

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**"NIVELES DE GUANO DE ISLA INCUBADO EN SOLUCIÓN
DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS EN CINCO PERIODOS,
EN *Solanum tuberosum* VARIEDAD YUNGAY, CANAAN 2750
msnm, AYACUCHO"**

Tesis para Obtener el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

WILBER MOROTE RISCO

AYACUCHO - PERÚ

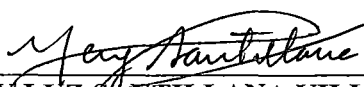
2015

tesis
Ag 1134
Mor
Ej. 1

"NIVELES DE GUANO DE ISLA INCUBADO EN SOLUCIÓN DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS EN CINCO PERIODOS, EN *Solanum tuberosum* VARIEDAD YUNGAY, CANAÁN 2750 msnm, AYACUCHO"

Recomendado : 21 de abril del 2015

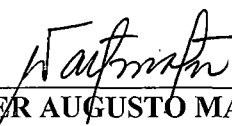
Aprobado : 15 de julio del 2015



Dra. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA
Presidente del Jurado



M.Sc. ALEX LAZARO TINEO BERMUDEZ
Miembro del Jurado



Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



Mg. ROBERTA ESQUIVEL QUISPE
Miembro del Jurado



Dr. ANTONIO JERI CHÁVEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mis padres: Ricardo y Pascuala; quienes a pesar de sus múltiples ocupaciones e inagotables sacrificios, supieron encontrar tiempo para apoyarme en el desarrollo y culminación de mis estudios.

A mis hermanos, Eugenio, Vilma, Richard, Enma, Lucero y Ricardo, por su apoyo incondicional; su cariño y estímulo permanente hicieron posible mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma máter de mi formación profesional.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, que con sus conocimientos y experiencias guiaron mi formación profesional.

Con profunda gratitud expreso mis agradecimientos al M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, por su asesoramiento y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación. Asimismo, al Ing. Walter A. Mateu Mateo, a la Dra. Nery Luz Santillana Villanueva, y a la Blg. Roberta Esquivel Quispe quienes supieron brindarme su ayuda desinteresada.

Al Ing. Esteban Quispe Gómez, técnico del Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH, por su colaboración desinteresada.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. REVICION BIBLIOGRAFICO	4
1.1 El Guano de Isla	4
1.1.1 Generalidades	4
1.1.2 Importancia del Guano de Isla	7
1.1.3 Propiedades del Guano de Isla	8
1.1.4 Características de Guano de Isla	9
1.1.5 Tipos de Guano de Isla	12
1.1.6 Empleo de Guano de Isla como abono	13
1.1.7 Precauciones en el uso y almacenamiento	14
1.2 Microorganismos Efectivos Naturales (MEN)	14
1.2.1 Generalidades	14
1.2.2 Tipos de Microorganismos presentes en el MEN	17
1.2.3 Modo de acción de los MEN	19
1.2.4 Aplicación de los MEN en la agricultura	20
1.2.5 Los MEN y su acción solubilizante de la materia orgánica	22
1.3 El Cultivo de la papa	23
1.3.1 Origen y distribución de la papa	23
1.3.2 Taxonomía	23
1.3.3 Morfología de la papa	24
1.3.4 Valor nutritivo	30

1.3.5	Importancia del cultivo	31
1.3.6	Requerimientos edafoclimáticos	32
1.3.7	Manejo agronómico del cultivo de la papa	35
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS		42
2.1	Ubicación geográfica del experimento	42
2.2	Antecedentes del campo experimental	43
2.3	Análisis físico químico del suelo	43
2.4	Análisis químico del guano de isla	44
2.5	Condiciones climáticas	45
2.6	Planta indicadora	49
2.7	Instalación y conducción del experimento	49
2.7.1	Obtención de solución madre de MEN	49
2.7.2	Análisis biológico básico de la solución de MEN	50
2.7.3	Proceso de incubación del guano de isla	51
2.7.4	Preparación del campo experimental	52
2.8	Factores en estudio	53
2.9	Diseño experimental y tratamiento	53
2.10	Groquis y características del campo experimental	57
2.11	Labores agronómicas realizadas.	59
2.12	Variables evaluadas.	61
2.12.1	Rendimiento de tubérculos	60
2.12.2	Categoría de tubérculos	60
2.12.3	Número de tubérculos	61
2.13	Procesamiento de datos y análisis estadísticos	62

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
3.1 Rendimiento del tubérculo de la papa	63
3.2 Número de tubérculos / tratamiento	75
3.3 De la solubilización del guano de isla en solución de MEN	80
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
4.1 Conclusiones	83
4.2 Recomendaciones	84
RESUMEN	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXO	91

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en todo el mundo en las últimas décadas se ha basado en el uso intensivo de los fertilizantes y plaguicidas sintéticos debido a la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos para una población cada vez más creciente. Sin embargo, el uso desmedido de agroquímicos ha tenido consecuencias negativas, por la contaminación que muchos de ellos producen al medio ambiente, al consumidor y al mismo agricultor que los utiliza. Asimismo y debido al exagerado aumento del costo de insumos como los fertilizantes sintéticos (granulados y foliares) que encarecen los costos de producción, haciendo que la agricultura sea cada vez más difícil, provocando con ello el desaliento de muchos agricultores.

En búsqueda de soluciones al problema planteado, muchos investigadores se han dedicado a investigar la forma de cómo reemplazar de una manera parcial o total el uso de agroquímicos mediante la práctica de la agricultura orgánica donde se utilizan los residuos de cosecha y estiércoles como fertilizantes, plantas medicinales o repelentes como insecticidas y

muchas otras alternativas que la naturaleza nos brinda los cuales debemos conocer y aprovechar.

Ante este panorama mostrado, el presente trabajo de investigación muestra una alternativa que consiste en la utilización de un abono orgánico muy difundido y arraigado culturalmente en nuestro país, como es el Guano de Isla que ofrece en la agricultura buenos resultados nutricionales, pero con la variante de que estos fueron sometidos a diferentes tiempos de incubación en solución de microorganismos cuidadosamente seleccionados llamados **Microorganismos Eficientes Naturales MEN.**

El principio fundamental de esta tecnología es la introducción de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones nutritivas del suelo, para suprimir microbios de la putrefacción que inducen a enfermedades y para mejorar la eficiencia de la utilización de la materia orgánica que se traduce en mejoras de cosechas.

El Guano de Isla como fuente de abono orgánico, tiene un alto contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); además de muchos otros elementos nutritivos (azufre, cloro, sodio, magnesio, silicio, fierro, manganeso, estaño, fluor y otros elementos), que lo convierten en el abono más completo del mundo.

El presente trabajo de investigación ha sido diseñado teniendo en consideración la alta capacidad de descomposición y mineralización de los MEN sobre la materia orgánica, esta cualidad ha sido tomada en cuenta con el fin de reducir el período de solubilización de los diferentes nutrientes presentes en la materia orgánica del guano de isla, por acción de los

microorganismos presentes en la solución de MEN ya que solo el 35% aproximadamente del N, P y demás nutrientes están disponibles para ser absorbidas por la planta y la otra parte continua en el suelo en forma orgánica, los cuales se van liberando gradualmente.

Por las consideraciones expuestas se planteó la ejecución del presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto del Guano de Isla incubado en una solución de MEN en el rendimiento de la papa variedad "Yungay".
2. Determinar el tiempo de incubación en una solución de MEN que maximice el rendimiento de la papa variedad "Yungay".
3. Determinar la dosis de Guano de Isla incubado en una solución de MEN, que maximice el rendimiento de la papa variedad "Yungay".

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. EL GUANO DE ISLA.

1.1.1. GENERALIDADES.

Suquilanda (2001), menciona que la adición de enmiendas orgánicas al suelo (composta, residuos de cosechas, estiércol, abonos verdes, etc.) contribuye al crecimiento de las plantas a través de los efectos que éstos causan en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, esto debido a que la materia orgánica provoca un aumento en las poblaciones de microorganismos los cuales llevan a cabo procesos biológicos importantes como la degradación de la materia orgánica o la mineralización de nutrientes. Además, el aumento de las poblaciones de microorganismos causa una competencia natural con otros microorganismos patógenos para los cultivos impidiendo su desarrollo en el suelo. Las enmiendas orgánicas también mejoran las propiedades físicas de los suelos, ya que mejora la aireación, la retención de la humedad y promueven una mejor estructura del suelo. En

general, todos los aportes dados por la acción de las enmiendas orgánicas al suelo causan un efecto positivo sobre la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de la planta.

PROABONOS (2007), menciona que el Guano de Isla es un recurso natural renovable, que procede como su nombre lo indica de las islas y puntas del litoral peruano, lugares donde se aposentan y reproducen las aves guaneras; también se encuentran en la costa chilena pero en poca cantidad.

El Guano de Isla es la acumulación de las deyecciones (estiércoles) de las aves marinas: guayanay, piquero y alcatraz (pelicano). El principal alimento de estas aves marinas es por lo general la anchoveta, pejerrey, lorna, jurel liza, machete, sardina, etc.; sin embargo, el Guano de Islas también es enriquecido por los cadáveres de miles de aves que mueren en forma natural, está constituido por carne y esqueleto de los peces que han sido ingerido por las aves, y que sufren todo un proceso digestivo que los convierte en material de fácil asimilación por las plantas.

El Guano de Isla es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde hace mucho tiempo a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos elementos nutritivos, que los convierte en el fertilizante orgánico más completo del mundo.

Biológicamente el Guano de Isla juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas asegurando la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos.

Tineo (2007), menciona que el Guano de Isla es un abono orgánico producido por las aves guaneras (guayanay, piquero, alcatraz o pelícano) en algunas islas de la costa peruana. El guano de isla es una mezcla de excrementos de aves, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc. Los cuales experimentan un proceso de fermentación sumamente lento lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales, señala también que es uno de los abonos naturales de buena calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes.

Sánchez citado por Casas (2007), manifiesta que es una mezcla de excremento de aves marinas, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc. los cuales experimentan un proceso de fermentación lenta. Se trata de uno de los abonos de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, y puede tener 12% de N, 11% de P y 2% K; debe aplicarse pulverizando a una profundidad aceptable o taparlo inmediatamente para evitar pérdida de amoníaco. También se puede mezclar con otros abonos orgánicos para aumentar su mineralización y lograr su eficiencia; además menciona, que al ser incorporado se inicia la fermentación; las materias orgánicas nitrogenadas y especialmente la urea, dan origen al carbonato amónico y a una sustancia denominada guanina; la materia orgánica no nitrogenada produce ácido carbónico, oxálico y ciertos ácidos grasos que confieren al guano un olor fuerte, el fermento nítrico que se produce a expensas de la materia orgánica nitrogenada, ácido nítrico que se encuentra principalmente en forma de nitrato de cal.

Camasca (1984), menciona que el Guano de Isla conserva un lugar de importancia entre los abonos orgánicos comerciales, debido a su producción y sus cualidades fertilizantes excepcionales, pero en la actualidad su uso ha decaído notablemente por no satisfacer la demanda.

Perú es el principal productor mundial del guano de las aves marinas, esta constituido por una mezcla heterogénea de excrementos de aves marinas, plumas, aves muertas y cáscara de huevos, que se acumulan a través del tiempo en las islas que bordean el litoral de la parte central y en algunas partes del norte y sur del país.

Menciona que el Guano de Isla es un compuesto orgánico heterogéneo, cuya utilización nos da ventajas en la enmiendas, además del hecho de funcionar igual que los fertilizantes sintéticos comerciales como fuentes de N , P y K elevando por tanto el rendimiento y debiendo su utilización a seguir lineamiento de uso de dichos fertilizantes.

1.1.2. IMPORTANCIA DEL GUANO DE ISLA.

ENCI citado por Casas (2007), señala que desde 1840 hasta 1870, el Guano de Isla jugó un papel trascendental en la economía de la joven republica peruana, pero después de dicho periodo, vendría la competencia con el nitrato de Chile, que lo desplazaría del mercado mundial.

Desde 1909, año en que se funda la Compañía Administradora del Guano, hasta su colapso económico en 1957 por la expansión de la industria de la harina de anchoveta, el Guano fue el principal fertilizante para la agricultura costeña y de los demás importantes valles interandinos.

El Guano de Islas, es un recurso renovable, de grandes cualidades fertilizadoras, de bajo precio y de fácil disponibilidad, debido a ello se evitó por muchos años el ingreso de los fertilizantes sintéticos. Solo el tiempo y la falta del mismo habrían de revelar la enorme importancia que ha jugado y que jugará en el futuro para el Perú.

Hasta el año de 1996, la división de fertilizantes de PESCA PERU, estuvo encargada de su explotación y comercialización. En 1997, el Ministerio de Agricultura a través de su programa especial PROABONOS asumió estas responsabilidades.

PROABONOS (2007), menciona que el guano de isla es la columna vertebral de nuestra agricultura, es el mejor fertilizante natural y el más barato del mundo. Su calidad es reconocida en el país y en el extranjero donde a raíz del cese de su exportación se le recuerda todavía como el "Guano del Perú". Sin embargo, no está lejos el día en que el guano de isla vuelva a ocupar el lugar que le corresponde en la agricultura nacional debido a que aporta todos los nutrientes para los cultivos y mejora los suelos del Perú.

1.1.3. PROPIEDADES DEL GUANO DE ISLA.

Gros citado por Casas (2007), manifiesta que el Guano de Isla conserva un lugar de importancia entre los abonos comerciales, debido a su producción y sus cualidades fertilizantes excepcionales. Se presenta como un material amarillento grisáceo y cuando es molido presenta una coloración amarilla pálido o marrón claro. El guano rico se caracteriza por sus olores de vapores amoniacales, se forma mediante el proceso de fermentación

sumamente lenta lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales, especialmente los nitrogenados tales como los uratos, carbonatos, sulfatos y otras combinaciones menos abundantes. Este abono es el tipo compuesto por que aporta N, P, K, Ca, Mg, S y aún elementos menores. Entre sus propiedades importantes tenemos:

- Es un abono natural y completo, contiene todos los nutrientes que las plantas requieren para su normal crecimiento y desarrollo.
- Es un producto ecológico, no contamina el medio ambiente.
- Es biodegradable.
- Incrementa la actividad microbiana del suelo.
- Es un mejorador ideal de los suelos.
- Es soluble en agua y de fácil asimilación por las plantas.
- No requiere agregados.
- No deteriora los suelos ni los convierte en tierras salitrosas.

1.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL GUANO DE ISLA.

PROABONOS (2007), señala las siguientes características:

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

- El Guano de Isla se presenta en forma de polvo de granulación uniforme.
- De color gris amarillento verdoso.
- Con olor fuerte a vapores amoniacaes.
- Contiene una humedad de 16-18 %.

B. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

El Guano de Isla es un abono orgánico natural completo, ideal para el buen crecimiento, desarrollo y producción de cosechas rentables. Viene siendo utilizado en la producción orgánica de diferentes cultivos, con buenos resultados.

CONTENIDO DE NUTRIENTES:

El Guano de Isla contiene:

- **Macronutrientes:** nitrógeno, fósforo y potasio.
- **Elementos secundarios:** calcio, magnesio y azufre.
- **Micronutrientes:** hierro, zinc, cobre, magnesio, boro.

MACROELEMENTOS			
Nitrógeno	N	10 - 14	%
Fosforo	P ₂ O ₅	10 - 12	%
Potasio	K ₂ O	2 - 3	%
ELEMENTOS SECUNDARIOS			
Calcio	Ca	8	%
Magnesio	Mg	5	%
Azufre	S	16	%
MICROELEMENTOS			
Hierro	Fe	320	p.p.m.
Zinc	Zn	20	p.p.m.
Cobre	Cu	240	p.p.m.
Magnesio	Mn	200	p.p.m.
Boro	B	160	p.p.m.
TAMBIÉN CONTIENE			
Flora Microbiana	Hongos y bacterias benéficas		

MINERALIZACIÓN:

La recolección del Guano de Isla se realiza cada 5 -6 años en una misma isla o punta, durante ese periodo se va acumulando las deyecciones bajo condiciones climáticas de alta humedad relativa y temperaturas promedio de 16 °C en invierno y 25 °C en verano ; estando presente diferentes microorganismos, entre estos hongos y bacterias benéficas que utilizan el guano de las islas como sustratos de alimentación, constituyéndose en millones de laboratorios biológicos que realizan una serie de reacciones bioquímicas de oxidación, transformando los productos complejos (orgánicos) en productos más simples (inorgánicos) que es la forma como las plantas toman los nutrientes.

DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES:

Formas de nitrógeno en el Guano de Isla.

Del nitrógeno total, en promedio el 35% se encuentra en forma disponible (33% en forma amoniacal $-NH_4^+$ y 2% en forma nítrica $-NO_3^-$); el 65% se encuentra en forma orgánica, por mineralizarse.

Formas de fósforo en el Guano de isla.

Del fósforo total, en promedio el 34% se encuentra en forma disponible (ácido fosfórico H_3PO_4) y el 66% se encuentra en forma orgánica.

El resto de los elementos nutritivos (K^+ Ca^{++} Mg^{++} SO_4^- Fe^{+++} Zn^{++} Cu^{++} Mn BO_3) presentes en el Guano de Isla se van liberando en forma iónica conforme se realiza la mineralización de la materia orgánica.

Al abonar con Guano de Isla, en promedio el 35% de nitrógeno, fósforo y demás nutrientes presentes en el guano, están disponibles para ser absorbidas por las raíces de las plantas en forma inmediata.

La forma orgánica continúa en el suelo, los cuales se van liberando en forma paulatina, aportando nutrientes gradualmente durante el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo.

C. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS:

El Guano de Isla es portador de una rica flora microbiana (hongos y bacterias) conformando millones de laboratorios biológicos que por acción de sus jugos gástricos y enzimas realizan la transformación de sustancias complejas a formas más simples.

El Guano de Isla aporta nutrientes y materia orgánica, los cuales son utilizados por las plantas y los microorganismos, el cual se suma a la existente en forma natural, mejorando su actividad microbiológica.

1.1.5. TIPOS DE GUANO DE ISLA

PROABONOS (2007), señala que actualmente sólo se comercializa un solo tipo de Guano que es el "virgen" o "bruto" que luego de ser sometido a un proceso artesanal de tamizado se le denomina Guano de Isla "Natural" con un contenido de 10 -14% (N), 10 – 12% (P_2O_5) y 2 – 3% (K_2O), elementos secundarios (hierro, zinc, cobre, magnesio, boro y molibdeno) y carga microbiana (bacterias nitrificantes y hongos).

Se presentan en sacos de polipropileno laminado de color crema, con bandas laterales color verde con la inscripción de Guano de Isla "Natural" en color negro, con la palabra "ARTESANAL" en letras de color rojo a manera de franja y peso de 50 kg.

1.1.6. EMPLEO DEL GUANO DE ISLA COMO ABONO.

ENCI citado por Casas (2007), menciona que el Guano de Isla para su descomposición en el suelo debe poseer cierta flora microbiana, esta flora varía considerablemente según el tratamiento que este ha sufrido, así el Guano secado al horno contiene pocos micro organismos, siendo el fresco rico en nitro bacterias.

Camasca (1984), señala que la utilización del guano de isla como abono en la producción de hortalizas debe ser aplicada pulverizado a una profundidad de al menos 10cm, a fin de evitar la pérdida de amoniaco bajo la forma de carbonato. A pesar de que la materia orgánica del guano se nitrifica rápidamente en los suelo, es deseable para iniciar la nutrición nitrogenada en las plantas, aplicar conjuntamente con el guano, un tercio de nitrógeno, bajo la forma de nitrato de preferencia salitre potásico a fin de compensar parcialmente la pobreza del guano en potasio.

La asociación del Guano de Isla y abonos verdes es excelente para llevar rápidamente el contenido de un suelo en materia orgánica. Igualmente el guano de islas proporciona una mayor eficiencia de acción a los abonos compuestos, si son aplicados conjuntamente. El Guano de Isla puede ser aplicado antes o en mezcla con las clases de abono compuesto.

1.1.7. PRECAUCIONES EN EL USO Y ALMACENAMIENTO.

PROABONOS (2007), menciona que bajo ninguna modalidad de uso, y en cualquier cultivo, evite que el Guano de Isla entre en contacto con las raíces de las plantas, pues estas se quemarán por el alto contenido de materia orgánica (44.64%) en transformación, lo cual produce gran cantidad de calor.

Usar las dosis recomendadas y evite el gasto innecesario del Guano, ya que aplicaciones excesivas no aumentarán los rendimientos.

En cultivos anuales, realizar las aplicaciones lo más pronto posible, según sea el caso: a la siembra, o al trasplante.

Evite que los sacos del guano se mojen con agua u otros líquidos, pues perderán su nitrógeno.

Recordar que una sola aplicación puede servir para dos campañas de cultivo.

La experiencia nacional, a través de los años, confirma la calidad del guano de Isla como el fertilizante para los cultivos más exigentes.

1.2 MICROORGANISMOS EFECTIVOS NATURALES (MEN).

1.2.1. GENERALIDADES.

Higa (1993), manifiesta que el concepto de Microorganismos Efectivos (EM) fue desarrollado por el Dr. Teuro Higa de la Universidad de Ryukyu de Japón en los años de 1980, después de realizar investigaciones sobre como superar los peligros del cultivo continuo y mantener la calidad de los productos hortícolas. Por esta razón desde los años de 1970, basándose en el significado histórico de los microorganismos en la agricultura japonesa, experimentó con

cultivos mixtos de microorganismos sin obtener resultados planteados por un periodo de 10 años. De cualquier manera, en 1982, la tecnología fue desarrollada y la solución original contuvo alrededor de 5 familias, 10 géneros y 80 especies de microorganismos como bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetes y hongos fermentativos. Esta mezcla desarrollada por el Dr. Higa se basa en contener microorganismos a pH muy bajos en los cuales muchos microorganismos indeseables mueren. Estos tienen un rango diverso de uso en la agricultura, manejo ambiental y en la industria.

Suquilanda (2001), señala que el EM se compone de cultivos mixtos de microorganismos benéficos y que existen naturalmente en la naturaleza, que pueden aplicarse como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana en plantas y suelos. Las investigaciones realizadas han demostrado que la inoculación con los microorganismos contenidos en el EM al ecosistema constituido por el suelo y las plantas puede mejorar la calidad y la salud de los suelos, y el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. El EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas, levaduras y en menor número bacterias fotosintéticas, actinomicetes y otros tipos de microorganismos. Todos ellos mutuamente compatibles unos con otros.

Higa y Parr (1991), mencionan que los EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros.

Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad. El EM, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Chujo (2004), indica que el EM significa Microorganismos Eficientes. EM es una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contiene organismos beneficiosos de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura. Estos microorganismos efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian la micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y ésta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica. Los microorganismos eficientes fueron desarrollados en forma líquida a lo largo de muchos años por el Prof. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, y el estudio se completó en 1982. Al principio, EM



era considerado una alternativa para químicos agrícolas. Pero su uso ahora se ha extendido a aplicaciones en los campos ambiental, industrial y de la salud. Sin embargo, se debe enfatizar que EM no es ni un químico sintético ni una medicina.

Higa (1993), menciona que algunas de las sustancias secundarias que son producidas por los microorganismos del EM son inusitol, ubiquinone, saponinas, polisacáridos de bajo peso molecular, polifenoles y quelatos. Estas sustancias pueden inhibir patógenos, pero permitir el crecimiento de las especies benéficas. Las sustancias antioxidantes son producidas al degradar materia orgánica. Estas sustancias desionizan sustancias peligrosas, desintoxican y quelatan minerales pesados, además inducen a los microorganismos a liberar enzimas descomponedores como la lignina peroxidasa. El EM no debe considerarse como un fungicida, pues es una medida biológica para suprimir o controlar patógenos a través del incremento de la competencia y antagonismo.

1.2.2. TIPOS DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA SOLUCIÓN DE EM.

Higa y Parr (1991), Suquilanda (2001), mencionan que los principales grupos de microorganismos presentes en el EM son: Bacterias fototrópicas, bacterias acidolácticas, levaduras y actinomicetos.

Bacterias Fototrópicas:

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 fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces. Asimismo llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Bacterias Ácido Lácticas:

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. El ácido láctico ayuda a solubilizar la materia orgánica.

Levaduras:

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototrópicas, 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 Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Actinomicetos:

Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas.

1.2.3. MODO DE ACCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS.

Higa y Parr (1991), indican que, los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. 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.

1.2.4. APLICACIÓN DE MEN EN LA AGRICULTURA.

Higa y Parr (1991), mencionan que los Microorganismos Eficientes como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

En 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 rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

En las plantas:

- Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.

- 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.
- Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

En los suelos:

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- **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 los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
- **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 radicular.

- 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.

1.2.5. LOS MEN Y SU ACCIÓN SOLUBILIZANTE DE LA MATERIA ORGÁNICA.

Higa y Parr (1991), indican que los ME tienen 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.

Estos microorganismos efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian la micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y ésta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus.

1.3. EL CULTIVO DE LA PAPA.

1.3.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PAPA.

Según Hawkes citado por Vásquez (1988), comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca, a 3800 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera de los andes, América del Sur, en la frontera de Bolivia y Perú, donde esta planta evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, presentando una gran variabilidad. La planta llega a Europa en el siglo XVI por dos vías diferentes: una fue España hacia 1570, y otro fue por las Islas Británicas entre 1588 y 1593, desde donde se expandió por toda Europa.

En el continente americano hay unas 200 especies de papa silvestre, pero fue en los Andes centrales donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar el primero de lo que habría de convertirse, en los milenios siguientes, una asombrosa variedad de cultivos del tubérculo. En realidad, lo que hoy se conoce como "papa" (*Solanum tuberosum ssp*) contiene apenas un fragmento de la diversidad genética de las siete especies reconocidas de papa y las 5.000 variedades que se siguen cultivando en los Andes.

1.3.2. TAXONOMÍA.

De acuerdo a Egúsqiza (2000), la papa se clasifica taxonómicamente de acuerdo a sus características florales de la siguiente manera:

- Reino : Vegetal
- División : Fanerógamas
- Sub. División : Angiosperma
- Clase : Dicotiledónea
- Sub. Clase : Simpétala
- Orden : Tubiflora
- Familia : Solanáceas
- Genero : Solanum
- Sección : Petota
- Serie : Tuberosa
- Especie : Solanum tuberosum
- Variedad : Yungay
- Numero cromosómico : $2n = 4X = 48$.

1.3.3. MORFOLOGÍA DE LA PAPA.

Lira (1994) menciona que el estudio de la morfología de la papa tiene especial importancia para la identificación de variedades, igualmente para el productor y el comprador en la identificación de variedades existentes en el mercado.

Planta:

Ezeta (1986), manifiesta que la planta es un organismo especializado en el almacenamiento de productos de la fotosíntesis (almidón). Por lo tanto,

una apropiada producción de tubérculos depende de que la fotosíntesis sea mayor que la respiración.

Inicialmente la planta de papa distribuye los productos de la fotosíntesis hacia el crecimiento y desarrollo de sus tallos, hojas, raíces, estolones, flores y frutos, esta etapa es conocida como Etapa de Crecimiento Vegetativo – Reproductivo. Cuando estos centros de crecimiento reducen su requerimiento de productos de la fotosíntesis, estos se almacenan dando inicio a la etapa de tuberización.

La planta de papa es de naturaleza herbácea y consta de un sistema aéreo y un sistema subterráneo.

Brote:

El brote es un tallo que se origina en el ojo del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en las que se ha almacenado el tubérculo.

Cuando se siembra el tubérculo los brotes aceleran su crecimiento y, al salir a la superficie del suelo, se convierten en tallos. No es deseable la presencia de brotes cuando el tubérculo se comercializa para consumo. Es deseable la presencia de brotes cuando se comercializa para semilla (Egúsquiza, 2000).

Tallo:

La planta de papa es un conjunto de tallos aéreos y subterráneos, el tallo principal se origina del brote del tubérculo semilla, el tallo secundario se origina de una yema subterránea del tallo principal. El tallo estolonífero se

origina de un estolón que toma contacto con la luz, la rama se origina de una yema aérea del tallo principal. El tubérculo es el tallo que almacena sustancias (Egúsqüiza, 2000).

Raíz:

Ezeta (1986), menciona que las raíces formadas a partir de tubérculos desarrollan en los primeros 20 cm. de profundidad y se extienden lateralmente de 30 a 60 cm. Son fibrosas muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y solo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.

Lira (1994), señala que el sistema radicular cumple la función importante de absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo, la planta no tendrá buen desarrollo si no hay buen desarrollo de raíces. Es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua que se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso.

Hoja:

Es la estructura que sirve para captar y transformar la energía luminosa en energía alimenticia. La cantidad de folíolos de la hoja determina su disectividad (cantidad de folíolos). La superficie de las hojas es la fuente de energía que utiliza la planta de papa para el crecimiento, desarrollo y almacenamiento. (Egúsqüiza, 2000).

Flor:

Ezeta (1986), menciona que es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual. Desde el punto de vista agrícola, las características de la flor tienen importancia para la diferenciación y reconocimiento de variedades. Se presentan en grupos que conforman la inflorescencia. Cada flor se presenta al final de las ramificaciones del pedúnculo floral (pedicelos).

El pedicelo está dividido en dos partes por un codo denominado articulación de pedicelos o codo de abscisión. Las características de la flor son constantes pero la floración y la fertilidad del polen y del óvulo pueden ser modificados por el ambiente (Variedad, Suelo. Humedad relativa. Temperatura del ambiente. Intensidad de luz. Duración de la luz). Estrada (1995), menciona que la papa es una planta autógama, siendo su androesterilidad muy frecuente, a causa de los abortos de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc., luego forman una baya donde se desarrollan las semillas. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y se inicia la primera floración, al mismo tiempo se inicia el crecimiento de una rama o se acelera el crecimiento de un tallo secundario en cuyo extremo crecerá otra inflorescencia que da la apariencia de una segunda floración.

Fruto y Semilla:

El fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla, conocida como semilla sexual, es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro. Cada semilla tiene la facultad de originar una planta que, adecuadamente aprovechada, puede producir cosechas satisfactorias (Egúsquiza, 2000).

Ezeta (1986), señala que la semilla de papa son de dos clases: semilla sexual o botánica y semilla asexual como plántulas in Vitro, brotes, esquejes de tallo, tubérculos. La semilla de papa es una estructura botánica que se encuentra en condición disponible, económica y oportuna para regenerar una nueva planta de papa sana, productiva y con las características de la variedad elegida.

Estolón:

Es un tallo subterráneo que se origina de la yema del tallo subterráneo. El extremo del estolón tiene la forma de gancho. Es un tallo especializado en el transporte de sustancias producidas en las hojas y que se almacenan en los tubérculos en forma de almidones. El número y longitud de estolones depende de la variedad, del número de tallos subterráneos y de todas las condiciones que afectan el crecimiento de la planta. Los estolones crecen a través de una continua división celular y elongación, los estolones crecen siempre hacia abajo del suelo pero en algunos casos escapan hacia afuera y se convierten en tallos aéreos (Egúsquiza, 2000).

Tubérculo:

Según Egúsquiza (2000), es la porción apical del estolón cuyo crecimiento es fuertemente comprimido y orientado hacia los costados. El tubérculo de papa es el tallo subterráneo especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón).

Lira (1994), manifiesta que son los órganos comestibles de la papa, están formados por tejido parénquimático donde se acumulan las reservas de almidón, en las axilas de estas se sitúan las yemas de crecimiento llamados ojos dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo. Para que haya tuberización la planta debe haber desarrollado una cantidad de follaje suficiente para producir excedentes de azúcar, la planta debe recibir estímulos de temperaturas bajas, la planta no debe sufrir de limitaciones o déficit de agua, debe haberse reducido el abastecimiento de nitrógeno de lo contrario seguirá el crecimiento aéreo y se retrasa el inicio de tuberización, los días deben durar de 10 a 12 horas y la luminosidad determinara la calidad del producto, en zonas de días nublados se reduce la cantidad de sólidos totales y se hace aguachenta y donde hay mejor calidad de luz la papa es harinosa.

1.3.4. VALOR NUTRITIVO.

La papa es un alimento, muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no despreciable de proteínas, presentando éstas un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal. Sobre la composición química de la papa podemos mencionar en las siguientes tablas:

Tabla 1.1 Valor nutritivo de la papa

	Energía (Kcal)	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Glúcidos (%)	Fibra Bruta (%)	Cenizas (%)
Papa cruda	80,4	78,0	2,1	0,1	18,5	2,1	1,0
Papa seca	321,8	11,7	8,4	0,4	74,3	8,4	4,0

Fuente: Woolfe (1987).

Tabla 1.2 Componentes orgánicos y minerales en la papa

componentes	Vitamina A (mg)	Ac. Ascórbico (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Ac. Nicotínico (mg)	Folatos (mg)	Fe (mg)	Ca (mg)	K (mg)
cantidad	<0,1	20	0,16	0,16	2,27	7	0,6	4,5	440

Fuente: Mataix y Cerezo (1995).

1.3.5 IMPORTANCIA DEL CULTIVO.

La papa constituye el cuarto alimento de mayor consumo en el mundo y su producción a nivel mundial, es de unos 320 millones de toneladas por año. Su cultivo se encuentra presente en más de cien países. La papa tiene alto contenido de carbohidratos lo que la posiciona como un alimento de alto valor energético. Su valor nutritivo incluye también aporte de vitamina. Existen más de 4.000 variedades de papa, lo que muestra la gran diversidad genética que presenta este cultivo. Esta riqueza en diversidad ha sido preservada, en gran medida, gracias a las prácticas tradicionales de los agricultores en los centros de origen de la papa (Región Andina). Los hábitos de trabajo de los pequeños productores ubicados en la región andina respecto al cuidado de las semillas son los que han permitido el mantenimiento de la gran cantidad de variedades de este cultivo, adaptadas a distintas altitudes, temperaturas y suelos. Las variaciones son en tamaño, color, forma o textura. Este cultivo constituye un recurso alimenticio y económico importante para los campesinos, pero también tiene un fuerte valor social ya que Culturas enteras se han desarrollado alrededor de la papa. Se conoce de la importancia que tiene este tubérculo para la salud y la alimentación humana. Señala que las papas de color amarillo, rojas y negras, que son papas nativas, tienen altos contenidos de antioxidantes, con efectos altamente positivos para la salud humana, pues combaten a los radicales libres que afectan al ser humano y que son los que ocasionan enfermedades degenerativas como el cáncer, la presión alta y el colesterol.

Científicos de la Universidad de Wisconsin lograron determinar que la papa se cultivó por primera vez en el sur de Perú hace más de 7 mil años. Todas las variedades de papa cultivadas actualmente se remontan a esa única fuente. Según el INIEA (2007), la papa es un producto básico en la alimentación peruana e ingrediente fundamental de alto valor nutritivo de miles de recetas gastronómicas en todo el mundo. Por ser fuente de importantes calorías, vitaminas, proteínas y minerales de buena calidad es recomendada por los nutricionistas para el desarrollo humano. Hoy en día la patata constituye un alimento fundamental en la dieta del hombre, además se emplea como planta forrajera e industrial suministradora de alimento para el ganado y de materia prima para la industria del almidón.

1.3.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Moreno (1999), menciona los siguientes requerimientos para la papa:

Temperatura.

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18°C. Al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7°C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la patata, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta

a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

Helada.

La papa es un cultivo bastante sensible a las heladas tardías, ya que produce un retraso y disminución de la producción. Si la temperatura es de 0 °C la planta se hiela, acaba muriendo aunque puede llegar a rebrotar. Los tubérculos sufren el riesgo de helarse en el momento en que las temperaturas sean inferiores a -2 °C

Humedad Relativa.

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva.

Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta

Luz.

La luz tiene una incidencia directa sobre el fotoperíodo, ya que induce la tuberización. Los fotoperíodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento. Además de influir sobre el rendimiento final de la cosecha. En las zonas de clima cálido se emplean cultivares con fotoperíodos críticos, comprendidos entre 13 y 16 horas. La

intensidad luminosa además de influir sobre la actividad fotosintética. Favorece la floración y fructificación.

Fotoperíodo.

Es bien marcado en el crecimiento de los estolones, floración y tuberización. Las especies y variedades de papa crecen más en los días largos y disminuyen su crecimiento cuando los días se acortan.

La cantidad de flores es abundante cuando los días son más largos. El inicio de tuberización ocurre mas temprano bajo condiciones de días cortos, es mas violenta y alcanza tempranamente su madurez (Ezeta, 1986).

Suelos.

Es una planta poco exigente a las condiciones edáficas, sólo le afectan los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo.

La humedad del suelo debe ser suficiente; aunque resiste la aridez, en los terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado, el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente. Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula y poco sabrosos y conservables. Prefiere los suelos ligeros o semiligeros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo. Soporta el pH ácido

entre 5.5-6, ésta circunstancia se suele dar más en los terrenos arenosos. Es considerada como una planta tolerante a la salinidad.

Agua.

Los requerimientos de agua varían dependiendo la variedad entre 300 y 1000 m m. Las características climáticas de una zona de producción determinan la temporada de lluvias o la temporada donde existe reserva de agua para el cultivo no se debe sembrar en zonas donde exista escasez de agua. La excesiva humedad en el periodo de desarrollo de los tubérculos ocasiona pudrición y rajaduras produciendo baja calidad del producto.

Altitud.

Se puede cultivar desde 0 a 4200 metros sobre el nivel del mar.

Sanidad.

Las condiciones climáticas favorecen la presencia de determinadas plagas y enfermedades, la siembra se realiza en épocas de ausencia de lluvias para evitar daños de "rancha".

1.3.7. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PAPA.

PREPARACIÓN DE TERRENO:

La preparación puede realizarse en forma mecánica, con tracción animal o labranza mínima dependiendo de las condiciones donde se siembre. Lo recomendable es realizar operaciones de arado y rastra; adicionalmente cuando se tengan terrenos con pendientes, es necesario

sembrar en curvas a nivel para evitar erosión del terreno, y cuando se tengan terrenos con problemas de inundación o terrenos no nivelados, es necesario hacer un sistema de drenajes que incluyan los drenes interiores y drenes recolectores, para evitar anegamiento dentro del cultivo.

Es aconsejable esperar 15 a 30 días entre aradas, a fin de permitir una adecuada descomposición de los residuos vegetales incorporados en cada labor. Se debe realizar las labores de rastra a una profundidad de 10 a 15 cm para establecer condiciones favorables para la germinación y crecimiento de la planta. No es aconsejable trabajar cuando exista exceso de humedad, para evitar una compactación del suelo, o deficiencia de humedad.

SIEMBRA:

La siembra es la instalación del campo de papa. Una buena siembra es aquella en la que las plantas emergen uniformemente y en el tiempo más corto posible. Normalmente las plantas emergen a la tercera o cuarta semana después de la siembra.

ÉPOCA DE SIEMBRA:

La época de siembra varía de unas zonas a otras, resultando fundamental para el éxito del cultivo. Esta decisión se basa en el estado de humedad del suelo y en su contenido en agua.

PROFUNDIDAD DE SIEMBRA:

La profundidad de siembra deberá estar en torno a los 7-8 cm; profundidades mayores retardan la emergencia y profundidades superficiales incrementan el riesgo de enverdecimiento.

DENSIDAD:

La distancia de siembra entre surcos es a una distancia de 1.0 - 1.2 m, los tubérculos se colocan a una distancia de 0.4 - 0.5 m, La elección de la densidad de plantación no tiene influencia directa sobre el rendimiento global de la producción, aunque si la densidad es muy elevada, puede dar lugar a tubérculos más pequeños, debido a una mayor competencia por la luz, agua y nutrientes.

MATERIAL DE SIEMBRA:

La plantación se realiza mediante tubérculos enteros o partes de éstos. Lo ideal es plantar tubérculos enteros, de tamaño promedio de 60 gramos. Las papas de siembra gruesas dan muchos tubérculos de tamaño medio, y las pequeñas con pocas yemas, producen pocos tubérculos, pero suelen ser de gran tamaño.

ABONAMIENTO:

La aplicación de abonos (fuentes orgánicas) y fertilizantes (fuentes inorgánicas) al suelo tiene por objeto proporcionar los nutrientes que requieren las plantas para su correcto crecimiento y producción. De otra manera, la aplicación de abonos y fertilizantes se realiza para restituir al suelo lo que extrae la cosecha de papa. Antes de hacer cualquier abonamiento, se recomienda hacer un análisis de suelo.

Abonos Son importantes porque mejoran las características del suelo, crean condiciones para el desarrollo de microorganismos benéficos, favorecen el crecimiento de raíces y contribuyen en la retención del agua y nutrientes.

Los abonos deben utilizarse una vez descompuestos y, si fuera posible emplearlos una vez descompuesto en forma de compost.

MANEJO DE MALEZAS:

Las malezas o malas hierbas son otras plantas que compiten con las plantas de papa en el uso del espacio, agua y nutrientes; por otro lado, las malezas pueden ser hospederos de patógenos que causan daños al cultivo de papa. Siendo así, es recomendable mantener densidades muy bajas de malezas y si el campo de papa estuviera dedicado a la producción de semillas, debe estar libre de malezas.

APORQUE:

Es el traslado de tierra al cuello de las plantas de papa. En muchos lugares de la sierra se denomina segundo cultivo. El aporque eleva la altura de los camellones, profundiza el surco de riego y aísla las raíces, estolones y tubérculos de las plagas que proceden del exterior. Oportunidad del aporque: Se realiza cuando las plantas alcanzan entre 25 y 30 cm de altura. El aporque es muy dependiente de las condiciones de lluvia (muchas veces debe aprovecharse un periodo de "escampe" en el que hay ausencia de lluvia y el suelo se encuentra con humedad apropiada).

Los objetivos del aporque son principalmente de carácter sanitario porque se procura alcanzar los siguientes resultados:

1. Aislar los tubérculos del daño de "gusaneras" (gorgojo de los andes, polillas, gusanos de tierra, etc.).
2. Aislar los tubérculos para reducir el daño de ranchar que se traslada desde el follaje.

3. Aislar los tubérculos de los excesos de agua de lluvia.
4. Aislar los tubérculos del daño de pudriciones causadas por bacterias.
5. Cubrir de tierra los tubérculos para reducir el verdeamiento.

El aporque debe ser hecho en su oportunidad y este momento se determina escarbando cuidadosamente y observando la zona subterránea de las plantas en varios lugares del campo. El inicio del crecimiento de los estolones determina el momento de hacer el aporque.

Hay que tener presente que los tubérculos se forman en el extremo, los estolones emergen y se convierte en tallos secundarios los que son prácticamente improductivos.

El aporque debe ser hecho de acuerdo con las características de tuberización del cultivar, es decir, cultivares de tuberización superficial se deben aporcar mas alto que aquellos con tuberización media o profunda. Lo mismo cultivares de tuberización temprana se aporcaran antes de los tardíos, pero siempre previa observación del inicio del crecimiento de los estolones.

COSECHA:

El escarbe o cosecha es la actividad de extracción de los tubérculos. La modalidad de cosecha (mecanizada, con yunta o manualmente) son las más empleadas y la eficiencia de cada una de ellas está determinada por la velocidad de extracción y el porcentaje de tubérculos que se quedan bajo tierra.

Las practicas más recomendable para proteger los tubérculos de las infecciones tardías, es por escape a la enfermedad a atreves de la cosecha

temprana. Para realizarse con mejores resultados es necesario conocer la curva de tuberización de la variedad cultivada, el modo de matar el follaje apenas cese el crecimiento de los tubérculos.

TAMAÑO DE TUBÉRCULO:

Se cosecha cuando los tubérculos han alcanzado el tamaño deseable para su comercialización. En este caso e cosecha adelantada se procura evitar un excesivo sobrecrecimiento de los tubérculos.

La cosecha se realiza cuando la planta está madura, cuando no muestra hojas verdes y, sobre todo cuando los tubérculos están maduros (Piel firmemente adherida a la pulpa).

SELECCIÓN DE TUBÉRCULOS:

En la selección de la semilla, se debe tener en mente que los tubérculos serán almacenados por algunos meses y que bastaran unos cuantos infectados o podridos para contagiar a muchos de los adyacentes o vecinos de almacén; asimismo, que a la siguiente estación de cultivo infestado nuevos campos causado cada vez mayores problemas, daños y pérdidas en el cultivo. Por esta razón la selección de semillas debe realizarse inmediatamente después de la cosecha y estar dirigida a eliminar especialmente todos los tubérculos infectados sea por hongos, bacterias o nematodos y aun los sospechosos de infección, lo mismo que los deformados " ciegos", con rajaduras o depresiones, crecimiento secundarios, y en general todos aquellos que no se ajusten a las características del tubérculo- tipo de la variedad.

CLASIFICACIÓN DE SEMILLA:

Una vez eliminados todos los tubérculos indeseables, se debe proceder a la clasificación de la semilla.

En un semillero, donde todas las técnicas y métodos han sido dirigidos para lograr tubérculos con alto grado de sanidad, identidad y pureza varietal y fisiológicamente aptos para originar plantas con similares características y con gran capacidad de producción se debe proponer al empleo de toda su producción como semillas de la mas alta calidad, siempre de acuerdo a los parámetros que determinan la ley general de semillas y su reglamento.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EXPERIMENTO.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en dos etapas, por lo que se ocuparon dos ambientes diferentes de la siguiente forma:

- La fase de la incubación del Guano de Isla se realizó en el invernadero del Área de Suelos, Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en Ayacucho a 2750 msnm cuyas coordenadas son 13°09'56" Latitud Sur y 74°13'40.2" Longitud Oeste.
- La fase de campo se realizó en el Centro Experimental Canaán-UNSCH a 2.0 km, al este de la Ciudad de Huamanga, entre las coordenadas 13° 19' de Latitud Sur, 74° 12' de Longitud Oeste, a una

altitud de 2 750 msnm., en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

En el terreno utilizado para el presente trabajo, durante la campaña anterior se sembró maíz variedad morado, con abonamiento sintético 80 – 80 – 80 de NPK más 3 sacos de guano de isla, luego descansó aproximadamente dos meses, antes de la preparación del terreno.

2.3. ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO.

Con la finalidad de conocer la composición química del suelo, se tomó una muestra representativa de la parte superficial (20 cm), la que fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Características físicas y químicas del suelo. Canaán –
UNSCH, 2750 msnm. Ayacucho, 2009.

Característica	Unidad	Valor	Método	Interpretación
pH		7.40	Potenciometría	Ligeramente alcalino
M.O	(%)	0.78	Walkley Black	Bajo
N – Total	(%)	0.04	Kjeldhal	Bajo
P – Disp	(ppm)	17.20	Bray – Kurtz	Medio
K – Disp	(ppm)	164.1	Turbidimetría	Alto
Arena	(%)	43.6	Hidrómetro	
Limo	(%)	20.9		
Arcilla	(%)	35.5		
Clase Textural			Triángulo Textural	Franco - Arcilloso

2.4. ANÁLISIS QUÍMICO DEL GUANO DE ISLA.

Para la determinación de las características químicas del Guano de Isla, se tomó una muestra representativa de la misma, para su análisis respectivo en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El resultado de este análisis se muestra en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Características químicas del Guano de Isla empleado en el experimento.

pH	%M.O	%N.L.T.	%P ₂ O ₅	% K ₂ O
5.81	10.02	10.76	2.76	1.43

2.5. CONDICIONES CLIMATICAS.

Los datos climatológicas que se presenta para este trabajo de investigación correspondiente a la estación meteorológica ubicada a 2772 msnm en la ciudad universitaria (papa del arco), Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, dicha estación es propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, dicha estación meteorológico se encuentra a solo 20 metros, por lo tanto, es representativa para el campo experimental cabe mencionar que los cálculos realizados en la evapotranspiración potencial se efectuó mediante la metodología propuestas por la oficina Nacional d evaluación de los recursos Naturales (ONERN,1987). Las características de temperaturas y precipitación durante el periodo setiembre 2012 a agosto del 2013 se presentan en el cuadro 2.3 y el figura 2.1, durante este periodo la precipitación total alcanzó los 682.10 mm; las condiciones de temperatura máxima, media y mínima promedio anual fueron de 24.49 °C ,16.38 °C y 8.27 °C, respectivamente.

En el balance hídrico correspondiente, presenta condiciones húmedas los meses de Diciembre del 2012 y Enero, Febrero, Marzo del 2013, es decir, que en los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre del 2012 y Abril,

Mayo, Junio, Julio, Agosto del 2013 hubo un déficit de humedad (Cuadro 2.3 y Figura 2.1).

Como se puede observar en el balance hídrico, las condiciones de humedad favorecieron a nuestro cultivo de papa, ya que el periodo vegetativo del cultivo en mención fue de Noviembre del 2012 a mayo del 2013.

Cuadro 2.3: Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico promedio mensual que corresponde a la campaña agrícola 2012-2013, Estación Meteorológica Pampa del Arco (UNSCH) - Ayacucho.

Distrito :	Ayacucho	Altitud :	2772 msnm.
Provincia :	Huamanga	Latitud :	13° 08' S
Dpto. :	Ayacucho	Longitud :	74° 13' W

AÑO	2012 - 2013												Total	Promedio.
	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.		
Meses														
T° Máxima (°C)	25.10	26.90	26.70	22.80	24.00	23.80	23.60	25.10	24.50	23.50	23.00	24.90		24.49
T° Mínima (°C)	7.20	9.50	10.40	11.40	9.70	11.30	10.80	7.00	6.20	5.90	4.70	5.10		8.27
T° Media (°C)	16.15	18.20	18.55	17.10	16.85	17.55	17.20	16.05	15.35	14.70	13.85	15.00		16.38
PP (mm)	36.10	28.60	58.70	148.10	98.00	130.40	84.40	20.20	18.80	11.30	14.70	32.80	682.10	
Factor	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96		
ETP (mm)	77.52	90.27	89.04	84.82	83.58	78.62	85.31	77.04	76.14	70.56	68.70	74.40	955.99	79.67
ETP Ajust. (mm)	55.31	64.41	63.53	60.52	59.63	56.10	60.87	54.97	54.32	50.34	49.01	53.08		56.84
H. del Suelo (mm)	-19.21	-35.81	-4.83	87.58	38.37	74.30	23.53	-	-	-39.04	-34.31	-20.28		
Déficit (mm)	-19.21	-35.81	-4.83					-	-	-39.04	-34.31	-20.28		
Exceso (mm)				87.58	38.37	74.30	23.53							

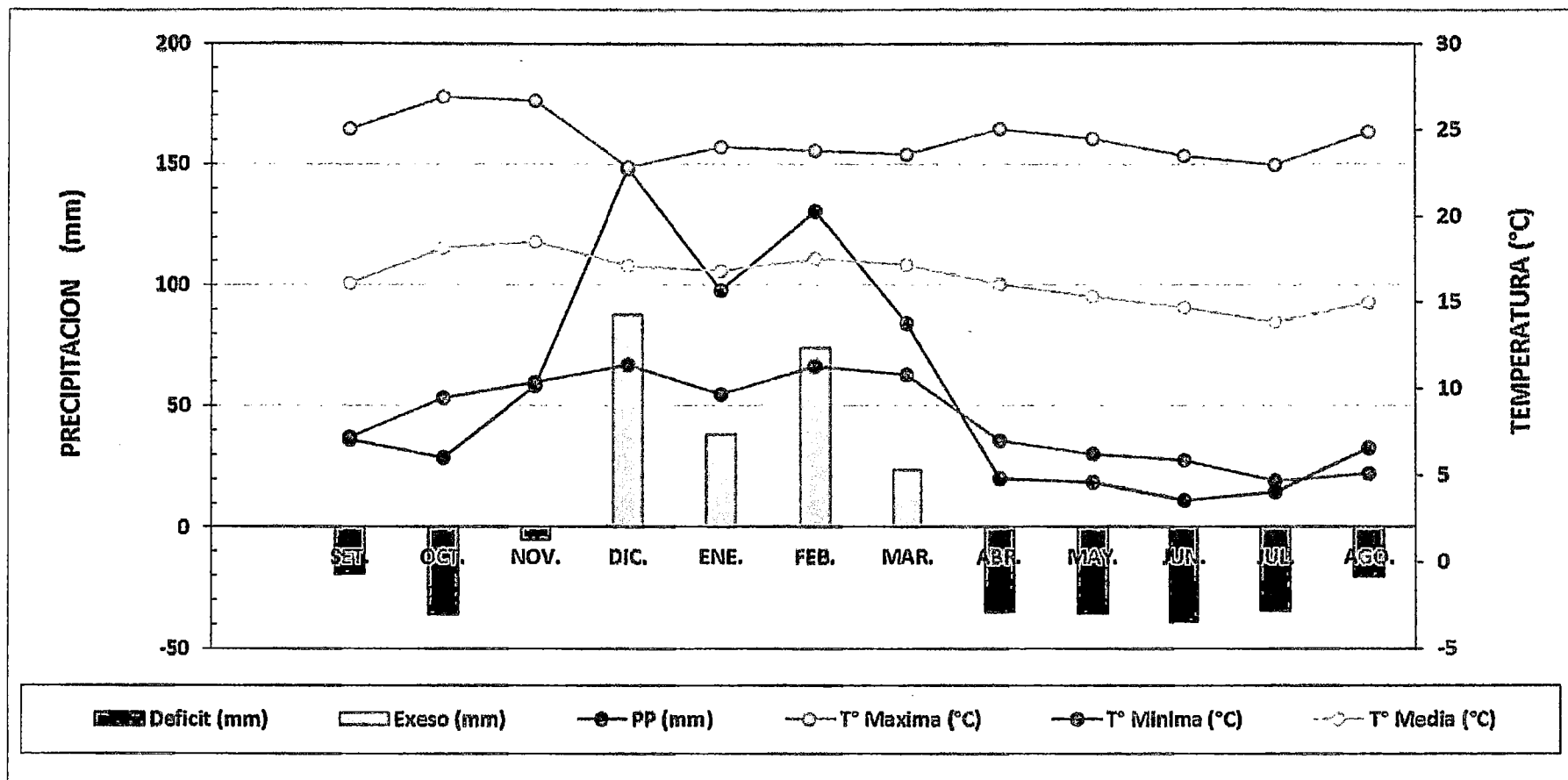


Figura 2.1. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico promedio mensual correspondiente a la campaña agrícola 2012-2013, Estación Meteorológica Pampa del Arco (UNSCH)- Ayacucho.

2.6 PLANTA INDICADORA.

Se utilizó como planta indicadora la papa de la variedad "Yungay" cuyas características son las siguientes:

- Los tubérculos son blanco cremoso brillante, ojos semiprofundos rosadas, pulpa blanca cremosa,
- Planta de porte alto: flores rosadas púrpuras abundantes.
- Período vegetativo medio (5 -6 meses).
- Crecimiento vigoroso y de follaje frondoso.
- Planta muy productiva y de buena calidad comercial.
- Resistente al transporte.
- Adaptación: Sierra central hasta 4000 msnm y Costa central.

2.7. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

2.7.1 OBTENCIÓN DE LA SOLUCIÓN MADRE DE MEN.

Para obtener la solución madre de Microorganismos Eficientes Naturales (MEN), se procedió con su captura, bajo una técnica sencilla, que consistió en colocar frascos con arroz cocido, cubierto con un pedazo de tela nylon sobre la boca del frasco para evitar el ingreso de insectos y sustancias extrañas; el frasco así preparado se depositó en una compostera ubicado en los terrenos del Área de Suelos, durante 2 semanas, periodo después del cual se extrajo el arroz (impregnado de microorganismos), se licuó y se mezcló con 1 litro de melaza y 3 litros de agua, sometiéndose a una fermentación anaeróbica durante una semana,

obteniéndose de esta manera la solución madre de MEN, con un pH de 3.5 (Figura 2.2).

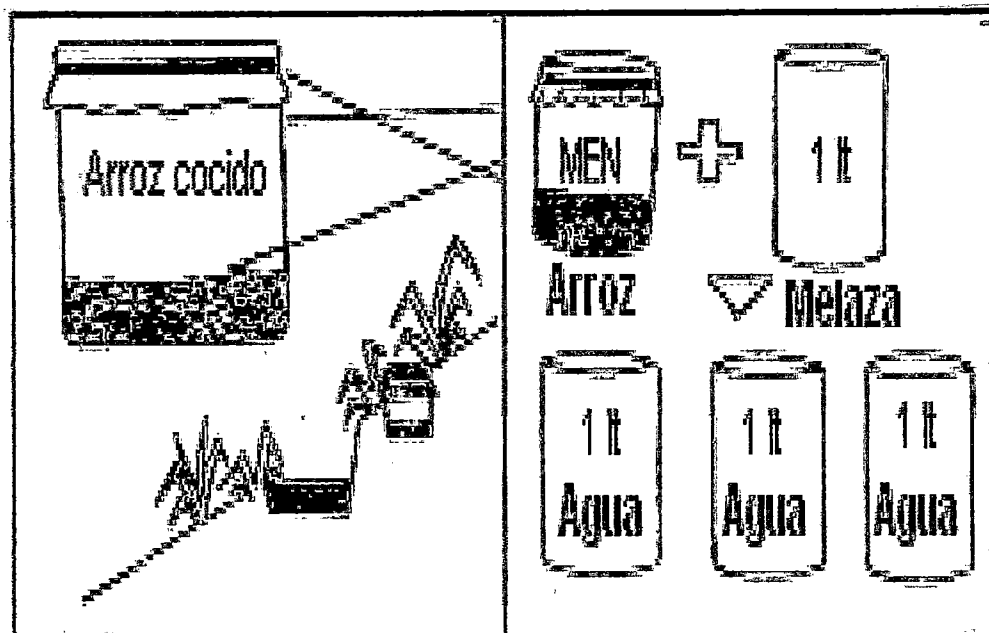


Figura 2.2 Proceso de captura y preparación de la solución madre de MEN

2.7.2 ANÁLISIS BIOLÓGICO BÁSICO DE LA SOLUCIÓN DE MEN.

Gálvez (2009), que realizó el análisis básico de las muestras obtenidas de los capturadotes de microorganismos (Arroz impregnado de microorganismos) y de la solución de MEN (luego de su reproducción), reporta la existencia de microorganismos tanto de bacterias en mayor cantidad y hongos en menor cantidad. Por la analogía del procedimiento y método empleado en la obtención de la solución madre de MEN en el presente trabajo de investigación se asume de igual forma la presencia de diversas colonias de bacterias, las cuales son Gram positivas y Gram negativas de formas

mayormente cocobacilares y cocos, observándose en los hongos las hifas y las conidias.

2.7.3 PROCESO DE INCUBACIÓN DEL GUANO DE ISLA.

Una vez obtenida la solución madre de MEN, se procedió a incubar el Guano de Isla, colocando las muestras en 5 envases. El primero se incubó durante 5 días, el segundo durante 10 días, el tercero durante 15 días y el cuarto durante 20 días; también se incluyó un testigo, que consistió en utilizar el Guano de Isla en su estado original (sin incubación, equivalente a 0 días de incubación).

La incubación consistió en colocar el Guano de Isla en un frasco en cantidades de acuerdo a los requerimientos de cada tratamiento y por cada período de incubación, de tal manera que se contó con cinco frascos a los cuales se le añadió la solución de MEN en una proporción aproximada de peso-volumen de 1:1 para luego con una espátula mezclarlo homogéneamente, posteriormente el frasco se selló herméticamente y se dejó en reposo para su fermentación durante diferentes periodos de tiempo tal como lo detalla la figura 2.3.

Transcurrido los diferentes periodos de tiempo, se abrieron los envases del incubado y se escurrió la solución de MEN sobrenadante para luego proceder a su respectivo secado al medio ambiente y bajo sombra; a medida que las muestras fueron secando, estos fueron disgregados y mullidos progresivamente obteniendo al final del proceso una muestra pulverizada el cual quedó lista para su aplicación en el campo.

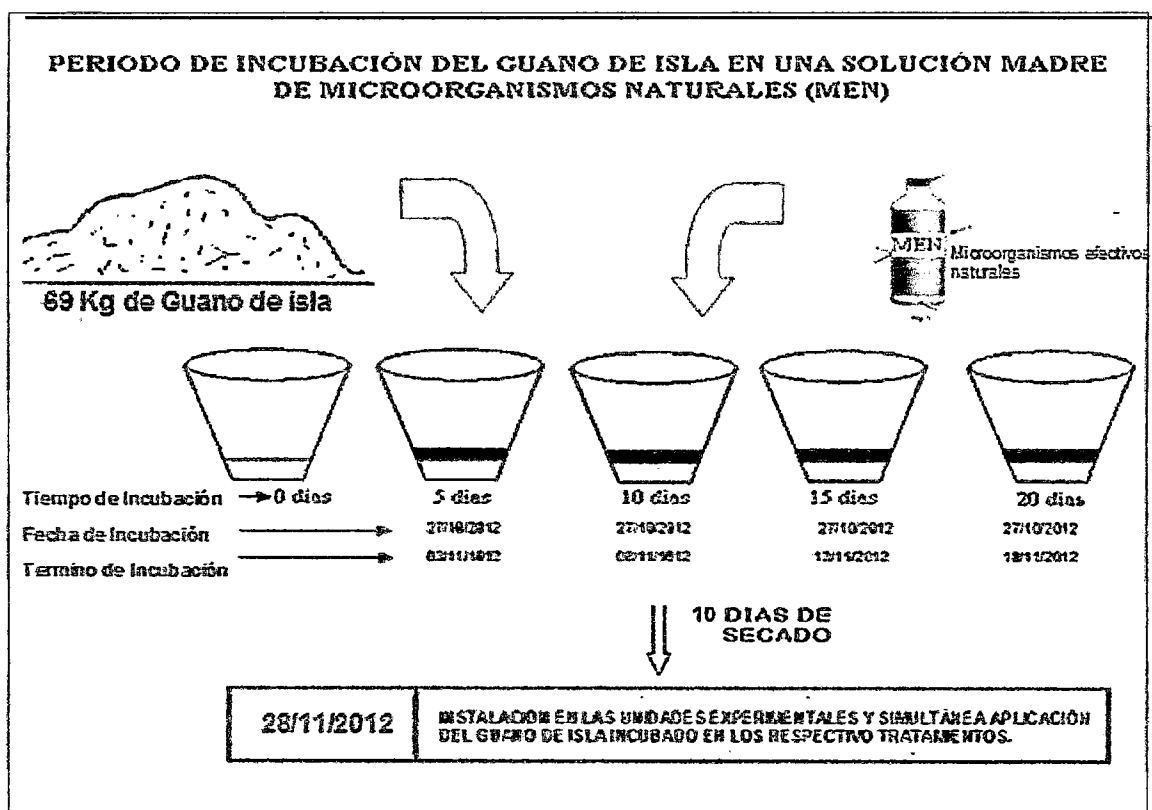


Figura 2.3. Proceso de incubación del Guano de Isla en solución madre de MEN.

2.7.4 PREPARACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Se utilizó un área de 728 m² de manera que el experimento contó con 39 unidades experimentales (13 unidades por bloque), cada parcela fue identificada con etiquetas de acuerdo a los tratamientos, quedando lista para su instalación.

2.8. FACTORES EN ESTUDIO.

Como factores en estudio se han considerado:

- **Tiempo de incubación del Guano de Isla en solución de microorganismos**

(T).

t₁: 0 días.

t₂: 5 días.

t₃: 10 días.

t₄: 15 días.

t₅: 20 días.

- **Niveles de Guano de Isla (G).**

g₁: 50 kg.ha⁻¹.

g₂: 550 kg.ha⁻¹.

g₃: 1050 kg.ha⁻¹.

g₄: 1550 kg.ha⁻¹.

g₅: 2050 kg.ha⁻¹.

Los que se combinaron de acuerdo a la estructura del Diseño 03 de Julio, resultando 13 tratamientos (cuadro 2.5).

2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.

El experimento se condujo utilizando el Diseño 03 de Julio (D3J), para dos factores; los niveles empleados en cada factor se indican en el cuadro 2.5, se plantearon tomando como referencia trabajos de investigación anteriores.

Cuadro 2.4. Tiempo de incubación (días) y nivel de Guano de Isla ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

NIVEL DEL FACTOR EN ESTUDIO			
Nº	X1 Codificado	X1 Tiempo de Incubac. (días)	X2 Nivel de GI ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
1	-2	0	50
2	-1	5	550
3	0	10	1050
4	1	15	1550
5	2	20	2050

La estructura de los tratamientos, de acuerdo al D3J es tal como se indica en el cuadro 2.5.

Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo al diseño de bloques completos al azar (DBCA). Cada tratamiento se repitió tres veces, de manera que el experimento contó con 39 unidades experimentales.

Cuadro 2.5. Estructura de tratamientos en el D3J, para 2 factores.

Tratamiento. Nº	Xi Codificado		Tiempo de Incubación	Nivel de Guano de Isla
	X1	X2	(días) X1	(kg.ha ⁻¹) X2
1	-2	-2	0	50
2	2	-2	20	50
3	-2	2	0	2050
4	2	2	20	2050
5	-2	0	0	1050
6	-1	0	5	1050
7	1	0	15	1050
8	2	0	20	1050
9	0	-2	10	50
10	0	-1	10	550
11	0	1	10	1550
12	0	2	10	2050
13	0	0	10	1050

Considerando la aplicación de 100 kg de Guano de Isla por hectárea, lo que equivalente a 100 kg GI/ 2x10⁶ kg suelo. Por ende se considera el siguiente cuadro.

Cuadro 2.6. Dosis de Guano de Isla y su equivalente en las unidades experimentales.

GI (kg/ha ²)	GI (g/parcela)
50	0.080
550	0.880
1050	1.680
1550	2.480
2 050	3.280

Los tratamientos se distribuirán en diseño completamente al azar (DBCA). Cada tratamiento se repetirá tres veces, de manera que el experimento contará con 39 unidades experimentales (13 unidades por repetición).

Cuadro 2.7. Tiempo de incubación y cantidad de Guano de Isla (kg).

Días de incubación	Cantidad de GI
0 días	15 kg
5 días	6 kg
10 días	26 kg
15 días	6 kg
20 días	16 kg

2.10. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

La ubicación de la parcela se realizó de acuerdo al croquis mostrado en la figura 2.4

Tratamiento		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Días de incubación		0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10
Núcleos de G.L.		50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050
R E P E T I C I Ó N	r1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	r2	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	r3	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
TOTAL :		39 Unidades Experimentales												

Figura 2.4 Croquis de las unidades experimentales

CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Bloques

Número de bloques = 3

Largo de bloques = 52 m

Ancho de bloques = 14 m

Parcelas o unidades experimentales

Número de parcelas por bloque	= 13 parcelas
Número total de parcelas	= 39 Unidades experimentales
Largo de parcelas	= 4 m
Ancho de parcela	= 4 m
Área de parcela	= 16 m ²
Distancia entre surcos	= 1.00m (4 surcos)
Distancia entre golpes	= 0.40m (10 golpes / surco)

Descripción y distanciamiento de parcelas

Peso promedio de tubérculo	= 60 g
Nº de tubérculos en total de parcela	= 1560 unidades
Nº de surcos por parcela	= 4
Distanciamiento entre surco	= 1.00 m
Distanciamiento entre golpes	= 0.40 m

Calle

Nº de calles centrales	= 2
Largo de calle	= 52 m
Ancho de calle	= 1 m

2.11. LABORES AGRONÓMICAS REALIZADAS.

PREPARACIÓN DE TERRENO:

Esta actividad se realizó con la finalidad de mejorar el suelo; consistió en una labranza profunda y mullido correspondiente, para favorecer una buena aireación en el sistema subterráneo.

SURCADO:

Una vez realizado la preparación de terreno, la labor del surcado fue efectuada con una surcadora de tres cajones con un tractor agrícola a una distancia entre surcos de 1.00 m y una profundidad de 0.25 m aproximadamente.

DEMARCACIÓN DEL TERRENO:

Concluido con el surcado, se procedió a demarcar las unidades experimentales, de acuerdo al croquis detallado para el diseño experimental, para lo cual se empleó wincha y estacas de madera de 0.60 m de largo y un diámetro de 0.08 m y posteriormente se colocó hilos de rafia para delimitar calles, bloques y parcelas.

ABONAMIENTO:

Se utilizó el Guano de Isla en una cantidad equivalente a 217 kg de fosfato diamónico (18% de N y 46% P_2O_5) por hectárea. El abonamiento se efectuó de acuerdo a los tratamientos establecidos por el Diseño 03 de Julio (D3J). La

aplicación del abono se hizo al fondo del surco a chorro continuo y luego se procedió con el tapado.

SIEMBRA:

La siembra se efectuó en surcos distanciados a 1.00m; los tubérculos semillas fueron depositados en el fondo del surco a 0.40 m una de otra y a una profundidad no mayor de 0.25 m. Luego los tubérculos se cubrieron con una capa de suelo de 10 a 15 cm.

CONTROL DE MALEZAS:

Se realizó a la sexta semana después de la siembra con la finalidad de dar luz, agua, y espacio al cultivo. De este modo el área experimental (cultivo de papa) se mantiene limpio de malezas hasta el aporque.

APORQUE:

Esta labor se realizó a los 90 días después de la siembra y cuando la planta alcanzó un tamaño de 25 cm después de la siembra.

El aporque se realizó fundamentalmente para evitar la salida de estolones a la superficie, evitar el verdeamiento de los tubérculos.

CONTROL FITOSANITARIO:

Se observó el 10 de abril del 2013 la presencia de la enfermedad fungosa la rancha (*Phytophthora infestans*) y el ataque de la plaga pulgilla de la papa (*Epitrix sp*) para lo cual no se dio ningún tratamiento ya que se trata de una agricultura orgánica.

COSECHA:

Esta actividad se realizó cuando la planta alcanzó la madurez de cosecha, el follaje de la planta ha tomado un color verde amarillento y la piel este bien adherido al tubérculo y cuando los tubérculos han alcanzado el tamaño deseable para su comercialización. La cosecha se realizó en forma manual, haciendo uso de un de la rejilla removiendo la tierra alrededor de las plantas y separando los tubérculos. Luego se procedió con la selección, clasificación y pesado de los tubérculos correspondiente por cada tratamiento. Esta labor se realizó el 20 de mayo del 2013

2.12. VARIABLES EVALUADAS.

2.12.1 RENDIMIENTO DE TUBÉRCULO

Este parámetro fue evaluado en base al peso de los tubérculos/ha⁻¹ producidos y determinar el promedio por cada unidad experimental utilizando una balanza analítica.

2.12.2 CATEGORÍA DE TUBÉRCULOS

Se clasificará la papa de acuerdo al tamaño del tubérculo en: primera, segunda y tercera.

Los rangos por categorías son:

- | | |
|------------|-----------------|
| 1. Primera | : 138 g a 263 g |
| 2. Segunda | : 53 g a 138 g |
| 3. Tercera | : 20 g a 53 g |

2.12.3 NÚMERO DE TÚBERCULOS

Se realizó el conteo de los tubérculos producidos en cada unidad experimental al momento de la cosecha.

2.13. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los resultados de las variables evaluadas se realizó los análisis estadísticos correspondientes: a) el análisis de varianza, para determinar el efecto de cada tratamiento sobre el rendimiento del cultivo, y b) el análisis de regresión, para determinar la superficie en respuesta en función de los factores en estudio que explique el comportamiento de las variables sobre el rendimiento del cultivo, utilizando la metodología descrita por Tinéo (2014).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DEL RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS.

En el cuadro 01 del anexo se presenta los resultados del rendimiento (kg por parcela) de la papa variedad "Yungay", en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento T4 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubada por 20 días) con un rendimiento de 77.343 kg por parcela; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento T1 (50 kg.ha⁻¹ de G.I. sin incubar), con un rendimiento de apenas 22.960 kg por parcela.

Se debe destacar el hecho de que en los tratamientos T5 al T8 que recibieron los mismos niveles de abonamiento (1050 kg.ha⁻¹), pero con diferentes días de incubación en solución de MEN (0, 5, 10, 15 y 20 días), los

rendimientos se incrementan a medida del periodo de incubación; así con el tratamiento T5 (1050 kg.ha⁻¹ de GI sin incubar) se consiguió sólo un rendimiento de 28.94 kg por parcela, mientras que con el tratamiento T8 (1050 kg.ha⁻¹ de GI incubado por 20 días) se obtuvo un rendimiento de 52.01 kg por parcela; esta diferencia sustancial en cuanto al rendimiento del tubérculo se debe básicamente al efecto de la incubación del GI en la solución de MEN. Estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto positivo de los microorganismos efectivos naturales (MEN) en la solubilidad del guano de isla, que se traduce en la obtención de mejores rendimientos del tubérculo de la papa variedad "Yungay".

El cuadro 3.1 del ANVA muestra diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos. Esto demuestra la influencia de los niveles de Guano de Isla y del tiempo de incubación en el rendimiento de tubérculos de la papa variedad "Yungay".

Cuadro 3.1. Análisis de variancia para el rendimiento (kg por parcela) del tubérculo de la papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

F.V.	GL	SC	GM	Fc	Pt > F
Tratamiento	12	7526.528697	627.210725	179.49	0.0001**
Error	26	90.853600	3.494369		
Total	38	7617.382297			

C.V. = 5.12%

La prueba de Duncan (cuadro 3.2), señala que el rendimiento más alto (77.343 kg por parcela) corresponde al tratamiento T4 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 20 días), superior a los obtenidos por los tratamientos T8 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 20 días), T12 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 10 días), T11 (1550 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado 10 días), T7 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 15 días), T3 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 0 días), T13 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado 10 días) y T2 (50 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 20 días). Por otro lado los rendimientos más bajos (25.700, 24.753 y 22.960 kg por parcela) se obtuvieron con los tratamientos: T10 (550 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 10 días), T9 (50 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 10 días), y T1 (testigo: 50 kg.ha⁻¹ de G.I. sin incubar), respectivamente; en éstos tratamientos los niveles de abonamiento con guano de isla son mínimas y sometidos a periodos de incubación de 10 a menos días respectivamente.

Cuadro 3.2. Prueba de Duncan para el rendimiento (kg por parcela) del tubérculo de la Papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

Tratamiento	Promedio		Grupo Duncan (0.05)
	Kg/ parcela	t ha^{-1}	
T4 (2, 2)	77.343	48.34	a
T8 (2, 0)	52.013	32.51	b
T12 (0, 2)	41.073	25.67	c
T11 (0, 1)	37.467	23.42	d
T7 (1, 0)	35.203	22.00	d e
T3 (-2, 2)	34.293	21.43	d e f
T13 (0, 0)	33.813	21.13	e f
T2 (2,-2)	31.420	19.64	f g
T6 (-1, 0)	29.910	18.69	g
T5 (-2, 0)	28.937	18.09	g
T10 (0,-1)	25.700	16.06	h
T9 (0,-2)	24.753	15.47	h
T1 (-2,-2)	22.960	14.35	h

Los resultados sugieren que la solución madre de MEN tuvo un efecto positivo en la solubilización del Guano de Isla.; asimismo una mayor cantidad de guano de isla incubada aplicada en el cultivo, se traduce en mayores rendimientos. Esta respuesta probablemente se deba a que una mayor nivel de Guano de Isla incubada en una solución de MEN contiene una mayor cantidad

de nutrientes disponible para la planta, lo que permite que el cultivo los aproveche en todas las etapas de su desarrollo.

En los resultados se pueden hacer comparaciones muy interesantes; como la de los tratamientos que recibieron alta dosis de abonamiento ($2050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de GI): T4 (incubada por 20 días), T12 (incubada por 10 días) y T3 (sin incubar), en los que los rendimientos presentan variación marcada (77.34 41.07 y 34.29 kg por parcela, respectivamente); asimismo, al comparar los tratamientos que recibieron una dosis media de abonamiento ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de G I): T8 (incubado por 20 días), T7 (incubado por 15 días), T13 (incubado por 10 días), T6 (incubado por 5 días), T5 (sin incubar), muestran una variación decreciente (52.01 , 35.20 , 33.81 , 29.91 y 28.94 kg por parcela, respectivamente). Al comparar los Tratamientos con niveles bajos de abonamiento ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de G I) como son el T2 (incubado por 20 días), T9 (incubado por 10 días) y el tratamiento T1 (sin incubar), se observa la misma tendencia (31.42 , 24.75 y 22.96 kg por parcela respectivamente). De estas comparaciones se desprende que todos los tratamientos que muestran rendimientos elevados, poseen mayores niveles de Guano de Isla y han sido tratados por periodos más largo de incubación en solución de MEN, los cuales han tenido una gran influencia positiva en los tratamientos, incluso en los que poseen una dosis baja de abonamiento. Esta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que la solución de MEN tiene un efecto solubilizante en el Guano de Isla. Higa y Parr (1991), mencionan que los microorganismos tienen 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 radicular. La FAO (2007), menciona que la materia orgánica se descompone a través de la actividad de los microorganismos (bacterias, hongos, etc.) que se van alimentando de ella, y al entrar en contacto, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes; estos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumenta la cantidad de humus, esto ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible de la agricultura orgánica. Kuprat (2004), manifiesta que los microorganismos promueven la transformación aeróbica de los compuestos orgánicos, evitando que se liberen gases generadores de malos olores (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos); además incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante ya que durante el proceso de fermentación, se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

El análisis de regresión (cuadro 3.3 y 3.4) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de Guano de Isla incubada (X_2), en el rendimiento de la papa variedad "Yungay", muestra significación estadística para los componentes lineales de ambos factores; por lo que no es posible, con los tratamientos estudiados, determinar los niveles de ambos factores que

maximizan el rendimiento de tubérculos del cultivo de la papa variedad "Yungay". Asimismo los valores para X_1 y X_2 señalan que es posible incrementar los días de incubación así como aplicar mayores niveles de Guano de Isla incubada para posibilitar un mayor rendimiento de tubérculos de papa.

Cuadro 3.3. Análisis de regresión para el rendimiento de tubérculos en la papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
X_1	1	2753.0712 82	2753.071282	76.43	0.0001 **
X_2	1	2082.580021	2082.580021	57.82	0.0001 **
X_{11}	1	633.553284	633.553284	17.59	0.0002 **
X_{22}	1	1.099162	1.099162	0.03	0.8624 NS
$X_1 X_2$	1	897.351075	897.351075	24.91	0.0001 **

Cuadro 3.4. Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de tubérculos en la papa variedad “Yungay”. Canaán (2750 msnm).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	31.90583554	19.87	1.60610507	0.0001 **
X ₁	5.94102564	8.74	0.67954066	0.0001 **
X ₂	5.16717949	7.60	0.67954066	0.0001 **
X ₁₁	2.21950642	4.19	0.52920944	0.0002 ** **
X ₂₂	0.09244760	0.17	0.52920944	0.8624 NS
X ₁ X ₂	2.16187500	4.99	0.43312388	0.0001**

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta) para el rendimiento de tubérculos en la papa variedad “Yungay”:

$$Y = 31.90583554 + 5.94102564X_1 + 5.16717949X_2 + 2.21950642X_1^2 + 0.09244760X_2^2 + 2.16187500X_1 X_2 + e$$

El gráfico de superficie de respuesta se muestra en la figura 3.1.

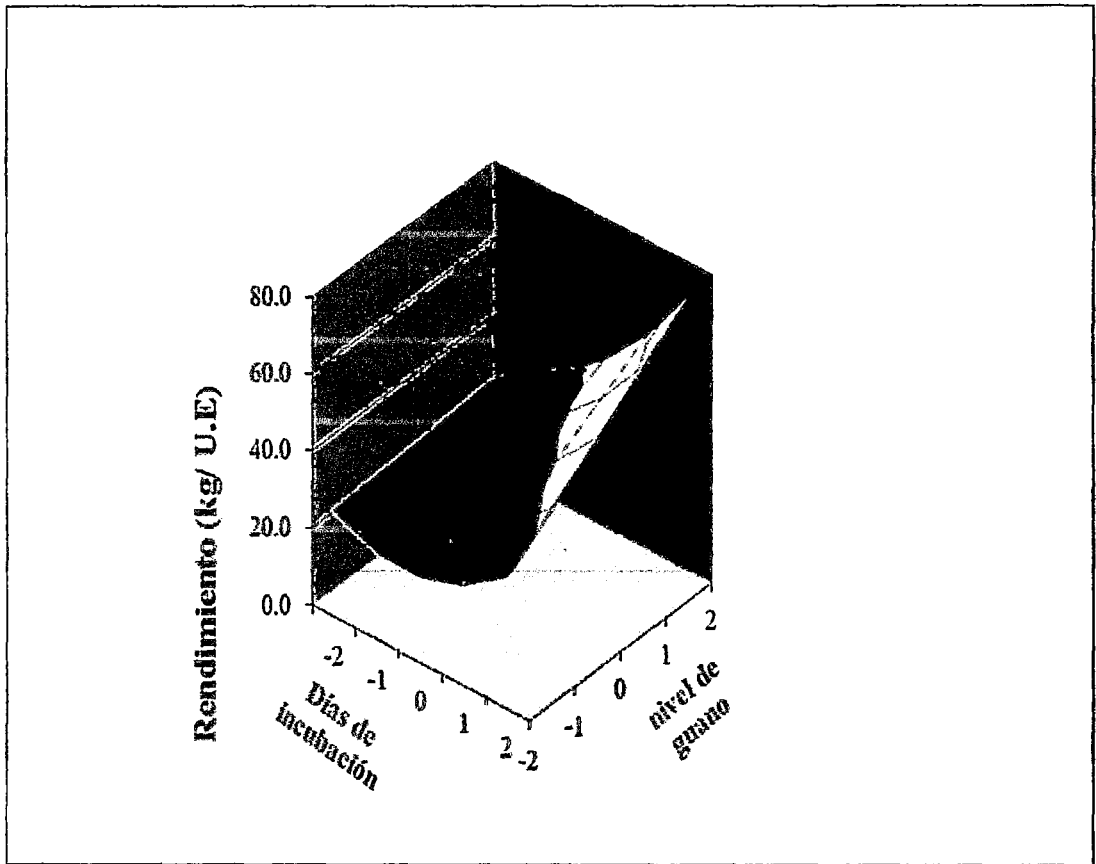


Figura 3.1. Superficie de respuesta para el rendimiento de tubérculos en la papa variedad "Yungay" en función a los días de incubación y nivel de guano. Canaán (2750 msnm).

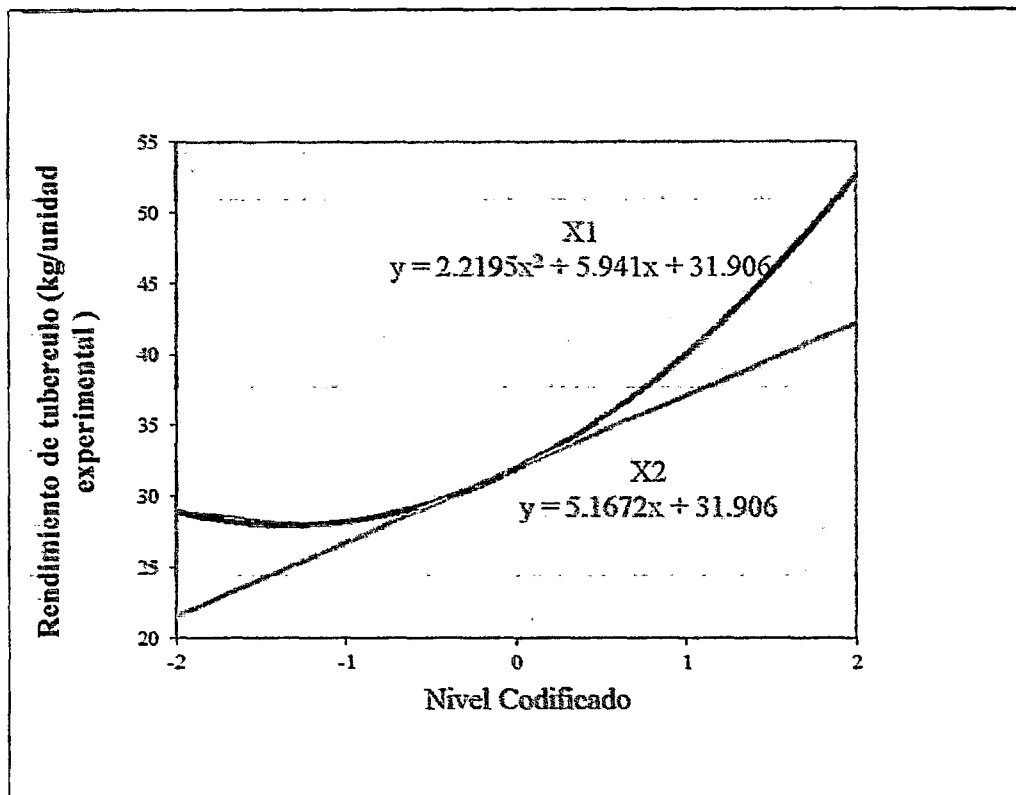


Figura 3.2. Efecto del G.I. incubado en MEN en el tubérculo en la papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

En la figura 3.2 se destaca que la pendiente lineal creciente que corresponde al factor X_2 : (nivel de G.I) y la curva creciente que corresponde al factor X_1 (tiempo de incubación en MEN), esto indica que ambos factores tienen importante influencia sobre el rendimiento de tubérculos en la papa variedad "Yungay".

Una inspección visual a la figura 3.1, permite llegar a la misma conclusión, debido a que las pendientes de la superficie hacia ambos ejes en el

máximo nivel del otro factor presentan la mayor inclinación que las pendientes de la superficie hacia los niveles mínimos del otro factor.

Para una mejor apreciación visual de estos resultados se presenta las siguientes fotografías:

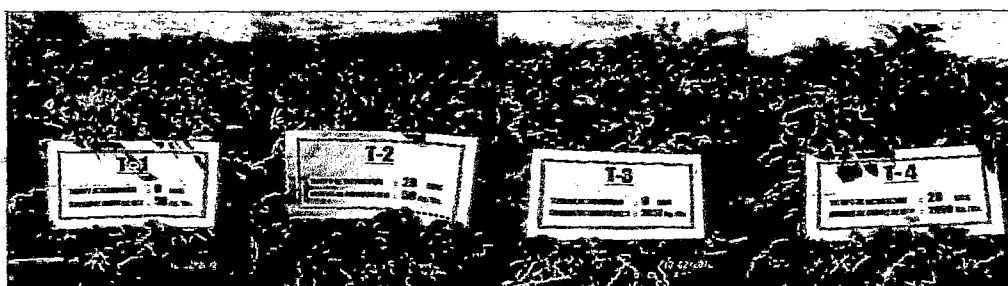


Foto 3.1. Planta de la papa en plena tuberización (tratamientos T1 al T4)

En la foto 3.1, se observa que la diferencia es muy evidente entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4. En aquellos que se aplicaron mayores dosis de Guano de Isla (T3 y T4) e incubadas por mayores periodos de tiempo, el desarrollo del cultivo fue mayor; desprendiéndose así que los MEN, tienen efecto positivo en la solubilización del Guano de Isla.



Foto 3.2. Planta de la papa en plena tuberización (tratamientos T5 al T8)

De igual modo, en la foto 3.2 se nota una diferencia muy evidente en cuanto al rendimiento de tubérculos de papa variedad "Yungay" ya que los tratamientos T5, T6, T7 y T8 recibieron las mismas dosis de abonamiento, pero incubadas por periodos diferentes, siendo los tratamientos con mayor periodos de incubación los que mayor desarrollo tuvieron; deduciéndose que cuando más tiempo se lleva a cabo la incubación existe mayor liberación de nutrientes a partir del Guano de Isla.

Finalmente, en la foto 3.3 se observa la diferencia entre los tratamientos T9, T10, T11, T12 y T13. en las que la constante fueron los días de incubación (10 días), pero con diferentes niveles de abonamiento, siendo los de mayor desarrollo aquellos que recibieron mayores dosis de abonamiento, deduciéndose de esta manera que las dosis de abonamiento también influyen en el rendimiento de la papa variedad "Yungay".



Foto 3.3. Planta de la papa en plena tuberización (tratamientos T9 al T13)

3.2 NÚMERO DE TUBÉRCULOS / TRATAMIENTO

En el cuadro 05 del anexo se muestra los rendimientos obtenidos en cuanto a número de tubérculos por tratamiento, correspondiendo el valor más alto al tratamientos T4 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubada por 20 días) 586.00 número de tubérculos/tratamiento, mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento T1 (Testigo: 50 kg.ha⁻¹ de G.I. sin incubar), con 332.00 número de tubérculos por parcela. Comparativamente se puede observar en los tratamientos que recibieron iguales dosis de abonamiento pero con diferentes periodos de incubación como es el caso del tratamiento T4 (2050 kg.ha⁻¹ incubado por 20 días) y el tratamiento T3 (2050 kg.ha⁻¹ sin incubar); el primero tuvo un rendimiento de 586.00 número de tubérculos, mientras el segundo solo alcanzó a producir 374.33 número de tubérculos sólo por el hecho de no haber sido incubado con solución de MEN, estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto positivo de la solución de MEN en la solubilidad del G.I., que se traduce en mayores rendimientos del número de tubérculos de la papa variedad "Yungay" por tratamiento.

El cuadro 3.5 de ANVA muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los tratamientos tuvieron influencia sobre el número de tubérculos producidos por tratamiento.

Cuadro 3.5. ANVA Del número de tubérculos de la papa variedad "Yungay" por tratamiento. Canaán (2750 msnm).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pt > F
Tratamiento	12	313236.1026	26103.0085	7.58	<0.0001**
Error	26	89500.6667	3442.3333		
Total	38	402736.7692			

C.V. = 14.24%

La prueba de Duncan (Cuadro 3.6) señala que los mayores rendimientos obtenidos en cuanto a número de tubérculos por unidad experimental corresponden a los tratamientos T4 (2050 kg.ha⁻¹ incubado por 20 días), T12 (2050 kg ha⁻¹ de G.I. incubado 10 días) y T8 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado 20 días), en los cuales se aplicaron niveles máximos de abonamiento y periodos de incubación mayores. Por otro lado los números de tubérculos de la papa variedad "Yungay " más bajos se obtuvieron en los tratamientos: T5 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 0 días), T9 (50 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 10 días), T6 (1050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado por 5 días) y T1 (Testigo: 50 kg.ha⁻¹ de G.I sin incubar), en las que se aplicaron niveles de abonamiento bajos y periodos de incubación cortos o nulos. De estas observaciones podemos deducir que la solución madre de MEN tuvo un efecto positivo en la solubilización del Guano de Isla.

Cuadro 3.6. Prueba de Duncan para el número de tubérculos / tratamiento.

Canaán (2750 msnm).

Tratamiento	Número de tubérculo/ tratamiento	Número de tubérculo/ha	Grupo Duncan (0.05)
T4 (2,2)	586.00	366250	a
T12 (0,2)	578.00	361250	a
T8 (2,0)	514.00	321250	a b
T11 (0,1)	444.00	277500	b c
T13 (0,0)	442.33	276450	b c
T3 (-2,2)	374.33	233956	c
T7 (1,0)	370.00	231250	c
T10 (0,-1)	367.00	229375	c
T2 (2,-2)	340.67	212919	c
T5 (-2,0)	337.00	210625	c
T9 (0,-2)	335.67	209793	c
T6 (-1,0)	334.00	208750	c
T1 (-2,-2)	332.00	207500	c

El análisis de regresión (Cuadro 3.7 y 3.8) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de G.I. incubada (X_2) en el rendimiento de número de tubérculos del cultivo de papa de la variedad "Yungay" por tratamiento, muestra alta significación estadística para los componentes lineales de ambos factores y no existe diferencia estadística para el componente cuadrático de ambos factores, por lo que no es posible determinar los niveles

que maximicen el número de tubérculos del cultivo de papa de la variedad "Yungay".

Cuadro 3.7. Análisis de regresión para el número de tubérculos en la papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
X ₁	1	79616.20513	79616.20513	12.76	0.0011**
X ₂	1	85338.46154	85338.46154	13.68	0.0008**
X ₁₁	1	582.27410	582.27410	0.09	0.7619 NS
X ₂₂	1	694.12917	694.12917	0.11	0.7408 NS
X ₁ X ₂	1	30906.75000	30906.75000	4.95	0.0330 *

Cuadro 3.8. Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el número de tubérculos en la papa variedad "Yungay". Canaán (2750 msnm).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro = 0	Error estándar del valor estimado	Pr > T
Intercepto	411.5322723	19.47	21.13693298	0.0001 **
X ₁	31.9487179	3.57	8.943004476	0.0011 **
X ₂	33.0769231	3.70	8.943004476	0.0008 **
X ₁₁	-2.1277890	-0.31	6.96459067	0.7619 NS
X ₂₂	2.3231913	0.33	6.96459067	0.7408 NS
X ₁ X ₂	12.6875000	2.23	5.70006947	0.0330 *

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta) para el diámetro ecuatorial del número de tubérculo en la papa variedad "Yungay". La ecuación obedece al modelo:

$$Y = 411.5322723 + 31.9487179X_1 + 33.0769231 X_2 - 2.1277890 X_1^2 + 2.3231913X_2^2 + 12.6875000X_1 X_2 + e$$

3.3 DE LA SOLUBILIZACIÓN DEL GUANO DE ISLA EN SOLUCIÓN DE MEN.

Con la finalidad de conocer el grado de solubilidad del Guano de Isla por acción de los MEN, se realizó el análisis químico del Guano de Isla tratada en solución de MEN para los distintos periodos de incubación en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.9.

Cuadro 3.9. Contenido de NPK del testigo y de los tratamientos incubado por el G.I en los distintos periodos en la solución de MEN.

Días de incubac.	pH	%M.O	%N.T.	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
0 días	5.81	10.02	10.76	2.76	1.43
5 días	5.72	16.35	10.41	10.66	2.68
10 días	6.06	13.69	10.76	11.29	4.11
15 días	7.38	15.97	9.89	13.08	4.56
20 días	8.11	14.58	9.97	13.50	5.53

En el cuadro 3.8 se puede observar la acción de los MEN en la solubilización del Guano de Isla. Nótese cómo en las columnas de composición de % de P₂O₅ y % K₂O los contenidos son mínimos para el Guano de Isla sin tratar (2.76 % de P₂O₅ y 1.47 % K₂O), mientras que el Guano de Isla tratada en solución de MEN, poseen mayores porcentajes, desde 10.66 % de P₂O₅ en los 5

días de incubación hasta 13.50 % de P_2O_5 a los 20 días de incubación; de igual modo se incrementa desde 2.68 % K_2O a los 5 días de incubación hasta 5.53 % de K_2O a los 20 días de incubación. En el caso del % de N.T. no se observan incrementos significativos debido a que ésta representa al total de nitrógeno en el Guano de Isla, o sea lo disponible y lo no disponible. Estos resultados son las mejores evidencias que permite afirmar que la solución de MEN tiene un efecto solubilizante en el Guano de Isla. Higa y Parr (1991), mencionan que los principales grupos de microorganismos presentes en el EM son bacterias fototrópicas, bacterias acidolácticas, levaduras y actinomicetos; Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de los azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas y levaduras, éstos ácidos son fuertes esterilizadores que suprimen microorganismos patógenos e incrementa la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales en sustancias más solubles sin causar influencias negativas en el proceso. Las bacterias fototrópicas, degradan proteínas complejas y carbohidratos, producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas y enzimas) que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las levaduras pueden fijar nitrógeno atmosférico y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas; llevan a cabo la fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrientes sin necesidad de luz, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día. Los actinomicetos funcionan como antagonistas

de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos. Higa (1983) manifiesta que los microorganismos efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes; los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica. Suquilanda (2001), señala que la incorporación de abonos orgánicos tratados con microorganismos efectivos mejora las propiedades químicas del suelo, aumenta el contenido de macronutrientes NPK y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

Bajo las condiciones en las que se condujo el experimento y según los resultados obtenidos, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. La solución de microorganismos efectivos naturales (MEN) tiene un efecto solubilizante sobre el Guano de Isla, que se traduce en una mayor concentración de nutrientes disponibles para la planta, lo que permitió mejorar el rendimiento de tubérculos de papa de la variedad "Yungay" desde 14.35 t.ha⁻¹ en el T1 (testigo: 50 kg.ha⁻¹ de G.I. sin incubar) hasta 48.34 t.ha⁻¹ en el T4 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado 20 días).
2. El rendimiento de tubérculos de papa "Yungay", por efecto del tiempo de incubación del Guano de Isla en la solución de MEN (X₁) y el nivel de Guano

de Isla aplicado (X_2), obedecen al modelo:

$$Y = 31.90583554 + 5.94102564X_1 + 5.16717949X_2 + 2.21950642X_1^2 + 0.09244760X_2^2 + 2.16187500X_1 X_2 + e$$

3. Los factores: nivel de Guano de Isla incubado y tiempo de incubación, tuvieron efecto positivo en el rendimiento de tubérculos de papa "Yungay", siendo el factor tiempo de incubación (que requiere de un periodo mínimo de 15 días de incubación), ligeramente superior al factor niveles de Guano de Isla incubado.
4. No fue posible determinar los niveles de ambos factores que maximizan el rendimiento de tubérculos de la papa en la variedad "Yungay", debido a que los resultados obtenidos en el análisis de regresión para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y los nivel de Guano de Isla (X_2), sólo mostraron significación estadística para los componentes lineales de ambos factores.

4.2. RECOMENDACIONES:

A partir de las conclusiones, se plantea las siguientes recomendaciones:

1. Es necesario realizar más investigaciones, en cuanto a la solubilización del Guano de Isla y otros abonos orgánicos a través de los MEN, con la finalidad de mejorar esta técnica y realizar comparaciones; haciendo énfasis en el período de incubación y niveles de abonamiento.
2. Se debe profundizar investigaciones concernientes a la identificación de los microorganismos naturales de la zona, responsables de la solubilización de los abonos orgánicos.

3. Realizar más investigaciones incrementando los niveles de abonamiento y los días de incubación para determinar los niveles óptimos de ambos factores que maximizan el rendimiento de tubérculos de la papa en la variedad "Yungay".
4. El tratamiento previo del Guano de Isla mediante la incubación en la solución de microorganismos permite mejorar la calidad de este producto; y es una alternativa para reducir el uso de fertilizantes sintéticos, por resultar económica y compatible con el medio ambiente.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia de niveles de Guano de Isla incubado en una solución de Microorganismos Efectivos Naturales (MEN) en el rendimiento de papa variedad "Yungay" (*Solanum tuberosum* sp) se realizó la investigación en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, entre noviembre de 2012 a mayo de 2013. Se expuso el Guano de Isla a la acción solubilizante de una solución de microorganismos efectivos naturales durante distintos períodos de incubación (5, 10, 15 y 20 días). El Guano de Isla tratado se aplicó al cultivo de papa variedad "Yungay" a distintos niveles (50, 550, 1050, 1550, y 2050 kg.ha⁻¹) de acuerdo a la estructura del Diseño 03 de Julio (D3J) con 13 tratamientos y 3 repeticiones cada uno haciendo un total de 39 unidades experimentales. La siembra de los tubérculos de papa se realizó el 26 de noviembre del 2012, y la cosecha, el 20 de mayo del 2013; se cuantificó el rendimiento de tubérculos. Los resultados encontrados permiten arribar a las conclusiones siguientes: (1) La solución madre de microorganismos efectivos naturales (MEN) tiene un efecto solubilizante sobre el Guano de Isla, que se traduce en una mayor concentración de nutrientes disponibles para la planta, que permitió mejorar el rendimiento de tubérculos de papa variedad "Yungay" desde 14.35 t.ha⁻¹ en el T1 (testigo: 50 kg.ha⁻¹ de G.I. sin incubar) hasta 48.34 t.ha⁻¹ en el T4 (2050 kg.ha⁻¹ de G.I. incubado 20 días); (2) El rendimiento de tubérculos de papa por efecto del tiempo de incubación del Guano de Isla en la solución de MEN (X_1) y el nivel de Guano de Isla aplicada (X_2), obedece al modelo $Y = 31.90583554 + 5.94102564X_1 + 5.16717949X_2 +$

$5.16717949X_2 + 2.21950642X_1^2 + 0.09244760X_2^2 + 2.16187500X_1 X_2 + e$; (3) El factor tiempo de incubación (que requiere de un periodo mínimo de 15 días), tuvo un efecto ligeramente superior al factor niveles de Guano de Isla; (4) No fue posible determinar los niveles de ambos factores que maximizan el rendimiento de papa "Yungay", debido al modelo que sólo mostró significación estadística para los componentes lineales en ambos factores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALEXANDER, M. 1980.** Introducción a la microbiología del Suelo. A.G.T. Editor S.A. México D.F. 420 p.
2. **CAMASCA, A. 1984.** Horticultura Práctica. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYTEC. Ayacucho – Perú.
3. **CASAS, D. 2007.** Respuesta del Jengibre al nivel de NPK y guano de isla. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH. Ayacucho – Perú 88 p.
4. **CASAVILCA, J. 2008.** Control de malezas en dos sistemas de siembra de tomate variedad Río Grande. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH. Ayacucho – Perú 145 p.
5. **CASSERES, E. 1980.** Producción de Hortalizas. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 387 p.
6. **CHUJO, S. L. 2004.** ¿Qué es EM? disponible en <http://www.chujosl.com/>. Accesado el 26 de noviembre del 2009.
7. **ENCI, 1980.** Manual de uso de Fertilizantes. Editorial de la Empresa Nacional de. Lima – Perú. 86 p.
8. **FAO, 2007.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Microorganismos efectivos, disponible en: http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=e045&letter=M
Accesado el 28 de octubre del 2009.

9. **GÁLVEZ, J. 2009.** Efecto del Fosfato de Sechura, incubado en solución de microorganismos en el rendimiento de tomate. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH. Ayacucho – Perú 115 p.
10. **HIGA, T y PARR, J. 1991.** Microorganismos Efectivos (ME o EM), Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES) disponible en <http://www.fundases.com/p/em01.html>. Accesado 10 de octubre del 2009.
11. **HIGA, T. 1993.** Una revolución para salvar la tierra. Grafiques Manlleu Tarragona, España. 332 p.
12. **IBÁÑEZ, R. Y AGUIRRE, G. 1983.** Fertilidad de suelos: Manual de Prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH. Ayacucho. 81 p.
13. **INFOAGRO, 2007.** El cultivo del tomate (3^{era} Parte) disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate3.htm>. Accesado 03 octubre del 2009.
14. **KUPRAT, 2004.** Microorganismos efectivos. Disponible en <http://www.agua-viva.info/es/microorg.htm>. Accesado 16 de noviembre del 2009.
15. **PORTAL AGRARIO REGIONAL ICA.** El Cultivo de los Tomates. Disponible en <http://www.agroica.gob.pe/tomates.shtml>. Accesado el 12 de noviembre del 2009.
16. **PROABONOS, 2007.** Proyecto Especial de Promoción del Aprovechamiento

- de Abonos Provenientes de Aves Marinas. Disponible en [http:// www.Preabonos.gob.pe](http://www.Preabonos.gob.pe). Accesado el 14 de octubre del 2009.
- 17. RAMÍREZ, F. 2000.** Consumo de Fertilizantes en el Perú. Corporación Misti S.A. Lima. Disponible en <http://www.misti.com.pe/>. Accesado 15 de octubre del 2009.
- 18. SISTEMA DE INFORMACIÓN AGRARIA – HUARAL (SIA-HUARAL).** El cultivo de tomate. Disponible en www.sia.huaral.org/sia_uploads/ec06355af5fedeeef1ec61030822a9a09/tomate_ficha.pdf. Accesado 13 de noviembre del 2009.
- 19. SUQUILANDA, M. 2001.** Curso internacional sobre elaboración de abonos orgánicos. Corporación PROEXANT. Quito. Disponible en http://www.pidecafe.com.pe/textos/txt_6.doc
<http://www.humano.ya.com/holbeja/abonos.htm> Accesado 28 de setiembre del 2009.
- 20. TINEO, A. 2014.** Superficies de Respuesta: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH. 145 p.
- 21. TINEO, A. 2007.** “Manejo y Conservación de Suelos”, Guía de estudio para la asignatura de Manejo y Conservación de Suelos. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH. 138 p.

ANEXO

PERIODO DE INCUBACIÓN DEL GUANO DE ISLA EN UNA SOLUCIÓN MADRE DE MICROORGANISMOS NATURALES (MEN)

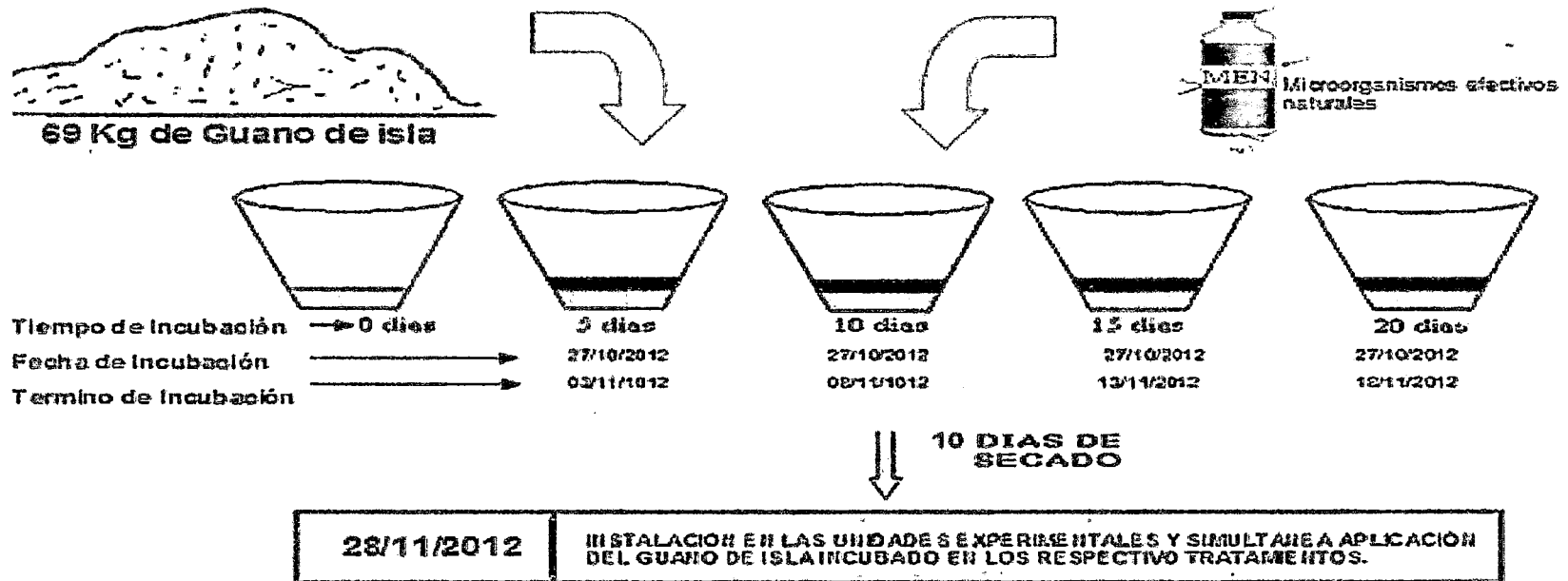


Figura a1. Proceso de incubación del Guano de Isla

Cuadro a1. Rendimiento de papa – Peso del tubérculo / unidad experimental (kg)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.l.	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
PESO TOTAL	I	20.92	34.91	48.69	196.26	30.82	38.61	45.97	85.18	28.41	32.81	49.07	58.77	49.38
	II	27.02	40.39	38.19	28.21	35.13	32.41	42.71	39.21	27.62	28.64	48.53	50.11	35.55
	III	20.94	18.96	16.00	7.56	20.86	18.71	16.93	31.65	18.23	15.65	14.77	14.34	16.51
TOTAL	68.88	94.26	10.88	232.03	86.81	89.73	105.61	156.04	74.26	77.10	112.37	123.22	101.44	
PROMEDIO	22.96	31.42	34.29	77.34	28.94	29.91	36.20	52.01	24.75	25.70	37.46	41.07	33.81	

Cuadro a2. Rendimiento de papa – Número de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
NÚMERO TOTAL	I	124	230	320	1278	198	297	340	690	182	306	388	454	401
	II	352	480	423	300	338	350	400	370	436	480	500	640	446
	III	520	312	380	180	475	355	370	482	389	315	444	640	480
TOTAL	996	1022	1123	1758	1011	1002	1110	1542	1007	1101	1332	1734	1327	
PROMEDIO	332	341	374	566	337	334	370	514	336	367	444	578	442	

Cuadro a3. Rendimiento de papa primera – Número de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
NÚMERO DE TUBÉRCULOS	I	30	82	120	422	43	85	133	251	65	98	100	165	188
	II	39	75	90	416	59	80	110	232	58	88	147	170	161
	III	55	73	110	440	96	132	97	207	59	120	141	119	52
TOTAL	124	230	320	1278	198	297	340	690	182	306	388	454	401	
PROMEDIO	41	77	107	426	66	99	113	230	61	102	129	151	134	

Cuadro a4. Rendimiento de papa segunda – Número de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
NÚMERO DE TUBÉRCULOS	I	125	183	115	123	116	132	122	71	160	168	148	178	188
	II	119	160	130	116	92	98	145	147	143	157	162	212	137
	III	108	137	178	61	130	120	133	152	133	155	190	250	121
TOTAL	352	480	423	300	338	350	400	370	436	480	500	640	446	
PROMEDIO	117	160	141	100	113	117	133	123	145	160	167	213	149	

Cuadro a5. Rendimiento de papa tercera – Número de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
NÚMERO DE TUBÉRCULOS	I	180	125	138	82	155	120	140	142	113	88	112	80	54
	II	152	98	115	65	163	100	105	175	121	80	110	261	173
	III	188	89	127	33	157	135	125	165	155	147	222	299	253
TOTAL	520	312	380	180	475	355	370	482	389	315	444	640	480	
PROMEDIO	173	104	127	60	158	118	123	161	130	105	148	213	160	

Cuadro a6. Rendimiento de papa primera – Peso de tubérculos / unidad experimental (kg)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
PESO TUBÉRCULOS	I	6.23	11.80	16.37	65.35	9.28	11.97	16.20	29.70	10.33	10.12	16.93	21.12	18.33
	II	6.32	11.48	15.22	64.80	10.34	11.93	14.97	28.78	9.71	10.92	17.34	20.28	17.12
	III	8.37	11.63	17.10	66.11	11.20	14.71	14.80	26.70	8.37	11.77	14.83	17.37	13.93
TOTAL	20.92	34.91	48.69	196.26	30.82	38.61	45.97	85.18	28.41	32.81	49.07	58.77	49.38	
PROMEDIO	6.97	11.63	16.23	65.42	10.27	12.87	15.32	28.39	9.47	10.93	16.36	19.59	16.46	

Cuadro a7. Rendimiento de papa segunda – Peso de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
PESO TUBÉRCULOS	I	9.72	14.20	11.90	9.98	11.77	11.92	12.31	10.97	11.22	9.82	14.80	15.14	12.90
	II	8.98	11.87	12.90	9.89	10.23	9.69	16.30	13.72	8.27	9.98	16.43	15.69	11.82
	III	8.32	14.32	13.39	8.34	13.13	10.80	14.10	14.52	8.13	8.84	17.30	19.28	10.83
TOTAL	27.02	40.39	38.19	28.21	35.13	32.41	42.71	39.61	27.62	28.64	48.53	50.11	35.55	
PROMEDIO	9.00	20.19	12.73	9.40	11.71	10.81	14.23	13.20	9.20	10.43	16.17	16.70	11.85	

Cuadro a8. Rendimiento de papa tercera – Peso de tubérculos / unidad experimental (unidad)

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
Días de Incubac.	0	20	0	20	0	5	15	20	10	10	10	10	10	
Niveles de G.I	50	50	2050	2050	1050	1050	1050	1050	50	550	1550	2050	1050	
PESO TUBÉRCULOS	I	8.12	8.12	5.83	3.00	6.51	6.21	6.78	9.87	5.30	4.70	3.77	2.97	2.42
	II	6.48	4.97	5.30	2.75	7.23	5.20	4.42	11.23	5.71	4.83	3.20	4.95	6.88
	III	6.34	5.87	4.87	1.81	7.12	7.30	5.73	10.55	7.22	6.12	7.80	6.42	7.21
TOTAL	20.94	18.96	16.00	7.56	20.86	18.71	16.93	31.65	18.23	15.65	14.77	14.34	16.51	
PROMEDIO	6.98	6.32	5.33	2.52	6.95	6.23	5.64	10.55	6.07	5.21	4.92	4.78	5.50	

RESULTADO DE RENDIMIENTOS DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS ESTUDIADOS

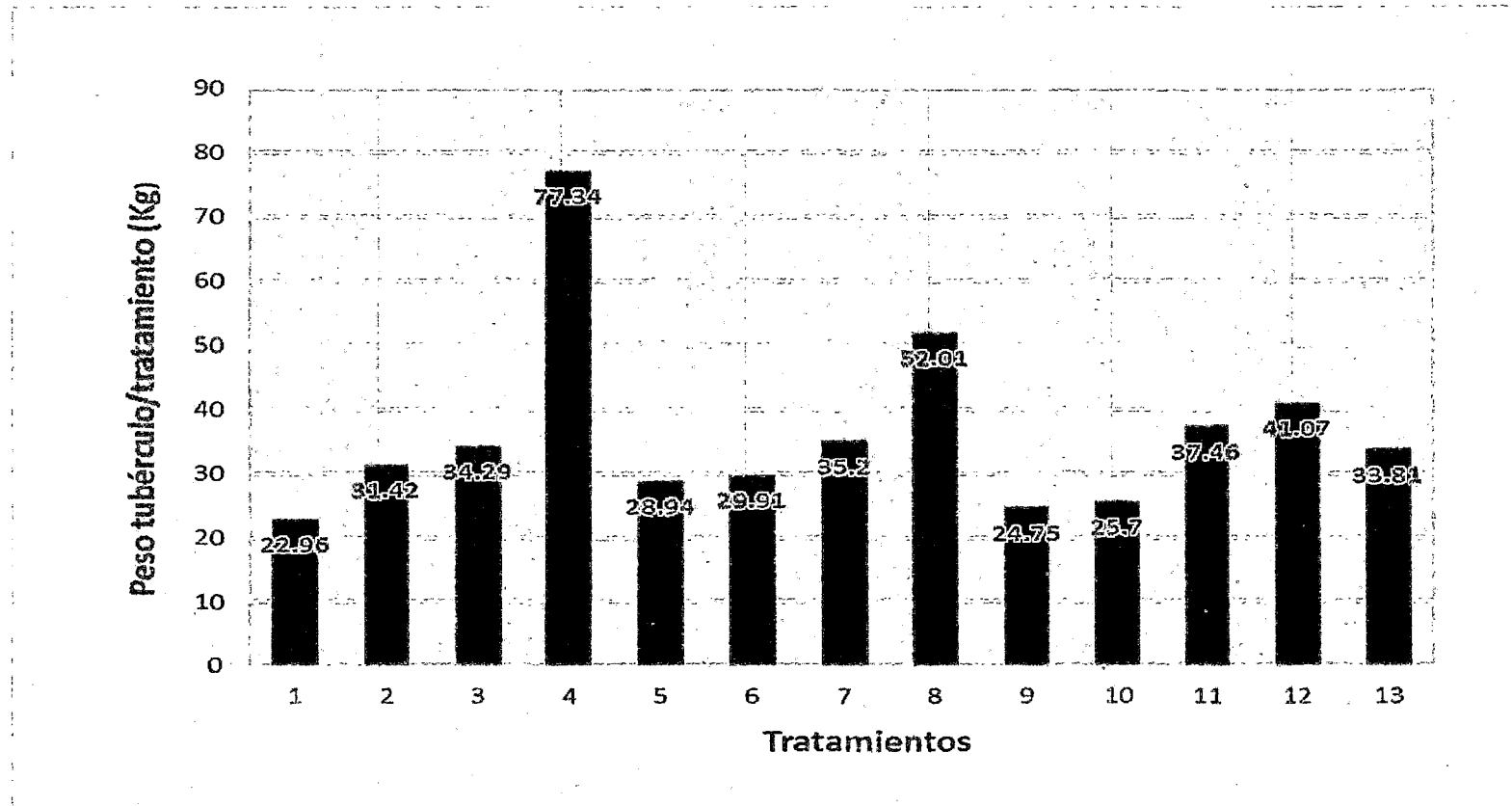


Gráfico a1. Rendimiento de papa – Peso del tubérculo / tratamiento (kg)

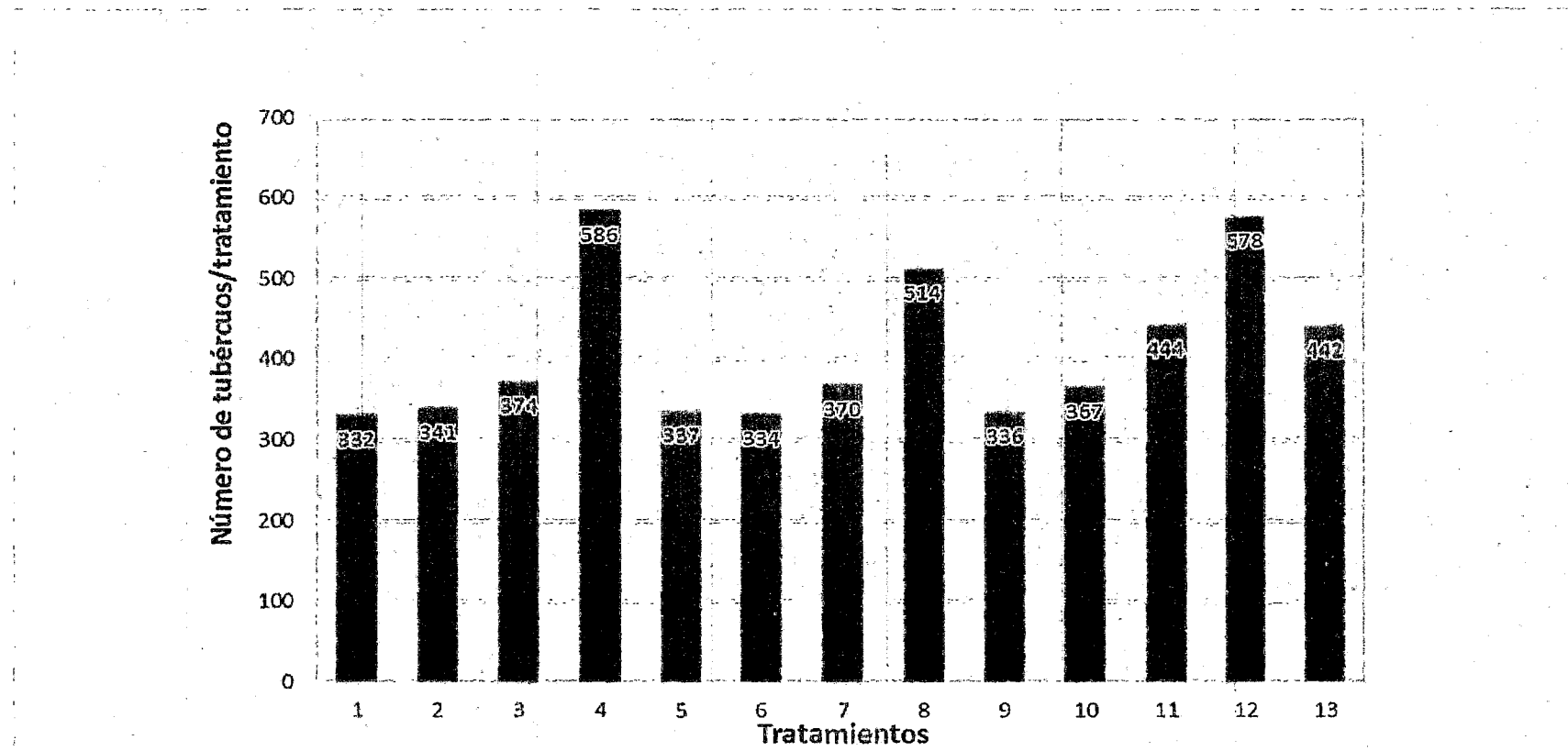


Gráfico a2. Rendimiento de papa – Número de tubérculos / tratamiento

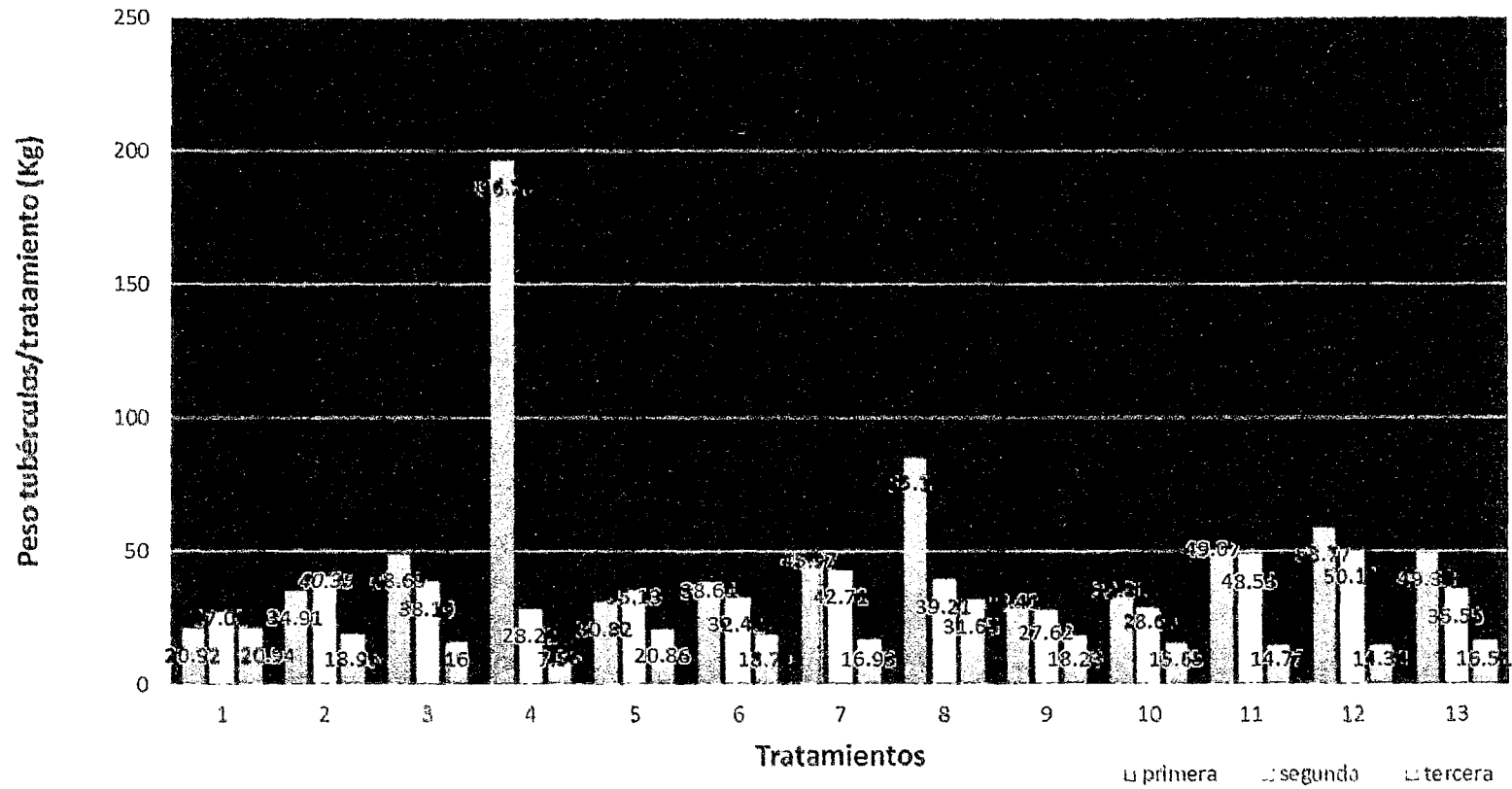


Gráfico a3. Rendimiento de papa por tratamientos y categorías

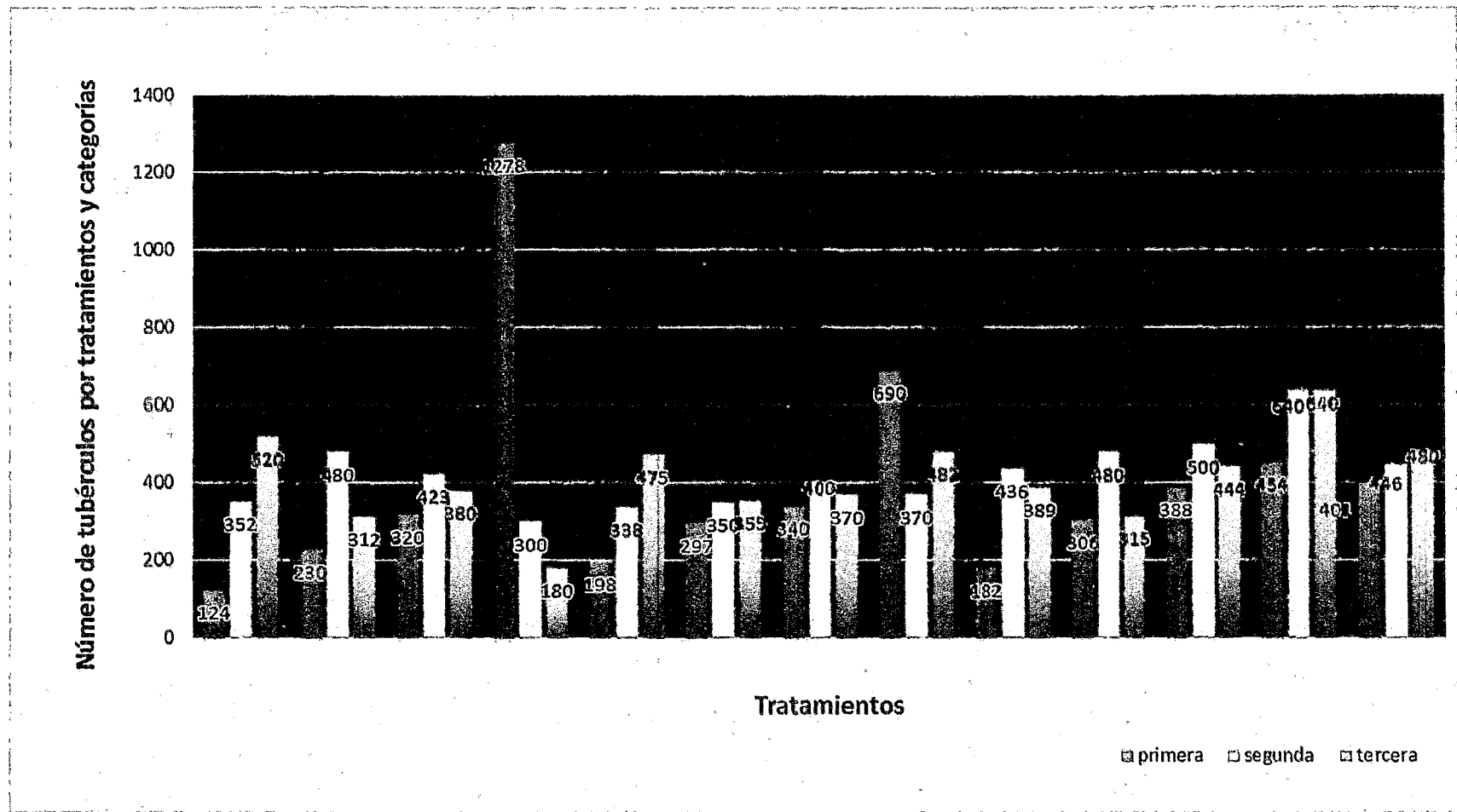
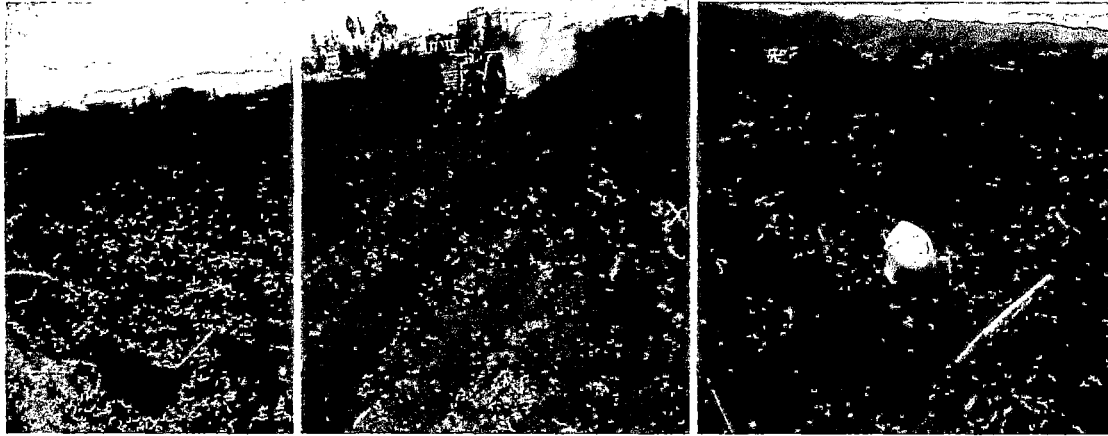


Gráfico a4. Rendimiento de papa – Número de tubérculos por tratamiento y categorías

FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

PROCESO DE PREPARACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL



Remoción.

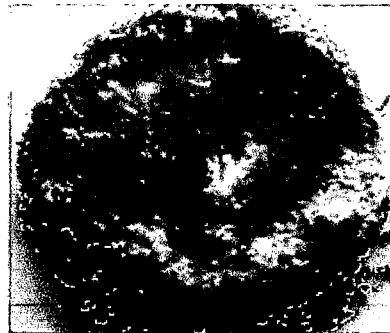
Surcado.

Demarcación.

PROCESO DE OBTENCIÓN DE SOLUCIÓN DE MEN



Captura de Microorganismos.



**Arroz impregnado de
Microorganismos.**

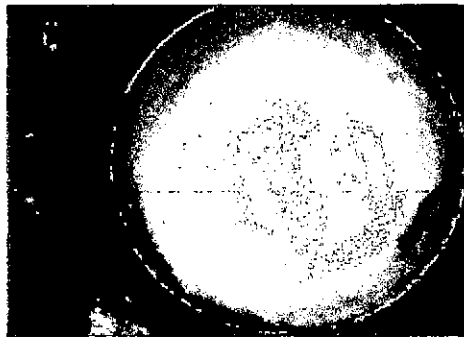
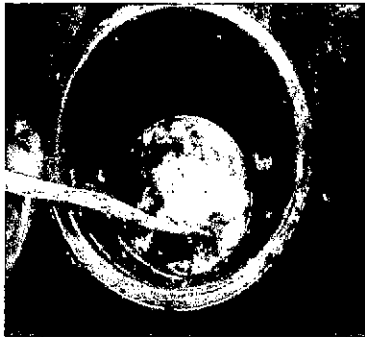


Solución madre de Microorganismos Efectivos Naturales (MEN).

PROCESO DE INCUBACIÓN DEL GUANO DE ISLA



Muestra de Guano de Isla empleado como fuente de fertilización.

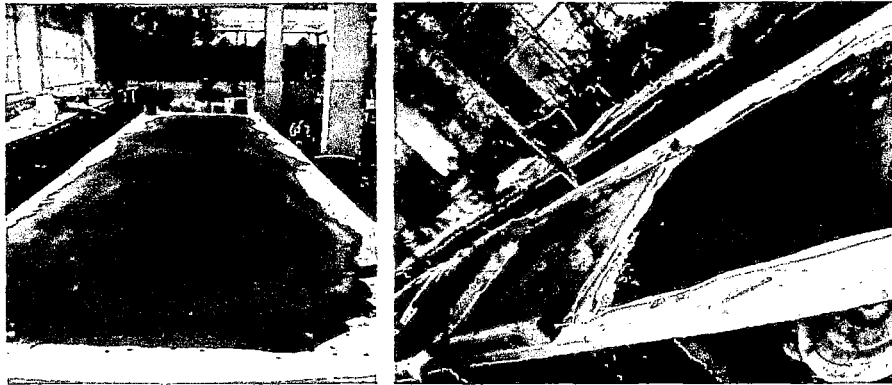


Proceso de incubación del Guano de Isla.



Días de incubación (5 -10 -15 -20) del Guano de Isla.

PROCESO DE SECADO Y EMBOLSADO DEL GUANO DE ISLA



Secado del Guano de Isla incubado.



Secado del Guano de Isla incubado.



Pesado del Guano de Isla incubado.



Embolsado del Guano de Isla incubado.

PROCESO DE INSTALACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



Selección de la semilla de papa variedad Yungay.



Abonamiento de acuerdo a los tratamientos.



Tapado de la semilla de papa.

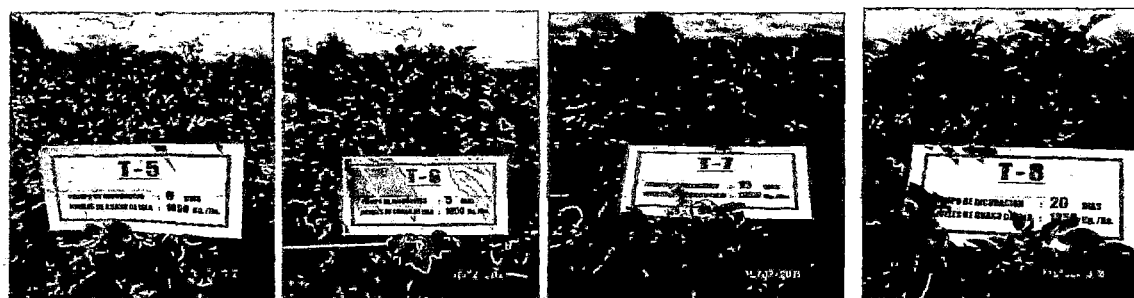
CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO



Aporque del cultivo.



Tratamientos T-1 al T-4 a inicios de la tuberización.



Tratamientos T-5 al T-8 a inicios de la tuberización.



Tratamientos T-9 al T-13 a inicios de la tuberización.



Síntomas de la enfermedad Rancho (*Phytophthora infestans*).



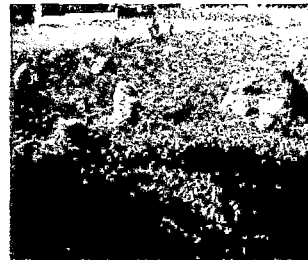
Parcela infectado con la enfermedad Rancho (*phytophthora infestans*).

COSECHA



Materiales para la cosecha

Escarbe de la papa



Obtención de los tubérculos de cada tratamiento.

Selección.



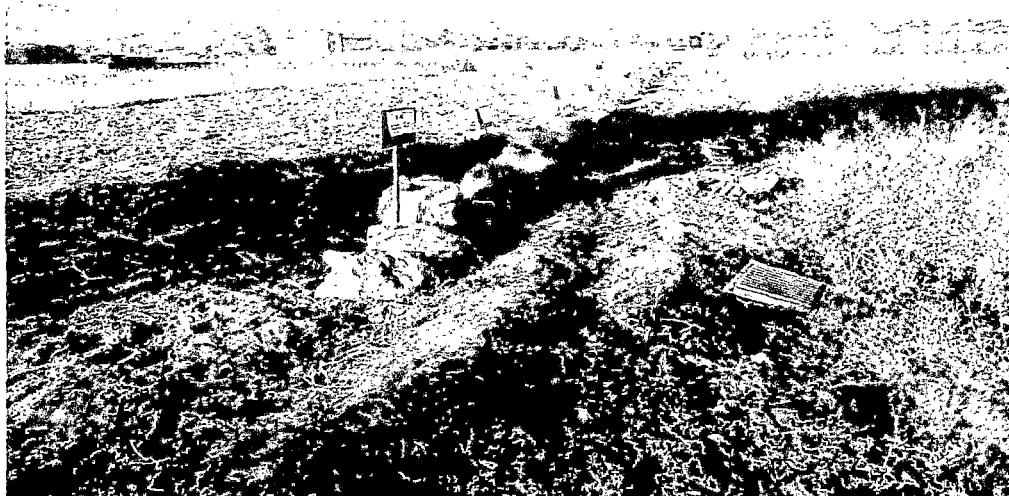
Rendimiento y clasificación de tubérculos de los tratamientos T1 al T4.



Rendimiento y clasificación de tubérculos de los tratamientos T5 al T8.



Rendimiento y clasificación de tubérculos de los tratamientos T9 al T13.



Pesado de los tubérculos ya clasificados para determinar el rendimiento.



Clasificación y comparación de los tratamientos T1 al T13.