el tiempo de ejecución de la investigación tuvo un periodo de 7 meses. El trasplante en campo se realizó en diciembre del 2014, en temporada de verano, la cosecha se realizó entre los meses de junio – julio del 2015

#### **1.4. Justificación**

La agricultura orgánica constituye una parte cada vez más importante del sector agrícola. Por sus ventajas ambientales, económicas y beneficios en la salud de los consumidores; por lo que más personas prefieren alimentos sanos, libres de residuos que la agricultura convencional no les proporciona. De igual manera los agricultores ven que en un corto plazo sus sistemas tradicionales de cultivo serán cada vez menos sostenibles debido a su alta dependencia de insumos químicos, por lo que la agricultura orgánica se presenta como una opción interesante.

Actualmente, se expande debido a los cambios hacia el consumo de productos naturales e inocuos. Antes existían dificultades para el comercio de productos orgánicos, mientras hoy el gran problema es la oferta limitada de los mismos.

La región de Tacna es considerada una de las principales zonas productoras del cultivo de ají a nivel nacional. Este producto es de alta rentabilidad con demanda local, regional e internacional.

Una alternativa para mejorar rendimientos pueden ser los Microorganismo eficaces (EM-1), constituidos por una población mixta, de especies seleccionadas de microorganismos benéficos, que inoculados al

suelo contribuyen a restablecer el equilibrio microbiano, contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos del suelo, e incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Dado a que la agricultura convencional viene degradando los suelos, medio ambiente y dejando residuos tóxicos en los productos alimenticios, se ha visto por conveniente optar por una agricultura ecológica con el uso de microorganismos eficaces, a fin de obtener un producto inocuo y de calidad para el consumo humano. La tecnología en el uso Microorganismos Eficaces es una innovación que tiene implicancias positivas sobre el medio ambiente y la economía del agricultor en términos de calidad y cantidad.

Actualmente, en la región de Tacna no se ha realizado trabajos de investigación relacionados a la aplicación de microorganismos eficaces en el suelo para el cultivo de ají amarillo, por lo que aún se desconoce cuáles son sus efectos en el rendimiento de ají, en el presente trabajo de tesis se busca determinar dichos efectos.

### **1.5. Limitaciones**

A pesar de ser un cultivo de gran importancia económica en la región Tacna existe dificultad para obtener semilla certificada de ají amarillo Var.

Pacae, esto debido a que no existen empresas o instituciones que se dediquen a la producción de semilla de calidad.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1. Objetivos**

##### **2.1.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de las distintas frecuencias de aplicación de Microorganismos eficaces (EM-1) en el cultivo de ají amarillo (*Capsicum baccatum*) Var. Pacae, bajo condiciones de Tacna.

##### **2.1.2. Objetivo específico**

Determinar la frecuencia apropiada de aplicación de Microorganismos eficaces (EM-1), para el rendimiento del cultivo de ají amarillo variedad Pacae.

#### **2.2. Hipótesis**

##### **2.2.1. Hipótesis general**

El empleo de microorganismos eficaces (EM-1) influirá positivamente en el cultivo de ají amarillo Var. Pacae.

### 2.2.2. Hipótesis específica

Existe una frecuencia apropiada de aplicación de microorganismos eficaces (EM-1) para el rendimiento de ají amarillo Var. Pacae

### 2.3. Variables

#### a. Variable dependiente (Y)

- Rendimiento de frutos frescos de ají amarillo variedad Pacae

#### b. Variables independientes (X)

- Frecuencia de aplicación de microorganismos eficaces

**Tabla 1. Operacionalización de variables.**

Variables	Dimensión	Indicadores
Variable dependiente Y Rendimiento de frutos frescos kg/ha	Altura de planta	cm
	Largo de fruto	cm
	Número de botones florales	Unidades
	Diámetro de fruto	cm
	Peso de fruto	g
	Número de frutos por planta	Unidades
	Peso de fruto por planta	g
Variable independiente X Microorganismos eficaces	0 días	0%
	7 días	5%
	14 días	5%
	21 días	5%
	28 días	5%

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1. Breve descripción de los microorganismos eficaces (EM)**

Los microorganismos eficaces (EM) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores (Rodríguez, 2009).

Estos microorganismos eficaces cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos con agentes causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, a través de los efectos antioxidantes

promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus (Piedrabuena, 2003).

Los EM vienen únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. No es un fertilizante, ni un químico. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos eficientes (Hurtado, 2001).

### **3.1.1. Modo de acción de los microorganismos eficaces**

Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (Hurtado, 2001).

Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos (FUNDASES & EMRO - JAPÓN ,2008).

A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y C/N. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción (IDIAF, 2009).

### **3.1.2. Tipos de organismos presentes**

#### **a) Bacterias Ácido Lácticas**

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca (Biosca ,2001).

#### **b) Bacterias Fotosintéticas**

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos,

sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas (Biosca, 2001).

Los metabolitos hechos por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como sustrato para el incremento poblacional de microorganismos benéficos. En la rizosfera las micorrizas vesicular y arbuscular (VA), se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenado (aminoácidos) que son secretados por las bacterias fototropicas, las micorrizas incrementan la solubilidad de fosfato en el suelo ello otorga fosforo que no era disponible a las plantas, las micorrizas VA pueden coexistir con azotobacter y rizobium, incrementando la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno atmosférico (Wild, 1996).

### **c) Levaduras**

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para

microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (Biosca, 2001).

La levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos (Earth, 2008).

#### **d) Actinomicetos**

Los actinomicetos funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos bioestáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas. (Biosca, 2001).

#### **e) Hongos de Fermentación**

Los hongos de fermentación como el Aspergillus y el Penicilina actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales (APNAN ,2003).

### **3.1.3. Aplicaciones de microorganismos eficaces**

Con la aplicación de EM el suelo retiene más agua. Los principales beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan (IDIAF, 2009).

#### **a) En los semilleros**

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas (IDIAF, 2009).

#### **b) En las plantas**

Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y

productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar (Silva, 2009).

### **c) En los suelos**

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas biológicas.

- **Efectos en las condiciones físicas del suelo**

Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando.

- **Efectos en las condiciones químicas del suelo**

Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

- **Efectos en la microbiología del suelo**

Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Silva, 2009).

#### **3.1.4. Condiciones ideales para el uso de microorganismos eficaces**

El EM se compone de seres vivos; nunca debe ser diluido con agrotóxicos o fertilizantes. En caso de tener que utilizar agua clorada, se debe colocar dentro de un recipiente o tanque de captación y dejarla en reposo por un periodo de 12 hrs, de manera que el cloro se volatilice, y no interfiera con el accionar de los microorganismos.

El uso del EMA diluido es conveniente hacerlo en un periodo máximo de tres días. En caso de tener que aplicar EMS a nivel foliar, se deberá hacer la dilución con agua de buena calidad, hasta llegar a una dilución con un pH de 6,5 si este fuera mayor utilizar; por ejemplo, vinagre para disminuir el pH (Moa, 2003).

### **3.1.5. Receta básica para elaborar microorganismos eficaces EMa (EM activado) en un recipiente de 10 litros**

Mezclar 500 ml de EM con 500 ml de melaza de caña de azúcar y 9 litros con agua templada de una buena calidad. Dejar fermentar de siete a diez días con una temperatura de entre 25°C y 37°C con el bidón cerrado. A partir del tercer día, dejar escapar un poco de aire una vez al día. El EMa estará listo cuando ya no se produzca más presión. El proceso de fermentación debería tener lugar, a ser posible, en la oscuridad. Éste producto se puede utilizar de forma óptima durante 14 días; después, pierde en eficacia. Por ello, se debería calcular antes la cantidad exacta (Peter, 2002).

### **3.1.6. Modo de uso de microorganismos eficaces EM-1**

- **Aplicaciones al suelo**

Las aplicaciones de EM-1 al suelo, dependen del tipo del cultivo, de tal manera se pueden clasificar las aplicaciones de la siguiente manera:

Tipo de cultivo	Dilución	Frecuencia de aplicación
Ciclo corto	5% -2%	Cada 8 días por 1 mes Luego cada 15 días.

Semipermanentes	5%	15 días.
Permanentes	5%	30 días.

Para cultivos intensivos, la frecuencia de aplicación se incrementa teniendo en cuenta las prácticas agronómicas e interés productivo (FUNDASES & EMRO - JAPÓN, 2008).

### **3.1.7. Relación de microorganismos con la planta**

Está demostrado que en contacto con las raíces y los pelos absorbentes, las poblaciones de microorganismos son muy elevadas. La tierra adherida a la superficie de las raíces contiene cantidades de microorganismos entre 10 y 50 veces superiores al resto del suelo (Wild, 1996).

Los ápices de crecimiento radicular están, generalmente, libres de microorganismos, pero la zona de crecimiento situada a continuación del ápice, mantiene una importante población bacteriana.

La población bacteriana de la rizósfera es diferente de la del resto del suelo, contiene una proporción mayor de bacterias amonificadoras, nitrificadoras, desnitrificadoras y degradadoras aerobias de la celulosa. Las exigencias en nutrientes de la población de la rizósfera son más exigentes en aminoácidos simples (Wild, 1996).

### **3.1.8. Efectos de los microorganismos sobre las plantas**

El crecimiento de las plantas está relacionado con la actividad de los seres vivos, así se conoce la influencia de la población microbiana de la rizósfera en la absorción del fósforo, pero la influencia más importante y conocida es la fijación del nitrógeno atmosférico.

El nitrógeno de la atmósfera se encuentra en estado libre y no puede ser asimilado por las plantas superiores. Ciertos microorganismos del suelo tienen la facultad de tomar este elemento del aire y utilizarlo en la formación de sus células; esto constituye una fijación del nitrógeno, ya que es incorporado al suelo de donde será tomado por las plantas.

Son principalmente bacterias de los géneros *Clostridium* (anaeróbicas) y *Azotobacter* (aeróbicas) y algas verde-azules.

Las cantidades de nitrógeno fijadas de esta forma son extraordinariamente variables, entre 5 (o menos) y 30 kg N/ha-año. Las cantidades mayores corresponden a suelos con abundante materia orgánica en climas templados.

La micorriza tiene su función más destacable el incremento de la asimilabilidad del fósforo, aunque aumentan también la absorción de otros nutrientes como: potasio, azufre, cobre y zinc. Las micorrizas capacitan a

las plantas para establecerse en condiciones difíciles y aumentan su resistencia a las enfermedades, por mecanismos como la producción de hormonas y el estímulo directo del crecimiento.

Se reconoce el papel protector de las micorrizas frente a diversos hongos, bacterias y nematodos del suelo, como: *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Meloidogyne* (Barea, 1988).

### **3.1.9. Efectos de EM sobre el crecimiento y producción de Las cosechas**

EM mejora el crecimiento y la producción de cultivos incrementando la población de microorganismos beneficiosos en el suelo y aportando nutrientes a la planta, inhibiendo otras bacterias y organismos nocivos, disminuye el grado de contaminación de agroquímicos; así también brinda mayor floración; aplicaciones de EM son buenas para las plantas, debido a que mejoran el crecimiento radicular y los contenidos totales de nitrógeno en el suelo y clorofila en las hojas, por consecuencia incrementan el crecimiento del cultivo. Hoy en día, la tecnología EM se constituye como una herramienta importante para la obtención de una agricultura sostenible (Fernández, 2008).

### 3.2. Estiércol

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Los estiércoles mejoran propiedades biológicas y químicas de los suelos (SEPAR, 2004).

**Tabla 2. Composición química del estiércol.**

Especie animal	Materia seca	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)
Vacuno (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13
Vacuno (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04
Oveja (f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15
Oveja (s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34
Camélidos (s)	37	3,60	1,12	1,20	s.i	s.i
Gallina (s)	47	6,11	5,21	3,20	3,5	s.i

Fuente: SEPAR, 2004 boletín estiércoles f (fresco), s (seco), s.i (sin información).

### 3.3. Características e importancia del cultivo de ají

El género *Capsicum*, incluye más o menos 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, correspondiendo a las áreas de Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7 000 años, y se habría diseminado a toda América (Nuez,1996).

La importancia económica global se puede observar en el anuario de producción de la FAO (2011), por lo que, las superficies dedicadas al cultivo de los distintos tipos varietales varía considerablemente en cada país, en función de los usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc. dominando en los países africanos y asiáticos los picantes, en los países de la Europa occidental los dulces, en los de Europa oriental tienen gran importancia los de tipo paprika o para pimentón y en América tanto los picantes como los dulces.

En cuanto a la productividad, varía considerablemente con el tipo, siendo mucho mayor para los dulces que para los picantes, por lo que las estadísticas sobre la producción promedio es de escaso valor. La FAO, por medio de FAOSTAT (2012) estima que en 2010, Perú produjo cerca de 11 600 toneladas de ají fresco y cerca de 135,761 toneladas de ají deshidratado (tercer puesto en el ranking mundial). Los ajíes, y especialmente los nativos, son cultivados en diferentes sistemas de producción que dependen del agro-ecosistema de cada región, pero predomina la producción individual a pequeña escala bajo sistemas productivos tradicionales o empíricos con bajos rendimientos (FAO, 2011).

En la región Tacna, la segunda actividad productiva después de la minería es la agricultura. Los cultivos más importantes son el olivo, el orégano, el ají y la paprika. La producción nacional y regional de los ajíes (picantes y no picantes) ha cobrado un interés por ser un producto exportable, en la actualidad se han incrementado las áreas de cultivo, inclusive han reemplazado a las destinadas a la producción de otros cultivos (MINAGRI, 2014).

Incluye numerosas variedades, cuyos frutos son más o menos largos y picantes, según sean las características de cada variedad. El principio amargo de algunos de los cultivares es debido a la presencia de un alcaloide llamado capsicina (Giacconi, 1988).

### **3.3.1. Características morfológicas**

Es una planta anual herbácea, sistema radicular pivotante provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias. Tallo de crecimiento limitado y erecto, con un porte que en término medio puede variar entre 0,5 – 1,5 m. cuando la planta alcanza cierta edad los tallos se lignifican ligeramente. Las hojas son glabras (sin pelos), enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciadas (acuminado) y un peciolo largo o poco aparente (Lopez, 1998).

El fruto es una baya semicartilaginosa y deprimida de color rojo cuando está maduro, insertado pendularmente, de forma y tamaño muy variable (Fuentes, 1999).

Las semillas son redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3 – 5 mm de longitud. Se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálido. Un gramo puede contener entre 150 y 20 semillas y su poder germinativo es de tres a cuatro años (Román, 2005).

### 3.3.2. Condiciones de crecimiento

El ají no tolera la alta salinidad del suelo, por lo que la calidad del agua a usarse por el sistema de riego deberá permitir mantener libre de sales el bulbo de riego, asegurando un desarrollo normal del cultivo (INIA, 1995).

Se desarrolla favorablemente en climas tropicales y semi tropicales a templados, siendo los requerimientos de temperatura lo siguiente:

**Tabla 3. Temperatura crítica para las distintas fases de desarrollo.**

Temperatura °C	Siembra	Desarrollo vegetativo	Diferenciación floral y cuajado
Mínimo	13	15	18-20
Óptimo	18,5	25	25
Máximo	40	32	35

Fuente: INIA-1995.

Según el INIA (1995), si durante la floración – fructificación se presenta temperaturas no adecuadas, se producen pocos frutos por planta y los frutos son de mala calidad, chicos, deformes y con manchas causadas por quemaduras del sol. En cuanto a la humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%, la humedad relativa elevada favorece el desarrollo de enfermedades.

### 3.3.3. Fertilización balanceada en el cultivo de ají

Bajo las condiciones de los suelos de costa que son de textura ligera a media, de reacción alcalina, con niveles promedios medios a altos de conductividad eléctrica, pobres en materia orgánica, niveles bajos a medios de fósforo y medio a alto de potasio, un nivel de fertilización promedio estaría en el orden de: 220 – 130 – 250 Kg. de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y 30 toneladas como mínimo de materia orgánica por hectárea (López 1998).

**Tabla 4. Cantidad estimada de extracción de nutrientes para producir una tonelada de fruto en Capsicum.**

Macronutrientes(kg)					y	Micronutrientes(g*)				
N	P	K	Ca	Mg	S	Fe *	Cu*	Zn*	Mn *	B*
5,0	0,7	7,0	0,8	0,5	0,5	70	7,0	66	18	9,0

Fuente: Corporación MISTI.

### 3.3.4. Tendencias a nivel nacional o situación actual

En Perú se sembraron 4 261ha. De ají, con un rendimiento de 10 084 kg/ha. (MINAGRI, 2016). En la región Tacna en el 2015 se cultivaron 781 hectáreas de ají con un rendimiento de 12 211kg/ha, siendo los distritos de Ite con 190 has seguido de Sama Inclán con 107 ha. Los de mayor área sembrada (MINAGRI, 2016).

Las principales regiones productoras de ají en el 2015 son Lima con 1 413 ha., Tacna con 781 ha., Loreto con 455 ha., La Libertad con 423 ha.

**Tabla 5. Estadística del cultivo de ají en la región Tacna.**

Regional/Provincial/ Distrital	Producción Anual (t)	Superficie cultivada (ha)		Rendimiento Año Kg/ha
		total	cosechada	
<b>Total Regional</b>	4 982	408	408	12 211
<b>Provincia de Tacna</b>	1 681	153	153	10 987
<b>Distritos</b>				
Tacna	45	4	4	11 250
Calana	17	2	2	8 500
Inclán	1 012	107	107	9 458
Pachia	26	3	3	8 667
Pocollay	26	3	3	8 667
Sama	27	3	3	9 000
La Yarada los Palos	528	31	31	17 032
Provincia de Candarave	37	4	4	9 250
Curibaya	37	4	4	9 250
Provincia J. Basadre	3 252	250	250	13 008

Continúa tabla...

Sigue tabla...				
Locumba	362	36	36	10 056
Ilabaya	240	24	24	10 000
Ite	2 650	190	190	13 947
Provincia de Tarata	12	1	1	12 000
Heroes Albarracin	12	1	1	12 000

Fuente: MINAGRI – Tacna.

Los ajíes y pimientos peruanos tienen cada vez mayor demanda en los mercados internacionales. El 2015 la exportación de estos productos alcanzó US\$ 271,8 millones, que señala un crecimiento de 19% respecto al año anterior. Asimismo, en los dos primeros meses del 2016 los envíos sumaron US\$ 36,6 millones (Adex, 2015).

**Tabla 6. Registro de exportaciones de ají.**

MES	2015		
	FOB	KILOS	PREC. PROM
ENERO	370,234	131,441	2,82
FEBRERO	841,514	217,412	3,87
MARZO	535,379	122,573	4,37
ABRIL	829,202	149,235	5,56
MAYO	769,625	220,139	3,50
JUNIO	868,253	214,528	4,05
JULIO	469,392	177,007	2,65
AGOSTO	1 067,109	328,799	3,25
SEPTIEMBRE	1 312,549	319,773	4,10
OCTUBRE	1 211,786	352,512	3,44
NOVIEMBRE	1 635,417	404,396	4,04
DICIEMBRE	889,172	189,986	4,68
TOTAL	10 799,602	2 827,861	38,20
PROMEDIO MES	899,967	235,655	

Fuente: Agrodataperu (2016).

### 3.4. Antecedentes de investigación

Los microorganismos eficientes EM-1, se ha utilizado en varios cultivos como mejoradores en los procesos biológicos del suelo por lo que algunas investigaciones están orientadas a conocer sus efectos en los rendimientos.

En el 2004 se realizó un trabajo de investigación realizado en el campo experimental y de investigación agropecuaria (CENE) Guayaquil, titulado **“Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos Eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha-435”** y obtuvieron los siguientes resultados: De las cuatro dosis de EM y un testigo evaluadas, se concluyó en base al rendimiento en kg/planta que no hubo diferencias estadísticas entre estos tratamientos y el testigo, a pesar que el tratamiento 4 (4cc de EM+ 4cc de melaza), logró el mejor peso en la 1era cosecha con un peso promedio de 320 g.

En lo referente a variables días a la 5 y 7 cosecha se pudo determinar que el tratamiento 3 con 68,93 días y el tratamiento 2 con 78,33 días respectivamente, obtuvieron una mayor precocidad para estas variables. El tratamiento 1(testigo) se colocó en primer lugar con respecto al número de flores, racimo floral y número de frutos por racimos con un promedio de 1,133 cada uno (Peñañiel & Donoso 2004).

En el 2007 se realizó en Huaraz-Ancahs, el experimento denominado **“Efecto de tres niveles de Microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinaceae oleracea* L.)”** ejecutado en el callejón de Huaylas, Región Chavín, en el fundo Cañasbamba a una altitud de 2200 msnm, con la finalidad de determinar el rendimiento del cultivo de espinaca aplicando diferentes dosis de Microorganismos Eficaces (EM).

El objetivo de este trabajo fue aplicar tres niveles de Microorganismos eficaces al (1%, 3%, 5% y 0% como testigo), y determinar el nivel óptimo para incrementar el rendimiento del cultivo de espinaca. El mejor rendimiento del cultivo de espinacas se obtuvo con el tratamiento T<sub>2</sub> (3% de Microorganismos Eficaces) con un rendimiento de 28,803 t/ha; este rendimiento obtenido no se encuentra dentro de los parámetros obtenidos por los agricultores del callejón de Huaylas (Montoro, 2007).

En el año 2008 en el departamento de Moquegua se realizó el experimento denominado **“Abonos orgánicos y microorganismos eficaces en dos variedades de melón (*Cucumis melo* L.) - MOQUEGUA”** con el objeto de determinar el rendimiento de dos fuentes de abonamiento y la aplicación microorganismos Eficaces (EM) en dos variedades de Melón Moquegua (Piel de Sapo y Orange Flesh) utilizando

Estiércol 3 kg/planta, Humus de Lombriz 1,5 kg/planta, E.M.100 ml/20 lt. Agua. Se encontró que el rendimiento de la variedad Piel de sapo con abono Humus de lombriz y aplicación de Microorganismos eficaces alcanzó 30,24 kg. En un área de 24m<sup>2</sup> que equivale a 12,600 kg/ha. En relación a la interacción entre variedad con abonos y con aplicación de EM, El tratamiento conformado por la variedad Orange flesh, humus de lombriz y los microorganismos eficaces el cual alcanzo 11,6 kg/ha (Medina, 2008).

Del mismo modo en el 2009, en Puno se realizó una investigación sobre **“Influencia de la aplicación foliar de microorganismos eficaces (EM) en el establecimiento de alfalfa”** obtuvieron los siguientes resultados: En el rebrote del primer año de establecimiento del cultivo de alfalfa “W-350” con aplicación de una dosis de 3,5 ml. de “EM” más estiércol se generó una altura mayor a 24 cm, y aquellos con aplicación de una dosis de 2,5 ml. de “EM” sin estiércol alcanzaron solamente una altura promedio de 17 cm. durante 10 meses de establecimiento (Instituto JATHA-MUHU, 2009).

En el año 2010, se realizó una investigación denominada **“Efecto de la combinación de microorganismos eficaces (EM) y compost en el rendimiento del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)** En el

distrito de Mato - provincia de Huaylas” con el objeto de evaluar la combinación óptima de microorganismos eficaces (EM) y compost sobre el rendimiento del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*), utilizando 2 concentraciones de Microorganismos de 4% y 6% en 9 t/ha. Y 12 t/ha. Los resultados mostraron que el nivel óptimo de combinación es la aplicación 6% de Microorganismos Eficaces (EM) con 12 t/ha de compost, con el cual se obtuvo el mayor rendimiento de 2 425,91 kg/ ha de grano de kiwicha (Huamán, 2010).

En el 2012 en Ecuador provincia Tungurahua se realizó un experimento denominado **“Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)”** La investigación se basó en la evaluación de **Microorganismos Eficientes Autóctonos en el rendimiento de Cebolla blanca (*Allium fistulosum*)** con las siguientes Dosis: D1= 1cc EMAs +1cc melaza/1lt, D2= 2cc EMAs +2cc melaza/2lts, D3= 3cc EMAs + 3cc melaza/3lts y Frecuencias: F1, F2, F3; cada 7 días, 14 días y 21 días, respectivamente dando los siguientes resultados: El tratamiento D3F2 (dosis de 3cc EM +3cc melaza, en 14 días de frecuencia) resultó con mayor volumen de la raíz 7,33 cm<sup>2</sup>, menor porcentaje de incidencia 2,77% y severidad de pudrición del tallo 2,78%; y en rendimiento 29 120,00 kg/ha, siendo este promedio el mejor, lo que le ubico en el primer lugar. El testigo en cambio

siempre presento bajos promedios lo que le ubico en el noveno o décimo lugar dependiendo de las variables, siendo así que el rendimiento fue de 17 227,64 kg/ha (Toalombo, 2012).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo experimental porque es un proceso sistemático y una aproximación científica, en la cual el investigador manipula una o más variables y controla, mide cualquier cambio en otras variables.

#### **4.2. Población y muestra**

La población estuvo constituida por plantas de ají amarillo variedad Pacae, de dicha población experimental se seleccionó una muestra de 200 plantas para la evaluación y mediciones de variables respuesta.

#### **4.3. Caracterización del suelo**

El análisis físico - químico del suelo experimental se realizó en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Arequipa Perú.

**Tabla 7. Análisis físico y químico del suelo de CEA III los pichones.**

<b>Análisis físico</b>	
Arena	61,2
Limo	23,8
Arcilla	15,0
Textura	Fa
<b>Análisis químico</b>	
Ca CO <sub>3</sub> %	0,15
pH	5,23
CE mmhos/cm	1,98
M.O %	2,01
N %	0,10
P ppm	113,00
K ppm	437,47
CIC	11,80

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, Arequipa INIA (2015).

En las características del suelo se observa que tiene una textura moderadamente gruesa, franco arenoso, deficiente en retención de humedad, buena capacidad de aireación; con un pH de 5,23 se ve que es un suelo fuertemente ácido, la conductividad eléctrica de 2,0 dS/m, indica que se trata de un suelo normal a ligeramente salino, el contenido de materia orgánica de 2,01% se considera como valor medio, el contenido fósforo (113,00 ppm) es alto, el contenido de potasio es alto, la capacidad de intercambio de cationes se encuentra en un nivel bajo.

#### 4.4. Datos meteorológicos en la campaña agrícola 2014 - 2015

**Tabla 8. Datos meteorológicos de la estación experimental SENAMHI.  
Diciembre 2014 – Julio del 2015.**

Meses	Temperatura °C			Humedad relativa (%)
	Máxima	Mínima	Media	Media
Diciembre	25,8	15,7	20,56	73
Enero	27,3	17,3	21,66	72
Febrero	28,6	15,6	23,35	70
Marzo	28,7	15,8	23,18	71
Abril	25,9	15,3	20,81	76
Mayo	22,7	13,5	18,19	82
Junio	21,0	11,4	16,22	83
Julio	19,7	9,9	14,74	84

Fuente: SENAMHI, Estación MAP Jorge Basadre Grohmann Tacna 2015.

#### 4.5. Factores en estudio

Los factores en estudio utilizados en la presente investigación fueron:

**Factor A:** Ají Amarillo variedad Pacae

**Factor B:** Microorganismos eficaces al 5%

T<sub>0</sub>: Sin aplicación

T<sub>1</sub>: Cada 7 días

T<sub>2</sub>: Cada 14 días

T<sub>3</sub>: Cada 21 días

T<sub>4</sub>: Cada 28 días

#### **4.6. Material experimental**

- El material experimental utilizado fue ají amarillo variedad Pacae (*Capsicum baccatum*), semilla que fue adquirida en el distrito de Ite previamente seleccionada en campo.
- Microorganismos eficaces (EM-1)

##### **a) Características del ají amarillo – variedad Pacae**

Es un fruto alargado, anaranjado y picante, mayormente se consume en fresco, molido como condimento.

*Capsicum baccatum* Var. Pacae, es caracterizado por poseer tallos verdes sin pubescencia, con una flor por nudo, cáliz dentado, corola blanca con manchas sin constricción del cáliz (Delgado, 1982).

## **b) Microorganismos eficaces EM-1**

Los microorganismos eficaces (EM-1) tienen una presentación en líquido que está hecho de una combinación de varios microorganismos beneficiosos de origen natural a base de bacterias fototrópicas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentativos (penicilina natural). Los cuales pueden ser aplicados como inoculantes para cambiar la diversidad microbial de los suelos (Higa, 1993).

### **4.7. Características del campo experimental**

#### **Campo experimental**

Largo : 24 m  
Ancho : 23 m  
Área : 552 m<sup>2</sup>.

#### **Bloques**

Número : 4 Unid.  
Largo : 23 m.  
Ancho : 6 m.  
Área : 138 m<sup>2</sup>.

### Unidades experimentales

Número : 20 Unidades.

Largo : 6 m.

Ancho : 4,6 m.

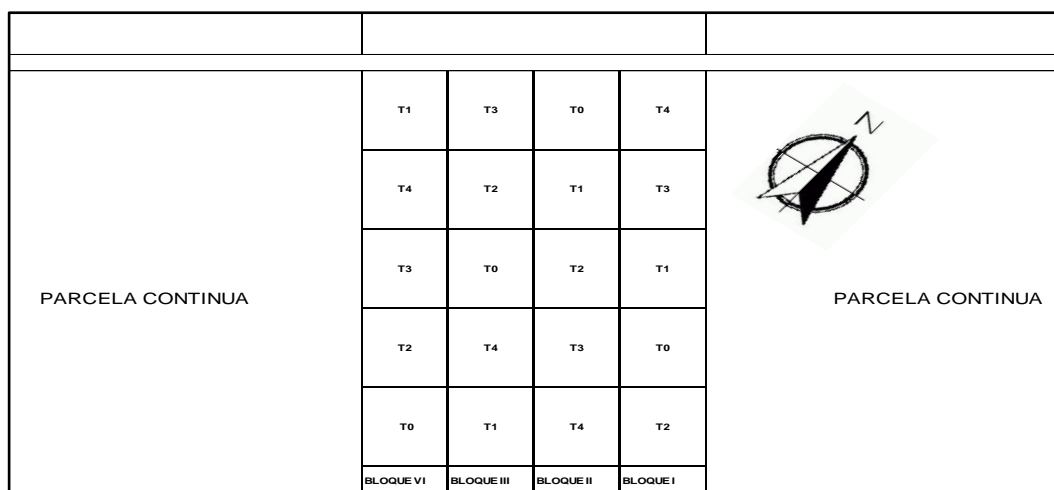
Área : 27,6 m<sup>2</sup>.

Separación de plantas : 0,5 m.

Plantas por golpe : 1 Unidades.

Plantas por unidad experimental: 32 unidades.

### 4.8. Aleatorización del campo experimental



**Figura 1. Croquis del diseño experimental.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.9. Modelo estadístico

El análisis estadístico utilizado fue el análisis de varianza usando la prueba de F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01 bajo el modelo de Bloques Completos al Azar, la frecuencia de aplicación adecuada se determinó mediante análisis de regresión lineal simple y cuadrática.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + e_{ij}$$

$I = 1, 2, \dots, t$  = número de tratamientos

$J = 1, 2, \dots, j$  = número de bloques

Dónde:

$Y_{ij}$  = unidad de bloque experimental que recibe el tratamiento  $i$  y están en el bloque  $j$ .

$\mu$  = el verdadero efecto medio

$t_i$  = el verdadero efecto de  $i$  – enésimo tratamiento

$\beta_j$  = el verdadero efecto del  $j$  – enésimo bloque

$e_{ij}$  = el verdadero efecto de la unidad experimental en el  $j$  – enésimo bloque que está sujeto al  $i$  - enésimo tratamiento (error experimental)

#### **4.10. Variables de estudio**

##### **a) Altura de planta**

Se evaluó la altura de la planta (cm) desde el trasplante hasta el inicio de la floración semanalmente, desde la base de la planta, hasta el eje apical tomando 10 plantas por unidad experimental.

##### **b) Número de botones florales**

Se determinó mediante el conteo de número de flores de 10 plantas en forma aleatorizada, tomándose las mismas plantas marcadas para evitar el sesgo.

##### **c) Largo y diámetro del fruto**

El largo se determinó mediante la ayuda de una cinta métrica y el diámetro se determinó midiendo la línea ecuatorial del fruto con ayuda de un vernier, para ello se seleccionó 10 plantas por unidad experimental de cada uno de los tratamientos.

##### **d) Peso de fruto**

Se determinó pesando cada fruto por planta, escogiéndose 10 plantas por cada tratamiento en forma aleatoria.

#### **e) Número de frutos por planta**

Se determinó mediante la recolección y conteo de frutos de 10 plantas por unidad experimental en forma aleatorizada tomándose las mismas plantas marcadas para evitar sesgo.

#### **f) Peso de frutos por planta**

Se determinó pesando el total de frutos cosechados por planta.

#### **g) Rendimiento de frutos por hectárea**

Se determinó basándose en el peso total del producto cosechado en su estado fresco.

### **4.11. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y cuatro repeticiones, constituyendo un total de 20 unidades experimentales.

### **4.12. Conducción del campo experimental**

#### **4.12.1. Siembra de almacigo**

La siembra se realizó el 15 de octubre de 2014; se utilizó 80 g. de

semilla. Que fue puesta a germinar en bandejas de polietileno, como sustrato se utilizó humus de lombriz, colocándose 2 semillas por celda.

#### **4.12.2. Preparación de terreno**

La preparación del terreno se realizó, primeramente una limpieza de restos vegetales (rastros) que quedaron de la campaña anterior, inmediatamente se procedió a hacer una zanja e incorporar la materia orgánica de vacuno proveniente del valle de Sama a razón de 10 t/ha, seguidamente se incorporó la harina de rocas en forma manual, finalmente se procede al tapado.

#### **4.12.3. Tendido de cinta**

La instalación de cintas de riego se realizó con un distanciamiento de 1,50 m entre línea (surco), posteriormente se procedió a colocar las identificaciones de cada uno de los bloques y unidades experimentales de estudio.

#### **4.12.4. Fertilización y abonamiento**

Para la realización del este trabajo no se emplearon fertilizantes químicos, en su lugar se empleó como fuente nutricional guano de vacuno, incorporándose como abono de fondo, a razón de 10 t/ha, para el área experimental de 552 m<sup>2</sup> se utilizó 550 kg de estiércol.

Según el análisis de suelo reporta para el fósforo  $K_2O_5$  170 kg/ha, así como 472 kg/ha de potasio considerándose elevado. La fertilización se realizó utilizando como insumos; roca volcánica a razón de 2,5 t/ha. y ortosa a razón 1 t/ha. Lo cual se incorporó de manera uniforme en la preparación del terreno.

Se realizó un segundo abonamiento con guano de isla y gallinaza a los tratamientos para mantenimiento y desarrollo de fruto el cual se incorporó de forma localizada, también se aplicó caldo sulfofosfito, biol, biofermentos lácticos.

#### **4.12.5. Aplicación de microorganismos**

La aplicación fue mediante pulverización al follaje y suelo (drench) con buena cobertura, las aplicaciones del producto se realizó por las tardes con la finalidad de propiciar su inoculación, la dosis utilizada fue al 5%.

Las aplicaciones de las distintas frecuencias se iniciaron a los 21 días del trasplante hasta el 15 de junio.

#### **4.12.6. Trasplante**

El trasplante de las plántulas de ají al campo fue el 21 de diciembre del 2014, culminado el mismo se procedió a un riego a fin de propiciar la viabilidad de las plantas.

#### **4.12.7. Riego**

El riego utilizado fue el presurizado (riego localizado de alta frecuencia) mediante el uso de cintas de riego a goteo, los riegos fueron frecuentes con goteros distanciados a 20 cm.

#### **4.1.2.8. Desmalezado**

Para el control de malezas se efectuó el deshierbo de manera manual, se realizó deshierbes en forma permanente.

#### **4.12.9. Control de plagas**

No se registraron plagas con gran intensidad, las plagas agrícolas se evaluaron en el transcurso del ciclo vegetativo del cultivo, mediante la observación visual y estas fueron: Gusano de tierra (*Agrotis ypsilon*), acaro hialino (*Polyphagotarsonemus latus*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), gusano perforador de fruto (*Heliothis virescens*).

Se controló de forma oportuna con insecticidas biológicos a base de esporas y macerados plantas biosidas (molle, frutos de ají), jabón potásico así como caldos sulfofosfitos.

#### **4.12.10. Control de enfermedades**

Durante el ciclo vegetativo del cultivo se pudo apreciar incidencia de enfermedades en la etapa de fructificación, estas fueron: Botritis(*Botrytis cinerea*), Antracnosis(*Colletotrichum sp*),Oidium (*Leveillula taurica*).

Las enfermedades fueron controladas en forma oportuna con aspersiones foliares de fermentos lácticos, caldos minerales como el caldo bórdales.

#### **4.12.11. Cosecha**

La cosecha de la producción de ají se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez comercial, el método de evaluación de madurez fue de forma visual.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1. Altura de planta

**Tabla 9. Análisis de varianza de altura de planta (cm) de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
Bloques	3	33,46	11,15	0,62 n.s	3,23	4,55
Tratamientos	4	278,51	69,63	3,89 *	3,33	4,68
Error	12	214,93	17,91			
Total	19	526,90				

C.V= 3,39%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, de análisis de varianza de altura de planta, se observa que para bloques no se encontraron diferencias significativas, en cambio para los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas, lo que implica que los tratamientos fueron diferentes. Con respecto al coeficiente de variación fue de 3,39%.

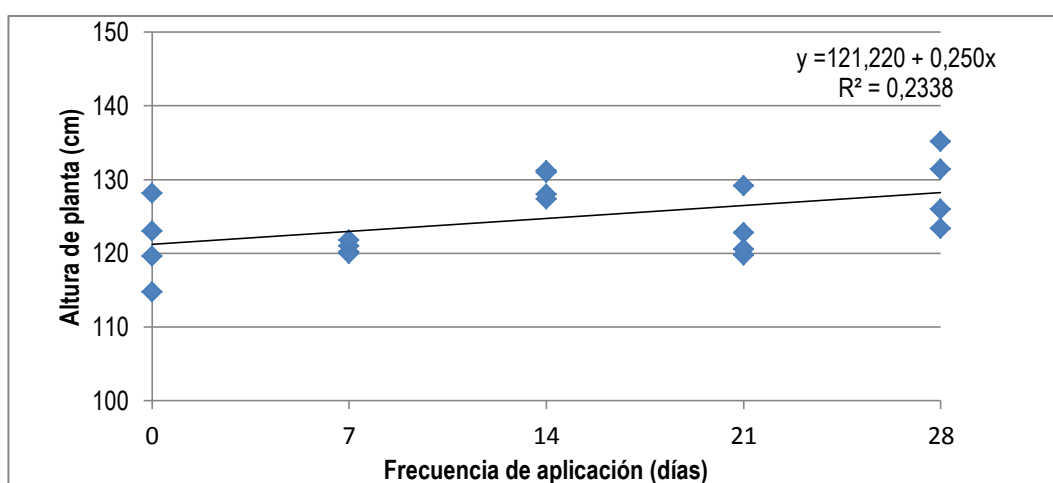
**Tabla 10. Análisis de varianza de regresión de altura de planta (cm) de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Regresión	1	123,2	123,0	5,49 *
Error	18	403,7	22,4	
Total	19	526,9		

R<sup>2</sup>= 23,38%

Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia en el análisis de varianza de regresión de altura de planta, tabla 10, una significación estadística, cuyo coeficiente de determinación indica que el 23,38% de la variabilidad altura de planta se debe a la influencia del EM-1.



**Figura 2. Función lineal de altura de planta de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 2, se observa la respuesta lineal de altura de planta con respecto a las aplicaciones de EM-1, lográndose la siguiente función:

$$Y= 121,220+ 0,250x$$

El coeficiente de regresión indica que por cada día de aplicación de EM-1, el crecimiento en altura del ají amarillo variedad Pacae se incrementa en 0,25 cm.

Jatha-Muhu (2009), en su investigación realizada para determinar la influencia de los EM en el establecimiento de alfalfa, pudo determinar el efecto benéfico de los EM en el mejoramiento de la altura de planta, lo cual se puede constatar en esta investigación tal como los datos de altura lo evidencian, al igual que en la alfalfa, se ha comprobado que el ají amarillo responde positivamente a las aplicaciones de EM en la variable altura de planta. Estos resultados pueden explicarse en vista de que las aplicaciones de EM son buenas para las plantas, debido a que mejoran el crecimiento radicular y los contenidos totales de nitrógeno en el suelo y clorofila en las hojas, por consecuencia incrementan el crecimiento del cultivo (Fernández, 2008).

## 5.2. Número de botones florales

**Tabla 11. Análisis de varianza de número de botones florales (unidad) de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	437,64	145,88	1,18 n.s.	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	2 233,52	558,38	4,52 *	3,33	4,68
<b>Error</b>	12	1 481,15	123,43			
<b>Total</b>	19	4 152,31				

C.V= 10,57%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de números de botones florales de ají amarillo variedad Pacae, tabla 11, los resultados muestran que no hubo diferencias estadísticas entre bloques, en tratamientos presenta significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 10,57% aceptable para las condiciones del experimento.

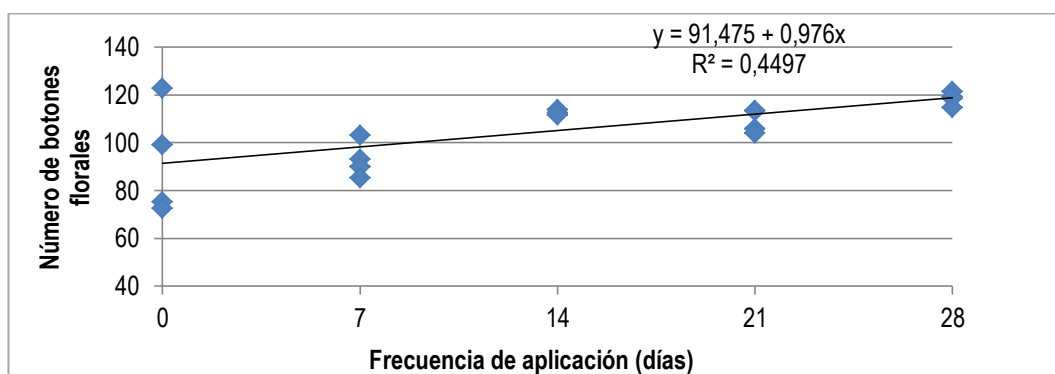
**Tabla 12. Análisis de varianza de regresión de número de botones florales (unidad) de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
<b>Regresión</b>	1	1867,32	1867,32	14,71 **
<b>Error</b>	18	2284,99	126,94	
<b>Total</b>	19	4152,31		

R<sup>2</sup> = 44,97%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 12, el análisis de varianza de regresión lineal simple de número de botones florales, indica una alta significación estadística, donde su coeficiente de determinación fue de 44,97%.



**Figura 3. Función lineal de número de botones florales de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 3, se aprecia la función lineal de botones florales de ají amarillo variedad Pacae, cuya función fue:

$$Y = 91,475 + 0,976x$$

El coeficiente de regresión indica que por cada día de aplicación del EM-1, se incrementa en 0,97 unidades de número de botones florales de ají amarillo variedad Pacae.

Estos resultados indican que los EM mejoran el crecimiento y la producción de los cultivos, al incrementar las poblaciones de

microorganismos benéficos en el suelo y al hacer un buen aporte de nutrientes a la planta, va permitir a las plantas conseguir una mayor floración (Fernández, 2008). A su vez incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, promueven la floración, fructificación y maduración de los frutos por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas (Silva, 2009).

### 5.3. Número de frutos por planta

**Tabla 13. Análisis de varianza de número de frutos por planta (unidad), de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	3,35	1,12	1,12 n.s.	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	37,70	9,43	5,16 *	3,26	5,41
<b>Error</b>	12	21,90	1,83			
<b>Total</b>	19	72,55				

C.V= 3,87%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de número de frutos por planta, tabla 13, indica que entre bloques no existieron diferencias, mientras que para tratamientos se encontraron diferencias estadísticas significativas, quiere decir que las frecuencias de aplicación influyeron en la variable evaluada. Con respecto al coeficiente de variación fue de 3,87%.

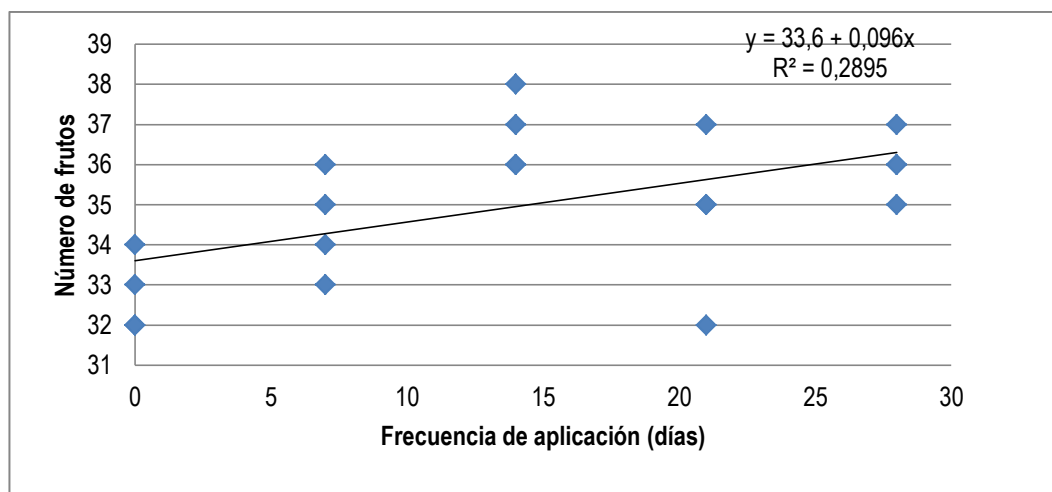
**Tabla 14. Análisis de varianza de regresión de número de frutos por planta (unidad) en ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Regresión	1	18,23	18,23	7,33 *
Error	18	44,73	2,48	
Total	19	62,95		

R<sup>2</sup>=28,95%

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis de varianza de regresión lineal simple, tabla 14, de números de frutos por planta en ají amarillo variedad Pacae, se observa que resultado significativa, cuyo coeficiente de determinación fue de 28,95%.



**Figura 4. Función lineal de número de frutos por planta de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4, se observa una tendencia lineal de número de frutos por planta de ají amarillo variedad Pacae, cuya función resultante fue:

$$Y = 33,6 + 0,096x$$

En esta función de respuesta, el coeficiente de regresión indica que por cada día de aplicación del EM-1, se incrementa en 0,96 unidades el número de frutos por planta de ají amarillo variedad Pacae.

#### 5.4. Longitud de fruto

**Tabla 15. Análisis de varianza de longitud de fruto fresco (cm), de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	0,15	0,05	0,21 n.s	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	13,64	3,41	14,55 **	3,33	4,68
<b>Error</b>	12	2,81	0,23			
<b>Total</b>	19	16,60				

**C.V.= 3,09%**

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en el análisis de varianza de longitud de fruto fresco, tabla 15, entre bloques resultó que no hubo diferencias significativas; en cambio los tratamientos fueron estadísticamente altamente significativos, por lo tanto un tratamiento se diferencia a los demás. El coeficiente de variación fue de 3,09%.

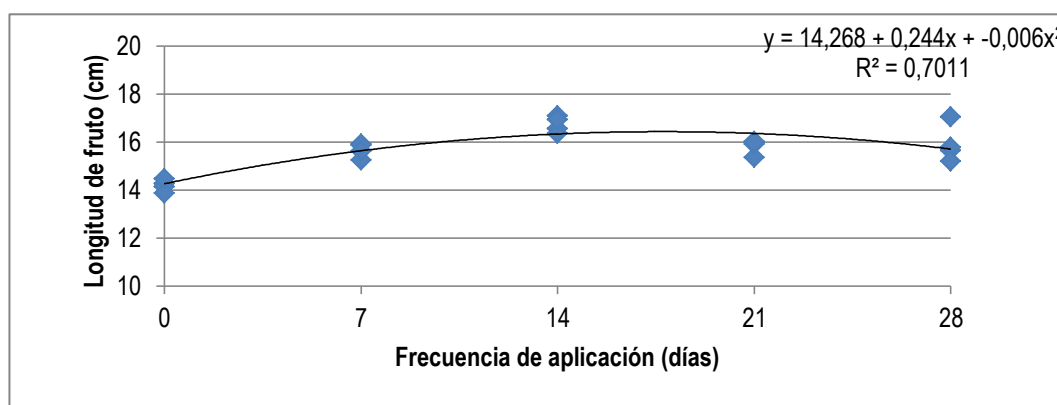
**Tabla 16. Análisis de varianza de regresión de longitud de fruto fresco (cm) en ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Regresión	2	11,63	5,82	19,94 **
Error	17	4,96	0,29	
Total	19	16,59		

$R^2=70,11\%$

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza de regresión cuadrática de longitud de fruto fresco, tabla 16, muestra que las variables estuvieron relacionadas, su coeficiente de determinación fue de 70,11%.



**Figura 5. Función cuadrática de longitud de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 5, se observa la curva de respuesta de longitud de fruto fresco, cuya función resultante fue:

$$Y = 14,268 + 0,244x + -0,006x^2$$

Al derivar la función de respuesta se obtuvo que la frecuencia óptima de EM-1 sea de 17,6 días, con la que se obtuvo una longitud de fruto de 16,44 cm.

### 5.5. Diámetro de frutos (cm)

**Tabla 17. Análisis de varianza de diámetro de frutos frescos (cm), de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	0,009	0,003	0,35 n.s.	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	0,690	0,170	20,16 **	3,33	4,68
<b>Error</b>	12	0,100	0,009			
<b>Total</b>	19	0,800				

C.V= 3,10%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17, del análisis de varianza de diámetro de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae, se observa que para bloques no hubo diferencias significativas, con respecto a los tratamientos resultaron diferentes. Con un coeficiente de variación de 3,10%.

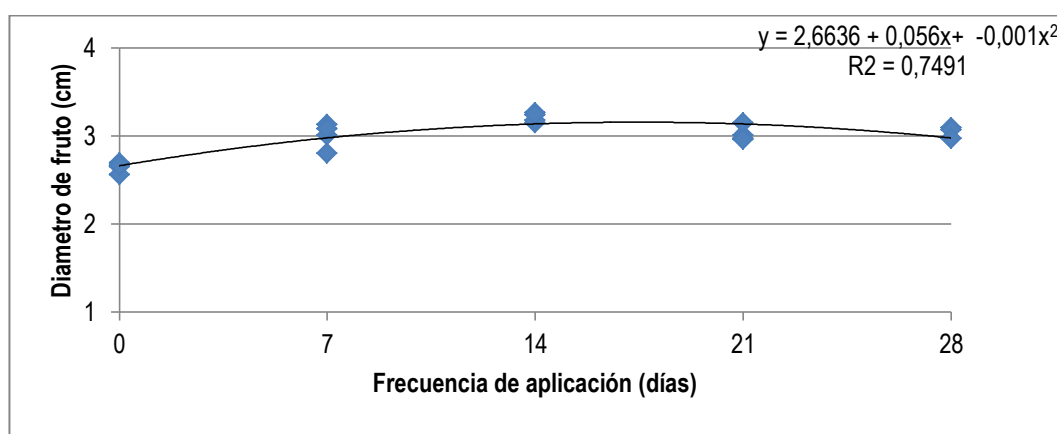
**Tabla 18. Análisis de varianza de regresión de diámetro de fruto fresco (cm), de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Regresión	2	0,6	0,30	25,38 **
Error	17	0,2	0,01	
Total	19	0,8		

$R^2 = 74,91\%$

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar en el análisis de varianza de regresión de diámetro de fruto fresco, tabla 18, una alta significación estadística, el coeficiente de determinación fue de 74,91%. Indica hubo una variabilidad en el diámetro de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae de 74,91%, para el presente experimento.



**Figura 6. Función cuadrática de diámetro de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6, se observa la curva de respuesta para diámetro de fruto fresco, cuya función resultante fue:

$$Y = 2,663 + 0,567x - 0,001x^2$$

Que al derivar la función de respuesta obtenemos que la frecuencia óptima de aplicación de EM-1 sea de 17,6 días, con la que se obtiene un diámetro de fruto fresco de 3,16 cm

### 5.6. Peso de fruto por planta (g)

**Tabla 19. Análisis de varianza de peso de fruto fresco (g) por planta de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	110,96	36,99	0,03 n.s.	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	34 783,22	8 695,83	6,29 **	3,33	4,68
<b>Error</b>	12	16 579,74	1 381,64			
<b>Total</b>	19	51 474,04				

C.V= 2,68%

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de varianza de peso de fruto fresco por planta de ají amarillo variedad Pacae, tabla 19, no se encontraron diferencias estadísticas entre bloques; sin embargo en tratamientos mostraron que existen diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación fue 2,68%.

**Tabla 20. Análisis de varianza de regresión de peso de fruto fresco por planta (g) de ají amarillo variedad Pacae.**

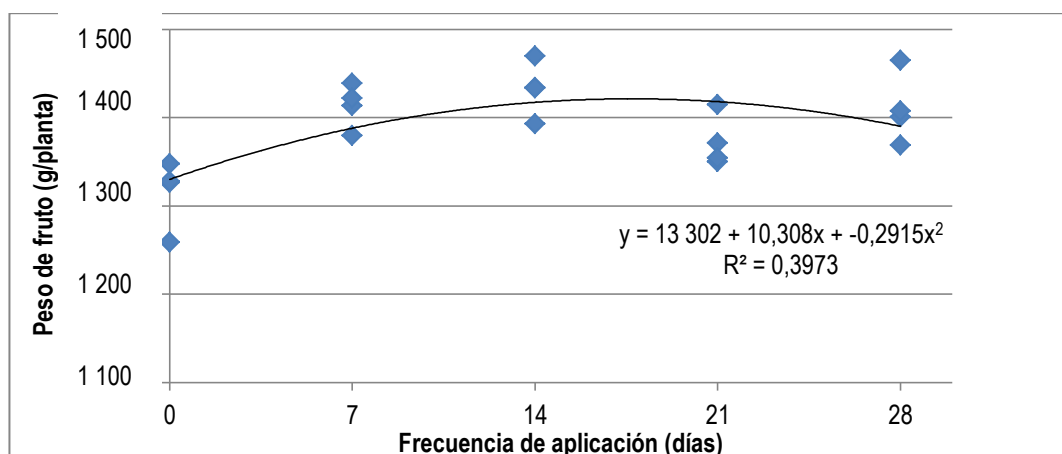
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.
Regresión	20 452,76	2	10 226,38	5,6 *
Error	31 021,27	17	1 824,78	
Total	51 474,04	19		

$R^2 = 39,73\%$

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20, análisis de varianza de regresión cuadrática de peso de fruto fresco por planta (g); se obtuvo una significancia estadística, donde su coeficiente de determinación fue de 39,73%.

Esto indica que la variabilidad de peso de fruto fresco por planta de 39,7% se debe a los EM-1.



**Figura 7. Función cuadrática de peso de fruto fresco por planta de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7, se observa la curva de respuesta para peso de fruto fresco por planta, cuya función de respuesta fue:

$$Y = 13\,302 + 10,308x - 0,291x^2$$

Al derivar la función de respuesta se obtuvo que la frecuencia óptima de EM-1 sea de 17,5 días, con la que se obtiene un rendimiento por planta de 1 421,32 g.

### 5.7. Peso promedio de fruto fresco

**Tabla 21. Análisis de varianza de peso de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Bloques</b>	3	1,74	0,58	0,13 n.s.	3,23	4,55
<b>Tratamientos</b>	4	256,81	64,17	14,29 **	3,33	4,68
<b>Error</b>	12	53,90	4,49			
<b>Total</b>	19	312,45				

C.V= 3,11%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21, del análisis de varianza de peso de fruto fresco de ají amarillo variedad Pacae, se observa que entre bloques no hubo diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos se encontraron altas diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 3,11%.

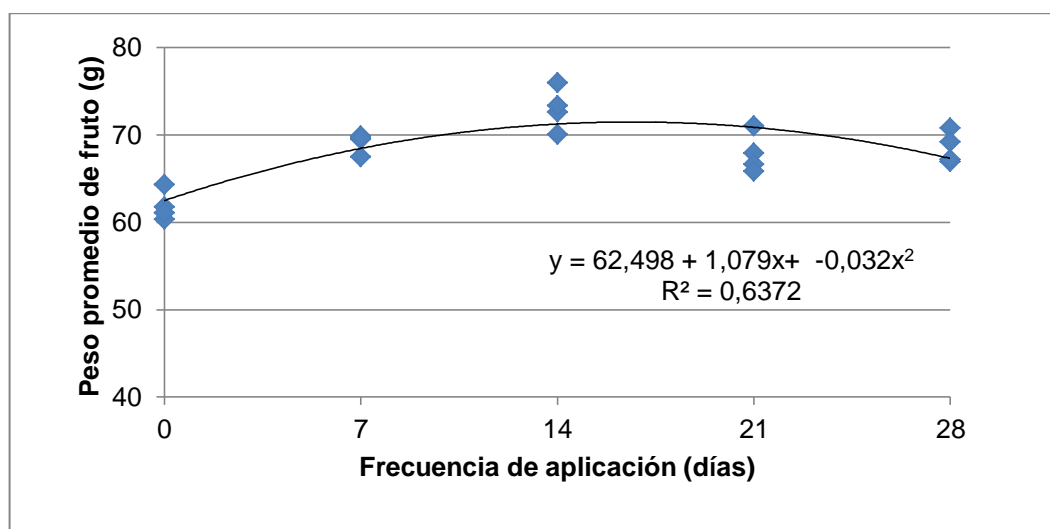
**Tabla 22. Análisis de varianza de regresión de peso promedio de fruto fresco (g) de ají amarillo variedad Pacae.**

F. de V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.
Regresión	199,10	2	99,55	14,93**
Error	113,35	17	6,67	
Total	312,45	19		

R<sup>2</sup> =63,7%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la tabla 22, el análisis de varianza de regresión cuadrática de peso de fruto fresco, muestra que las variables estuvieron relacionadas, el coeficiente de determinación es de 63,7%.



**Figura 8. Función cuadrática de peso de fruto fresco de ají amarillo Pacae.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, muestra la curva de respuesta para peso promedio de fruto fresco, cuya función resultante fue:

$$Y = 62,498 + 1,079x - 0,032x^2$$

Al derivarla la función se obtuvo que la frecuencia óptima de EM-1 sea de 16,5 días, con la que se logró un peso de 71,48 g/fruto.

### 5.8. Rendimiento de fruto fresco (kg/ha)

**Tabla 23. Análisis de varianza rendimiento de frutos frescos por hectárea (kg) de ají amarillo variedad Pacae.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	F $\alpha$	
					0,05	0,01
Bloques	3	1 763 304,04	587 768,01	0,54 n.s.	3,23	4,55
Tratamientos	4	122 013 931,04	30 503 482,76	27,83 **	3,33	4,68
Error	12	13 154 186,52	1 096 182,21			
Total	19	136 931 421,61				

C.V=3,86%

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 23, el análisis de varianza para rendimiento de fruto fresco (kg/ha) de ají amarillo variedad Pacae, muestra que entre bloques no existen diferencias estadísticas, en cambio para tratamientos resultaron altamente significativas. El coeficiente de variación fue de 3,86%.

**Tabla 24. Análisis de varianza de regresión de rendimiento de fruto fresco (kg/ha) de ají amarillo variedad Pacae.**

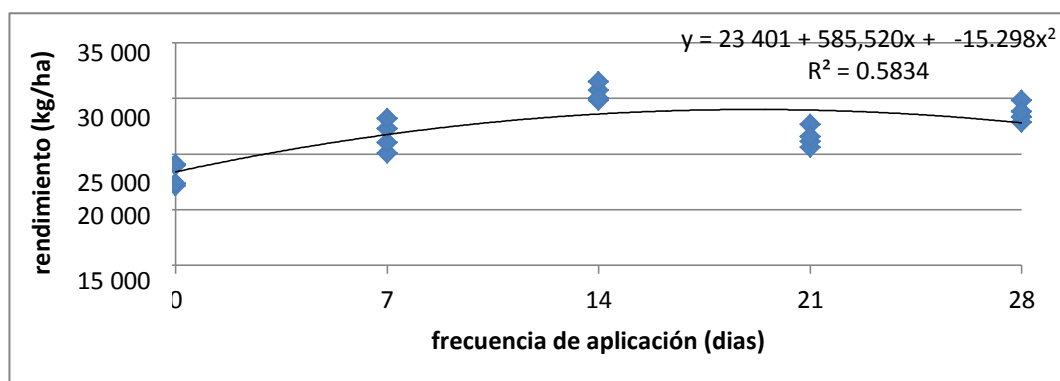
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.
Regresión	79 888 567,49	2	39 944 283,74	11,9 **
Error	57 042 854,12	17	335 5462,01	
Total	13 693 1421,61	19		

$R^2 = 58,34\%$

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra en la tabla 24, el análisis de varianza de regresión cuadrática de rendimiento de fruto fresco (kg) de ají amarillo variedad Pacae, resultado con una alta significación estadística para una función cuadrática, el coeficiente de determinación fue 58,34%.

Evidenciando que la variabilidad de rendimiento de fruto fresco está influenciado en un 58,34% por la aplicación de EM-1.



**Figura 9. Función cuadrática de rendimiento de fruto fresco (kg/ha) de ají amarillo variedad Pacae.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 9, se observa la curva de respuesta de rendimiento de fruto fresco por hectárea, cuya función resultante fue:

$$Y = 23\,401 + 585,520x - 15,298x^2$$

Que al derivar la función de respuesta se obtuvo una frecuencia óptima de EM-1 de 18,8 días, con la que se obtiene un rendimiento máximo de 29 001,85 kg/hectárea de frutos frescos.

Estos resultados muestra que los EM incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promueven la floración, fructificación y maduración de los frutos por sus efectos hormonales en las zonas meristemáticas, incrementan también la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar (Silva, 2009).

Las ventajas del uso de los EM en los cultivos se manifiestan que estos promueven la germinación, crecimiento, florecimiento, fructificación y maduración de las plantas cultivadas, mejoran eficazmente la calidad de las cosechas y la producción (Bioem, 2009). De igual forma y complementando habría que destacar que los EM producen mayores cantidades de cosecha y de mejor calidad, las cosechas tienen mejor presentación, sabor y su vida útil es mejor (Vivanco, 2002). Al respecto, en un experimento realizado para la evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficiente EM en el cultivo del pepino, no se encontraron

diferencias significativas entre los cuatro tratamientos y el testigo, sin embargo, el tratamiento 4 logró el mejor peso promedio por fruto en la 1era cosecha con un peso promedio de 320 g., con referente al efecto en el periodo de cosecha el tratamiento 3 y el tratamiento 2 tuvieron muy buenos efectos para reducir los periodos de cosecha (Peñafiel & Donoso, 2004).

En otra investigación, “Efecto de 3 niveles de EM en el rendimiento del cultivo de espinaca” realizado en el callejón de Huaylas, se encontró que el mejor rendimiento del cultivo se consiguió con el tratamiento 2 (3% de EM) con un rendimiento de 28,8 t/ha, muy superior al promedio local (Montoro, 2007).

Los resultados de rendimiento obtenidos en el presente trabajo de investigación concuerdan con otros estudios, por lo tanto, se concluye que se ha podido comprobar el efecto positivo de los microorganismos eficaces EM-1 en el mejoramiento de la productividad del cultivo de ají amarillo var. Pacae.

## CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento por hectárea de ají amarillo variedad Pacae se obtuvo con la frecuencia de aplicación de EM-1, de 18,8 días con un promedio de 29 001,85 Kg/ha.
2. El mejor peso promedio de fruto del ají amarillo variedad Pacae fue de 71,48 g/fruto obtenido con una frecuencia de aplicación de cada 16,5 días. El mejor peso de fruto por planta de ají amarillo variedad Pacae se obtuvo con la frecuencia de aplicación de 17,5 días con 1 421,32 g/planta.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar aplicaciones con una frecuencia de 18,8 días con microorganismos eficaces (EM-1) en el cultivo de ají amarillo variedad Pacae.
2. Determinar las concentraciones de EM-1 más apropiadas para mejorar el rendimiento, sanidad y la calidad organoléptica de la post cosecha del ají amarillo variedad Pacae y evaluar el efecto de microorganismos eficientes nativos de los suelos de Tacna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEX. (2015). Exportaciones de ají y pimientos incrementaron en 19% en el 2015. Diario Gestión. Recuperado de: <http://gestion.pe./exportaciones-peruanas-ajies-y-pimientos-aumentaron-19%>

Agrodataperú. (2016). Registro de exportaciones de ají. Recuperado de: <https://www.agrodataperu.com/category/exportaciones/aji-amarillo-exportacion>

APNAN. (2003). Red de Agricultura natural para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación J. Micorrizas. En: Biología vegetal. Libro de investigación y Ciencia. Prensa científica: España. 100 pp.

Barea, J. (1988). Impacto de las micorrizas en la calidad del suelo y la productividad vegetal y espacios naturales. Recuperado de: <https://www.bashanfoundation.org>

Bioem. (2009). Manual de la Tecnología EM. Perú. 24 pp.

Biosca, A. (2001). Qué son los microorganismos eficientes recuperado de: <http://es.answers.yahoo.com/question/index>

- Correa, M. (2006). Microorganismos Eficaces Okinawa, JP. 132 pp.
- Earth. (2008). Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganism Research Organization Inc.) Limón. Costa Rica. 16 pp.
- Em Research Organization. (2006). Tecnología EM. Okinawa, Japón. 89 pp.
- FAO. (2011). Anuario estadístico la alimentación y la agricultura en América Latina. 198 pp.
- Fernández, M. (2008). Aplicación del EM - 1 en diferentes cultivos Suing Agro y NUTRIKALC PLUS. 150 pp.
- FUNDASES. (2008). (Fundación de Asesorías para el Sector Rural) Y EMRO (EM-Research Organization) – JAPÓN. Manual Modo de acción de los microorganismos eficaces. 55 pp.
- Fuentes, L. (1999). El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 23 pp.
- Giaconi, V. (1988). Cultivo de hortalizas, edit. Universidad de Chile. 15 pp.
- Higa, T. (1993). Una revolución para salvar la tierra. Trad. M. del Mar Riera. Okinawa, Japón, EM Research Organization. 330 pp.

Huamán, E. (2010). Efecto de la combinación de microorganismos eficaces (EM) y compost en el rendimiento del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. 87 pp.

Hurtado, M. (2001). Qué son microorganismos eficientes? Recuperado de <http://es.answers.yahoo.com>

IDIAF. (2009). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales 2009. Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. Recuperado de: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>

INIA. (1995). Cultivo de Paprika *Capsicum annum* en el Valle Chancay – Huaral Folleto Huaral- Perú. 10 pp.

JATHA-MUHU. (2009). PUEBLOS AYMARAS Y PRODUCCION AGROPECUARIA-ECOLOGICA. Influencia de la aplicación foliar de microorganismos eficaces (EM) en el establecimiento de alfalfa. tesis, Instituto Peruano de Investigación Quechua Aymara JATHA-MUHU. (en línea). Recuperado de: <http://jatha-muhu.org/revista/percy.pdf>

- López, M. (1998), Evaluación de cultivares de ají del genero *Capsicum sp.* En dos épocas de siembra bajo condiciones de Costa Central. Tesis de Mg. Sc. En Agronomía UNALM. Lima –Perú. 110 pp.
- Medina, E. (2008) Abonos orgánicos y microorganismos eficaces en dos variedades de melón (*Cucumis melo L.*) - MOQUEGUA”. Tesis ing. Agrónomo. Universidad José Carlos Mariátegui – Perú. 97 pp.
- MINAGRI. (2016). Anuario de producción agrícola, pecuaria y pecuaria 2014-2016. 324 pp.
- MISTI. (2013). Fertilización de balanceada del cultivo de ají.cantaida estimada de extracción de nutrientes para producir una tonelada de fruto de *Capsium*. 10 pp.
- Moa, K. (2003). Mokitiokada. Extracto del manual “Microorganismos Eficaces EM en la agricultura Nacional”. 50 pp.
- Montoro, P. (2007). Efecto de tres niveles de EM (microorganismos eficaces) en el rendimiento del cultivo de Espinaca (*spinacea oleracea l.*). Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo - Perú. 72 pp.
- Nuez, F. (1996). El Cultivo de pimientos, Chiles y Ajíes. Edit. Mundi-Prensa, España. 535 pp.

Peñañiel, B; y Donoso, M. 2004. "Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido atar ha-435" tesis ing. Agronomo, Escuela superior politécnica del litoral. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/695/69530103/69530103.html>

Peter, F. (2006). EM Microorganismos Efectivos. Descubre la utilidad de los EM en el hogar y el jardín, la agricultura y la salud. Trad. De Luise S., M. Barcelona, RBA Integral. 237 pp.

Piedrabuena, P. (2003). Microorganismos eficientes recuperado de: <http://es.answers.yahoo.com>

Pino, T. Cultivo de Hortalizas. I.S.T. Vigil. Especialidad agropecuaria. 35 pp.

Toalombo, R. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*)" La investigación se basó en la evaluación de Microorganismos Eficientes Autóctonos en el rendimiento de Cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Tesis ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato-Ecuador. 95 pp.

Rodríguez, M. (2009). Microorganismos eficientes (EM). Recuperado de:[http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20\\_manual%20r..pdf](http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20_manual%20r..pdf)

Rodríguez, J. (1992). Manual de Fertilización. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 363 pp.

Román, G. (2005). Caracterización morfológica, agronómica y de calidad del pimiento y pimentón. 127 pp.

SENAMHI. (2015). Datos meteorológicos 2014-2015 de la estación experimental, Estación MAP Jorge Basadre Grohman Tacna.

SEPAR. (2004). Los abonos orgánicos .Guía de campo de los cultivos andinos. 208 pp.

Silva, M. (2009). Microbiología General. Recuperado de: <http://microbiologiageneral.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>

Vivanco, B. (2002). Elaboración de EM bocashi y su evaluación en el cultivo de maíz bajo riego en zapotillo. 25 pp.

Wild, A. (1996). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 186 pp.

## **ANEXOS**

### Anexo 1. Altura de planta (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4	TOTAL	PROM
B I	114,80	120,20	127,40	129,20	131,40	623,00	124,60
B II	123,00	121,00	128,00	122,80	123,40	618,20	123,64
B III	128,20	120,00	131,20	119,80	135,20	634,40	126,88
B IV	119,60	121,80	131,00	120,60	126,00	619,00	123,80
TOTAL	485,60	483,00	517,60	492,40	516,00	2.494,60	
PROM	<b>121,40</b>	<b>120,75</b>	<b>129,40</b>	<b>123,10</b>	<b>129,00</b>		<b>124,73</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 2. Número de botones florales (Unidad)

	T0	T1	T2	T3	T4	TOTAL	PROM
B I	122,80	93,20	112,00	113,40	121,40	562,80	112,56
B II	75,40	103,20	113,80	105,90	118,70	517,00	103,40
B III	72,60	90,00	112,60	104,20	119,20	498,60	99,72
B IV	99,20	85,40	111,60	113,40	114,80	524,40	104,88
TOTAL	370,00	371,80	450,00	436,90	474,10	2.102,80	
PROM	<b>92,50</b>	<b>92,95</b>	<b>112,50</b>	<b>109,23</b>	<b>118,53</b>		<b>105,14</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3. Número de frutos por planta (Unidad)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM
B I	34,00	34,00	37,00	32,00	36,00	173,00	34,60
B II	32,00	36,00	36,00	37,00	37,00	172,00	34,40
B III	33,00	33,00	38,00	35,00	36,00	175,00	35,00
B IV	32,00	35,00	36,00	35,00	35,00	173,00	34,60
SUMA	131,00	138,00	147,00	133,00	144,00	693,00	
PROM	<b>32,75</b>	<b>34,50</b>	<b>36,75</b>	<b>33,25</b>	<b>36,00</b>		<b>34,65</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### Anexo 4. Longitud de frutos promedio (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM.
<b>B I</b>	14,26	15,26	17,09	15,36	17,04	79,02	15,80
<b>B II</b>	14,14	15,92	16,55	16,02	15,66	78,29	15,66
<b>B III</b>	13,88	15,87	16,36	15,91	15,79	77,83	15,57
<b>B IV</b>	14,48	15,63	16,94	15,99	15,20	78,25	15,65
SUMA	56,77	62,69	66,95	63,28	63,70	313,38	
PROM	<b>14,19</b>	<b>15,67</b>	<b>16,74</b>	<b>15,82</b>	<b>15,93</b>		<b>15,67</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### Anexo 5. Ancho de frutos promedio (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM.
<b>B I</b>	2,69	3,01	3,26	3,01	3,09	15,06	3,01
<b>B II</b>	2,65	3,13	3,15	2,97	2,97	14,87	2,97
<b>B III</b>	2,56	2,80	3,18	3,15	3,07	14,76	2,95
<b>B IV</b>	2,66	3,08	3,24	2,96	2,97	14,90	2,98
SUMA	10,56	12,02	12,82	12,10	12,10	59,60	
PROM	<b>2,64</b>	<b>3,01</b>	<b>3,21</b>	<b>3,02</b>	<b>3,02</b>		<b>2,98</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### Anexo 6. Peso de fruto fresco por planta (g/planta)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM
<b>B I</b>	1 258,68	1 438,73	1 433,75	1 350,20	1 464,95	6 946,31	1 389,26
<b>B II</b>	1 326,38	1 413,51	1 469,71	1 370,98	1 368,93	6 949,50	1 389,90
<b>B III</b>	1 327,36	1 379,78	1 433,05	1 414,68	1 400,46	6 955,33	1 391,07
<b>B IV</b>	1 347,33	1 421,78	1 393,03	1 354,50	1 407,59	6 924,21	1 384,84
SUMA	5 259,75	5 653,79	5 729,54	5 490,35	5 641,93	27 775,35	
PROM	<b>1 314,94</b>	<b>1 413,45</b>	<b>1 432,38</b>	<b>1 372,59</b>	<b>1 410,48</b>		<b>1 388,77</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 7. Peso promedio de fruto fresco (g)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM
<b>B I</b>	61,75	67,48	70,06	67,91	70,78	337,98	67,60
<b>B II</b>	60,36	69,51	75,96	66,64	69,18	341,65	68,33
<b>B III</b>	61,06	69,89	72,62	71,03	66,94	341,54	68,31
<b>B IV</b>	64,30	69,70	73,37	65,87	67,18	340,41	68,08
SUMA	247,47	276,58	292,00	271,45	274,08	1 361,58	
PROM	<b>61,87</b>	<b>69,15</b>	<b>73,00</b>	<b>67,86</b>	<b>68,52</b>		<b>68,08</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 8. Rendimiento de fruto fresco por hectárea (kg/ha)

	T0	T1	T2	T3	T4	SUMA	PROM
<b>B I</b>	22 131,84	25 098,99	30 723,91	27 683,48	29 822,61	135 460,82	27 092,16
<b>B II</b>	22 344,93	26 047,25	31 482,17	25 624,35	27 879,57	133 378,26	26 675,65
<b>B III</b>	24 062,17	27 269,13	29 829,57	26 123,04	28 321,30	135 605,22	27 121,04
<b>B IV</b>	23 983,48	28 208,26	29 991,59	26 580,43	28 810,43	137 574,20	27 514,84
<b>SUMA</b>	92 522,42	106 623,62	122 027,25	106 011,30	114 833,91	542 018,50	
<b>PROM</b>	<b>23 130,60</b>	<b>26 655,91</b>	<b>30 506,81</b>	<b>26 502,83</b>	<b>28 708,48</b>		<b>27 100,93</b>

Fuente: Elaboración Propia