

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

Doctorado en Agricultura Sustentable



**“CALIDAD FÍSICO – QUÍMICA DE SUELO ÁRIDO EN CEBOLLA
(*Allium cepa* L.) CON (NUTRABIOTA[®] PLUS) Y FERTILIZANTES
ORGÁNICOS, EN LA IRRIGACIÓN MAJES”**

PRESENTADA POR:

OMAR JUSTO ZEBALLOS CACERES

Tesis para optar el grado académico de:

Doctoris Philosophiae

Lima – Perú

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POST GRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“CALIDAD FÍSICO - QUÍMICA DE SUELO ÁRIDO EN CEBOLLA (*Allium cepa* L.)
CON (NUTRABIOTA® PLUS) Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA IRRIGACIÓN
MAJES”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE

***Doctoris Philosophiae* (Ph. D.)**

Presentado por:

OMAR JUSTO ZEBALLOS CACERES

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Félix Camarena Mayta
PRESIDENTE

Dr. Oscar Loli Figueroa
PATROCINADOR

Ph. D. Manuel Canto Sáenz
MIEMBRO

Ph. D. Julio Alegre Orihuela
MIEMBRO

Ph. D. José Ramiro Benites Jump
MIEMBRO EXTERNO

INDICE GENERAL

| | | |
|-------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1 | Cultivo de la cebolla | 3 |
| 2.1.1 | Origen e historia | 3 |
| 2.1.2 | Importancia económica y alimenticia | 3 |
| 2.1.3 | Clasificación taxonómica | 4 |
| 2.1.4 | Sistema de Producción de Cebolla en la Irrigación Majes | 4 |
| 2.1.5 | Productividad de cebolla | 6 |
| 2.2 | Nutrientes | 7 |
| 2.3 | Materia orgánica | 8 |
| 2.3.1 | Contenido de materia orgánica de los suelos | 10 |
| 2.3.2 | Influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo | 10 |
| 2.3.3 | El rol de la materia orgánica en proveer suelos sustentables. | 11 |
| 2.3.4 | La importancia de la materia orgánica en la agricultura sustentable | 12 |
| 2.3.5 | Fertilización con abonos orgánicos | 12 |
| 2.3.6 | Fuentes de materia orgánica | 12 |
| a) | Estiércol de vacuno | 13 |
| b) | La gallinaza | 15 |
| c) | Guano de isla. | 16 |
| 2.3.7 | Abonos verdes | 17 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.4 | Calidad de suelos | 17 |
| 2.4.1 | Factores que afectan la calidad de Suelos | 19 |
| 2.5 | Suelos áridos | 20 |
| 2.6 | Biofertilizantes | 21 |
| 2.6.1. | Biomejorador (nutrabiota plus) | 22 |
| | a) Nutrabiota calidad y productividad de suelos | 22 |
| | b) Proceso de descomposición de Nutrabiota | 23 |
| 2.7 | Factores a considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado | 25 |
| 2.7.1 | Adaptación a los cultivos | 25 |
| 2.7.2 | Adaptación a las características del terreno | 25 |
| 2.7.3 | Consumo de agua | 26 |
| 2.7.4 | Calidad de agua | 26 |
| 2.7.5 | Eficiencia de riego | 26 |
| 2.7.6. | Control de agua aplicada | 26 |
| 2.7.7 | Riesgo ambiental | 27 |
| 2.7.8 | Dispersión de plagas y enfermedades | 27 |
| 2.7.9 | Utilización de mano de obra | 27 |
| 2.7.10 | Conocimiento y sencillez para la instalación y operación del sistema | 28 |
| 2.8 | Atributos de sostenibilidad del sistema de producción para los diferentes sistemas de riego | 28 |
| 2.9 | Antecedentes de experimentación | 29 |

| | |
|---|----|
| III. MATERIAL Y METODOS | 31 |
| 3.1 Ubicación del experimento | 31 |
| 3.2 Historia del campo experimental | 31 |
| 3.3 Características climáticas | 32 |
| 3.4 Condiciones edáficas | 32 |
| 3.5 Material | 33 |
| 3.5.1 Fase del campo | 33 |
| a) Cultivar utilizado en el experimento | 33 |
| 3.6 Métodos y procedimientos | 34 |
| 3.6.1 Tratamientos de estudio | 34 |
| a) Diseño experimental | 34 |
| b) Modelo aditivo lineal | 35 |
| c) Pruebas estadísticas | 35 |
| d) Características del campo experimental | 35 |
| 3.6.2 Instalación del experimento | 36 |
| a) Preparación del terreno | 36 |
| b) Aplicación de nutrabiota® plus | 36 |
| c) Aplicación de fertilizantes orgánicos | 36 |
| d) Labores culturales | 37 |
| e) Demarcación del área experimental | 37 |
| f) Trasplante | 37 |
| g) Aplicación de plaguicidas | 37 |
| 3.7 Cosecha | 38 |
| 3.8. Características evaluadas | 38 |

| | |
|--|----|
| 3.8.1 Índices de calidad físicos de suelo | 38 |
| 3.8.2 Índices de calidad químicos de suelo | 38 |
| 3.8.3 Índices de calidad físicos y químicos de suelo en la producción de cebolla | 39 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 4.1 Índices de calidad físicos de suelo | 40 |
| 4.1.1 Profundidad efectiva | 40 |
| 4.1.2 Velocidad de infiltración promedio | 41 |
| 4.2 Índices de calidad químicos de suelo | 43 |
| 4.2.1 ph. | 43 |
| 4.2.2 Conductividad eléctrica (mmho/cm). | 45 |
| 4.2.3 CaCO ₃ (%) | 47 |
| 4.2.4 Materia orgánica (%) | 48 |
| 4.2.5 Fosforo disponible (ppm) | 50 |
| 4.2.6 Potasio disponible (ppm) | 51 |
| 4.2.7 Capacidad de intercambio cationico (cmol (+)/kg) | 52 |
| 4.2.8 Cationes cambiables (cmol (+)/kg) | 53 |
| 4.3 Índices de calidad físicos y químicos de suelo en la producción de cebolla | 54 |
| 4.3.1 Primera campaña (rendimiento) | 54 |
| a) Análisis individual de los efectos de los tratamientos en estudio | 58 |
| Segunda campaña (rendimiento) | 59 |
| a) Análisis individual de los efectos de los tratamientos en estudio | 62 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 5. Análisis de Sustentabilidad | 64 |
| 5.1 Componente social | 64 |
| 5.2 Componente ambiental | 65 |
| 5.3 Componente económico | 66 |
| V. CONCLUSIONES | 69 |
| VI. RECOMENDACIONES | 72 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA | 74 |
| ANEXOS | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Composición media del Estiércol de vacuno en kg/ha en base a 25 % de Materia Seca | 14 |
| Tabla 2 Composición media del estiércol fresco de vacuno con 20 – 25% de materia seca | 14 |
| Tabla 3: Contenido y solubilidad de elementos nutritivos en gallinaza madura | 15 |
| Tabla 4: Composición del guano de isla rico o azoadado | 16 |
| Tabla 5: Composición del guano de isla pobre o fosfatado | 17 |
| Tabla 6. Composición Química del Nutrabiota | 25 |
| Tabla 7. Indicadores de sostenibilidad para los diferentes sistemas de riego | 29 |
| Tabla 8: Características edafológicas del área experimental, Irrigación Majes | 32 |
| Tabla 9: Tratamientos a utilizar | 34 |
| Tabla 10. Composición de los fertilizantes orgánicos usados en el experimento | 37 |
| Tabla 11. Análisis de varianza combinado para profundidad efectiva | 40 |
| Tabla 12. Promedios de profundidad de raíces (cm) para profundidad efectiva | 41 |
| Tabla 13. Análisis de varianza combinado para velocidad de infiltración | 41 |
| Tabla 14. Promedios de velocidad de infiltración promedio (cm/h) | 42 |
| Tabla 15. Análisis de varianza combinado para pH | 43 |
| Tabla 16. Promedios para pH de suelo | 44 |
| Tabla 17. Análisis de varianza combinado para conductividad eléctrica | 45 |
| Tabla 18. Comparación media (conductividad eléctrica) para el factor riego. | 45 |
| Tabla 19. Promedios para conductividad eléctrica (mmho/cm) | 46 |

| | |
|--|----|
| Tabla 20. Análisis de varianza combinado para CaCO_3 (%) | 47 |
| Tabla 21. Promedios para CaCO_3 (%) | 48 |
| Tabla 22. Análisis de varianza combinado para materia orgánica (%) | 49 |
| Tabla 23. Promedios para el porcentaje de materia orgánica | 49 |
| Tabla 24. Análisis de varianza combinado para fósforo disponible (ppm) | 50 |
| Tabla 25. Promedios para fósforo disponible (ppm) | 51 |
| Tabla 26. Análisis de varianza combinado para potasio disponible (ppm) | 52 |
| Tabla 27. Análisis de varianza combinado para CIC | 52 |
| Tabla 28. Comparación medias para la CIC (cmol (+)/kg) para el factor riego | 53 |
| Tabla 29. Análisis de varianza combinado para los cationes cambiabiles | 53 |
| Tabla 30. Análisis de varianza combinado para rendimiento (Primera campaña) total y categoría “primera” y “segunda” | 55 |
| Tabla 31. Comparación de medias para el factor riego para rendimiento (Primera campaña) total y rendimiento categoría “Primera” | 56 |
| Tabla 32. Promedios para Rendimiento (Primera campaña) total, “Primera” y “Segunda” | 57 |
| Tabla 33. Efecto de Nutrabiota en el Rendimiento (Primera campaña) y en las diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos y químico | 58 |
| Tabla 34. Efecto del Nutrabiota en el Rendimiento (Primera campaña) sobre la fertilización de fondo (estiércol de vacuno $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) | 58 |
| Tabla 35. Efecto de los fertilizantes orgánicos y químicos en el Rendimiento (Primera campaña) | 58 |
| Tabla 36. Análisis de varianza combinado para rendimiento (Segunda campaña) total y categoría “primera” y “segunda” | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabla 37. Comparación de medias para el factor riego para rendimiento (Segunda campaña) total y rendimiento categoría “Primera” | 61 |
| Tabla 38 Promedios de rendimiento “Primera” Segunda campaña | 61 |
| Tabla 39. Efecto de Nutrabiota en el Rendimiento (Segunda campaña) y en las diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos y químico | 62 |
| Tabla 40. Efecto del Nutrabiota en el Rendimiento (Segunda campaña) sobre la fertilización de fondo (estiércol de vacuno 20t.ha ⁻¹). | 62 |
| Tabla 41 . Efecto de los fertilizantes orgánicos y químicos en el rendimiento (Segunda campaña) | 63 |
| Tabla 42. Análisis de rentabilidad bajo riego por aspersión | 67 |
| Tabla 42. Análisis de rentabilidad bajo riego por goteo. | 68 |

**“CALIDAD FÍSICO – QUÍMICA DE SUELO ÁRIDO EN CEBOLLA (*Allium cepa* L.)
CON (NUTRABIOTA® PLUS) Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA IRRIGACIÓN
MAJES”**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se condujo en el centro de recría de vacunos de AUTODEMA en la Irrigación Majes, ubicado a 16° 21' Latitud Sur; 72° 10' Longitud Oeste, a una altitud de 1440 m.s.n.m., localizado en el distrito de Majes, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Se evaluó el efecto de un biomejorador de suelos y de fertilizantes orgánicos sobre la calidad de suelo y en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.). El ensayo se llevó a cabo en el lapso entre abril del 2011 hasta setiembre del 2011, en dos campañas agrícolas. El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto de un biomejorador de suelos y de fertilizantes orgánicos sobre los componentes físicos y químicos de calidad de suelo y su efecto en la producción de cebolla en la Irrigación Majes.

El experimento se realizó en una parcela de aspersión y otra de goteo, en ambas fueron establecidos las fuentes y niveles de fertilizantes orgánicos (gallinaza y guano de isla) comparados con fertilización química, teniendo un total de 9 tratamientos, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, para luego efectuar un análisis combinado de ambas parcelas. Entre los índices físicos determinados se tiene profundidad efectiva de raíces y velocidad de infiltración promedio. La profundidad efectiva de raíces se determinó realizándose un corte vertical de una sección de suelo de 50 cm de profundidad, luego se procedió a medir con la ayuda de una regla desde la base del bulbo hasta la última raicilla extendida. Para medir la velocidad de infiltración promedio se utilizó el método de los cilindros infiltrometros usando la ecuación de Kostiakov (Guevara 1992) determinando con ello los valores de infiltración acumulado y velocidad de infiltración promedio. Los índices químicos evaluados fueron pH, conductividad eléctrica, CaCO₃ (%), materia orgánica (%), fósforo (ppm), potasio (ppm), capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiables.

Para determinar el efecto de los tratamientos en la producción de cebolla se evaluó rendimiento (t.h⁻¹) de bulbo comercial en categoría “primera”, “segunda” y del rendimiento total, dichas evaluaciones de rendimiento se realizaron tanto para la primera como para la segunda campaña. En cuanto a la profundidad efectiva de raíces no hubo diferencias estadísticas significativas. La

velocidad de infiltración en el tratamiento con gallinaza, guano de isla, conjuntamente con el Nutrabiota fue estadísticamente mayor que en los tratamientos que solo tuvieron Nutrabiota y que el testigo sin fertilizante orgánico.

En relación a los rendimientos se puede apreciar que en la primera campaña el mejor fertilizante orgánico fue el guano de isla siendo estadísticamente superior, mientras que en el efecto residual la aplicación de Nutrabiota más gallinaza fue estadísticamente superior obteniendo los mejores rendimientos en categoría “primera”.

Estos rendimientos tanto en la primera campaña como en el efecto residual, fueron estadísticamente superiores bajo riego por goteo en contraste al riego por aspersión, sin embargo el riego por goteo mostro tener valores mayores de conductividad eléctrica en relación al riego por aspersión, siendo estas diferencias significativas estadísticamente.

El análisis de sustentabilidad para la Irrigación Majes señala en su componente social que, el mejor sistema de riego es el de goteo pero que aún está en proceso de adopción, para el componente ambiental los agricultores tienen tendencia al uso y aplicación de enmiendas y fertilizantes orgánicos, asimismo la aplicación de biomejoradores estaría sujeta a las etapas previas a toda innovación tecnológica. Con respecto al componente económico, el fertilizante orgánico gallinaza mostro tener mayor rentabilidad que el guano de isla, y que el fertilizante químico, aunque el guano de isla mostro mayor rendimiento.

Palabras clave: *Allium cepa*, fertilizante orgánico, biomejorador, calidad de suelo.

PHYSICAL – CHEMICAL QUALITY OF ARID SOIL IN ONION (*Allium cepa* L.), WITH (NUTRABIOTA[®] PLUS) AND ORGANIC FERTILIZERS IN MAJES IRRIGATION

ABSTRACT

The present research was carried out in the Rearing Center Bovines from AUTODEMA in Majes Irrigation, situated to 16° 21' South latitude; 72° 10' Western Longitude, to 1440 meters above the level of sea, localized in Majes district, belonging to Caylloma province, Arequipa Region. The effect of Physical and chemical indices of quality soils from an arid soil in onion, with applications of a soils bioenhancer (Nutrabiota[®] plus) and organic fertilizers in Majes Irrigation, was evaluated. The trial was carried out since April to September 2011, in two cropping season. The present trial was carried with the aim to evaluate the effect of a soils bioenhancer and organic fertilizers on the physical and chemical component of quality soil and its effect in the onion production in Majes Irrigation. The trial was carried out in a plot under spray irrigation and splot under drip irrigation, in both plot was stablished the sources and levels from organic fertilizer (Chicken manure and seabird guano) compared against chemical fertilization. A completely random block design was used with 9 treatments and 3 repetitions for each plot, after that it was made a combined analysis to both plots. Effective deep roots and average infiltration speed were evaluated like physical indices of quality soils. The effect of bioenhancer and organic fertilizers on effective deep roots was determined by a vertical cut of a soil section of 50 cm deep measuring with a rule since of basis bulb to the last root. To measure the average infiltration speed was used the method of cylinder infiltrometer using the Kostiakov (Guevara 1992) equation to determine the accumulated infiltration and average infiltration speed values. The electric conductivity, pH, CaCO₃ (%), organic matter (%) phosphorus (ppm), potassium (ppm), cation exchange capacity and exchangeable cations, were evaluated like chemical indices of quality soils. Onion total yield (t.h⁻¹), “first” category yield (t.h⁻¹) and “second” category yield (t.h⁻¹) were evaluated in order to determinate the effect from the treatments in the onion production, this evaluations were carried out in the first cropping season and in the second cropping season. The effective deep roots did not show significantly statics different. Chicken manure and seabird guano treatments applied with Nutrabiota; show the higher average infiltration speed than treatments with only applications of Nutrabiota and the treatment without organic fertilizer, this were significantly statics different.

The yields to the first cropping season showed that the best organic fertilizer was the seabird guano, and it was significantly statics different, while that in the residual effect chicken manure treatment applied with Nutrabiota was significantly statics different reached the highest yields in onion “first” category.

The yields from the first cropping season and the residual effect, were significantly statics greater under drip irrigation against spray irrigation, however drip irrigation showed to have greater values of electric conductivity in relation to spray irrigation, this were significantly statics different.

Sustainability analysis from Majes Irrigation, show that in social component, drip irrigation is the best irrigation system, but it still in adoption process; to environmental component, the farmers have the tendency to using and application of emendations and fertilizers organics, bioenhancer application would be to link to phase previous from technological innovation. Regarding to economic component, organic fertilizer chicken manure show to have greater profitability than seabird guano and chemical fertilizer, although seabird guano show the greatest yield.

Key words: *Allium cepa*, organic fertilizer, bioenhancer, soil quality.

I. INTRODUCCIÓN

La cebolla es una hortaliza de marcada importancia en la región Arequipa, principalmente en la provincia de Arequipa; tanto por la diversidad de formas en la que se las puede utilizar en la alimentación así como por la cantidad de área cultivada debido al clima favorable que presenta para su cultivo durante todo el año. Las zonas de cultivo a nivel nacional, son: Arequipa, Lima, Tarma, Huancayo, Huaraz, Piura, y otras zonas (INEI 1996). La cebolla tiene un alto poder nutritivo, curativo y preventivo. Es una excelente fuente de vitaminas A, B y C, además de ser rica en azufre. Es estimulante de las secreciones digestivas y ayuda a eliminar las toxinas (Open 1986).

Los suelos de la Irrigación Majes, presentan material aluvial piroclásticos y sedimentarios de textura gruesa, permeabilidad moderadamente alta, baja retentividad de agua y contenido de materia orgánica deficitaria por su condición desértica o de zona árida (AUTODEMA 1995 citado por Batallanos 1999). Este hecho determina que en la producción de cultivos los agricultores opten por usar fertilizantes químicos muchas veces en forma excesiva dejando de lado la aplicación de enmiendas orgánicas que conduce a una destrucción de la vida en el suelo, debido a lo cual esta práctica va volviéndose insostenible.

Para un manejo sustentable es el recurso suelo el punto de partida para el desarrollo de una agricultura sustentable que garantiza la fertilidad biológica, física y química del mismo. Es preciso señalar que si bien en la Irrigación Majes se cuenta con riego tecnificado, aspersión y goteo, debido a los altos costos de instalación la mayoría de agricultores opta por el sistema de aspersión, razón por la cual en el presente experimento se trata de desarrollar la influencia de estos dos sistemas de riego.

La calidad del suelo es la base para el éxito en la producción de cultivos, suelos de pobre calidad se asocian a un deterioro de sus propiedades químicas, físicas y biológicas y que a la vez está asociado con una degradación, pues no puede sostener la producción de los cultivos. El mejoramiento de la producción de cultivos requiere mejorar la calidad del suelo y la

capacidad que tienen los suelos de proveer nutrientes en cantidades adecuadas y en un balance equilibrado para el desarrollo de los cultivos.

Los objetivos planteados en el presente ensayo son:

Objetivo General:

- Evaluar el efecto de un biomejorador de suelos y de fertilizantes orgánicos sobre los componentes físicos y químicos de calidad de suelo y su efecto en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en la Irrigación Majes.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto del biomejorador del suelo y de los fertilizantes empleados en los índices físicos de calidad de suelo seleccionados.
- Determinar el efecto del biomejorador del suelo y de los fertilizantes empleados en los índices químicos de calidad de suelo seleccionados.
- Determinar el efecto del biomejorador y de los fertilizantes empleados en la producción de cebolla.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 CULTIVO DE LA CEBOLLA

2.1.1 ORIGEN E HISTORIA

El cultivo de la cebolla es originario de las regiones de Persia, Afganistán y Palestina (Fersini 1976). Algunos investigadores indican tres centros de origen de este cultivo (Izquierdo *et al.*, 1992):

Centro primario:

- Asiático central (India, Afganistán y regiones cercanas) y,

Centros secundarios:

- Oriente próximo (Asia menor, Transcaucásica, e Irán).
- Mediterráneo.

2.1.2 IMPORTANCIA ECONOMICA Y ALIMENTICIA

La cebolla es una hortaliza de mucha importancia en la región Arequipa, principalmente en la provincia de Arequipa; tanto por la diversidad de formas en la que se las puede utilizar en la alimentación así como por la cantidad de área cultivada debido al clima favorable que presenta para su cultivo durante todo el año.

De acuerdo a los resultados del III Censo Nacional Agropecuario, el cultivo de cebolla para bulbo ocupa el cuarto lugar en importancia en la región Arequipa: abarcando el 9,7% del total de la superficie cultivable. A nivel de la provincia de Arequipa: el 32,6% de su superficie cultivable es ocupada por el cultivo de cebolla para bulbo, resultando ser el de mayor importancia.

La producen los agricultores cuyos predios agrícolas en su mayoría son menores a 3 has. y en segundo lugar se ubican aquellos que poseen de 3 a 9,9 has (INEI 1996)

Las zonas de cultivo a nivel nacional, son: Arequipa, Lima, Tarma, Huancayo, Huaraz, Piura, y otras zonas (INEI 1996). La cebolla tiene un alto poder nutritivo, curativo y preventivo. Es una excelente fuente de vitaminas A, B y C, además de ser rica en azufre. Es estimulante de las secreciones digestivas y ayuda a eliminar las toxinas (OPEN 1986).

2.1.3 CLASIFICACION TAXONOMICA

La cebolla taxonómicamente es clasificada de la siguiente manera (Currach 1981, citado por Zeballos 2008):

DIVISION: Fanerógamas
SUB-DIVISION: Angiospermas
CLASE: Monocotiledóneas
ORDEN: Lilifloras
FAMILIA: Alliaceae
TRIBU: Alliae
GENERO: Allium
ESPECIE: *Allium cepa*, L.

Algunos autores señalan que la cebolla de cabeza o cebolla seca es *Allium cepa* L. Var. *cepa*, para diferenciarla del grupo de los Shallots o cebollita china (Anculle 1995). La cebolla es una especie vegetal de bulbo tunicado, bianual (Fersini 1976).

2.1.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CEBOLLA EN LA IRRIGACIÓN MAJES

En la región Arequipa existe la denominación por parte de los agricultores de los siguientes términos: “Cebolla Verde” cuyo trasplante se da entre los meses de enero a abril y “Cebolla Seca”, cuyo trasplante se da entre los meses de junio a octubre, la duración del periodo vegetativo está en función del cultivar y de la zona en que se esté cultivando (Zeballos 2012).

La razón de esta denominación va mas allá de un simple nombre, a la denominada “Cebolla Verde” se le dice así porque esta se mantiene siempre verde durante todo su periodo

vegetativo, la parte foliar nunca llegan a secarse por completo y esto se debe a que las cebollas son trasplantadas durante los meses de mayor temperatura del año, luego su desarrollo vegetativo lo realizan en la etapa otoño-invierno, soportando bajas temperaturas lo que ocasiona que la planta acumule suficiente cantidad de horas frío para que siga manteniéndose siempre verde (el follaje), en ocasiones cuando el trasplante suele ser muy tardío (abril – mayo) las plantas de cebolla al final de la etapa vegetativa comienzan a emitir el escapo floral, recordemos que la planta de cebolla es una especie bianual, como respuesta a la excesiva acumulación de horas frío (vernalización) lo cual fisiológicamente le indica a la planta que se prepare para la etapa siguiente a la vegetativa, la reproductiva (Zeballos 2012).

En el caso de la denominada “Cebolla Seca” se le dice así porque en esta la parte foliar en la etapa de madurez del bulbo, llega a experimentar senescencia, esto debido a que al ser trasplantada durante los meses de junio a octubre su crecimiento vegetativo coincide con la etapa de primavera – verano, entonces las temperaturas comienzan a subir, lo que ocasiona una respuesta fisiológica en la planta que se manifiesta en el llenado del bulbo y la posterior senescencia de las hojas (Zeballos 2012).

En la Irrigación Majes de acuerdo a la época de trasplante tenemos cebolla verde, cuyo trasplante es entre los meses de Enero a Abril, donde el periodo vegetativo es de 75 -90 días; y cebolla seca, cuyo trasplante se da entre los meses de Junio a Octubre, donde el periodo vegetativo es de aproximadamente 120 días (Zeballos 2010).

Dentro de los cultivares más importantes que se siembran en la Irrigación Majes destaca el cultivar ‘Roja Camaneja’ que es de polinización abierta, tanto para cebolla seca como verde, además del cultivar ‘Italiana’ que se siembra preferentemente para cebolla seca (trasplante de Junio a Octubre), además del híbrido “Sivan” (Zeballos 2010).

En la Irrigación Majes la siembra de cebolla ha ido aumentando en los últimos años debido a que cuenta con un clima favorable por lo que se puede producir hasta 3 campañas por año, sin embargo los rendimientos en comparación con los del departamento de Arequipa (50 t/ha) son menores, empero, en el departamento de Arequipa el periodo vegetativo es mayor 5 – 6 meses (Zeballos 2010).

En líneas generales los precios de cebolla que se paga al agricultor en chacra son muy variables a lo largo del año, es decir dependiendo de la época de cosecha se pueden alcanzar buenas utilidades, esto último ha ido sucediendo en las últimas campañas ya que en la Irrigación majes se puede cosechar cebolla prácticamente todos los meses del año es que existe una ventaja comparativa con las otras zonas de producción de Arequipa, mientras que la mayor parte de la cebolla sembrada en la provincia de Arequipa es cosechada generalmente en los meses de Febrero - Marzo y la cebolla cosechada en los valles costeros como Camana e Islay es cosechada en el mes de Junio es que existe un desabastecimiento de cebolla para los meses de Abril, Mayo e inclusive Junio en algunos años, además de los meses de Julio a Octubre, razón por la cual la mayoría de Agricultores de la Irrigación Majes opta por programar sus cosechas para los mese antes señalados, normalmente después de otra hortaliza, papa o maíz, ya que en la Irrigación Majes dichos cultivos son de periodo vegetativo similar al del cultivo de cebolla (Zeballos 2010).

2.1.5 PRODUCTIVIDAD DE CEBOLLA

La productividad de un cultivo depende de factores tales como: suelo, planta, clima y manejo, los que pueden descomponerse en una variada gama de factores implícitos que los caracteriza. El rendimiento puede ser considerado como una función de dichos factores (Squellaet *al.* 1983).

Para el cultivo de cebolla uno de los factores de mayor incidencia sobre la productividad es la densidad poblacional, ya que esta afecta directamente el rendimiento total: al aumentar la densidad el rendimiento aumenta hasta cierto límite, pasado el cual disminuye debido a la obtención de bulbos de menor tamaño, producto a la competencia de tipo intraespecifica, obteniéndose altos rendimientos con un mayor número de bulbos pequeños que con un menor número de bulbos grandes (Squellaet *al.* 1983).

Otro factor importante es la disponibilidad de potasio en el suelo, considerando que este elemento es el de mayor extracción por parte del cultivo con un valor equivalente a $177 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para un rendimiento de $36,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Por otro lado se recomienda para el cultivo de cebolla la utilización de suelos nuevos, ya sean alfalfares o trebolares, especialmente si sus últimos cortes se han incorporado al suelo (Squella *et al.* 1983).

Finalmente en lo referente a la época de plantación, se recomienda que esta debe realizar en el momento adecuado ya que la inducción de bulbos de un cultivar no comienza hasta presentarse un fotoperiodo y temperaturas adecuadas, cuando las temperaturas son bajas la madurez se retarda y si superiores a las necesarias la formación de bulbos se acelera obteniéndose una madurez precoz (Squella *et al.* 1983).

2.2 NUTRIENTES

En función a los criterios de esencialidad (Arnold y Stout 1934, citado por Mengel y Kirby, 1987), son considerados nutrientes aquellos elementos en los que la planta no puede culminar su ciclo de vida en ausencia de este elemento, la función de este elemento no puede ser desempeñada por otro elemento y el elemento deberá estar directamente implicado en el metabolismo; teniendo en consideración por lo dicho anteriormente existen 17 elementos esenciales o nutrientes y son: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, Mo, B y Ni. Estos elementos normalmente interactúan en el desarrollo (metabolismo de la planta) de allí que un síntoma visual de deficiencia puede ser riesgoso pues esto es producto de la ausencia del elemento en la planta o por su reacción de bloqueo por la presencia de otro elemento (Mengel y Kirby 1987).

La cebolla en la fase de crecimiento herbáceo posee grandes necesidades de nitrógeno y de los restantes elementos nutritivos, en general durante el desarrollo del bulbo una excesiva absorción de nitrógeno de la planta puede perjudicar la acción del potasio y del fósforo en la síntesis de glúcidos y su acumulación en los bulbos, pudiendo predisponer a los bulbos a una mala conservación. La cebolla es una planta que presenta requerimientos de calcio (Maroto 1983).

El nivel de absorción de nutrientes en el cultivo de cebolla por tonelada de producto comercial es de 3 kg de nitrógeno, 1,2 kg de P_2O_5 , 4.1 kg de K_2O 3 kg de Ca y 1 kg de MgO. (Maroto 1983). El suelo puede ser rico en algunos elementos y muy pobres en otros, la fertilización tiene por objeto corregir las deficiencias de nutrientes en el suelo (Gross 1981).

2.3 MATERIA ORGANICA

Por materia orgánica consideramos, a aquella que va a ser incorporada al suelo, constituida por compuestos de diferentes complejidad y por os nutrientes extraídos por las cosechas, presentado variadas formas para su descomponían y trasformación por acción de los microorganismos del suelo (Domínguez 1989).

La materia orgánica que se incorpora al suelo se caracteriza por presentar una gran cantidad de compuestos los mismos que se presenta en diferentes concentraciones. Estos compuestos de la materia orgánica podemos agruparlos en aquellos de alta velocidad de descomposición y de lenta velocidad.

Aquellos de alta velocidad de descomposición son considerados fertilizantes pues liberan los nutrientes en menor tiempo como el caso del N o K, en cambio los compuestos con menor velocidad de descomposición son considerados como mejoradores de las propiedades del suelo.

Todos los materiales orgánicos se someten a la descomposición microbial en el suelo. Los materiales que han experimentado alguna descomposición y ya no son identificables, también se descomponen más lentamente. La velocidad de descomposición de nuevos materiales incorporados dependen principalmente del tipo de material, su edad, tamaño de la partícula y el contenido de nitrógeno, pero la humedad del suelo, temperatura aeración, pH, y contenido de nutrientes también afecta la tasa de descomposición de la materia orgánica (MO) y de la materia orgánica del suelo (MOS) (Wolf y Snyder 2003).

Materiales de plantas jóvenes y suculentas se descomponen más rápidamente, mientras que materiales maduros se descomponen más lentamente. Las hojas y sarmientos de vid se descomponen más rápidamente que los tallos y raíces. El azúcar de las plantas, almidones,

aminoácidos, y algunas proteínas las cuales están presente en grandes cantidades en los tejidos jóvenes se descomponen muy rápidamente, seguido por las hemicelulosas y al último por las ligninas. La complejidad en la composición de las ligninas y algunas hemicelulosas puede explicar al menos en parte la lenta descomposición del material más viejo ya que esos compuestos están principalmente presentes en dichos tejidos (Wolf y Snyder 2003). Usualmente materiales que son ricos en nitrógenos y bajos en concentraciones en ligninas y polifenoles tienden en descomponerse en menor tiempo (Handayanto *et al.* 1997).

Por otro lado algunas legumbres con una relación estrecha entre C y N (entre 15:1 a 35:1) quizás se descompongan lentamente debido a complejos de proteínas generados por los polifenoles (los polifenoles alteran la química natural de las proteínas en el complejo proceso de fabricación de las mismas logrando que ellas sean mucho más grandes y una entidad químicamente diferente que es más dificultosa para que los microorganismos puedan descomponer) en tal caso la relación Nitrógeno polifenoles quizás sea un mejor indicador de la tasa de descomposición que la relación C:N (Wolf y Snyder 2003).

Pajillas de cereales y legumbres y restos de cosecha anuales que contiene al redor de 10 a 15 % de lignina tienen relación C:N 50 a 100, y su tasa de descomposición es más normal ya que las altas relaciones reflejan un bajo contenido de nitrógeno más que cambio en el contenido de carbono (Wolf y Snyder 2003).

La descomposición de materiales leñosos con relación con relación C:N 75:1 o 100:1 también puede ser variable. Las tasas son normalmente lentas pero varían dependiendo sobre el contenido de lignina debido a que la lignina es resistente al ataque microbiano y puede proteger las paredes celulares de los azúcares, normalmente fácilmente descompuesto en una descomposición microbiana. Como resultado la relación de lignina y nitrógeno quizás sea mejor indicador de la tasa de descomposición en materiales de origen leñoso que entre una simple relación C:N (Hea *et al.* 1997).

Compuestos con lignina y polifenoles presentes en un tipo de materia orgánica y con una baja concentración de nitrógeno, son comunes a una mayor edad de la plantación, por lo que esta materia orgánica se descompondrá en forma más lenta. Normalmente esperaríamos que una descomposición muy rápida de la materia orgánico con relación C:N menores de 20:1,

algunas veces con amonio libre siendo liberado desde compuestos nitrogenados que son usados como fuente de carbono. A diferencia de la descomposición de tejidos animales y microbiales con relación C:N menores a 25:1, la tasa de descomposición de tejidos que tienen relación C:N entre 25:1 y 75: 1 es variable (Wolf y Snyder 2003),

Si embargo la relación C:N por sí sola no siempre es un perfecto indicador de la tasa de descomposición (Wolf y Snyder 2003), además diversos investigadores indican que el carbono no es la fuente de energía sino los enlaces, además un mismo numero de carbonos no presenta la misma energía almacenada pues podrían ser una acumulación de compuestos mas o menos sensibles a su liberación (McKendry 2002). Por otro lado, Post y Mann (1990) señalan que la descomposición de la materia orgánica podría en general estar limitada por la habilidad microbial en romper los enlaces carbono en lugar de una deficiencia de nitrógeno.

2.3.1 CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS:

La mayoría de los suelos contienen entre un rango de 1 a 6 % de materia orgánica, esta materia orgánica se encuentra en equilibrio con la presencia de arcilla, lo que representa de 20,000 a 120,000 kg. de materia orgánica por ha (Gross 1981). En suelos muy áridos (desiertos) el porcentaje bajará del 1 %, y en las selvas tropicales donde se depositan muchos desechos orgánicos puede ser mayor al 6 % (Biblioteca Agricultura 1997).

Los tejidos vegetales son considerados como fuente principal de la materia orgánica del suelo, mientras que, los restos de origen animal (estiércoles) como fuente secundaria. Se encuentran formados por una serie de componentes que van desde tejidos vegetales o animales poco alterados y productos humíferos procedentes de su descomposición, hasta un material de color pardo o negro, denominado “humus” (Batallanos 1999).

2.3.2 INFLUENCIA DE LA MATERIA ORGANICA EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO:

La materia orgánica permite la formación de agregados que mejora la estructura del suelo, disminuyendo la densidad aparente, al mejorar la estructura de los suelos se mejora la producción de los cultivos ya que se mejora la infiltración de agua, se incrementa la porosidad, se provee un medio ideal para el desarrollo de microorganismos y raíces, y reduce los riegos

de erosión al mejorar la infiltración de agua.

También incrementa la capacidad de intercambio catiónico, permitiendo una mejor retención de NH_4 , N, K, Ca y Mg; también ayuda a la quelación de varios micronutrientes mejorando su disponibilidad. Limita los rápidos cambios de pH del suelo que pudieran ocurrir por la adición de químicos (poder buffer).

La materia orgánica sirve de alimento para los hongos micorrizicos que ayudan a mantener el nivel de fósforo asimilable y sirve de sustento para bacterias, actinomicetos y algunos hongos filamentosos que ayudan a la formación de material cementante muy esencial para el enlace individual de pequeñas partículas de suelo dentro de los agregados o peds (Wolf y Snyder 2003).

2.3.3 EL ROL DE LA MATERIA ORGÁNICA EN PROVEER SUELOS SUSTENTABLES.

Agricultura sustentable no es posible sin suelos sustentables. Pero el suelo no puede ser sostenido sin un satisfactorio nivel de materia orgánica de suelo (MOS); el cual a la vez es largamente dependiente de las adiciones de materia orgánica (MO) y como ellas son dadas. La dependencia de la agricultura sustentable sobre la materia orgánica origina muchos efectos benéficos provenientes de ambas formas (MO y MOS) (Wolf y Snyder 2003).

Ambas formas (MOS y MO) son largamente responsables en la formación y desarrollo del suelo. La energía de ambas fuentes como su descomposición respalda a un vasto número de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos). Estos organismos están constantemente modificando la roca proveniente del cual el suelo se originó, liberando nutrientes para las plantas. La energía liberada proveniente de la materia orgánica también trae grandes beneficios para los organismos (ácaros, gusano de tierra e insectos) que íntimamente incorporan los fragmentos de roca fina con la materia orgánica para ayudar a la aceleración y descomposición de las rocas y a la velocidad de formación del suelo (Wolf y Snyder 2003).

2.3.4 LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA AGRICULTURA SUSTENTABLE

La importancia de la materia orgánica (MO) y la materia orgánica del suelo (MOS) en la producción de cultivo ha sido conocida por largo tiempo, pero su importancia para la agricultura sustentable ha sido comprendida más recientemente. El retraso en evaluar la importancia de MOS ha ocurrido por al menos dos razones.

- La disminución del nivel de MOS a un nivel insatisfactorio asociado con los problemas de la producción de los cultivos que usualmente toman varios años, especialmente en clima fríos.
- La introducción de nuevas entradas intensivas, que usualmente compensan algunos de los defectos debido a la existencia de métodos intensivos. Ejemplo reemplazar micronutrientes por fertilizantes químicos es un ejemplo de cómo una nueva entrada intensiva traerá consigo resultados negativos obtenidos con el uso de fertilizantes comerciales en el tiempo. Otro ejemplo son (1) el uso de fumigantes en el suelo como es el bromuro de metilo lo cual traerá consigo el incremento de plagas en el suelo agravado por el bajo nivel de MOS y el monocultivo; y (2) el uso expandido de irrigaciones las cuales alivian un número de problemas asociados con un pobre almacenamiento de agua debido a la ausencia de MOS (Wolf y Snyder 2003).

2.3.5 FERTILIZACION CON ABONOS ORGANICOS

La materia orgánica incorporada en forma adecuada al suelo representa una estrategia básica para darle vida al suelo, ya que sirve de alimento a todos los organismos que viven en él (Guerrero 1993). La incorporación de abonos orgánicos, muchos meses antes de la siembra para evitar daños en plantas emergidas y sugiere que en suelos pesados se aplique estiércol en cantidades variables de 10 a 20 t/ha. Con relación al estiércol de vacuno manifiesta que éste debe ser un complemento en el uso de fertilizantes minerales en aquellos lugares donde la materia orgánica es escasa (Batallanos 1999).

2.3.6 FUENTES DE MATERIA ORGANICA

Una forma de mejorar la fertilidad del suelo es aplicando abonos orgánicos, debido a que éstos aparte de intervenir en la formación de la estructura del suelo, son fuentes de nutrientes

necesarios para el desarrollo de las plantas y organismos que viven en él, en contraste con los fertilizantes químicos que solo tienen algunos nutrientes y su efecto físico es nulo. Las enmiendas orgánicas, aportan materia orgánica al suelo, encontró además que el compost y la gallinaza son las mejores enmiendas que incrementan la flora bacteriana del suelo. En la Costa Peruana las fuentes de materia orgánica que se usan mayormente son: el guano de islas, el estiércol de vacuno, la gallinaza, el compost y el humus de lombriz. En la Selva, el uso de abonos verdes a base de leguminosas, constituye la principal fuente de materia orgánica (CLADES 1998).

a. Estiércol de vacuno

Corresponde a la clase de estiércol frío, que son de acción lenta, pero más duradera y están más recomendados para suelos ligeros o arenosos. El valor de estiércol en el mantenimiento de la materia orgánica del suelo ha sido ampliamente utilizado desde el pasado. Es una práctica que se usa frecuentemente en la sierra del Perú. Aplicaciones de más de 10 t/ha, muestran efectos positivos, tanto en las características físicas y químicas del suelo, así como en la alta producción de fruto. Cuando hay una buena conservación del estiércol de vacuno se puede considerar el contenido promedio en: 0,5 % de N; 0,25% de P_2O_5 ; y 0,5 % de K_2O . Además aproximadamente 1/2 de nitrógeno, 1/3 de K_2O y 1/4 a 1/5 parte de P_2O_5 es disponible en forma inmediata por la planta (Batallanos 1999).

El estiércol de vacuno tiene dos componentes originales, el sólido y el líquido. El material sólido representa en su mayor parte el material no digerido y la porción líquida representa el material digerido que ha sido absorbido por el animal y después excretado.

El excremento sólido en promedio contiene la mitad o más de nitrógeno como una tercera parte del potasio y casi todo el fósforo que excreta el animal. Todos los nutrientes vegetales de la fracción líquida u orina son solubles y son o directamente aprovechables para las plantas o se convierten aprovechables fácilmente (Puma 1998, citado por Zeballos 2008).

Gross, manifiesta que en suelos ligeros debe enterrarse lo más profundo posible que en los suelos pesados y húmedos, un estiércol enterrado demasiado profundo no nitrifica en especial en los suelos pesados. Guerrero (1993), indica que se ha observado que el estiércol de ganado vacuno por el mayor contenido de agua y menor contenido de heces, se descompone

lentamente y la temperatura se eleva débilmente. En suelos compactados o arcillosos y en suelos arenosos es conveniente el empleo de dosis altas de estiércol (mayor a 30 t/ha).

La composición del estiércol de vacuno es muy variable y depende de muchos factores como: la especie y edad del ganado, el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido y la magnitud del proceso de descomposición en el compostaje, así como la alimentación del animal (Biblioteca de la Agricultura 1997).

Tabla 1 Composición media del estiércol en Kg.t⁻¹ en base a 25 % de materia seca

| Nutriente | Kg.t ⁻¹ |
|-------------------------------|--------------------|
| Nitrógeno | 4,0 |
| P ₂ O ₅ | 2,5 |
| K ₂ O | 5,5 |
| Azufre | 0,5 |
| Magnesio | 2,5 |
| Cal | 5,0 |
| Manganeso | 0,04 |
| Boro | 0,004 |
| Cobre | 0,002 |

Fuente: Biblioteca de la Agricultura, 1997

Tabla 2 Composición media del estiércol de vacuno con 20 – 25% de materia seca.

| Elemento | Kg.t ⁻¹ |
|-------------------------------|--------------------|
| Nitrógeno | 3 - 5 |
| P ₂ O ₅ | 2 - 4 |
| K ₂ O | 5 - 6 |
| Azufre | 0,5 |
| Magnesio | 2,0 |
| Calcio | 5,0 |
| Manganeso | 0,03 – 0.04 |
| Boro | 0,04 |
| Cobre | 0,02 |

Fuente: Gross, 1981

b. La gallinaza

Corresponde a la clase de estiércol caliente, éstos evolucionan más rápido porque son más concentrados, se calienta y maduran con mayor facilidad, tienen una acción acelerada. Se aplican a suelos pesados, puesto que calienta y activa la vegetación gracias a una mineralización más rápida, (Batallanos 1999).

La gallinaza es también un apreciado abono orgánico rico en nitrógeno (6%) y contiene todos los nutrientes indispensables para las plantas en mayor cantidad que los estiércoles de otros animales. Durante el año se puede acumular excrementos de gallina de 60 a 70 kg/animal. Lo más común es que la gallinaza este conformada por la mezcla de aserrín con estiércol de gallina, esto disminuye su calidad, por ello es preferible realizar el compostaje o fermentación antes de su incorporación al suelo (Sarmiento 1996, citado por Zeballos 2003).

Ventajas del uso de la Gallinaza

- Aporte de nutrientes.
- Incremento de la retención de humedad.
- Mejora la actividad biológica del suelo.
- Incrementa la productividad del suelo (Guerrero 1993).
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes del suelo CIC, (CLADES 1998).

Tabla 3:Contenido y solubilidad de elementos nutritivos en gallinaza madura

| ELEMENTO TOTAL | CONTENIDO | SOLUBILIDAD |
|----------------|-----------|-------------|
| N | 3.00% | 30.34 |
| K | 1.27% | 31.50 |
| Ca | 1.55% | 5.17 |
| Mg | 0.57% | 5.12 |
| Fe | 2830 ppm | 0.006 |
| Mn | 196 ppm | 11.23 |
| Cu | 32 ppm | 12.50 |
| Zn | 137 ppm | 11.11 |
| P | 1.82% | 20.30 |

Fuente: Sarmiento, 1996 citado por Zeballos 2003.

c. Guano de Isla.

El guano de islas es un compuesto orgánico heterogéneo de procedencia nacional, su ley es variable según la clase de guano y el tipo de abono; es un compuesto natural orgánico (UNALM 1994).

Es un abono muy completo, porque además de contener elementos indispensables como: Nitrógeno, ácido fosfórico, potasa, cal y magnesio; contiene trazas de algunos elementos menores como: manganeso, plomo, titanio, cobre, zinc, boro, flúor y yodo; que son muy necesarios para el desarrollo de diversos cultivos (UNALM 1994).

El guano se presenta como un material amarillento grisáceo y cuando es molido presenta una coloración amarilla pálida o marrón claro, el guano rico se caracteriza por sus olores de vapores amoniacales el guano de isla se forma mediante un proceso de fermentación sumamente lento lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales especialmente las nitrogenadas tales como los uratos, carbonatos, fosfatos, y otras combinaciones menos abundantes (UNALM 1994).

Tabla 4: Composición del guano de isla rico o azoado

| | | |
|-------------------------------|------------|---|
| Nitrógeno | 9-15 % | ----- |
| • Orgánico | 90 - 100% | Especialmente ácido úrico |
| • Amoniacal | 4 - 5 % | Cloruro y bicarbonato de amoniaco |
| • Nítrico | muy poco | ----- |
| P ₂ O ₅ | 8% | Ácidofosfórico (90 % rápidamente asimilable) |
| K ₂ O | 1 - 2% | Soluble en su totalidad |
| CaO | 7 - 8% | ----- |
| MgO | 0,4 - 0,5% | ----- |
| Azufre | 1,5 - 1,6% | ----- |
| Cloro | 1,5 % | ----- |
| Sodio | 0,8 % | ----- |
| Humedad | 20% | ----- |
| pH | 6,2 - 7 | ----- |

Fuente:UNALM 1994.

Tabla 5: Composición del guano de isla pobre o fosfatado

| | |
|-------------------------------|----------|
| Nitrógeno | 1 - 2 % |
| P ₂ O ₅ | 16 - 20% |
| K ₂ O | 1 - 2% |
| CaO | 16 - 19% |

Fuente:UNALM 1994.

2.3.7 ABONOS VERDES

Es una de las prácticas más importantes en la agricultura de conservación, la cual consiste en incorporar a través de maquinaria y equipamientos, la biomasa vegetal no descompuesta de plantas leguminosas, con la finalidad de incrementar la fertilidad del suelo, e incremento de la materia orgánica del mismo con el consecuente aumento del rendimiento de los cultivos. Bajo la óptica de la agricultura de conservación la el cultivo de coberteras o abonos verdes consiste en no incorporar esta biomasa al suelo, sino de mantener el suelo cubierto la mayor parte del tiempo posible, con cultivos de cualquier especie en su fase de desarrollo o con la biomasa resultante, los rastrojos, con el objetivo de protegerlo del impacto de la gota de lluvia, del exceso de insolación, de la acción de los vientos, y para mantener o mejorar sus características físicas químicas y biológicas (FAO 2009).

Hay varios cultivos que pueden ser utilizados como abonos verdes, sin embargo algunos cultivos enfatizan ciertos beneficios, lo cual es útil tener en cuenta cuando se plantee un plan de rotación, los cultivos utilizados como abonos verdes de mayor uso son: Caupi (*Vigna unguiculata*), Crotalaria (*Crotalaria juncea*), Gandul (*Cajanus cajan*), Sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*), Milleto (*Pennisetum americanum*), Girasol (*Helianthus annuus*) (FAO 2009).

2.4 CALIDAD DE SUELOS

La calidad del suelo es definida como la capacidad del suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema a sostener una productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la salud de las plantas y animales (He *et al.* 2003).

La calidad del suelo está determinada por sus componentes físicos químicos y biológicos. La textura, profundidad efectiva, infiltración, capacidad retentiva del agua son los atributos físicos de la calidad del suelo. (He, *et al.* 2003). La evaluación de la calidad de suelo puede ser considerada como un indicador primario de sustentabilidad del manejo de tierra (Doran 2002).

La calidad física de los suelos está asociada principalmente con las propiedades hidráulicas que determinan la infiltración y almacenaje de agua en los suelos, así como la porosidad y compactación de los mismos (Herrick *et al.* 2001).

Fertilidad química es la habilidad del suelo de proveer los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Medidas básicas de las concentraciones de los cationes y del pH, permiten la diferenciación de suelos con suficiente concentración de todos los macro nutrientes de suelos infértiles con pobre cantidad de nutrientes (Lavelle y Spain, 2006).

La morfología es un estimado de la contribución de los agregados del suelo de diferentes tamaños y orígenes (físicos o biogenicos) plantas, gravas y piedras y otros componentes en la arquitectura espacial de los centímetros superiores del suelo y son derivados de una separación visual de dichos ítems. Este muy importante atributo de los suelos está directamente vinculado con las propiedades hidráulicas (infiltración y almacenaje de agua) y con el secuestro de C. Se considera que la presencia de una gran proporción de agregados biogenicos, de diferentes tamaño (en vez de agregados físicos o suelo sin agregados), invertebrados y raíces vinculadas con una alta actividad biológica, probablemente indican una alta calidad de suelos teniendo una optima regulación biológica de la función del suelo (Blanchart *et al.*, 1999; Ponge 1999; Topoliantz *et al.*, 2000).

La materia orgánica del suelo es un importante atributo de la calidad del suelo debido a la variedad de funciones que esta tiene como catión de de reserva (un atributo de fertilidad) y como un agente de estabilización de agregados, lugar para el almacenaje de C y secuestro así como recurso energético para la actividad biológica heterotrófica (Marinissen y Hillenaar, 1996; Pulleman *et al.*, 2002; Six *et al.* 2002).

La composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados son indicadores de la biodiversidad y de la intensidad de la actividad biológica. Ello nos indica la diversidad e

intensidad del trabajo de ingeniería en el ecosistema sobre las propiedades físicas y químicas realizados por los invertebrados y su subsecuente asociación con las actividades microbianas (Mathieu *et al.* 2005).

2.4.1 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL SUELO

- La formación del suelo es crítica para la calidad de los suelos: Los componentes del suelo incluyen en material parental o el tipo de roca que dio origen al suelo mediante procesos de erosión hídrica, eólica, causadas por el hombre o por otras causas. El material orgánico incluye plantas vivientes y animales, otros organismos y microorganismo y residuos en descomposición y material muerto. El agua es el componente del suelo que introduce la humedad y nutrientes requeridos para mantener a los organismos vivos, los químicos que afectan la composición del suelo y los factores de erosión que modifican al suelo (Young 2010).
- La ubicación del suelo contribuye a su composición: La ubicación determina si los humanos están presentes e interactúan con el suelo modificando su composición. Así puede existir suelo ubicados en la cima, en el fondo o en la pendiente de una colina, lo cual es importante para la erosión, drenaje de agua y si la gente ha de interactuar con el suelo modificando su composición (Young 2010).
- Tiempo: Es importante en la formación y desarrollo del suelo, a lo largo del tiempo el suelo puede ser enriquecido y bien formado, puede llegar a envejecer, erosionar o puede llegar a la desertificación no siendo apto para los cultivos (Young 2010).
- Interacción Humana y Animal: La interacción humana y animal con el suelo definitivamente afecta la calidad en asombrosos cortos periodos de tiempo (Young 2010).
 - Animales: Especialmente aquellos pesados con pezuña, comprimen el suelo hasta que las plantas no pueden germinar. Grandes rebaños que golpean a lo largo de la tierra o se mantienen justamente en el establo mientras ellos pastan, pueden devastar un suelo rico en pasturas.

- Construcciones: El incremento anual de construcciones no solamente deja suelos fértiles inaccesibles, sino que comprimen el suelo, son construidas en sobre capas críticas de suelo, niveladas, compactadas mediante maquina o removidas dejando una gran cantidad de suelo.
- Químicos, otras sustancias y agua: Los químicos y sustancias que son introducidas al suelo son un factor recursivo, como el agua es mayor medio de transporte para adicionar compuestos químicos a lo largo de tramos de suelos fértiles, cualquier cosa que tienda a cambiar la composición del agua, cambiara la composición del suelo cuando la misma agua sea reaplicada al mismo. Los principales químicos que afectan la calidad del agua son los fertilizantes, residuos industriales y militares, residuos humanos y animales, materia orgánica muerta y solidos como material de plantas muertas y suelo que fue lavado a diferentes afluentes. También se incluye aguas contaminadas, aguas que son muy frías o muy calientes, para que la vida acuática pueda desarrollarse. La temperatura de polución proviene de las represas los residuos de agua industrial (Young 2010).
- Despojo de los suelos a través de las cosechas, desvíos de agua y desertificaciones: Deforestación y sobre cosecha, despojara a los suelos de material para las plantas necesario para proveer materia orgánica, alterando la estructura radicular que las mantiene juntas al suelo. Los desvíos de agua han causado agotamiento de todos los lugares de baja precipitación anual y en donde un solo afluente es la fuente de humedad. Las plantas y árboles proveen una canopia que protege a los elementos más ligeros del suelo de las gotas de lluvia pesadas, las cuales las lavarían y las alejarían. Así las capas superiores serian lavadas y alejadas más y más, capas de suelo con elementos nutritivos que serían expuestos sufriendo erosión eólica hasta llegar a ser capas estériles, quedando como residuo las capas de suelo más pesadas, siendo esto una simple descripción de desertificación (Young 2010).

2.5 SUELOS ÁRIDOS

Tipo específico de suelo que aparece caracterizado por desarrollarse bajo unas condiciones climáticas áridas (véase aridez), hecho que condiciona la evolución de su perfil. De este fenómeno se deriva que estos suelos vengán definidos exclusivamente por el pedoclima bajo

el que se forman y desarrollan. Los suelos áridos y/o desérticos aparecen prácticamente desprovistos de humus y la alteración química por la que pasan los materiales que lo componen es relativamente débil como consecuencia de que la presencia de agua, auténtico motor de los procesos químicos, es escasa a causa de las condiciones climáticas reinantes: escasas precipitaciones y abundante evapotranspiración. Por el contrario, los fenómenos de desagregación física son muy activos y aparecen fundamentados en los bruscos cambios de temperatura y humedad que se producen. Estos cambios generan un aflojamiento mecánico de toda la superficie del suelo. Abundan los materiales arenosos y arcillosos sobre los que se desarrollan importantes grietas durante el periodo más seco y costras de origen calcáreo o yesífero (Guerra *et al.* 2009).

Otro elemento que caracteriza a este conjunto específico de suelos, denominados Aridisoles por la Soil Taxonomy americana y Xerosolespor la FAO, es la ausencia de drenaje superficial durante cualquier época del año como consecuencia de la generalizada falta de precipitaciones que sufren (Guerra *et al.* 2009).

Los suelos de características áridas se conocen bajo varias denominaciones; las más usuales son serosem o suelo gris subdesértico. Sus coloraciones tan claras vienen condicionadas por la escasez de materia orgánica (normalmente no suele superar el 1%) y por la débil maduración climática que han sufrido y que ha condicionado, de igual modo, su escasa alteración química y su mínima liberación de hierro (Guerra *et al.* 2009).

2.6 BIOFERTILIZANTES

Los biofertilizantes juegan un rol muy importante en la fabricación así como en los prácticos sistemas de producción de alimentos; estos se definen como preparados que contienen microorganismos vivos o células latentes que mejoran el crecimiento de la planta a través de la naturaleza de sus interacciones en la rizosfera (Misha y Dadhih 2010, citado por Matsumura *et al.* 2014)

La aplicación de biofertilizantes se ha extendido hacia el crecimiento de varios productos agrícolas como flores, hortalizas, futas, cultivos extensivos y forrajeros. Los efectos benéficos de los biofertilizantes incluyen: (1) aceleración de la degradación de los componentes

orgánicos del suelo; (2) mejora las propiedades de aireación del suelo; (3) promueve el desarrollo del sistema radicular del cultivo; (4) propagación de microorganismos útiles para el desarrollo de la planta en el suelo; y (5) inhibe la propagación de microorganismos nocivos o perjudiciales (Matsumura *et al.* 2014).

2.6.1 BIOMEJORADOR (NUTRABIOTA PLUS)

Es un biosistema natural mejorador de la bioestructura y la calidad del suelo. Acelera la reconversión natural de suelos fatigados, degradados y erosionados. Es un recuperador de la productividad potencial de los suelos. Nutrabiota Plus es un biomejorador de suelos, por su gran aporte energético que lo dan sus moléculas de fósforo (25%) con enlace de alta energía utilizados en la síntesis de proteínas o en el metabolismo energético de las células. Además, el fósforo de Nutrabiota Plus se encuentra en forma de humatos, que lo hacen más biodisponibles en la mayoría de las plantas. Nutrabiota Plus aumenta el poder tampón del suelo por su aporte de materia orgánica humificada, nitrógeno, fósforo y calcio orgánico, y micronutrientes naturalmente quelatizados de hierro, zinc, boro y cobre, para aumentar la eficiencia de la fertilización fosforada (Agris 2010).

a. Nutrabiota: calidad y productividad de suelos

La experiencia habitual en frutales desde del primer año para el segundo año, y sucesivos años hasta alcanzar su estado de franca producción, es ver cómo la dinámica natural del suelo está funcionando en la construcción de nutrientes naturales como alimentos esenciales de la red viviente de los microorganismos benéficos del suelo agrícola y de las plantas de los cultivos, que se logra a través del tratamiento saludable y amigable del suelo con biosistemas energéticos o Nutrabióticos, y que puede ser conjuntamente en combinación con actividades microbianas asociadas con los abonos orgánicos (guanos, excrementos animales, etc.), humus y compost. Desde que se inicia el tratamiento natural del biomejorador y bioacondicionador del suelo tipo enmienda Nutrabiótica, a diferencia de los abonos orgánicos, como todos los Nutrabiota®, tiene efecto inmediato sobre la nutrición y crecimiento de las plantas, y el rendimiento de los cultivos. Siendo aún mejor su influencia sobre los cultivos que con el uso de fertilizantes químicos y sintéticos. Esto es debido a que la productividad y la fertilidad natural del suelo se incrementa anualmente. Cuando los nutrientes del suelo han alcanzado el

nivel óptimo y los microorganismos traen de vuelta la vida a la tierra, la salud y productividad de las plantas supera aquellos bajo tratamiento químico, y a mucho menor costo de producción (AGRIS 2011). Este método se ha probado y comprobado en Perú en uva de mesa, mango, palta, arándanos, granados, hortalizas, etc.; y en más de 30 países que usando mejoradores biológicos han adoptado el sistema de cultivo o crianza del suelo en forma Natural (Parr et. Al., 1998) (Xu 2006).

Por todo ello, la Enmienda Nutrabiótica por un uso eficiente del nitrógeno (NUE) (Broek *et.al*, 2007) incrementa los nutrientes disponibles del suelo año tras año acompañando al árbol en su crecimiento y aumentando su productividad (AGRIS 2011). Asimismo, siguiendo el método de agricultura orgánica que favorece el enriquecimiento de la fracción de materia orgánica del suelo se puede ayudar a crear un entorno agroecológico que favorecerá el crecimiento de una comunidad de microorganismos benéficos del suelo. Por esto, las aplicaciones de Nutrabiota® Plus juntamente con un aumento de materia orgánica del suelo pueden permitir un aumento significativo en la actividad microbiana benéfica y reducir el tiempo requerido para la restauración del suelo tras el cese de las aplicaciones de agroquímicos. Esto es porque el suelo es el centro de la vida que gobierna el almacenamiento, la liberación y la puesta a disposición de los nutrientes "demandados" por las plantas mismas (AGRIS 2011).

b. Proceso de descomposición del Nutrabiota®

Nutrabiota® Plus actúa como un biomejorador de la calidad del material orgánico aplicado o enterrado en el suelo para mejorar el acondicionamiento orgánico, biológico, químico y físico del suelo tratado con abonos químicos (NPK, sulfatos, etc.), abonos orgánicos nitrogenados (guano de isla, harina de pescado, harina de sangre, etc.) o excrementos de origen animal (estiércol, gallinaza, pollinaza, etc). Aunque Nutrabiota® Plus se integra a los procesos biológicos de la descomposición del material orgánico utilizado, su eficiencia no se mide tanto por la descomposición (o mineralización) que es un proceso natural de la función de reciclaje del suelo sino por su influencia sobre el estado de la asimilación del nitrógeno por la microbiota del suelo y por el efecto benéfico de la materia orgánica del suelo (MOS). Nutrabiota® Plus ejerce su influencia selectiva sobre la microbiota del suelo por tres propiedades caracterizadas, uno de ellos es su baja relación C/N muy similar a la relación C/N

de las bacterias fijadoras de nitrógeno del suelo y las otras dos por su alto contenido de fósforo orgánico y calcio orgánico de origen microbiano. En presencia de material orgánico o celulosa junto al tratamiento con calcio orgánico y fósforo orgánico contenidos en Nutrabiota® Plus se produce una fijación de nitrógeno tan grande que produce buenas cosechas (Agris 2010). Aunque pareciera lógico que por necesidad las fuentes de material orgánico se consideren abonos orgánicos en el suelo no son la fuente primaria de nitrógeno, por la sencilla razón que las plantas para poder formar su propia materia orgánica deben asegurarse de recibir nitrógeno. Por ello, la fuente primaria de nitrógeno de las plantas son los microorganismos que lo fijan, y que necesitan de materia orgánica en descomposición si fueran bacterias o que lo forman si fueran algas cianofíceas. Asimismo, por la animación de la vida del suelo se movilizan nutrientes y se fija nitrógeno en forma natural. No importa la cantidad de nitrógeno adicionado al suelo por la materia orgánica, sino su capacidad de fijar nitrógeno (Primavesi 1990).

Lo que en buena cuenta hace el Biomejorador Nutrabiota® Plus sobre el suelo es conservar o mantener o bioregular la asimilación del nitrógeno cuando el estiércol o guano o NPK adiciona nitrógeno al suelo, de esta forma está evitando o protegiendo que estos abonos orgánicos o inorgánicos no bajen el número de microorganismos fijadores libres de nitrógeno y de esta manera se pueda evitar perder nitrógeno biológico y materia orgánica, y por otros factores tales como cuando se incentiva la microbiota del suelo explosivamente y la descomposición de la materia orgánica por efecto del arado, o el encalado o por los fertilizantes nitrogenados (Primavesi 2006).

Otro hecho importante en relación con el biomejoramiento de la disponibilidad del agua en el abonamiento orgánico (estiércol) de fondo es cuando Nutrabiota Plus es aplicado para el tratamiento adecuado de la humidificación de la materia orgánica incorporada en el ecosistema hipogeo del suelo, porque cuando incorporamos la materia orgánica con el arado se está buscando incrementar la capacidad de retener agua del suelo grueso, permeable y desértico, ya sea usando riego por aspersión o por goteo, pero no significa necesariamente que más agua está disponible para las plantas, y por causa de esta retención del agua en el suelo se puede incrementar hasta que las plantas alcancen el punto de marchitez permanente (Agris 2011).

Tabla 6. Composición Química del Nutrabiota

| | |
|---|--|
| Materia orgánica..... 50 % | Nitrógeno Total..... 12% |
| Sustancias húmicas: 20% | Fósforo Disponible..... 25% |
| Ácidos húmicos: 8% | Potasio Soluble..... 7 % |
| Ácidos fúlvicos: 12% | Calcio.....55% Hierro.....11200ppm |
| Aminoácidos libres, vitaminas, carbohidratos, enzimas y protohormonas. | Magnesio..... 4% Manganeso..... 1200ppm |
| | Azufre.....5% Boro..... 450ppm |
| | Sodio.....3% Zinc..... 1500ppm |
| | Cloro.....0,5% Cobre..... 350ppm |

Fuente: Agris 2010.

2.7 FACTORES A CONSIDERAR PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE RIEGO MÁS ADECUADO

2.7.1 ADAPTACIÓN A LOS CULTIVOS

El riego por aspersión se adapta mejor a aquellos cultivos que ocupan toda el área del terreno o que poseen espaciamiento pequeño, cuyos sistemas radiculares ocupan todo el volumen de suelo sembrado. Ejemplo: pastos. Es poco eficiente para aquellos cultivos sembrados en espalderas o ramadas, porque estas estructuras no permiten la distribución uniforme del agua. No es un sistema adecuado para los cultivos altos y frondosos.

Mientras que el riego por goteo se adapta mejor a aquellos cultivos de espaciamiento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. La forma y tipo de crecimiento de los cultivos, sean altos y frondosos o bajos y de escaso follaje, no tiene importancia para el riego por goteo. Donde el agua es escasa y el diferencial de altura pequeño, es mejor que el sistema de aspersión (FAO 2008).

2.7.2 ADAPTACIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El riego por aspersión se adapta mejor a terrenos planos o semi planos. A medida que aumenta la pendiente, se incrementa el riesgo de erosión debido al desprendimiento de partículas de

suelo que causa el impacto de las gotas. Además, a medida que aumenta la pendiente, la distribución del agua es cada vez más desigual, formando un círculo de menor radio del lado superior del aspersor, donde se aplica más agua y con más presión. En áreas con pendiente se recomienda utilizar aspersores que producen gotas pequeñas y que requieren menos carga o presión. El sistema de riego por goteo se adapta bien a terrenos de cualquier pendiente (FAO 2008).

2.7.3 CONSUMO DE AGUA

El riego por aspersión utiliza menos agua que el riego por inundación, pero por lo menos el doble que el sistema de goteo, mientras que este último es el más eficiente en el uso del agua, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio; consume poco y por ofrecer una distribución lenta los cultivos suelen aprovecharla mejor (FAO 2008).

2.7.4 CALIDAD DE AGUA

En el riego por aspersión la presencia de detritos sólidos suele bajar la eficiencia del sistema, porque taponan los picos de los aspersores, cambiándoles el caudal de distribución. Además, partículas duras, como arena, desgastan las boquillas, afectando la uniformidad de distribución del agua a mediano plazo. Mientras que el riego por goteo es muy susceptible a la presencia de sólidos en suspensión, porque taponan los orificios de los micros aspersores o goteros. Inclusive, la presencia de algunas sales puede taponarlos, al precipitarse en las boquillas cuando cesa el riego (FAO 2008).

2.7.5 EFICIENCIA DE RIEGO

La eficiencia de riego es la relación del agua benéficamente utilizada en los cultivos y el agua total utilizada en la práctica del riego, para el riego por aspersión esta fluctúa entre 80-85% mientras que para el goteo entre 90-95% (FAO 2008).

2.7.6. CONTROL DE AGUA APLICADA

En el riego por aspersión se puede controlar bien la cantidad de agua aplicada a través de pluviómetros sencillos o por la relación caudal/tiempo de los aspersores. Sin embargo, si la presión en los aspersores es baja o desigual entre ellos, la distribución del agua también es

desigual dentro del perímetro regado; por lo tanto, se aplica más agua en algunas áreas que en otras. Para el caso del goteo se puede controlar bien la cantidad de agua aplicada a través de la relación caudal/tiempo de los goteros o por el consumo en la estructura de almacenamiento (pila, barriles, etc.). Sin embargo, si los goteros son improvisados o adaptados a la presión entre ellos es desigual, la distribución del agua en cada uno es diferente; por lo tanto, se aplica más agua en algunos puntos del área que en otros (FAO 2008).

2.7.7 RIESGO AMBIENTAL

La aspersión funciona como si fuera una lluvia natural. Las gotas aspergidas chocando contra la superficie del suelo pueden producir erosión. De ser posible, el riego por aspersión debe ser evitado en zonas de laderas o utilizado con mucho cuidado, protegiéndose bien el suelo con cobertura vegetal y utilizando aspersores de baja energía, que producen gotas más pequeñas (Tipo Bowler), bien regulados y mantenidos.

El goteo aparentemente no produce ningún proceso de deterioro. La energía del agua que llega al suelo es insuficiente para producir erosión. Como la mojadura es muy lenta y controlada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles. Si el agua utilizada está contaminada, el volumen mojado y contaminado es mínimo (FAO 2008).

2.7.8 DISPERSIÓN DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

En el riego por aspersión La salpicadura de las gotas de agua contra el suelo y su depósito sobre los tallos y hojas de los cultivos pueden transportar ciertos patógenos, así como desde plantas enfermas hacia otras sanas. En el riego por goteo al ser localizado el agua no entra en contacto con la parte aérea de las plantas, el peligro de dispersión de plagas o enfermedades por el área de mojadura es menor. Además, la cantidad de agua puede ser controlada y evitarse así el exceso de humedad en el suelo (FAO 2008).

2.7.9 UTILIZACIÓN DE MANO DE OBRA

Para el riego por aspersión el mayor uso de mano de obra está en la operación del sistema y, más específicamente, en la rotación de los equipos en el terreno en cada turno de riego. En todo caso, esta labor es menos ardua que la requerida para el manejo de los sistemas de inundación, principalmente por surcos. En el caso del goteo al tratarse de un sistema fijo, gran

parte de la mano de obra es utilizada en la instalación del equipo. La operación consiste en una visita diaria para inspeccionar el sistema y, en particular, el funcionamiento goteros(FAO 2008).

2.7.10 CONOCIMIENTO Y SENCILLEZ PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para el riego por aspersión, es fácilmente comprensible y aceptado por los productores porque imita la lluvia y se aproxima al concepto de “echar agua al suelo”. La operación no es difícil: requiere de cierta mano de obra para rotar los equipos y controlar el funcionamiento de la tubería y aspersores.

En el caso del riego por goteo la instalación requiere de ciertos conocimientos debido a que estos sistemas se alejan del concepto tradicional de “echar agua al suelo”. Sin embargo, su construcción no es mayormente complicada y su operación es sencilla. Lo que sí requieren es que los cultivos estén sembrados de tal manera que permitan el establecimiento de sectores o ramales de riego a nivel, para evitar diferencias de presión en los diferentes micro aspersores o goteros(FAO 2008).

2.8 ATRIBUTOS DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO

En la tabla 7 se presenta un análisis aproximado del comportamiento de diferentes sistemas de riego según algunos indicadores relacionados a los atributos de sostenibilidad del sistema de producción.

Tabla 7. Indicadores de sostenibilidad para los diferentes sistemas de riego

| Indicadores de Sostenibilidad | Sistema de Riego | | |
|--|------------------------------|------------------|--------------|
| | Inundación por surcos | Aspersión | Goteo |
| Inversión Inicial | Baja | Mediana | Alta |
| Utilización de mano de obra en la operación | Alta | Mediana | Baja |
| Riesgo de erosión en zonas de laderas | Alto | Mediano | Bajo |
| Necesidad de energía para distribuir el agua | Baja | Alta | Mediana |
| Consumo de agua | Alto | Mediano | Bajo |
| Control de consumo de agua | Alto | Bajo | Bajo |
| Transmisión de enfermedades | Alta | Alta | Baja |
| Posibilidades de generar conflicto por el agua | Alto | Mediano | Bajo |
| Riesgo de ineficiencia energética | Alto | Mediano | Bajo |
| Posibilidades de consumo de plaguicidas | Alta | Alta | Bajo |

Fuente: FAO (2008).

2.9 ANTECEDENTES DE EXPERIMENTACIÓN

- Estudios realizados por Onduru *et al.* (2008) sobre la Calidad de Suelos y Sustentabilidad Agrícola bajo Sistemas de Labranza en Zonas Áridas Tropicales, al este de Kenia. Evaluaron indicadores físicos de calidad de suelo como textura, densidad aparente y capacidad de campo; indicadores químicos de calidad de suelo como carbono orgánico y nitrógeno total, pH, C.E, e índices químicos de fertilidad de suelos y finalmente evaluaron indicadores biológicos como la biomasa microbial del suelo. Encontraron que los suelos evaluados están degradados y que los sistemas de labranza son particularmente insostenibles y que en un futuro cercano la calidad de los suelos estará en declive.
- Singh (2007) realizó un estudio para Evaluar la calidad de suelo bajo el Manejo Integrado de Nutrientes; realizó una comparación entre las prácticas de manejo integrado de nutrientes (fertilización N-P-K, fertilización con estiércol orgánico, compost y biofertilizantes a base de *Rhizobium*/*Azotobacter* y bacterias solubilizadoras de fósforo) con las prácticas de los agricultores tradicionales durante los años 2001-2003 basado en un sistema de rotación okra-frijol chino – arroz. Encontró que el manejo integrado de nutrientes incrementó la calidad de los suelos acorde al Índice Relativo de Calidad de

Suelos (RSQI). En términos de C.E, pH, N,P, K, materia orgánica y textura de suelo; hubo un incremento de 58%.

- Estudios realizados por Limon-Ortega *et al.* (2009) sobre los Efectos de la Rotación de Cultivos, Manejo de la Pajilla de Trigo y Gallinaza sobre la Calidad de Suelos, al noreste de México. Evaluaron tres sistemas de rotación: trigo-sesbania, trigo-maíz y trigo-barbecho y la aplicación para el trigo de fuentes de N (urea, gallinaza y urea-gallinaza), durante los años 1998-2005. Encontraron que la aplicación de gallinaza incremento la concentración en el suelo de N, P y K. El potasio fue acumulado por la quema de residuos de cosecha. Para mejorar el sistema de rotación de trigo y reducir el periodo de barbecho se deberá cultivar maíz o sesbania en verano y la aplicación de materia orgánica deberá ser combinada con alguna fuente inorgánica de N para lograra un aplicación balanceada de nutrientes requerido por el cultivo.
- Estudios realizados por Basamba *et al.* (2008) sobre la Influencia de Plantas para Barbecho y Aplicación de Estiércol en la Calidad de Suelo y Rendimiento de Maíz en un Suelo Volcánico de Colombia. Evaluaron dos plantas para barbecho: *Tithonia diversifolia* y *Indigofera zollingeriana*; con y sin aplicación de gallinaza. Encontraron que la aplicación de gallinaza (3 t/ha) no fue estadísticamente significativa para la mayoría de nutrientes, sin embargo se obtuvieron los mayores rendimientos de grano de maíz bajo estos tratamientos. Los tratamientos con gallinaza tuvieron en promedio mejores condiciones de suelo en lo referente a N y P y a fracciones de materia orgánica dando como resultado un incremento en el rendimiento de grano antes mencionado.

III. MATERIAL Y METODOS

3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo se llevo a cabo en las instalaciones de AUTODEMA de la Irrigación Majes durante la campaña agrícola del año 2011 (I y II) teniendo la siguiente ubicación geográfica y política.

| | | | |
|----------|-----------------|-----------|--------------------|
| Latitud | : 16° 21' Sur | Provincia | : Caylloma |
| Longitud | : 71° 10' Oeste | Distrito | : Majes |
| Altitud | : 1440 m.s.n.m. | Localidad | : Irrigación Majes |

Departamento : Arequipa

3.2 HISTORIA DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El campo de cultivo en el cual se llevó a cabo el trabajo de investigación, estuvo antecedido por otros cultivos los cuales son mencionados de la siguiente manera:

| | | |
|-------------------|---|---------|
| Campaña 2010 - II | → | zapallo |
| Campaña 2010 - I | → | maíz |
| Campaña 2009 - II | → | tomate |

3.3 CARACTERISTICAS CLIMÁTICAS

El clima de la Pampa de Majes ha sido definido por los estudios efectuados, sobre la base de los datos meteorológicos registrados en la estación Meteorológica de las Pampas de Majes, ubicada a 1440 m.s.n.m, desde 1950. El Clima es típicamente desértico y en función de la latitud es considerado como tropical a templado, la media anual de la temperatura es de 19°C, con valores máximos están alrededor de 30°C.

La humedad relativa es baja, con una media anual de 52% y alcanza el máximo durante algunos meses del año en que predominan las neblinas que se originan en las inmediaciones del mar. Los vientos soplan constantemente en el curso del año alcanzando la máxima velocidad a las 14 horas, con intensidad en torno a las 4 m/s durante los periodos de primavera y verano y con dirección predominante NNE por la mañana. y de SW por la tarde. Las precipitaciones no son significativas, presentando una media anual de 6,9 mm. (Media entre 1950 a 1985) (INIPA- FAPROCAF, 1982; AUTODEMA, 1990).

3.4 CONDICIONES EDAFICAS

De acuerdo con AUTODEMA (1995), los suelos de Majes presentan material aluvial piroclásticos y sedimentarios de textura gruesa, permeabilidad moderadamente alta, baja retentividad de humedad variable y contenido de materia orgánica deficitaria por su condición desértica.

Tabla 8: Características edafológicas del área experimental, Irrigación Majes – Arequipa, 2011.

| CARACTERISTICAS FISICAS | CANTIDAD | METODO |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Arena (%) | 86 | Hidrómetro |
| Limo (%) | 12 | Hidrómetro |
| Arcilla (%) | 2 | Hidrómetro |
| Clase Textural | Arena | Triángulo Textural |
| CARACTERISTICAS QUIMICAS | | |
| pH | 7,80 | Potenciómetro |
| C.E (mmhos/cm) | 4,39 | Extracto acuoso saturado |
| Ca CO ₃ (%) | 0,60 | Colorimetría |
| M.O (%) | 1,1 | Walkley y Black |
| P (p.p.m) | 44,6 | Olsen |
| K ₂ O (p.p.m) | 904 | Acetato de Amonio |
| CIC (meq/100) | 4,80 | Acetato de Amonio |
| Ca (meq/100) | 2,50 | Espectro Fotometría |
| Mg (meq/100) | 0,85 | Espectro Fotometría |
| K (meq/100) | 1,27 | Espectro Fotometría |
| Na (meq/100) | 0,18 | Espectro Fotometría |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

El suelo se caracteriza por presentar como clase textural, Arena, reacción del suelo neutro a ligeramente alcalino, con problemas de salinidad y una baja capacidad de relaciones cationicas. El porcentaje de materia orgánica es bajo pero se encuentra en equilibrio con el contenido de arcillas, ello nos indica que existe una mínima cantidad de nitrógeno potencial. En cuanto al contenido fosforo y potasio disponible, son altos.

3.5 MATERIAL

El material utilizado estuvo conformado por herramientas y equipo de establecimiento de monitoreo y de evolución como son:

3.5.1 FASE DEL CAMPO

- Lampas
- Lápiz
- Estacas
- Rastrillos
- Wincha
- Letreros
- Centímetro
- Cordel
- Calculadora
- Marquera de cebolla el cultivar ‘Roja Camaneja’
- Guano de vaca, gallinaza y de Isla
- Nutrabiota ®
- El producto Nutrabiota ® fue cedidos gentilmente por la firma AGRIS.

a. Cultivar utilizado en el experimento

El cultivar utilizado en el presente experimento fue el cultivar ‘Camaneja’ que se uso como cebolla en “verde” cuyo trasplante en la Irrigación Majes se da entre los meses de febrero a abril (Zeballos 2008).

El cultivar ‘Camaneja’ presenta las siguientes características varietales:

-Forma del bulbo: chato grueso

-Duración en almacén: largo (3 meses)

-Pungencia: media

-Periodo vegetativo: de 3.5 a 4 meses (dependiendo de la época de siembra) (Zeballos 2008).

3.6 METODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.6.1 TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

Los tratamientos en estudio se detallan a continuación:

Tabla 9: Tratamientos a utilizar:

| Tratamiento | Estiércol Vacuno | Biomejorador | Enmienda | Fertilizante químico |
|--------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| T1 | 20 t.ha ⁻¹ | Nutrabiota Plus 1% | Gallinaza 5 t.ha ⁻¹ | ----- |
| T2 | 20 t.ha ⁻¹ | ----- | Gallinaza 5 t.ha ⁻¹ | ----- |
| T3 | 20 t.ha ⁻¹ | Nutrabiota Plus 1% | Guano de isla 3 t.ha ⁻¹ | ----- |
| T4 | 20 t.ha ⁻¹ | ----- | Guano de isla 3 t.ha ⁻¹ | ----- |
| T5 | 20 t.ha ⁻¹ | Nutrabiota Plus 1% | ----- | 250 – 200 – 160 |
| T6 | 20 t.ha ⁻¹ | ----- | ----- | 250 – 200 – 160 |
| T7 | 20 t.ha ⁻¹ | Nutrabiota Plus 1% | ----- | ----- |
| T8 | 20 t.ha ⁻¹ | ----- | ----- | ----- |
| T9 | 20 t.ha ⁻¹ | Nutrabiota Plus 1% | De fondo (una aplic.) | |

a. Diseño experimental

El experimento se conducirá bajo un diseño de bloques completos al azar con nueve (09) tratamientos y tres (3) repeticiones tanto para el área experimental bajo riego por goteo y para el área experimental bajo riego por aspersión. Se realizara un análisis individual por cada parcela (aspersión y goteo) y luego un análisis combinado donde se incluirá el factor riego.

Posteriormente finalizada la primera campaña, se volvió a trasplantar el cultivo de cebolla, de la misma variedad, con el objetivo de evaluar el efecto residual de los tratamientos en estudio, ya que no se aplicara ningún tratamiento usado en la primera campaña. Al final de la segunda campaña se registraron los rendimientos finales de cada tratamiento en estudio y se

compararon los rendimientos de la primera campaña, para este efecto se realizo una prueba de contrastes lineales ortogonales para determinar los efectos individuales de cada tratamiento en estudio.

b. Modelo aditivo lineal

Análisis simple (Calzada 1982)

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------|--------------------|
| Bloque | 2 |
| Tratamiento | 8 |
| Error experimental | 16 |

Análisis combinado (Calzada 1982)

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_j + T_k + (RT)_{ik} + E_{ijk}$$

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------|--------------------|
| Riegos | 1 |
| Bloques/Riegos | 4 |
| Tratamiento | 8 |
| Riegos x Tratamiento | 8 |
| Error experimental | 33 |

c. Pruebas estadísticas

- Se realizara una prueba de F para los diferentes CM
- Se realizara la prueba de Duncan al 0.05 para comparar las medias de los tratamientos.

d. Características del campo experimental

Las características descritas a continuación son las mismas para los dos sistemas de riego bajo los cuales se va a desarrollar el experimento

Área Experimental por cada parcela:

Unida experimental: 20 m²

Largo del campo experimental : 40 m

Ancho del campo experimental : 20m

Área total del por sistema de riego : 600 m²

Área neta del por sistema de riego : 540 m²
Área total del experimento bajo los dos sistemas de riego: 1200 m²

3.6.2 INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

a. Preparación del terreno

El experimento se realizó en un campo de producción comercial de cebolla, bajo la misma metodología seguida por el agricultor, es decir, forma de siembra, riego y labores culturales complementarias. En la preparación del terreno como primer paso se procedió al desempiedre y limpieza de malezas y residuos de la campaña anterior, posteriormente se le aplicó un riego pesado para después aplicar el estiércol de vacuno (20 t.ha⁻¹) en pequeños montones de tal manera que pueda ser distribuido uniformemente en todo el campo experimental para luego extenderlo y cubrir todo el campo experimental. Al día siguiente se procedió a pasar disco para introducir el estiércol dentro de la capa arable, para luego nivelar o borrar con el riel de tal forma que quede plano o nivelado quedando apto el terreno para el surcado y posterior trasplante.

b. Aplicación de Nutrabiota[®] Plus

- Para el tratamiento T9, (aplicación de fondo del biomejorador). Se realizó con la aplicación de una dosis de 1% (2 L / 200 L) en drench.
- Remojo de las plántulas 10 minutos a una dosis de 0.5 % (el día del trasplante para su bioprotección contra patógenos del suelo)
- Foliarmente el día del trasplante, se aplicó a una concentración de 0.5 % (1 L / 200 L)
- Foliarmente en forma preventiva (para protegerlo de plagas) 6 aplicaciones cada a los 15, 30, 45, 60, 75, y 90 días después del trasplante
- Al surco húmedo en drench (para el crecimiento vegetativo y llenado del bulbo) 3 aplicaciones a los 15, 45 y 75 días después del trasplante a una dosis de 1%.

c. Aplicación de fertilizantes orgánicos

La aplicación de la gallinaza y el guano de isla se realizaron al voleo en cada una de las unidades experimentales asignadas para el caso. Para lo cual el 70 % fue aplicado al momento del trasplante y el 30 % a los 30 días después del trasplante. Los fertilizantes químicos fueron

empleados de acuerdo al sistema empleado por el agricultor, es decir todo el fosforo y potasio al momento del trasplante y el nitrógeno fraccionado en tres partes.

Tabla 10. Composición de los fertilizantes orgánicos usados en el experimento.

| Materia orgánica | N (%) | P ₂ O ₅ (%) | K ₂ O (%) | CaO (%) | MgO (%) | Hd (%) | Na (%) | pH | C.E (dS/m) |
|---------------------|-------|-----------------------------------|----------------------|---------|---------|--------|--------|------|------------|
| Gallinaza | 4 | 2,4 | 2,96 | 2,84 | 0,86 | 13,27 | 0,3 | 6,75 | 11,4 |
| Guano de Isla | 15,29 | 10,25 | 3,22 | 10,07 | 0,82 | 16,07 | 4,2 | 5,46 | 53,2 |
| Estiércol de Vacuno | 2,25 | 1,58 | 3,71 | 4,82 | 1,01 | 16,23 | 0,32 | 8,35 | 14,1 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

d. Labores culturales

El sistema de riego a utilizar será el de goteo para el campo asignado para este fin y sistema de riego de aspersión de igual manera para el campo asignado para dicho fin. Para el control de malezas se procedió a efectuarlo en forma manual, y para el control de plagas y enfermedades se utilizara productos permitidos para el desarrollo de una agricultura orgánica como azufre y cobre.

e. Demarcación del área experimental

Se efectuó previamente la medición de parcelas individuales, realizando con estacas y cordeles para demarcar los linderos con los pasadizos, bloques y tratamientos.

f. Trasplante

El trasplante fue realizado el 11 de abril del año 2011 para ello se necesito 26 varas de marquerapara luego trasplantar con una humedad de suelo a capacidad de campo.

g. Aplicación de plaguicidas

Para el caso de trips (*Tripssp*) se aplico azufre (a una dosis del 0.5%) apenas se vieron los primeros individuos para luego realizar aplicaciones en forma semanal del producto arriba mencionado hasta que su población se redujo considerablemente. Para el mildiu (*Peronospora destructor*) se aplico el fungicida sistémico a base de fosetil aluminio (a una dosis de 0.25%) cuando se observaron las primeras plantas con síntomas de la enfermedad.

3.7 COSECHA

La cosecha de la primera campaña se realizó el 25 de julio del 2011, (considerando que el 10% de los tallos se han doblado) el cultivo tuvo un periodo vegetativo de 107 días, en el cual la planta completó su maduración hasta la cosecha; ésta fue manualmente, agrupando los bulbos por tratamientos, cubriéndose los mismos con rastrojos y sus propias hojas para el curado y evitando el quemado del sol. Posterior a la cosecha se dejó en el campo la cebolla por un período de 10 días para tener un almacenamiento óptimo como resultado de un buen curado. La cosecha de la segunda campaña donde se evaluó el efecto residual de los tratamientos se realizó el 10 de setiembre del 2011.

3.8. CARACTERISTICAS EVALUADAS

3.8.1 Índices de calidad físicos de suelo

a. Profundidad efectiva de Raíces.

Fue evaluada después del último riego, en suelo húmedo realizándose un corte vertical de una sección de suelo de 50 cm de profundidad, luego se procedió a medir con la ayuda de una regla desde la base del bulbo hasta la última raicilla extendida en el suelo. Se evaluaron 10 plantas por unidad experimental.

b. Velocidad de Infiltración Promedio.

Se usó el método de los cilindros infiltrómetros para cada unidad experimental. Para determinar la infiltración acumulada se utilizó la ecuación de Kostiaikov (Guevara 1990). La relación entre infiltración acumulada y el tiempo se denomina infiltración promedio o velocidad de infiltración promedio (Guevara 1990).

3.8.2 Índices de calidad químicos de suelo

Previa a la instalación del experimento se procedió a realizar un análisis de suelo en lo referente a las propiedades químicas, del mismo modo se hará el mismo análisis al final de la

primera campaña a todas las unidades experimentales para ambos ensayos (aspersión y goteo).

Las variables a evaluar serán las siguientes:

- pH (Potenciómetro de la suspensión suelo)
- Conductividad eléctrica (Extracto acuoso de saturación)
- CIC (meq/100) (Acetato de amonio).
- Materia orgánica (Walkley y Black).
- K_2O (ppm) (Acetato de amonio).
- P (p.p.m). (Olsen modificado)
- Mg (meq/100).(Espectro Fotometría)
- K (meq/100)(Espectro Fotometría).
- Ca (meq/100)(Espectro Fotometría).
- Na (meq/100)(Espectro Fotometría).
- $CaCO_3$ (Colorimetria).

3.8.3 Índices de calidad físicos y químicos de suelo en la producción de cebolla

Las variables a evaluar fueron las siguientes: rendimiento ($t.h^{-1}$) de bulbo de cebolla en categoría “primera”, “segunda” y rendimiento total. Las evaluaciones se realizaron tanto para la primera campaña como para la segunda campaña.

El rendimiento comercial se determinó en kg por unidad experimental siendo cada unidad experimental de $20 m^2$ evitando el efecto de borde para luego proyectarlos a toneladas por ha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ÍNDICES DE CALIDAD FÍSICOS DE SUELO

4.1.1 PROFUNDIDAD EFECTIVA

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 11. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig. |
|----------------|-----|------|------|
| Bloque (riego) | 4 | 7,27 | * |
| Riego | 1 | 6,17 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 0,16 | N.S |
| Trat. * Riego | 8 | 0,53 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación bloque dentro de riego que existe diferencia estadística significativa entre los bloques; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 2,17 %.

En la tabla 12 se puede observar la prueba de comparación de medias para la profundidad de raíces (cm) en donde se puede observar que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tabla 12. Promedios de profundidad de raíces (cm)

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|-------|---------------|
| T8(Sin aplicación) | 38,87 | a |
| T6(250-200-160) | 38,82 | a |
| T7(Nutrabiota) | 38,69 | a |
| T4(Guano Isla) | 38,64 | a |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 38,57 | a |
| T2(Gallinaza) | 38,57 | a |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 38,54 | a |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 38,50 | a |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 38,48 | a |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05.

Esto resultados se deban probablemente a que en todas las unidades experimentales las propiedades físicas como textura y estructura no sufrieron ningún cambio significativo por lo tanto no influyeron sobre la resistencia a la penetración de las raíces al suelo (FAO, 2000).

4.1.2 VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN PROMEDIO

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 13. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig. |
|----------------|-----|------|------|
| Bloque (riego) | 4 | 0,61 | N.S |
| Riego | 1 | 0,13 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 3,26 | * |
| Trat. * Riego | 8 | 0,17 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación bloque dentro de riego, riego e interacción tratamiento/riego que no existe diferencia estadística significativa; mientras que para la fuente de variación tratamiento existe diferencia estadística significativa, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 10,6 %.

En la tabla 14 se puede observar la prueba de comparación de medias para la velocidad de infiltración promedio (cm/h) en donde se puede observar que los tratamientos T1 (Nutrabiota + gallinaza) y T3 (Nutrabiota + guano de isla) mostraron los valores más altos de velocidad de infiltración con 48,64 y 47,57 cm/h respectivamente siendo estos diferentes estadísticamente con los tratamientos T8 (Testigo sin aplicación), T7 (Nutrabiota) y T9 (Nutrabiota de fondo) que mostraron los valores más bajos con 40,88; 39,84 y 38,54 respectivamente, pero iguales estadísticamente a T5 (Nutrabiota + fertilización química), T2 (Gallinaza), T4 (Guano de isla) y T6 (Fertilización química).

Tabla 14. Promedios de velocidad de infiltración promedio (cm/h)

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|-------|---------------|
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 48,64 | a |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 47,57 | a |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 45,63 | a b |
| T2(Gallinaza) | 44,59 | a b c |
| T4(Guano Isla) | 44,16 | a b c |
| T6(250-200-160) | 44,05 | a b c |
| T8(Sin aplicación) | 40,88 | b c |
| T7(Nutrabiota) | 39,84 | b c |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 38,54 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05.

Considerando que la velocidad de infiltración se ve afectada por varios factores entre ellos la materia orgánica y la flora y fauna microbiana del suelo ya que favorecen la formación de una estructura estable de agregados en el suelo lo cual aumenta la capacidad de retención del agua pudiendo absorber de 3 a 5 veces su propio peso (FAO, 2000); podemos inferir que los valores más altos de velocidad de infiltración estarían siendo influenciados por la acción de la materia orgánica presente en el suelo, pudiéndose observar que la acción conjunta de gallinaza o

guano de isla mas el biomejorador de suelos Nutrabiota (T1 y T3) propiciaron una velocidad de infiltración superior a los tratamientos sin aplicaciones de materia orgánica (T8) o con solo aplicaciones de nutrabiota (T7 y T9) evidenciándose un efecto positivo en el suelo debido a una mayor circulación del agua. La aplicación sola de gallinaza y guano de isla si bien es cierto no mostro diferencias entre los tratamientos que tenían adicionado Nutrabiota (T1 y T3), estos tratamientos sin embargo fueron iguales a los tratamientos sin materia orgánica ni nutrabiota (T8) y solo nutrabiota (T7).

Al respecto Wolf y Snyder (2003) señalan que la lenta permeabilidad de los suelos puede ser mejorada, con una mejor estructura de los mismos, usando agua libre de sales y adicionando compost o estiércol, asimismo la adición de materia orgánica usualmente puede mejorar la pobre percolación de los suelos.

4.2 ÍNDICES DE CALIDAD QUÍMICOS DE SUELO

4.2.1 pH.

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 15. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 2,49 | N.S |
| Riego | 1 | 0,00 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 9,63 | * |
| Trat * Riego | 8 | 1,80 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación tratamiento que existe diferencia estadística significativa; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 3,13 %.

En la tabla 16 se puede observar la prueba de comparación de medias para pH de suelo en donde se puede observar que para los tratamientos T8 (Testigo sin aplicación), T9 (Nutrabiota de fondo) T7 (Nutrabiota), T1 (Nutrabiota + gallinaza) y T2 (Gallinaza) mostraron los mayores valores de pH siendo estos estadísticamente iguales entre si, mientras que los tratamientos T4 (Guano de isla), T5 (Nutrabiota + fertilización química), T6 (Fertilización química) y T3 (Nutrabiota + guano de isla) mostraron los valores más bajos siendo estos estadísticamente iguales entre sí.

Tabla 16. Promedios para pH de suelo.

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|-------|---------------|
| T8(Sin aplicación) | 7,58 | a |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 7,54 | a |
| T7(Nutrabiota) | 7,48 | a |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 7,41 | a |
| T2(Gallinaza) | 7,35 | a |
| T4(Guano Isla) | 7,07 | b |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 7,05 | b |
| T6(250-200-160) | 6,89 | b |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 6,84 | b |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por Singh (2007) quien evaluó el manejo integrado de nutrientes aplicando estiércol orgánico y biofertilizantes, encontrando que dicha aplicación eleva moderadamente el pH del suelo; en ese sentido considerando que los tratamientos que mostraron los valores de pH de suelo más alto y fueron estadísticamente diferentes fueron los que tuvieron alguna fuente de estiércol orgánico (estiércol de vacuno o gallinaza) mientras que los tratamientos que mostraron los valores más bajos y fueron estadísticamente diferentes fueron los tratamientos con fertilizante químico y guano de isla, considerando al guano de isla de comportamiento similar al del fertilizante químico debido a la rápida mineralización de sus nutrientes.

Sin embargo en relación al pH inicial (7,8; tabla 8) se debe considerar que la aplicación de fertilizantes orgánicos tubo la tendencia de disminuir los valores del pH del suelo observando que los tratamientos con guano de isla (T4 y T3) tuvieron un comportamiento similar a los tratamientos con fertilizantes químicos que también tienden a disminuir el pH del suelo (T5 y T6), lo que nos indica que hubo una mineralización más rápida en los tratamientos con guano de isla especialmente en el tratamiento T3 (Nutrabiota + guano de isla) que fue el que mostro el nivel más bajo de pH notándose el efecto del biomejorador nutrabiota.

4.2.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mmho/cm).

A continuación se presenta el análisis combinado para la conductividad eléctrica, sin embargo es preciso aclarar que al realizar la prueba de homogeneidad de varianzas se determino que no existe homogeneidad de varianzas.

Tabla 17. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|-------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 3,23 | * |
| Riego | 1 | 20,85 | * |
| Tratamiento | 8 | 3,08 | * |
| Trat * Riego | 8 | 2,37 | * |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar que existe diferencia estadística significativa entre todas las fuentes de variación, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 34,43 %.

Tabla 18. Comparación medias (conductividad eléctrica en mmho/cm) para el factor riego en promedio de tratamientos.

| Riego | Media | Sig |
|-----------|-------|-----|
| Goteo | 2,37 | a |
| Aspersión | 1,06 | b |

Tabla 19. Conductividad eléctrica (mmho/cm)

| Tratamiento | Aspersión | | Goteo | | |
|------------------------------|-----------|-----|------------------------------|-------|-------|
| | Media | Sig | Tratamiento | Media | Sig |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 1,41 | a | T4(Guano Isla) | 3,62 | a |
| T2(Gallinaza) | 1,20 | a b | T8(Sin aplicación) | 3,18 | a b |
| T6(250-200-160) | 1,17 | a b | T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 2,68 | a b c |
| T4(Guano Isla) | 1,09 | a b | T6(250-200-160) | 2,68 | a b c |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 1,06 | a b | T9(Nutrabiota Fondo) | 2,43 | a b c |
| T8(Sin aplicación) | 1,03 | a b | T2(Gallinaza) | 2,23 | a b c |
| T7(Nutrabiota) | 0,97 | a b | T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 1,79 | b c |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 0,82 | b | T7(Nutrabiota) | 1,47 | c |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 0,75 | b | T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 1,29 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

En la tabla 18 podemos observar que existe diferencia estadística para los sistemas de riego en donde se ve que el riego por goteo muestra un valor más alto de C.E en relación al riego por aspersión, lo que nos indica que el riego por goteo tendría a aumentar los valores de C.E.

En la tabla 19 se observa la prueba de comparación de medias para C.E para el experimento bajo riego por aspersión y bajo riego por goteo en donde se puede observar que los valores más altos de C.E se dan para el experimento bajo riego por goteo, asimismo los tratamientos que no tuvieron adición de nutrabiota, como el T4 (Guano de isla) o el T8 (Testigo sin aplicación) mostraron los valores más altos de C.E siendo este efecto más notorio en el experimento bajo riego por goteo.

Al respecto podemos inferir lo siguiente: el sistema de riego por goteo propicia valores más altos de conductividad eléctrica que el sistema por aspersión, ya que al ser un riego de alta frecuencia y utiliza pocos volúmenes de agua estaría produciendo una salinización oculta del suelo ya que el bulbo hídrico en torno al sistema radicular del cultivo se torna permanente mente húmedo (próximo a capacidad de campo) lo que conlleva a la subsecuente dilución de las sales en la solución edáfica, pero sin eliminarlas del suelo, no habiendo una influencia

directa de la salinidad sobre el cultivo por que el potencial osmótico no aumenta, pero si una degradación progresiva del suelo, estos resultados están en concordancia con lo hallado por Jiménez et.al (1998) quien evaluó la influencia de los sistemas de riego en la salinidad y sodicidad, encontrando que el riego por goteo y micro aspersion producen un aumento significativo en la salinidad de los suelos en relación con el riego por aspersion y gravedad.

Con respecto a los valores de C.E para los tratamientos en cada sistema de riego aplicado, se puede observar un efecto positivo en los tratamientos con el biofertilizante Nutrabiota ya que dichos tratamientos mostraron los valores más bajos de C.E, dicho efecto es más notorio en el sistema de riego por goteo, al respecto Wolf y Snyder (2003) señalan que la materia orgánica ayuda a reducir las sales de los fertilizantes ayudando en su drenaje manteniendo los suelos abiertos; en ese sentido la acción del biomejorador Nutrabiota sobre las diferentes fuentes de materia orgánica empleadas estaría siendo potencializadora.

4.2.3 CaCO₃ (%)

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersion y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 20. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 2,62 | N.S |
| Riego | 1 | 0,41 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 3,44 | * |
| Trat * Riego | 8 | 1,01 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación tratamiento que existe diferencia estadística significativa; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 26,3 %.

En la tabla 21 se puede observar la prueba de comparación de medias para CaCO₃ (%) en donde se puede observar que los tratamientos T8 (Testigo sin aplicación), T9 (Nutrabiota de fondo) y T4 (Guano de isla) mostraron los valores más altos, siendo estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los tratamientos T5 (Nutrabiota + fertilización química), T7 (Nutrabiota), T3 (Nutrabiota + guano de isla) y T6 (Fertilización química)

Tabla 21. CaCO₃ (%)

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|--------|---------------|
| T8(Sin aplicación) | 0,3706 | a |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 0,2813 | a b |
| T4(Guano Isla) | 0,2403 | a b |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 0,1995 | b |
| T2(Gallinaza) | 0,1949 | b |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 0,1872 | b c |
| T7(Nutrabiota) | 0,1812 | b c |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 0,1583 | b c |
| T6(250-200-160) | 0,0809 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

Se puede observar que la adición de nutrabiota al guano de isla propicio una disminución del contenido de CaCO₃ mostrando además un comportamiento similar al tratamiento con fertilización química lo que se puede corroborar al ver los resultados de pH donde también dichos tratamientos muestran los valores más bajos.

Al respecto Wolf y Snyder (2003) señalan que la emisión de dióxido de carbono favorece la formación de bicarbonatos la cual es atribuida a la adición de estiércol de corral, en ese sentido podemos observar que los tratamientos que mostraron tuvieron mayor contenido de carbonato de calcio fueron los que tuvieron solo estiércol y guano de isla.

4.2.4 MATERIA ORGÁNICA (%)

Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determinó que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 22. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 3,49 | * |
| Riego | 1 | 1,20 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 0,71 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 0,84 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación bloque dentro de riego que existe diferencia estadística significativa entre los bloques; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 11,81 %.

En la tabla 23 se puede observar la prueba de comparación de medias para el porcentaje de materia orgánica de suelo en donde se puede observar que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos en estudio, sin embargo se puede observar una tendencia en la disminución del porcentaje de materia orgánica entre los tratamientos sin nutrabiota como T2 (Gallinaza), T4 (Guano de isla) y T8 (Testigo sin aplicación) y los tratamientos con nutrabiota como T7 (Nutrabiota), T5 (Nutrabiota + fertilización química), T3 (Nutrabiota + Guano de isla) y T1 (Nutrabiota + gallinaza).

Tabla 23. Promedios para el porcentaje de materia orgánica.

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|-------|---------------|
| T2(Gallinaza) | 2,81 | a |
| T4(Guano Isla) | 2,73 | a |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 2,64 | a |
| T8(Sin aplicación) | 2,63 | a |
| T7(Nutrabiota) | 2,45 | a |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 2,41 | a |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 2,40 | a |
| T6(250-200-160) | 2,39 | a |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 2,17 | a |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

Estos resultados nos indicarían que el biomejorador promueve una mineralización de la materia orgánica mucho más rápida por lo que el contenido de la misma disminuye. Asimismo hay una ligera tendencia al incremento del porcentaje de materia orgánica (en relación al testigo, T8) en los tratamientos T2 (Gallinaza) y T4 (Guano de isla), lo cual es explicado por (Matsumura et.al (2014) quien señala que uno de los efectos favorables de los biofertilizantes es acelerar los procesos de degradación de la materia orgánica del suelo.

4.2.5 FOSFORO DISPONIBLE (ppm)

Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determinó que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 24. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 2,96 | * |
| Riego | 1 | 3,01 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 3,08 | * |
| Trat * Riego | 8 | 1,47 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación bloque dentro de riego y tratamiento que existe diferencia estadística significativa en; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 32,29 %.

En la tabla 25 se puede observar la prueba de comparación de medias para fosforo disponible en donde se observa que los tratamientos T2 (Gallinaza), T4 (Guano de isla) y T3 (Nutrabiota + guano de isla) mostraron los valores más altos siendo estos estadísticamente iguales entre sí, asimismo el tratamiento T2 mostro diferencia estadística significativa con los tratamientos T9 (Nutrabiota de fondo), T8 (Testigo sin aplicación), T1 (Nutrabiota + gallinaza), T6 (Fertilización química), T5 Nutrabiota + fertilización química) y T7 (Nutrabiota)

Tabla 25. Fosforo

| Tratamientos | Media | Significancia |
|------------------------------|-------|---------------|
| T2(Gallinaza) | 31,62 | a |
| T4(Guano Isla) | 24,90 | a b |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 23,33 | a b c |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 19,90 | b c |
| T8(Sin aplicación) | 19,62 | b c |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 18,97 | b c |
| T6(250-200-160) | 18,82 | b c |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 17,83 | b c |
| T7(Nutrabiota) | 15,02 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

Podemos inferir que los valores más bajos de fosforo corresponden a los tratamientos en los cuales hubo una mayor disponibilidad de este elemento para que pueda ser tomado, dichos tratamientos a excepción del T6 (Fertilización química) y T8 (Testigo sin aplicación) tienen el biomejorador nutrabiota, lo que nos indicaría que este favorece la disponibilidad de los nutrientes para la planta.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por Singh (2007) quien evaluó el manejo integrado de nutrientes aplicando estiércol orgánico y biofertilizantes, encontrando que dicha aplicación eleva moderadamente el contenido de P disponible del suelo; considerando a los tratamientos T2 (Gallinaza), T4 (Guano de isla) y T3 (Nutrabiota + guano de isla) portadores de alguna fuente de estiércol orgánico.

4.2.6 POTASIO DISPONIBLE (ppm):

Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determinó que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 26. Análisis de varianza combinado

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 1,19 | N.S |
| Riego | 1 | 6,62 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 0,72 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 0,70 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar que no existe diferencia estadística significativa para ninguna de las fuentes de variación, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 34,37%.

4.2.7 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (cmol (+)/kg)

Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determinó que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 27. Análisis de varianza combinado para CIC

| F.V | G.L | F.C | Sig |
|-----------------|-----|-------|-----|
| Bloque (Riego) | 4 | 0,50 | N.S |
| Riego | 1 | 15,33 | * |
| Tratamiento | 8 | 1,11 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 1,37 | N.S |
| Error exp. | 32 | | |
| Total | 53 | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar en su fuente de variación riego que existe diferencia estadística significativa; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 12,37 %.

En la tabla 28 se puede observar la prueba de comparación de medias para el factor riego en donde se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Tabla 28. Comparación medias para la CIC (cmol (+)/kg) para el factor riego en promedio de tratamientos.

| Riego | Media | Sig |
|-----------|-------|-----|
| Goteo | 7,30 | a |
| Aspersión | 6,65 | b |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

Se puede observar que existe diferencia estadística significativa entre los sistemas de riego empleados y esto se deba a la eficiencia del riego por goteo que condiciona una mejor absorción nutrientes y por ende una mejor rendimiento, al respecto Wilson y Bauer (2014) señalan que el riego por goteo excede el 90% de eficiencia mientras que el de aspersión está entre el 50 y 70% también mencionan que el bajo volumen de agua aplicada a la planta mantiene un balance deseado el aire y el agua en el suelo, logrando un mejor crecimiento de las plantas aun cuando hay humedad; mientras que el sistema por aspersión hay una mayor fluctuación de lo húmedo a seco, pudiendo no haber un crecimiento optimo del cultivo.

4.2.8 CATIONES CAMBIABLES (cmol (+)/kg)

Se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado para los cationes cambiables Ca, Mg, Na y K.

Tabla 29. Análisis de varianza combinado para los cationes cambiables Ca, Mg, Na y K.

| F.V | G.L | Ca | | Mg | | Na | | K | |
|-----------------|-----|------|-----|------|-----|--------|-----|------|-----|
| | | F.C | Sig | F.C | Sig | F.C | Sig | F.C | Sig |
| Bloque (Riego) | 4 | 0,36 | N.S | 5,55 | * | 2,2092 | N.S | 1,25 | N.S |
| Riego | 1 | 7,32 | N.S | 3,58 | N.S | 0,2727 | N.S | 1,26 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 1,07 | N.S | 1,65 | N.S | 1,4644 | N.S | 0,95 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 0,89 | N.S | 1,19 | N.S | 1,1339 | N.S | 0,59 | N.S |
| Error exp. | 32 | | | | | | | | |
| Total | 53 | | | | | | | | |

Según el análisis de varianza combinado podemos observar que no existe diferencia estadística significativa para ninguna de las fuentes de variación para los cationes Ca, Na y K. Para el catión Mg solo existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación bloque dentro de riego, asimismo los coeficientes de variabilidad fueron de 17,26; 14,23; 16,25 y 35,56% para los cationes cambiables Ca, Mg, Na y K respectivamente

Para las variables que fueron estadísticamente iguales no hubo mayor diferencia entre los tratamientos y esto se deba probablemente a la capacidad buffer o de amortiguamiento que le da la materia orgánica al suelo la cual está relacionada con la textura del suelo, el tipo y cantidad de materia orgánica y el tipo de mineral que conforma el suelo, dicho poder de amortiguamiento le confiere al suelo la capacidad de asimilar los cambios en el contenido de algunos elementos sin que estas cantidades muestren cambio significativo en el contenido total de dichos elementos (Wolf y Snyder 2003).

En la tabla 8 podemos observar los resultados de la muestra inicial de suelo (sin aplicación de tratamientos), es preciso señalar que el cultivo anterior a la cebolla fue de zapallo, en dicha tabla vemos que el valor del pH está por encima del valor más alto de los tratamientos, lo mismo sucede con la C.E y el porcentaje de carbonato de calcio, lo que nos muestra que hubo un efecto favorable al adicionar fertilizantes orgánicos y el biomejorador al disminuir el pH, la C.E y el porcentaje de carbonato de calcio. El contenido inicial de materia orgánica tiene un valor más bajo que el promedio de los tratamientos, lo que nos indica que la adición de los tratamientos mejoro el contenido de materia orgánica del suelo. Para el fosforo y potasio los valores iniciales son superiores a los valores finales de los tratamientos, esto se deba probablemente a que la cebolla es muy extractiva en esos nutrientes especialmente potasio, para los demás elementos no hubo una mayor diferencia.

4.3 ÍNDICES DE CALIDAD FÍSICOS Y QUÍMICOS DE SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE CEBOLLA

4.3.1 PRIMERA CAMPAÑA (RENDIMIENTO):

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas para el rendimiento total y las categorías “primera” y “segunda” entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 30. Análisis de varianza combinado para rendimiento total y categoría “primera” y “segunda”.

| F.V | G.L | Total | | Primera | | Segunda | |
|-------------------------------|-----|-------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | F.C | Sig | F.C | Sig | F.C | Sig |
| Bloque (Riego) | 4 | 1,03 | N.S | 0,87 | N.S | 1,77 | N.S |
| Riego | 1 | 14,36 | * | 23,2 | * | 1,71 | N.S |
| Tratamiento | 8 | 9,01 | * | 10,14 | * | 2,75 | * |
| T8 Vs El resto | 1 | 20,23 | * | 26,7 | * | 3,2 | N.S |
| T1 T3 T5 T7 T9 Vs T2 T4 T6 T8 | 1 | 2,21 | N.S | 0,88 | N.S | 1,96 | N.S |
| T1 Vs T2 | 1 | 0,15 | N.S | 0,06 | N.S | 2,65 | N.S |
| T3 Vs T4 | 1 | 0,59 | N.S | 0,02 | N.S | 2,52 | N.S |
| T5 Vs T6 | 1 | 0 | N.S | 0,07 | N.S | 0,38 | N.S |
| T7 Vs T8 | 1 | 0,01 | N.S | 0,65 | N.S | 5,4 | * |
| T8 Vs T9 | 1 | 1,31 | N.S | 0,7 | N.S | 0,6 | N.S |
| T8 VS T7 T9 | 1 | 0,37 | N.S | 0,9 | N.S | 0,8 | N.S |
| T1 T2 Vs T3 T4 | 1 | 6,36 | * | 4,58 | * | 0,92 | N.S |
| T1 T2 Vs T5 T6 | 1 | 1,13 | N.S | 1,46 | N.S | 0,15 | N.S |
| T3 T4 Vs T5 T6 | 1 | 2,13 | N.S | 0,87 | N.S | 1,8 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 1,67 | N.S | 1,1 | N.S | 0,85 | N.S |
| Error exp. | 32 | | | | | | |
| Total | 53 | | | | | | |

Según el análisis de varianza combinado para el rendimiento total y para rendimiento categoría “primera” podemos observar en su fuente de variación riego y tratamiento existe diferencia estadística significativa; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas. Para el rendimiento categoría “segunda” podemos observar que solo en su fuente de variación tratamiento existe diferencia estadística significativa. En la descomposición de los efectos de los tratamientos se observa que existe diferencia estadística significativa entre las fuentes de materia orgánica empleada para el rendimiento total y rendimiento categoría “primera”, asimismo los coeficientes de variabilidad fueron de 12,33; 15,71 y 22,6% para el rendimiento total, rendimiento categoría “primera” y “Segunda” respectivamente.

En la tabla 31 podemos observar que existe diferencia estadística para los sistemas de riego, para rendimiento total y rendimiento categoría “primera” en donde se ve que el riego por goteo muestra un valor más alto de rendimiento en relación al riego por aspersion.

Tabla 31. Comparación medias para el factor riego en promedio de tratamientos, para rendimiento total y rendimiento categoría “Primera”.

| Riego | Total | | Primera | |
|-----------|-------|-----|---------|-----|
| | Media | Sig | Media | Sig |
| Goteo | 41.39 | a | 33.61 | a |
| Aspersión | 36.38 | b | 27.72 | b |

En la tabla 32 se puede observar la prueba de comparación de medias para rendimiento total, rendimiento categoría “primera” y “segunda” para la primera campaña en donde se puede observar, en el caso de rendimiento total que para los tratamientos T7 (Nutrabiota), T8 (Testigo sin aplicación) y T9 (Nutrabiota de fondo), mostraron ser estadísticamente iguales entre si y diferentes de los demás tratamientos en estudio, mostrando los rendimientos más bajos. Los tratamientos T4 (Guano de isla), T3 (Nutrabiota + guano de isla), T6 (Fertilización química), T5 (Nutrabiota + fertilización química) y T2 (Gallinaza) mostraron los mayores valores de rendimiento siendo estos estadísticamente iguales entres si.

Para el caso de rendimiento categoría “primera” se puede observar que los tratamientos T7 (Nutrabiota), T8 (Testigo sin aplicación) y T9 (Nutrabiota de fondo), mostraron ser estadísticamente iguales entre si y diferentes de los demás tratamientos en estudio, mostrando los rendimientos más bajos. Los tratamientos T4 (Guano de isla), T3 (Nutrabiota + guano de isla), T6 (Fertilización química), T5 (Nutrabiota + fertilización química), T1 (Nutrabiota + gallinaza) y T2 (Gallinaza) mostraron los mayores valores de rendimiento siendo estos estadísticamente iguales entres sí.

Finalmente para rendimiento categoría “Segunda” de cebolla para la primera campaña se puede observar que para los tratamientos T9 (Nutrabiota de fondo), T8 (Testigo sin aplicación), T4 (Guano de isla) y T2 (Gallinaza) mostraron los mayores valores de rendimiento siendo estos estadísticamente iguales entres sí.

Tabla 32. Promedios para Rendimiento total, “Primera” y “Segunda”

| Tratamientos | Total | | Primera | | Segunda | |
|------------------------------|-------|-----|---------|-----|---------|-------|
| | Media | Sig | Media | Sig | Media | Sig |
| T4(Guano Isla) | 46,21 | a | 36,92 | a | 9,29 | a b c |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 44,08 | a b | 36,5 | a | 7,58 | b c |
| T6(250-200-160) | 42,33 | a b | 35,25 | a | 7,08 | b c |
| T5(Nutrabiota - 250-200-160) | 42,25 | a b | 34,5 | a | 7,75 | b c |
| T2(Gallinaza) | 40,75 | a b | 32,17 | a | 8,58 | a b c |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 39,67 | b | 32,83 | a | 6,83 | c |
| T9(Nutrabiota Fondo) | 33,75 | c | 23,42 | b | 10,33 | a |
| T8 (Sin aplicación) | 30,58 | c | 21,08 | b | 9,5 | a b |
| T7(Nutrabiota) | 30,33 | c | 23,33 | b | 7 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05.

Los mayores rendimientos totales y de categoría “Primera” se obtuvieron bajo el sistema de riego por goteo, lo que evidencia la mayor efectividad de dicho sistema, al respecto Shock y Welch (2013) señalan que el riego por goteo aumenta los rendimientos y calidad en bulbos de cebolla.

Estos resultados nos indican que los tratamientos T4 (Guano de isla) y T3 (Nutrabiota + guano de isla) tuvieron un comportamiento similar a los tratamiento con fertilizantes químicos T6 (Fertilización química), T5 (Nutrabiota + fertilización química) y esto se deba a la dinámica de la mineralización del N dada por la naturaleza del guano de Isla, considerando el alto contenido de N (15,29 %, tabla 10) y a las altas temperaturas imperantes en la Irrigación Majes típicas de una zona árida, lo cual propiciaron su rápida mineralización, lo cual es corroborado por Harst y Johnston (2006) encontraron que entre el 47 y 60% del N orgánico del guano de isla se mineraliza en un periodo de 2 semanas. Por otro lado Hadas y Rosemberg (1992) encontraron que el 80% del N orgánico del guano de isla se mineraliza en 8 semanas a una temperatura del suelo de 30 ° C.

a. Análisis individual de los efectos de los tratamientos en estudio

Se realizó una prueba de contrastes ortogonales lineales (tabla 33) para determinar los efectos individuales de los tratamientos en estudio.

Tabla 33. Efecto de Nutrabiota en el Rendimiento y en las diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos y químico.

| | RDTO | | | Total | | | Primera | | | Segunda | | |
|----------------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | Total | Primera | Segunda | Gallinaza | G. Isla | Químico | Gallinaza | G. Isla | Químico | Gallinaza | G. Isla | Químico |
| Sin Nutrabiota | 39,97 a | 31,35 a | 8,62 a | 40,75 a | 46,21 a | 42,33 a | 32,17 a | 36,92 a | 35,25 a | 8,58 a | 9,29 a | 7,08 a |
| Con Nutrabiota | 38,02 a | 30,12 a | 7,90 a | 39,67 a | 44,08 a | 42,25 a | 32,83 a | 36,50 a | 34,50 a | 6,83 a | 7,58 a | 7,75 a |

Tabla 34. Efecto del Nutrabiota en el Rendimiento sobre la fertilización de fondo (estiércol de vacuno 20 t.ha⁻¹).

| | Nutrabiota | | | Nutrabiota de Fondo | | |
|----------------|------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | Total | Primera | Segunda | Total | Primera | Segunda |
| Sin Nutrabiota | 30,58 a | 21,08 a | 9,5 a | 30,58 a | 21,08 a | 9,50 a |
| Con Nutrabiota | 30,33 a | 23,33 a | 7,0 b | 33,75 a | 23,42 a | 10,33 a |

Tabla 35. Efecto de los fertilizantes orgánicos y químicos en el Rendimiento.

| | Total | Primera | Segunda |
|------------|---------|---------|---------|
| Gallinaza | 40,21 a | 32,50 a | 7,71 a |
| Guano Isla | 45,15 b | 36,71 b | 8,44 a |
| | Total | Primera | Segunda |
| Gallinaza | 40,21 a | 32,50 a | 7,71 a |
| Químico | 42,29 a | 34,88 a | 7,42 a |
| | Total | Primera | Segunda |
| Guano Isla | 45,15 a | 36,71 a | 8,44 a |
| Químico | 42,29 a | 34,88 a | 7,42 a |

Se puede observar que no hay un efecto significativo del biofertilizante Nutrabiota en el rendimiento de cebolla para la primera campaña y esto se deba presumiblemente a la dinámica de mineralización de los fertilizantes orgánicos, ya que al considerar el periodo vegetativo del cultivo (107) y las necesidades nutricionales del cultivo, se puede inferir que dichos nutrientes

aportados producto de la mineralización de los fertilizantes orgánicos y del aporte de los fertilizantes químicos, fueron suficientes para el desarrollo del cultivo; al respecto Harst y Mitchell (2000) encontraron que del estiércol de aves de corral se mineraliza en un periodo de 12 semanas el 16 % del N orgánico mientras que Chae y Tabatabai (1986) encontraron que para el estiércol de vacuno la tasa de mineralización de N es de 23% y para la gallinaza es de 53% en un periodo de 26 semanas.

Para la primera campaña se observa que el rendimiento de bulbos de categoría “Segunda” fue mayor en el tratamiento T8 (Testigo sin aplicación) en relación con el tratamiento T7 (Nutrabiota). Asimismo para la primera campaña se puede observar que el mejor fertilizante orgánico fue el guano de isla, obteniéndose rendimientos promedios más altos en comparación con la gallinaza. El guano de isla en comparación con el fertilizante químico no mostro diferencia estadística significativa. Esto se deba probablemente al alto contenido de nutrientes que apporto el guano de isla (tabla 10) y a su rápida tasa de mineralización la cual acorde a lo señalado por Harst y Johnston (2006) y Hadas y Rosemberg (1992) estaría entre 60 % y 80 % para 2 y 8 semanas respectivamente, en ese sentido la mayor disponibilidad de los nutrientes generada por la mayor tasa de mineralización del guano de isla estaría favoreciendo a un mayor rendimiento, para la primera campaña.

4.3.2. SEGUNDA CAMPAÑA (RENDIMIENTO)

Se realizo una prueba de homogeneidad de varianzas para el rendimiento total y las categorías “primera” y “segunda” entre las parcelas de aspersión y goteo en donde se determino que existe suficiente homogeneidad para poder realizar el análisis combinado.

Tabla 36. Análisis de varianza combinado para rendimiento total y categoría “primera” y “segunda”.

| F.V | G.L | Total | | Primera | | Segunda | |
|-------------------------------|-----|-------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | F.C | Sig | F.C | Sig | F.C | Sig |
| Bloque (Riego) | 4 | 2,5 | N.S | 5,46 | * | 1,15 | N.S |
| Riego | 1 | 23,25 | * | 12,4 | * | 11,12 | * |
| Tratamiento | 8 | 1,95 | N.S | 4,28 | * | 0,63 | N.S |
| T8 Vs El resto | 1 | 3,2 | N.S | 4,19 | * | 0,46 | N.S |
| T1 T3 T5 T7 T9 Vs T2 T4 T6 T8 | 1 | 1,2 | N.S | 2,23 | N.S | 0,01 | N.S |
| T1 Vs T2 | 1 | 1,45 | N.S | 4,36 | * | 0,27 | N.S |
| T3 Vs T4 | 1 | 2,92 | N.S | 5,58 | * | 0,01 | N.S |
| T5 Vs T6 | 1 | 2,45 | N.S | 8,21 | * | 0,79 | N.S |
| T7 Vs T8 | 1 | 0,74 | N.S | 2,08 | N.S | 0,1 | N.S |
| T8 Vs T9 | 1 | 0,33 | N.S | 0,01 | N.S | 1,5 | N.S |
| T8 VS T7 T9 | 1 | 0,69 | N.S | 0,63 | N.S | 0,28 | N.S |
| T1 T2 Vs T3 T4 | 1 | 0,03 | N.S | 0,88 | N.S | 0,87 | N.S |
| T1 T2 Vs T5 T6 | 1 | 2,81 | N.S | 5,62 | * | 0 | N.S |
| T3 T4 Vs T5 T6 | 1 | 2,23 | N.S | 2,06 | N.S | 0,89 | N.S |
| Trat * Riego | 8 | 1,6 | N.S | 1,57 | N.S | 1,44 | N.S |
| Error exp. | 32 | | | | | | |
| Total | 53 | | | | | | |

Según el análisis de varianza combinado para el rendimiento total, rendimiento categoría “primera” y “segunda” podemos observar en su fuente de variación riego existe diferencia estadística significativa; mientras que para las demás fuentes de variación no existen diferencias estadísticas significativas a excepción del rendimiento categoría “primera” donde también mostraron diferencias estadísticas significativas las fuentes de variación tratamiento y bloque dentro de riego. En la descomposición de los efectos de los tratamientos se observa que solo existe diferencia estadística significativa entre las fuentes de materia orgánica empleada para rendimiento categoría “primera”, asimismo los coeficientes de variabilidad fueron de 13,59; 17,04 y 15,83% para el rendimiento total, rendimiento categoría “primera” y “segunda” respectivamente.

En la tabla 37 podemos observar que existe diferencia estadística para los sistemas de riego, para rendimiento total, rendimiento categoría “primera” y “segunda” en donde se ve que el riego por goteo muestra un valor más alto de rendimiento en relación al riego por aspersión.

Tabla 37. Comparación medias para el factor riego en promedio de tratamientos, para rendimiento total y rendimiento categoría “Primera”.

| Riego | Total | | Primera | | Segunda | |
|-----------|-------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | Media | Sig | Media | Sig | Media | Sig |
| Goteo | 36,98 | a | 21,68 | a | 15,3 | a |
| Aspersión | 27,85 | b | 14,74 | b | 13,11 | b |

En la tabla 38 se puede observar la prueba de comparación de medias para rendimiento “Primera” de cebolla para la segunda campaña en donde se puede observar que para los tratamientos T9 (Nutrabiota de fondo), T1 (Nutrabiota + gallinaza), T8 (Testigo sin aplicación), T4 (Guano de isla), T6 (Fertilización química), T7 (Nutrabiota) y T2 (Gallinaza) mostraron los mayores valores de rendimiento siendo estos estadísticamente iguales entre sí. Los tratamientos T3 (Nutrabiota + guano de isla) y T5 (Nutrabiota + fertilización química) mostraron los rendimientos mas bajos y fueron estadísticamente iguales entre sí.

Tabla 38. Promedios de rendimiento “Primera” Segunda campaña.

| Tratamientos | Media | Sig |
|-----------------------------|-------|-------|
| T9(Nutrabiota Fondo) | 20,78 | a |
| T1(Nutrabiota – Gallinaza) | 20,67 | a |
| T8 (Sin aplicación) | 20,66 | a |
| T4(Guano Isla) | 19,73 | a |
| T6(250-200-160) | 18,36 | a b |
| T7(Nutrabiota) | 18,08 | a b |
| T2(Gallinaza) | 16,93 | a b c |
| T3(Nutrabiota - Guano Isla) | 15,49 | b c |
| T5(Nutrabiota-250-200-160) | 13,23 | c |

*Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0,05

Los mayores rendimientos totales, categoría “Primera” y de categoría “Segunda” se obtuvieron bajo el sistema de riego por goteo, lo que evidencia la mayor efectividad de dicho sistema, al respecto Shock y Welch (2013) señalan que el riego por goteo aumenta los rendimientos y calidad en bulbos de cebolla.

Para la segunda campaña se observa que los tratamientos que tuvieron aplicaciones de Nutrabiota al fertilizante químico y al guano de isla mostraron los rendimientos de categoría “Primera” más bajos, esto se deba a que probablemente en la primera campaña la acción del biofertilizante ayudo a una mejor absorción de nutrientes, razón por la cual para la segunda campaña los rendimientos de estos tratamientos que fueron los más altos (estadísticamente significativos) en la primera campaña sean los más bajos en la segunda, al respecto Matsumura *et.al* (2014) mencionan entre los efectos benéficos de la aplicación de los biofertilizantes: la aceleración de la degradación de los compuestos orgánicos del suelo, mejora las propiedades de aireación del suelo, promueve un adecuados sistema radicular de raíces, promueve la proliferación de flora microbiana útil para el cultivo en el suelo e inhibe la propagación de patógenos.

a. Análisis individual de los efectos de los tratamientos en estudio

Se realizo una prueba de contrastes ortogonales lineales (tabla 36) para determinar los efectos individuales de los tratamientos en estudio.

Tabla 39. Efecto de Nutrabiota en el Rendimiento y en las diferentes fuentes de fertilizantes orgánicos y químico.

| | RDTO | | | Total | | | Primera | | | Segunda | | |
|----------------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | Total | Primera | Segunda | Gallinaza | G. Isla | Químico | Gallinaza | G. Isla | Químico | Gallinaza | G. Isla | Químico |
| Sin Nutrabiota | 33,15 a | 18,92 a | 14,24 a | 31,09 a | 34,47 a | 31,60 a | 16,93 a | 19,73 a | 18,36 a | 14,17 a | 14,74 a | 13,24 a |
| Con Nutrabiota | 31,83 a | 17,65 a | 14,18 a | 34,16 a | 30,12 a | 27,62 a | 20,67 b | 15,49 b | 13,23 b | 13,49 a | 14,63 a | 14,39 a |

Tabla 40. Efecto del Nutrabiota en el Rendimiento sobre la fertilización de fondo (estiércol de vacuno 20 t.ha⁻¹).

| | Nutrabiota | | | Nutrabiota de Fondo | | |
|----------------|------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | Total | Primera | Segunda | Total | Primera | Segunda |
| Sin Nutrabiota | 35,45 a | 20,66 a | 14,79 a | 35,45 a | 20,66 a | 14,79 a |
| Con Nutrabiota | 33,27 a | 18,08 a | 15,19 a | 33,98 a | 20,78 a | 13,20 a |

Tabla 41. Efecto de los fertilizantes orgánicos y químicos en el rendimiento

| | Total | Primera | Segunda |
|------------|---------|---------|---------|
| Gallinaza | 32,63 a | 18,79 a | 13,83 a |
| Guano Isla | 32,29 a | 17,61 a | 14,68 a |
| | Total | Primera | Segunda |
| Gallinaza | 32,63 a | 18,80 a | 13,83 a |
| Químico | 29,61 a | 15,79 b | 13,82 a |
| | Total | Primera | Segunda |
| Guano Isla | 32,29 a | 17,61 a | 14,68 a |
| Químico | 29,61 a | 15,79 a | 13,82 a |

Para la segunda campaña se observa un efecto individual del Nutrabiota el cual está asociado con las fuentes de materia orgánica aplicadas y el fertilizante químico, se observa que con Nutrabiota se tuvo mejor rendimiento promedio de categoría “Primera” con el fertilizante orgánico gallinaza en relación con el fertilizante orgánico guano de isla y el químico, para la segunda campaña.

Asimismo el fertilizante orgánico gallinaza mostro un mejor rendimiento promedio de categoría “Primera” en relación al fertilizante químico, entre la gallinaza y el guano de isla no se mostraron diferencias estadísticas significativas, para la segunda campaña.

Para la segunda campaña se observa que Estos resultados concuerdan por lo hallado por Limon-Ortega *et.al* (2009) quienes evaluaron los efectos en la calidad de suelo de la gallinaza bajo rotación de cultivo de trigo encontrando que la aplicación de gallinaza incrementa gradualmente el contenido de materia orgánica del suelo lo que dio como resultado la acumulación de N total, P disponible y K intercambiable.

El efecto positivo del Nutrabiota concuerda con lo hallado por Singh (2007) quien evaluó el manejo integrado de nutrientes aplicando estiércol orgánico y biofertilizantes, encontrando que la acción conjunta de estiércoles orgánicos y biofertilizantes mejoraban los índices de calidad de suelos. Por otro lado Matsumura *et.al* (2014) menciona que la aplicación de biofertilizantes acelera la degradación de componentes orgánicos del suelo, lo cual concuerda

con lo señalado por AGRIS (2010) y Primavesi (2006) quienes mencionan que el biomejorador Nutrabiota actúa mejorando la calidad del material orgánico aplicado al suelo integrándose a los procesos biológicos del material biológico aplicado, no importando la cantidad de N adicionado al suelo sino la capacidad de fijarlo; lo que explicaría el efecto favorable del Nutrabiota sobre la gallinaza para la segunda campaña, en ese sentido considerando lo señalado por Chae y Tabatabai (1986) quienes señalan que la tasa de mineralización de la gallinaza es de 53% en un periodo de 26 semanas; y que el periodo vegetativo de la cebolla en sus dos campañas fue de 8 semanas es lógico suponer que el biofertilizante para la segunda campaña actuó sobre la gallinaza que aun se estaba mineralizando, situación que no sucedió con el fertilizante químico ni con guano de isla debido a su rápida velocidad de mineralización discutida anteriormente .

Finalmente el efecto favorable residual de a gallinaza que propicio un mejor rendimiento entre la primera y segunda campaña pueda explicarse al hecho que la mineralización de la gallinaza está influenciada no solo por la relación C:N, sino por la cantidad de lignina y polifenoles que esta contenga, compuestos que bien podrían provenir de la cama de donde esta se origina, al respecto Nahm (2005) que dentro de los factores que influyen la mineralización del nitrógeno en estiércoles provenientes de aves de corral se encuentran el tipo de paja en el sustrato o cama donde se desarrolla el estiércol.

5. ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD

5.1 COMPONENTE SOCIAL

De acuerdo a los alcances del estudio el sistema de riego por goteo mostro mejores resultados que el sistema de riego por aspersión, en consecuencia considerando la realidad actual de la Irrigación Majes en donde existe alrededor de 15000 hectáreas, de las cuales 9200 son bajo riego por aspersión y 5800 bajo riego por goteo, con una eficiencia de 58.7% y de 76% respectivamente (JUPM 2014) y considerando que en el cultivo de alfalfa, para la campaña 2012-2013 ocupó la mayor área sembrada con 8329 hectáreas (Gerencia Regional de Agricultura 2014) la misma que es conducida bajo riego por aspersión, sistema que por sus características presenta menor eficiencia que el riego por goteo, por ello el cambio de sistema de riego por el agricultor debe incrementar sus ingresos, al presentar una mayor eficiencia y por tanto mayores rendimientos.

Podemos inferir que los agricultores se encuentran en este proceso ya que el segundo cultivo es maíz forrajero con 6061 hectáreas, para la campaña 2012-2013 (Gerencia Regional de Agricultura 2014) el cual es cultivado mayormente por el sistema de goteo con el que se logran significativos rendimientos.

Sin embargo para la elección del sistema de riego más adecuado se debe tener en cuenta algunos factores, acorde a lo señalado por FAO (2008) factores como adopción del sistema por el agricultor, consumo, calidad y control de agua, riesgo ambiental, eficiencia de uso de agua, mano de obra y sencillez de operación; dichos factores nos ayudan a entender los denominados indicadores de sostenibilidad para sistemas de riego. La gran mayoría de indicadores nos indican que el riego por goteo permitiría ser empleado en la Irrigación Majes como una buena alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable.

5.2. COMPONENTE AMBIENTAL

En consideración a los resultados obtenidos podemos resaltar la importancia de los fertilizantes orgánicos y del biomejorador de suelos, los primeros nos ayudan a mantener la calidad del suelo que es la clave para el desarrollo de una agricultura sustentable, obteniéndose una sustentabilidad en el tiempo con el empleo de la gallinaza al tener mejor efecto residual, por otro lado la importancia del biomejorador se realiza al potencializar el efecto de los fertilizantes orgánicos, efecto que se vio en la segunda campaña. En ese sentido acorde a lo señalado por Matsumura *et.al* (2014), quienes señalan que la aplicación de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes ayudaría a reducir la emisión de gases de efecto invernadero ya que reduciría el uso de fertilizantes sintéticos debido a que los fertilizantes químicos tienen alta solubilidad y su posibilidad de pérdida por volatilización es mayor.

La Irrigación Majes, al ser una de las cuencas lecheras más importantes del país, se tiene una buena dotación de materia orgánica de origen animal, al respecto INADE (1997) recomienda a los agricultores de la Irrigación Majes la aplicación de 20 t.ha⁻¹ de estiércol de vacuno, razón por la cual los agricultores optan por aplicar estas cantidades, también existe disponibilidad de gallinaza y guano de isla aunque limitado por el precio y su disponibilidad, por lo que se puede inferir que los agricultores de la Irrigación Majes tienen la tendencia de aplicar materia orgánica, especialmente estiércol de vacuno, por lo que la adopción de un biofertilizante

dentro de sus prácticas culturales como toda una innovación tecnológica estaría sujeta a una serie de etapas desde la etapa de adoptadores tempranos hasta la etapa final donde llegue a masificarse totalmente dado su probado efecto benéfico.

5.3. COMPONENTE ECONÓMICO.

En base a los resultados obtenidos se puede observar que los mejores rendimientos se obtuvieron con el fertilizante orgánico guano de isla para la primera campaña, sin embargo en fue mejor la gallinaza residualmente, viéndose un efecto notable del biofertilizante.

Al realizar el análisis de rentabilidad, tal como se puede observar en las tablas 42 y 43 (información realizada en base a los cuadros del anexo 58-66) para las parcelas de aspersión y goteo, para la primera campaña, vemos la rentabilidad neta alcanza su mayor expresión en los tratamientos T2 (5 t/ha gallinaza) con 0,85 y T4 (3 t/ha guano de isla) con 0,66; para las parcelas bajo riego por aspersión, mientras que para las parcelas bajo riego por goteo la rentabilidad neta alcanza su máxima expresión en los tratamientos T4 (3 t/ha guano de isla) con 1,24 y T2 (5 t/ha gallinaza) con 1,05. Es preciso mencionar que para ambos sistemas de riego el tratamiento T9 (Nutrabiota Fondo) mostro rentabilidades superiores en relación al tratamiento T7 (Nutrabiota).

Por lo dicho anteriormente podemos inferir que la gallinaza resultaría no solo más sustentable en el tiempo debido a su efecto residual, sino tendría una mayor rentabilidad (especialmente cuando se conduce bajo riego por aspersión) lo que no necesariamente implicaría tener siempre mayores rendimientos, en comparación del guano de isla, considerando que la rentabilidad se ve afectada por el precio y la cantidad a aplicar de dicho fertilizante, en ese sentido considerando la mayor disponibilidad y mejor acceso de la gallinaza hacia los agricultores en la Irrigación Majes, este fertilizante orgánico se perfilaría como una alternativa para poder iniciar un manejo sustentable del recurso suelo.

Tabla 42. Análisis de rentabilidad bajo riego por aspersión.

| | T1 (Nutrabiota – Gallinaza) | T2 (Gallinaza) | T3 (Nutrabiota - Guano Isla) | T4 (Guano Isla) | T5 (Nutrabiota - 250-200-160) | T6 (250- 200-160) | T7 (Nutrabiota) | T8 (Sin aplicación) | T9 (Nutrabiota Fondo) |
|---|--|--------------------------|---|---------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Costo variable (CV) | 18321,98 | 16634,63 | 20841,98 | 19154,63 | 22065,23 | 20377,88 | 17586,98 | 15805,13 | 16052,93 |
| Costo fijo (CF) | 6475,45 | 5816,68 | 7060,09 | 6401,32 | 7462,68 | 6803,92 | 6304,93 | 5604,44 | 5701,53 |
| Costo total (CT=CV+CF) | 24797,42 | 22451,31 | 27902,06 | 25555,95 | 29527,91 | 27181,79 | 23891,9 | 21409,56 | 21754,45 |
| Rendimiento 1era (kg) | 29770 | 30000 | 32830 | 31170 | 30830 | 29830 | 22170 | 18670 | 24330 |
| 2da (kg) | 8000 | 9170 | 8330 | 8420 | 8830 | 6500 | 7500 | 10170 | 11000 |
| Precio / kilo 1era (S/.) | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 2da (S/.) | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Ingreso total (IT) | 40524 | 41502 | 44394 | 42456 | 42294 | 39696 | 31104 | 28506 | 35796 |
| Ingreso neto (IN=IT-CT) | 15726,58 | 19050,69 | 16491,94 | 16900,05 | 12766,09 | 12514,21 | 7212,1 | 7096,44 | 14041,55 |
| Ingreso bruto (MB=IT-CV) | 22202,03 | 24867,38 | 23552,03 | 23301,38 | 20228,78 | 19318,13 | 13517,03 | 12700,88 | 19743,08 |
| %Rentabilidad bruta (RB=IN/CV) | 0,86 | 1,15 | 0,79 | 0,88 | 0,58 | 0,61 | 0,41 | 0,45 | 0,87 |
| %Rentabilidad neta (RN=IN/CT) | 0,63 | 0,85 | 0,59 | 0,66 | 0,43 | 0,46 | 0,3 | 0,33 | 0,65 |
| Relación beneficio/costo (B/C=IT/CT) | 1,63 | 1,85 | 1,59 | 1,66 | 1,43 | 1,46 | 1,3 | 1,33 | 1,65 |

*Para determinar el ingreso total se consideró un precio por kilogramo de 1,2 S/. para el rendimiento de categoría “Primera” y 0,6 S/. para el rendimiento de “Segunda”

Tabla 43. Análisis de rentabilidad bajo riego por goteo.

| | T1 (Nutrabiota – Gallinaza) | T2 (Gallinaza) | T3 (Nutrabiota - Guano Isla) | T4 (Guano Isla) | T5 (Nutrabiota - 250-200-160) | T6 (250- 200-160) | T7 (Nutrabiota) | T8 (Sin aplicación) | T9 (Nutrabiota Fondo) |
|--------------------------------------|--|--------------------------|---|---------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Costo variable (CV) | 18321,98 | 16634,63 | 20841,98 | 19154,63 | 22065,23 | 20377,88 | 17586,98 | 15805,13 | 16052,93 |
| Costo fijo (CF) | 6475,45 | 5816,68 | 7060,09 | 6401,32 | 7462,68 | 6803,92 | 6304,93 | 5604,44 | 5701,53 |
| Costo total (CT=CV+CF) | 24797,42 | 22451,31 | 27902,06 | 25555,95 | 29527,91 | 27181,79 | 23891,90 | 21409,56 | 21754,45 |
| Rendimiento 1era (kg) | 36000 | 34330 | 40170 | 42670 | 38170 | 40670 | 24500 | 23500 | 22500 |
| 2da (kg) | 5670 | 8000 | 6830 | 10170 | 6670 | 7670 | 6500 | 8830 | 9670 |
| Precio / kilo 1era (S/.) | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| 2da (S/.) | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Ingreso total (IT) | 46602,00 | 45996,00 | 52302,00 | 57306,00 | 49806,00 | 53406,00 | 33300,00 | 33498,00 | 32802,00 |
| Ingreso neto (IN=IT-CT) | 21804,58 | 23544,69 | 24399,94 | 31750,05 | 20278,09 | 26224,21 | 9408,10 | 12088,44 | 11047,55 |
| Ingreso bruto (MB=IT-CV) | 28280,03 | 29361,38 | 31460,03 | 38151,38 | 27740,78 | 33028,13 | 15713,03 | 17692,88 | 16749,08 |
| %Rentabilidad bruta (RB=IN/CV) | 1,19 | 1,42 | 1,17 | 1,66 | 0,92 | 1,29 | 0,53 | 0,76 | 0,69 |
| %Rentabilidad neta (RN=IN/CT) | 0,88 | 1,05 | 0,87 | 1,24 | 0,69 | 0,96 | 0,39 | 0,56 | 0,51 |
| Relación beneficio/costo (B/C=IT/CT) | 1,88 | 2,05 | 1,87 | 2,24 | 1,69 | 1,96 | 1,39 | 1,56 | 1,51 |

*Para determinar el ingreso total se consideró un precio por kilogramo de 1,2 S/. para el rendimiento de categoría “Primera” y 0,6 S/. para el rendimiento de “Segunda”

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se efectuó el presente trabajo de investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades físicas del suelo que influyen en la profundidad efectiva de raíces como textura y estructura no sufrieron un cambio significativo durante el periodo vegetativo que duro el cultivo (120 días) y por lo tanto no influyeron significativamente en la profundidad de raíces del cultivo de cebolla.
2. La acción conjunta de fertilizantes orgánica como gallinaza y guano de isla con el biomejorador Nutrabiota aumenta la velocidad de infiltración.
3. La aplicación de guano de isla con el biomejorador de suelos Nutrabiota, tiende a disminuir el pH del suelo y a disminuir el contenido de CaCO_3 .
4. Los valores más altos de P disponible se observaron con los tratamientos con fertilización orgánica: gallinaza y guano de isla, siendo estadísticamente diferentes del resto de tratamientos.
5. Para los cationes de cambio (Ca, Mg, Na y K) no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

6. El sistema de riego por goteo mostro tener una C.E mayor que el sistema de riego por aspersión, siendo esta significativa; en ese sentido se vio un efecto positivo del biomejorador Nutrabiota al presentar los valores más bajos de C.E de todos los tratamientos en estudio, dichas diferencias fueron más notorias bajo el sistema de riego pro goteo.
7. Bajo el sistema de riego por goteo se obtuvieron mejores valores de CIC siendo estas diferencias estadísticamente significativas.
8. Con respecto al % de materia orgánica se observó una tendencia en el incremento de la misma en los tratamientos que solo contienen fertilizantes orgánicos como gallinaza y guano de isla.
9. La aplicación del biomejorador de suelos Nutrabiota sobre el fertilizante orgánico gallinaza mostro un mejor comportamiento en relación con el fertilizante orgánico guano de isla y fertilizante químico.
10. Bajo el sistema de riego aspersión el fertilizante orgánico gallinaza mostro tener una mejor rentabilidad que el guano de isla.
11. La aplicación conjunta del biomejorador de suelos Nutrabiota mas el fertilizante orgánico gallinaza, propiciaron uno de los rendimientos promedio más altos tanto en la primera manteniéndose en la segunda campaña.
12. Con el sistema de riego por goteo se obtuvieron rendimientos totales y rendimientos categorías “Primeras” mayores y diferentes estadísticamente del sistema de riego por aspersión, mientras que para la categoría “Segunda” no hubo mayores diferencias entre uno y otro sistema para la primera campaña, mientras que para la segunda si hubo diferencias.
13. El análisis de sustentabilidad señala que :
 - Para el componente social: El mejor sistema de riego es el de goteo pero que aun esta en un proceso de adopción.

- Para el componente ambiental: Los agricultores de la Irrigación majes tienen tendencia al uso y aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizantes orgánicos y que el uso de biomejoradores dentro de sus prácticas culturales estaría sujeta a las etapas previas de toda innovación tecnológica.
- Para el componente económico: El fertilizante orgánico gallinaza mostró tener mayor rentabilidad que el fertilizante orgánico guano de isla y que el fertilizante químico, aunque el guano de isla mostró un mayor rendimiento especialmente bajo el riego por goteo. Sin embargo para la segunda campaña se vio un efecto positivo del biomejorador Nutrabiota en combinación con el fertilizante orgánico gallinaza, notándose rendimientos más altos en relación a los otros tratamientos

VI. RECOMENDACIONES

1. Promover el manejo integrado de nutrientes, mediante el uso y aplicación de enmiendas orgánicas, fertilizantes orgánicos y biomejoradores de suelos para que de esta manera contribuir el mantenimiento de la materia orgánica del suelo y por ende llegar a la sustentabilidad de los suelos.
2. Se recomienda a los agricultores de la Irrigación Majes la aplicación de gallinaza por ser más sostenible en el tiempo y ser más asequible debido a sus costos menores en relación a otras fuentes de fertilizantes orgánicas.
3. Se recomienda a los agricultores la aplicación de enmiendas orgánicas como abonamiento de fondo como el estiércol de vacuno as un nivel e 20 t.ha^{-1}
4. Se recomienda a los agricultores de la Irrigación Majes el uso del sistema de riego por goteo para poder aumentar sus rendimientos, pero sin dejar de lado la aplicación de fertilizantes orgánicos y biomejoradores de suelos, para reducir las pérdidas por una salinidad potencial el tiempo, sin embargo para la adopción de este sistema por la mayoría de agricultores se deberá considerar algunos factores sociales y económicos propios de la Irrigación Majes que determinaran en qué medida se realizara la adopción de este sistema.
5. La sustentabilidad de los suelos de sistemas agrícolas de zonas áridas, no puede ser evaluada solamente en función de indicadores cuantitativos (físicos, químicos y biológicos) en ese sentido se recomienda incluir indicadores cualitativos, en base a la percepción de los agricultores sobre lo que ellos consideren “calidad de suelo”.

6. Realizar estudios a largo plazo, en otros cultivos de importancia agronómica para el país, evaluando la calidad de los suelos, en otras zonas, considerando la gran variabilidad edafoclimática que tienen nuestro país.

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. **AGRIS. 2010.**Boletín de información técnica: Nutrabiota – Plus.
2. **AGRIS. 2011.** Boletín Técnico No 4. Biomejorador y Bioacondicionador del Suelo Tipo Enmienda Orgánica Nutrabiótica.
3. **AGRIS. 2012.** Tecnología Nutrabiótica Natural. Agricultura Sostenible Naturalmente Eficiente (ASNE).
4. **AGRIS. 2013.** Tecnología Nutrabiótica. Biotecnología de Biomejoradores Naturales.
5. **Alexander, M.** 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd Ed. Wiley & Sons, New York.
6. **AnculleA.** 1995. I Curso regional de producción y manejo de cebolla para exportación. CIP. Arequipa – Perú. Pág.1-32.
7. **Basamba, T.A., Barrios, E., Singh B.R, Rao, I.M.**2008. Influence of Planted Fallows and Manure Application on Soil Quality and Maize Yields on a Colombian Volcanic Ash Soil.Journal of Sustainable Agriculture. 32(1) 2008
8. **Batallanos, V.** 1999. Efecto de fuentes y niveles de materia orgánica en el rendimiento del cultivo de kiwicha (*Amaranthuscaudatus* L) cv ‘Oscar blanco’ en un suelo de la Irrigación Majes. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSA. Arequipa-Perú.
9. **Blanchart, E., Albrecht, A., Alegre, J., Duboisset, A., Gilot, C., Pashanasi,B., Lavelle, P., Brussaard, L.,** 1999. Effects of earthworms on soilstructure and physical properties. In: Lavelle, P., Brussaard, L.,Hendrix, P. (Eds.), Earthworm Management in Tropical Agroecosystems.CAB International, Oxon, UK, pp. 149–172.

10. **Berlijn, J.** 1990: Suelos y fertilización. Editorial Trillas 2ª edición. México D.F.-México.
11. **Biblioteca de la Agricultura.** 1997. Suelos, abonos y materia orgánica. IDEA BOOKS S. A. Barcelona España.
12. **Bidwell, R.** 1993. Fisiología vegetal. 1ra. edición Madrid. España.
13. **Bravo, M.** 1987: El cultivo de la cebolla. Facultad de Agronomía de la pontificie Universidad Católica de Chile. Santiago - Chile.
14. **Bravo, M., Aldunate A.** 1992. Cultivo de la cebolla. Monografía. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Corporación de fomento de producción. Santiago - Chile.
15. **Brewste, R. J.** 1994. Onions and other vegetable alliums. Horticultural Research International. Wellesbourne – United Kingdom.
16. **Brewster, J., Salter, P. Darby, R.** 1977. Analysis of growth and yield of overwintered onions. Journal Horticultural Science 52.
17. **Broek, J.A. Van Den, G., Hofwegen, V., Beekman, W., Woittiez, M.** 2007. Options for increasing nutrient use efficiency in Dutch dairy and arable farming towards 2030: an exploration of cost-effective measures at farm and regional levels.pdf, Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment. WOT- Report 55: (74)
18. **Calzada, J.** 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Universidad Agraria de la Molina, Lima. Perú..
19. **CLADES (Consortio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo).** 1998. Manejo ecológico del suelo. CLADES-CIED. Lima-Perú.
20. **ChaboussouF.** 1971. The role of potassium and of cation equilibrium in the resistant of the plant. Internacional PotashInstitute. Bern. Switzerland.
21. **Currah, L.** 1981. Onion flowering and seed production. Horticultural Science

22. **Currah, L. Proctor, J.** 1990. Onions in tropical regions. Natural resources Institute. United Kingdom. Bulletin 35.
23. **Domínguez, V.** 1989. Tratado de fertilización. Ediciones. Mundi Prensa. 2da edición revisada y ampliada. Madrid - España.
24. **Doran, J.W.** 2007. Soil health and global sustainability: Translating science into practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88:119–127.
25. **Estrada, J.** 1996. Curso nutrición mineral y fertilización en la producción agroecológica. Colegio de Ingenieros de Perú, Arequipa.
26. **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y manejo.
27. **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2008. El desarrollo del Microriego en América central, oportunidades limitaciones y desafíos.
28. **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Manual de Agricultura de Conservación.
29. **Fersini, A.** 1976. Horticultura práctica. Editorial Diana. Segunda ed. México D.F.
30. **Fuentes, J.** 1989. El suelo y los fertilizantes. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid – España.
31. **García, A., Morón, A.** 1992. Estudios de Carbono, Nitrógeno y Fosforo en la biomasa microbiana del suelo en tres sistemas de rotación agrícola. *Revista INIA. Investigación Agronómica* N°1.
32. **García, C., Hernández, T.** 1997. Biological and biochemical indicators in derelict soils subjects to erosion. *SoilBiolog. Biochem.* 29 (a): 171-177.

33. **Gross, A.** 1981. Abonos, guía práctica de la fertilización ediciones Mundiprensa. Madrid
34. **Gerencia Regional de Agricultura.** 2014. Estadísticas Agrícola, campaña 2012-2013. Distrito Majes. En línea. Con acceso 1 julio 2014. Disponible en:
<http://www.agroarequipa.gob.pe/campa%C3%B1a-agr%C3%ADcola-2012-2013>
35. **Guevara, E.** 1990. Ingeniería de Riego y Drenaje. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad de Carabobo, Venezuela.
36. **Guerra, E., Sancho, V., Villavicencio, F.** 2009. Suelo Árido. Agroned: El portal Agrícola Mexicano. (en línea). Con acceso 08- 07-2014. disponible en:
<http://agronlin.tripod.com/suelo/id1.html>
37. **GuerreroJ.** 1993. Abonos orgánicos, tecnología para el manejo ecológico de.suelos. Edición RAAA. Lima-Perú.
38. **Handayanto, E., G. Cadish, Giller K.E.** 1997. Regulating N mineralization from plant residues by manipulation of quality. CAB International.Wallingford. UK.
39. **Hartz, T.K., Johnstone, P.R.**2006. Nitrogen Availability from High-nitrogen-containing Organic Fertilizers. Hortechonology. 16 (1).
40. **Hartz, T.K., Mitchel, J.P., Giannini, C.** 2000. Nitrogen and Carbon Mineralization Dynamics of Manure and Compost. HortScience. 35(2): 209-212.
41. **Heal, O.W., Anderson, J.M., Swift, M.J.** 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. CAB International. Wallingford. UK.
42. **He, Z., Yang, X., Baligar, V., Calvert, D.** 2003. Microbiological and biochemical indexing system for assesing quality of acid soils. AcademicPress. USA. Advances in agronomy. 78: 89-133.

43. **Herrick, J.E., Whitford, W.G., de Soyza, A.G., Van Zee, J.W., Havstad, K.M., Seybold, C.A., Walton, M.**, 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *Catena* 44, 27–35.
44. **I.N.E.I.** (Instituto Nacional de Estadística e Informática), 1996. Resultados del III Censo Nacional Agropecuario, 1994. Departamento de Arequipa.
45. **INADE PROGRAMA MAJES II.** 1997. Manual de cultivos alternativos para la irrigación Majes. Arequipa.
46. **Izquierdo, J., Paltrinieri, G. Arias, C.** 1992. Producción, post-cosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Oficina regional de la FAO. para América Latina y el Caribe. Santiago - Chile.
47. **Jiménez, C.; Rodríguez, A; Vargas, G.**1998. Influence of irrigation systems on the salinity and sodium content of agricultural soils in the Canary Islands. 16^o WorldCongress of SoilScience. Montpellier. 7 p.
48. **JUPM** (Junta de Usuarios de la Pampa de Majes). 2014. Evaluación de las Eficiencias de riego y constantes hídricas para determinar la demanda hídrica en la Irrigación Majes.
49. **Lavelle, P., Spain, A.,** 2006. *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, The Netherlands, 651pp.
50. **Limon-Ortega, A., Govaerts, B., Sayre, D.** 2009. Crop Rotation, Wheat Straw Management, and Chicken Manure effects on Soil Quality. *Agronomy Journal*. 101 (3) 600: 606.
51. **McKendry, P.** 2002. Energy Production from Biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83: 37- 46.
52. **Marinissen, J.C.Y., Hillenaar, S.I.,** 1996. Earthworms induced distribution of organic matter in macro-aggregates from differently managed arable fields. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 391–395.

53. **Marotto, J.** 1983. Horticultura herbácea especial. Editorial Mundi–Prensa. Madrid – España.
54. **Matsumura, S., Takuya, B. Kanda, S., Thida, A., Toyota, K.** 2014. Biomass Production and Nutrient Cycling. Research Approaches to Sustainable Biomass Systems. Chapter 13. Pag 279-308.
55. **Mathieu, J., Rossi, J.P., Grimaldi, M., Mora, P., Lavelle, P., Rouland, C.,** 2005. A multi-scale study of soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Biology and Fertility of Soils* 40, 300–305.
56. **Mengel, K., Kirkby, E.** 1987: Principles of Plant Nutrition. 4th Edition Publisher. International Potash Institute. Bern - Switzerland.
57. **Nahm, K.H.** 2005. Factors influencing nitrogen mineralization during poultry litter composting and calculations for available nitrogen. CAB International. UK.
58. **Onduru, D., Chris, C., Jager A, Muya, E.M.** 2008. Soil Quality and Agricultural Sustainability of Dryland Tropical Farming Systems: A Case Study in Mbeere District, Eastern Kenya. *Journal of Crop Improvement*. 21: 41.
59. **Open 2000.** 1986. Diccionario enciclopédico de la Lengua Española. Editorial Mundi-Prensa. Madrid – España.
60. **Pankhurst, C.E., Hawke, B.G., McDonald, H.J., Kirkby, C.A., Buckerfield, J.C., Michelson, P., O'Brien, K.A., Gupta, V.V.S.R., Doube, B.M.,** 1995. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Agricultural Research* 35, 1015–1028.
61. **Papamija, R.** 2002. Estudio de las poblaciones de nematodos como bioindicadores de sanidad en suelos cultivados con maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en los municipios de Roldalillo, La Unión y Toro.
62. **Parr J.F., Hornick, S.B., Simpson, M.E.** 1998. Fourth International Conference on Kyusei Nature Farming. 19-21 June 1995, Paris, France, Proceedings, 256 pp.

63. **Ponge, J.F.** 1999. Horizons and humus forms in beech forests of the Belgian Ardennes. *Soil Science Society of America Journal* 63, 1888–1901.
64. **Post, W.M, Mann, L.K.** 1990. Changes in Soil Organic Carbon and Nitrogen as a Result of Cultivation. *Soil and the Greenhouse Effect. Extended Abstract. USA.*
65. **Pulleman, M.M., Bouma, J., van Essen, E.A., Meijles, E.W.,** 2002. Soil organic matter content as a function of different land-use history. *Soil Science Society of America Journal* 64, 689–693.
66. **Primavesi, A.** 1990. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.* 9 edição. Nobel. São Paulo, p. 186-187.
67. **Primavesi, A.** 2006. *Cartilha do Solo.* 2006, Publicado pela Fundação MokitiOkada, São Paulo, p. 50-54.
68. **Primo Y.** 1973. *Química agrícola. Tomo I; Suelos y fertilizantes.* Editorial Alhambra. Madrid - España.
69. **RojasG.** 1993. *Fisiología vegetal.* 4ta. Edición. Editorial interamericana S.A. Distrito Federal. México.
70. **Shock, C.C, Welch, T.** 2013. *Drip Irrigation: An Introduction.* Oregon State University Extension Service. (on line). Access 15-12-2013. available in: http://extension.oregonstate.edu/sorec/sites/default/files/drip_irrigation_em8782.pdf
71. **Singh, A.K.** 2007. Evaluation of Soil Quality under Integrated Nutrient Management. *Journal of the Indian Society of Soil Science.* 55 (1): 58-61.
72. **Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S.M., Moraes, J.C., Albrecht, A.,** 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils. Effects of Tillage. *Agronomie* 22, 755–775.

73. **Squella F. Prado, O. Novoa, R. Garrido, D.** 1983. Estudio de la productividad de cebolla (*Allium cepa* L.) CV. ‘Valenciana’ en el valle del río Aconcagua. Agricultura Técnica (Chile). 43(3):211-216.
74. **Topoliantz, S., Ponge, J.F., Viaux, P.,** 2000. Earthworm and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures. Plant and Soil 225, 39–51.
75. **UNALM (Universidad Nacional Agraria la Molina)** 1994. Manual de uso de fertilizantes. Lima-Perú.
76. **Van Dang, M.** 2007. Quantitative and qualitative soil quality assessments of tea enterprises in Northern Vietnam. African Journal of Agricultural Research. 2(9): 455-462.
77. **Wolf, B., Snyder, G.H.** 2003. Sustainable Soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. Food Products Press. Binghamton, NY.
78. **Wilson, C., Bauer, M.** 2014. Colorado State University Extension Service. (On line). Access 15-12-2014. available in:
<http://www.ext.colostate.edu/pubs/garden/04702.html>
79. **Xu L.H.** 2006. Nature farming in Japan. Published by Research Signpost. Kerala India, 169pp.
80. **Young, E.M.** 2010. Factors that Affect Soil Quality. Science: Every topic, every angle. (On line). Access 15-07-2014. available in:
<http://www.sciences360.com/index.php/factors-that-affect-soil-quality-8364/#sourcesAndCitations>
81. **Zeballos O.** 2003. Estiércol de vacuno mas dos niveles de gallinaza y guano de isla en cebolla CV. ‘Roja Italiana’ (*Allium cepa* L.) en zonas áridas. Tesis Ing. Agr. Arequipa. Universidad Nacional San Agustín.

82. **Zeballos O.** 2008. Efecto de la aplicación foliar de *Ascophylum nodosum* en cebolla CV. 'Roja Camaneja' (*Allium cepa* L.) bajo diferentes fuentes de materia orgánica. Tesis *Mg. Sc.* Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina.
83. **Zeballos O.** 2010. La producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en la Irrigación Majes. Seminario I. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria la Molina.
84. **Zeballos O.** 2012. Análisis del Agroecosistema del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en la Región Arequipa. Curso Agro ecosistemas del Perú. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria la Molina.

ANEXOS

Cuadro 1. Profundidad de raíces bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 37,50 | 36,58 | 38,50 |
| T2 | 37,53 | 37,08 | 37,88 |
| T3 | 38,38 | 36,88 | 37,38 |
| T4 | 38,95 | 37,68 | 37,30 |
| T5 | 38,83 | 38,20 | 37,05 |
| T6 | 37,83 | 38,53 | 38,38 |
| T7 | 38,25 | 37,63 | 38,80 |
| T8 | 40,18 | 36,38 | 36,88 |
| T9 | 39,50 | 35,88 | 38,38 |

Cuadro 2. Profundidad de raíces bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 39,72 | 39,20 | 39,38 |
| T2 | 39,35 | 41,00 | 38,55 |
| T3 | 39,48 | 40,43 | 38,68 |
| T4 | 39,53 | 40,50 | 37,88 |
| T5 | 39,85 | 39,58 | 37,88 |
| T6 | 40,10 | 40,50 | 37,55 |
| T7 | 39,43 | 39,83 | 38,13 |
| T8 | 40,08 | 39,95 | 39,75 |
| T9 | 40,40 | 38,63 | 38,20 |

Cuadro 3. Prueba de homogeneidad de varianzas para profundidad de raíces.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 1,48 | 3,84 | N.S |

Cuadro 4. Velocidad de infiltración bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 45,52 | 46,19 | 52,36 |
| T2 | 45,44 | 47,50 | 42,45 |
| T3 | 49,51 | 52,72 | 40,52 |
| T4 | 47,42 | 38,44 | 44,45 |
| T5 | 51,94 | 46,08 | 42,54 |
| T6 | 44,64 | 40,93 | 47,56 |
| T7 | 40,54 | 31,57 | 44,76 |
| T8 | 39,52 | 42,05 | 40,46 |
| T9 | 39,44 | 36,77 | 35,56 |

Cuadro 5. Velocidad de infiltración bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 47,21 | 55,36 | 45,19 |
| T2 | 43,96 | 39,12 | 49,06 |
| T3 | 44,73 | 49,40 | 48,54 |
| T4 | 45,24 | 38,21 | 51,18 |
| T5 | 44,42 | 45,45 | 43,32 |
| T6 | 37,86 | 48,76 | 44,54 |
| T7 | 37,78 | 44,76 | 39,64 |
| T8 | 46,25 | 32,48 | 44,54 |
| T9 | 38,44 | 39,77 | 41,24 |

Cuadro 6. Prueba de homogeneidad de varianzas para Velocidad de infiltración.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,20 | 3,84 | N.S |

Cuadro 7. pH bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 7,70 | 7,41 | 7,10 |
| T2 | 7,33 | 7,13 | 7,43 |
| T3 | 6,72 | 7,01 | 6,98 |
| T4 | 7,37 | 7,33 | 7,06 |
| T5 | 7,57 | 6,48 | 6,42 |
| T6 | 6,92 | 7,33 | 6,70 |
| T7 | 7,49 | 7,39 | 7,39 |
| T8 | 7,49 | 7,43 | 7,55 |
| T9 | 7,78 | 7,59 | 7,55 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 8. pH bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 7,31 | 7,35 | 7,56 |
| T2 | 7,35 | 7,39 | 7,47 |
| T3 | 6,58 | 6,54 | 7,23 |
| T4 | 6,86 | 6,87 | 6,91 |
| T5 | 7,27 | 7,19 | 7,35 |
| T6 | 6,38 | 7,11 | 6,87 |
| T7 | 7,43 | 7,52 | 7,68 |
| T8 | 7,55 | 7,68 | 7,80 |
| T9 | 7,39 | 7,60 | 7,35 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 9. Prueba de homogeneidad de varianzas para pH.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 2,62 | 3,84 | N.S |

Cuadro 10. Conductividad eléctrica (mmho/cm) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,81 | 0,76 | 1,61 |
| T2 | 1,19 | 0,91 | 1,49 |
| T3 | 1,48 | 1,50 | 1,25 |
| T4 | 0,70 | 0,58 | 1,98 |
| T5 | 0,71 | 0,90 | 0,85 |
| T6 | 1,00 | 0,88 | 1,64 |
| T7 | 0,82 | 0,94 | 1,16 |
| T8 | 0,80 | 1,08 | 1,20 |
| T9 | 0,66 | 0,53 | 1,06 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 11. Conductividad eléctrica (mmho/cm) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,97 | 1,58 | 1,31 |
| T2 | 1,68 | 1,81 | 3,21 |
| T3 | 2,61 | 1,92 | 3,52 |
| T4 | 3,83 | 2,26 | 4,76 |
| T5 | 0,88 | 3,14 | 1,35 |
| T6 | 2,01 | 2,00 | 4,03 |
| T7 | 1,24 | 1,33 | 1,83 |
| T8 | 3,37 | 2,87 | 3,29 |
| T9 | 3,17 | 1,69 | 2,42 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para conductividad eléctrica.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 9,58 | 3,84 | * |

Cuadro 13. CaCO₃ (%) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| T2 | 0,20 | 0,10 | 0,20 |
| T3 | 0,20 | 0,20 | 0,10 |
| T4 | 0,20 | 0,10 | 0,20 |
| T5 | 0,30 | 0,10 | 0,10 |
| T6 | 0,10 | 0,20 | 0,10 |
| T7 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| T8 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |
| T9 | 0,20 | 0,40 | 0,20 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 14. CaCO₃ (%) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| T2 | 0,20 | 0,30 | 0,20 |
| T3 | 0,10 | 0,10 | 0,30 |
| T4 | 0,30 | 0,40 | 0,30 |
| T5 | 0,30 | 0,30 | 0,10 |
| T6 | 0,00 | 0,10 | 0,10 |
| T7 | 0,10 | 0,20 | 0,20 |
| T8 | 0,20 | 0,90 | 0,40 |
| T9 | 0,20 | 0,80 | 0,10 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 15. Prueba de homogeneidad de varianzas para CaCO₃ (%).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 3,43 | 3,84 | N.S |

Cuadro 16. Materia orgánica (%) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 1,10 | 1,72 | 2,62 |
| T2 | 2,76 | 2,07 | 2,76 |
| T3 | 1,86 | 3,10 | 2,76 |
| T4 | 1,72 | 1,97 | 3,45 |
| T5 | 2,07 | 2,38 | 2,28 |
| T6 | 2,07 | 1,24 | 3,38 |
| T7 | 2,07 | 3,17 | 2,69 |
| T8 | 2,07 | 3,03 | 2,69 |
| T9 | 1,86 | 2,90 | 2,76 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 17. Materia orgánica (%) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 2,83 | 2,38 | 2,65 |
| T2 | 2,65 | 3,34 | 3,38 |
| T3 | 1,48 | 2,72 | 2,72 |
| T4 | 3,62 | 2,41 | 3,52 |
| T5 | 3,45 | 1,62 | 2,86 |
| T6 | 2,34 | 2,00 | 3,79 |
| T7 | 1,66 | 2,34 | 2,93 |
| T8 | 2,83 | 2,72 | 2,52 |
| T9 | 3,10 | 2,86 | 2,48 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 18. Prueba de homogeneidad de varianzas para Materia orgánica (%).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,04 | 3,84 | N.S |

Cuadro 19. Fosforo disponible (ppm) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 1,5 | 17,9 | 26,9 |
| T2 | 33,0 | 13,2 | 31,9 |
| T3 | 25,5 | 23,9 | 20,8 |
| T4 | 13,5 | 9,4 | 22,6 |
| T5 | 14,1 | 15,7 | 10,4 |
| T6 | 19,1 | 12,3 | 18,1 |
| T7 | 10,4 | 16,9 | 20,6 |
| T8 | 14,2 | 19,0 | 20,6 |
| T9 | 10,3 | 24,5 | 18,0 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 20. Fosforo disponible (ppm) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 18,9 | 15,7 | 21,9 |
| T2 | 32,8 | 37,7 | 41,1 |
| T3 | 10,0 | 25,4 | 34,4 |
| T4 | 43,0 | 29,3 | 31,6 |
| T5 | 12,5 | 23,6 | 30,7 |
| T6 | 18,8 | 13,2 | 31,4 |
| T7 | 8,3 | 14,1 | 19,8 |
| T8 | 23,1 | 8,5 | 32,3 |
| T9 | 32,2 | 12,2 | 22,2 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 21. Prueba de homogeneidad de varianzas para Fosforo disponible (ppm)

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,85 | 3,84 | N.S |

Cuadro 22. Potasio disponible (ppm) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 339 | 257 | 311 |
| T2 | 331 | 259 | 465 |
| T3 | 321 | 293 | 272 |
| T4 | 244 | 203 | 328 |
| T5 | 317 | 239 | 241 |
| T6 | 275 | 269 | 265 |
| T7 | 363 | 247 | 312 |
| T8 | 262 | 215 | 662 |
| T9 | 326 | 301 | 291 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 23. Potasio disponible (ppm) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 314 | 336 | 311 |
| T2 | 446 | 390 | 358 |
| T3 | 243 | 308 | 368 |
| T4 | 615 | 326 | 515 |
| T5 | 298 | 616 | 308 |
| T6 | 363 | 229 | 704 |
| T7 | 308 | 280 | 293 |
| T8 | 548 | 328 | 527 |
| T9 | 698 | 357 | 296 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 24. Prueba de homogeneidad de varianzas para Potasio disponible (ppm)

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 3,38 | 3,84 | N.S |

Cuadro 25. Capacidad de intercambio cationico (cmol (+)/kg) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 6,40 | 6,08 | 6,40 |
| T2 | 6,72 | 5,92 | 7,04 |
| T3 | 6,88 | 7,52 | 6,72 |
| T4 | 7,36 | 5,92 | 6,40 |
| T5 | 7,20 | 6,72 | 6,40 |
| T6 | 7,52 | 5,44 | 7,52 |
| T7 | 7,04 | 7,36 | 7,52 |
| T8 | 6,88 | 7,20 | 7,52 |
| T9 | 2,72 | 6,08 | 7,04 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 26.Capacidad de intercambio cationico (cmol (+)/kg) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 6,72 | 7,68 | 6,08 |
| T2 | 7,20 | 7,52 | 7,52 |
| T3 | 6,40 | 7,52 | 8,00 |
| T4 | 8,02 | 7,52 | 9,12 |
| T5 | 8,32 | 6,40 | 7,20 |
| T6 | 7,04 | 6,40 | 7,20 |
| T7 | 6,08 | 6,72 | 7,04 |
| T8 | 7,36 | 8,48 | 7,52 |
| T9 | 7,36 | 8,32 | 6,40 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 27. Prueba de homogeneidad de varianzas para Capacidad de intercambio cationico (cmol (+)/kg).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,91 | 3,84 | N.S |

Cuadro 28. Calcio (cmol (+)/kg) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 4,39 | 4,21 | 4,05 |
| T2 | 4,49 | 4,11 | 4,29 |
| T3 | 4,86 | 4,95 | 4,56 |
| T4 | 5,57 | 4,11 | 3,90 |
| T5 | 5,36 | 4,91 | 4,65 |
| T6 | 5,37 | 3,72 | 5,41 |
| T7 | 4,91 | 5,26 | 4,95 |
| T8 | 5,07 | 5,29 | 4,22 |
| T9 | 0,76 | 4,04 | 4,78 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 29. Calcio (cmol (+)/kg) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 4,54 | 5,36 | 3,95 |
| T2 | 4,61 | 4,88 | 4,85 |
| T3 | 4,65 | 5,49 | 5,52 |
| T4 | 4,84 | 5,27 | 6,22 |
| T5 | 6,04 | 4,14 | 4,96 |
| T6 | 4,88 | 4,57 | 4,19 |
| T7 | 4,19 | 4,62 | 4,80 |
| T8 | 4,33 | 5,96 | 4,64 |
| T9 | 4,05 | 5,89 | 4,40 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 30. Prueba de homogeneidad de varianzas para Calcio (cmol (+)/kg).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 1,56 | 3,84 | N.S |

Cuadro 31. Magnesio (cmol (+)/kg) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,99 | 1,22 | 1,54 |
| T2 | 1,41 | 1,16 | 1,67 |
| T3 | 0,97 | 1,58 | 1,44 |
| T4 | 1,07 | 0,95 | 1,59 |
| T5 | 0,98 | 1,10 | 0,98 |
| T6 | 1,23 | 1,01 | 1,32 |
| T7 | 1,21 | 1,35 | 1,68 |
| T8 | 1,11 | 1,29 | 1,63 |
| T9 | 1,05 | 1,25 | 1,40 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 32. Magnesio (cmol (+)/kg) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 1,41 | 1,44 | 1,40 |
| T2 | 1,59 | 1,66 | 1,76 |
| T3 | 1,08 | 1,34 | 1,67 |
| T4 | 1,95 | 1,39 | 1,87 |
| T5 | 1,46 | 1,17 | 1,51 |
| T6 | 1,24 | 1,21 | 1,90 |
| T7 | 1,13 | 1,35 | 1,57 |
| T8 | 1,68 | 1,51 | 1,72 |
| T9 | 1,80 | 1,54 | 1,27 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 33. Prueba de homogeneidad de varianzas para Magnesio (cmol (+)/kg).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,89 | 3,84 | N.S |

Cuadro 34. Potasio (cmol (+)/kg) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,61 | 0,39 | 0,50 |
| T2 | 0,52 | 0,38 | 0,72 |
| T3 | 0,68 | 0,48 | 0,40 |
| T4 | 0,44 | 0,42 | 0,50 |
| T5 | 0,59 | 0,35 | 0,40 |
| T6 | 0,60 | 0,41 | 0,43 |
| T7 | 0,59 | 0,43 | 0,54 |
| T8 | 0,39 | 0,33 | 1,24 |
| T9 | 0,55 | 0,50 | 0,49 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 35. Potasio (cmol (+)/kg) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,42 | 0,55 | 0,48 |
| T2 | 0,66 | 0,62 | 0,60 |
| T3 | 0,36 | 0,39 | 0,51 |
| T4 | 0,75 | 0,55 | 0,70 |
| T5 | 0,45 | 0,89 | 0,40 |
| T6 | 0,59 | 0,34 | 0,86 |
| T7 | 0,39 | 0,41 | 0,39 |
| T8 | 0,91 | 0,59 | 0,76 |
| T9 | 1,17 | 0,58 | 0,42 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 36. Prueba de homogeneidad de varianzas para Potasio (cmol (+)/kg).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,08 | 3,84 | N.S |

Cuadro 37. Sodio (cmol (+)/kg) bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,40 | 0,26 | 0,31 |
| T2 | 0,29 | 0,27 | 0,36 |
| T3 | 0,36 | 0,52 | 0,32 |
| T4 | 0,28 | 0,44 | 0,41 |
| T5 | 0,27 | 0,36 | 0,37 |
| T6 | 0,32 | 0,30 | 0,36 |
| T7 | 0,33 | 0,32 | 0,34 |
| T8 | 0,30 | 0,30 | 0,43 |
| T9 | 0,36 | 0,29 | 0,37 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 38.Sodio (cmol (+)/kg) bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 0,34 | 0,33 | 0,26 |
| T2 | 0,34 | 0,36 | 0,30 |
| T3 | 0,31 | 0,30 | 0,30 |
| T4 | 0,48 | 0,31 | 0,33 |
| T5 | 0,36 | 0,19 | 0,33 |
| T6 | 0,33 | 0,28 | 0,26 |
| T7 | 0,36 | 0,34 | 0,28 |
| T8 | 0,44 | 0,42 | 0,40 |
| T9 | 0,35 | 0,31 | 0,31 |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes. UNALM

Cuadro 39. Prueba de homogeneidad de varianzas para Sodio (cmol (+)/kg).

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 2,94 | 3,84 | N.S |

Cuadro 40. Rendimiento total (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 42,00 | 33,00 | 38,00 |
| T2 | 38,50 | 40,50 | 38,50 |
| T3 | 40,50 | 39,00 | 44,00 |
| T4 | 41,25 | 42,00 | 35,50 |
| T5 | 39,00 | 37,50 | 42,50 |
| T6 | 27,50 | 46,00 | 35,50 |
| T7 | 29,50 | 30,00 | 29,50 |
| T8 | 33,00 | 28,50 | 25,00 |
| T9 | 33,50 | 37,50 | 35,00 |

Cuadro 41. Rendimiento total (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 39,00 | 48,50 | 37,50 |
| T2 | 42,00 | 45,00 | 40,00 |
| T3 | 48,00 | 54,00 | 39,00 |
| T4 | 50,50 | 55,00 | 53,00 |
| T5 | 43,50 | 45,00 | 46,00 |
| T6 | 47,50 | 54,50 | 43,00 |
| T7 | 23,00 | 36,00 | 34,00 |
| T8 | 40,50 | 27,50 | 29,00 |
| T9 | 37,00 | 27,50 | 32,00 |

Cuadro 42. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento total (t.ha⁻¹), primera campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0.54 | 3,84 | N.S |

Cuadro 43. Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 33,50 | 25,00 | 30,50 |
| T2 | 29,00 | 30,50 | 30,50 |
| T3 | 31,50 | 31,00 | 36,00 |
| T4 | 33,00 | 32,00 | 28,50 |
| T5 | 27,00 | 31,00 | 34,50 |
| T6 | 23,50 | 38,00 | 28,00 |
| T7 | 23,50 | 21,50 | 21,50 |
| T8 | 24,00 | 16,00 | 16,00 |
| T9 | 24,50 | 21,50 | 27,00 |

Cuadro 44. Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 33,00 | 43,00 | 32,00 |
| T2 | 34,50 | 34,50 | 34,00 |
| T3 | 41,00 | 47,50 | 32,00 |
| T4 | 37,50 | 45,00 | 45,50 |
| T5 | 37,00 | 38,50 | 39,00 |
| T6 | 37,00 | 49,00 | 36,00 |
| T7 | 17,50 | 30,00 | 26,00 |
| T8 | 32,00 | 18,00 | 20,50 |
| T9 | 25,00 | 18,50 | 24,00 |

Cuadro 45. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), primera campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 1,39 | 3,84 | N.S |

Cuadro 46. Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 8,50 | 8,00 | 7,50 |
| T2 | 9,50 | 10,00 | 8,00 |
| T3 | 9,00 | 8,00 | 8,00 |
| T4 | 8,25 | 10,00 | 7,00 |
| T5 | 12,00 | 6,50 | 8,00 |
| T6 | 4,00 | 8,00 | 7,50 |
| T7 | 6,00 | 8,50 | 8,00 |
| T8 | 9,00 | 12,50 | 9,00 |
| T9 | 9,00 | 16,00 | 8,00 |

Cuadro 47. Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), primera campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 6,00 | 5,50 | 5,50 |
| T2 | 7,50 | 10,50 | 6,00 |
| T3 | 7,00 | 6,50 | 7,00 |
| T4 | 13,00 | 10,00 | 7,50 |
| T5 | 6,50 | 6,50 | 7,00 |
| T6 | 10,50 | 5,50 | 7,00 |
| T7 | 5,50 | 6,00 | 8,00 |
| T8 | 8,50 | 9,50 | 8,50 |
| T9 | 12,00 | 9,00 | 8,00 |

Cuadro 48. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), primera campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,68 | 3,84 | N.S |

Cuadro 49. Rendimiento total (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 27,90 | 22,45 | 33,20 |
| T2 | 25,70 | 23,10 | 17,50 |
| T3 | 24,85 | 29,70 | 23,15 |
| T4 | 28,20 | 21,20 | 35,00 |
| T5 | 28,60 | 27,90 | 21,25 |
| T6 | 29,15 | 29,65 | 23,90 |
| T7 | 30,70 | 30,65 | 30,75 |
| T8 | 28,05 | 29,05 | 37,10 |
| T9 | 27,65 | 29,55 | 36,05 |

Cuadro 50. Rendimiento total (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 47,80 | 39,85 | 33,75 |
| T2 | 41,50 | 39,60 | 39,15 |
| T3 | 36,20 | 36,65 | 30,15 |
| T4 | 36,20 | 47,55 | 38,65 |
| T5 | 24,00 | 34,00 | 29,95 |
| T6 | 42,80 | 33,60 | 30,50 |
| T7 | 38,55 | 35,75 | 33,20 |
| T8 | 44,90 | 40,10 | 33,50 |
| T9 | 40,30 | 39,20 | 31,15 |

Cuadro 51. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento total (t.ha⁻¹), segunda campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,15 | 3,84 | N.S |

Cuadro 52. Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 14,45 | 13,05 | 20,55 |
| T2 | 12,90 | 10,05 | 10,50 |
| T3 | 9,55 | 12,55 | 12,00 |
| T4 | 15,50 | 10,15 | 19,50 |
| T5 | 13,15 | 13,95 | 10,05 |
| T6 | 15,50 | 18,60 | 13,80 |
| T7 | 12,65 | 18,05 | 18,60 |
| T8 | 14,60 | 13,50 | 22,50 |
| T9 | 15,15 | 15,00 | 22,05 |

Cuadro 53. Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 31,10 | 25,75 | 19,10 |
| T2 | 27,00 | 21,50 | 19,60 |
| T3 | 19,55 | 22,15 | 17,15 |
| T4 | 22,20 | 29,00 | 22,00 |
| T5 | 12,50 | 15,50 | 14,20 |
| T6 | 26,15 | 19,10 | 17,00 |
| T7 | 22,50 | 18,05 | 18,60 |
| T8 | 27,25 | 27,10 | 19,00 |
| T9 | 28,20 | 26,20 | 18,10 |

Cuadro 54. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento “Primera” (t.ha⁻¹), segunda campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,03 | 3,84 | N.S |

Cuadro 55. Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por aspersión.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 13,45 | 9,40 | 12,65 |
| T2 | 12,80 | 13,05 | 7,0 |
| T3 | 15,30 | 17,15 | 11,15 |
| T4 | 12,70 | 11,05 | 15,50 |
| T5 | 15,45 | 13,95 | 11,20 |
| T6 | 13,65 | 11,05 | 10,10 |
| T7 | 18,05 | 12,60 | 12,15 |
| T8 | 13,45 | 15,55 | 14,60 |
| T9 | 12,50 | 14,55 | 14,00 |

Cuadro 56. Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), segunda campaña bajo riego por goteo.

| Tratamientos | I | II | III |
|---------------------|----------|-----------|------------|
| T1 | 16,70 | 14,10 | 14,65 |
| T2 | 14,50 | 18,10 | 19,55 |
| T3 | 16,65 | 14,50 | 13,00 |
| T4 | 14,00 | 18,55 | 16,65 |
| T5 | 11,50 | 18,50 | 15,75 |
| T6 | 16,65 | 14,50 | 13,50 |
| T7 | 16,05 | 17,70 | 14,60 |
| T8 | 17,65 | 13,00 | 14,50 |
| T9 | 12,10 | 13,00 | 13,05 |

Cuadro 57. Prueba de homogeneidad de varianzas para Rendimiento “Segunda” (t.ha⁻¹), segunda campaña.

| Chi Calculado | Chi Tabular | Significancia |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,02 | 3,84 | N.S |

Cuadro 58. Costos de producción para el tratamiento T1: Nutrabiota Plus 1% Gallinaza 5 t.ha⁻¹

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|--|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| | | | | |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 3100 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| -Gallinaza (Puesta en campo) | t | 5 | 140 | 700 |
| 4. Biofertilizante | | | | 392 |
| -Nutrabiota | L | 14 | 28 | 392 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 10112,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22,5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de gallinaza | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de Nutrabiota | Jornal | 27 | 45 | 1215 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos | | | | 100 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 872,475 |

| | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|-----------------|
| Total costos directos | | | | 18322 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2784,94 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1465,76 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 2224,75 |
| Total costos indirectos | | | | 6475,45 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 24797,42 |

Cuadro 59. Costos de producción para el tratamiento T2: Gallinaza 5 t.ha⁻¹

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|--|------------------|----------|-----------------|---------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| | | | | |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 3100 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| -Gallinaza (Puesta en campo) | t | 5 | 140 | 700 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | t | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | t | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 8897,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22,5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de gallinaza | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |

| | | | | |
|--------------------------------------|----------|------|-----|-----------------|
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos | | | | 100 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 792,125 |
| Total costos directos | | | | 16634,6 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2528,46 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1330,77 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 1957,45 |
| Total costos indirectos | | | | 5816,68 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 22451,31 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 60. Costos de producción para el tratamiento T3: Nutrabiota Plus 1% G. Isla 3 t.ha⁻¹

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|--|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 5400 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| -Guano Isla | Bolsa (50 kg) | 60 | 50 | 3000 |
| 4. Biofertilizante | | | | 392 |
| -Nutrabiota | L | 14 | 28 | 392 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 10112,5 |

| | | | | |
|--|----------|------|-----|-----------------|
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22.5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de guano de isla | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de Nutrabiota | Jornal | 27 | 45 | 1215 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos (Guano isla) | | | | 200 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 992,475 |
| Total costos directos | | | | 20842 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 3167,98 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1667,36 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 2224,75 |
| Total costos indirectos | | | | 7060,09 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 27902,06 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 61. Costos de producción para el tratamiento T4: G. Isla 3 t.ha⁻¹

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|-----------------------------------|------------------|----------|-----------------|-------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 5400 |

| | | | | |
|--|---------------|------|-----|-----------------|
| -estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| -Guano Isla | Bolsa (50 kg) | 60 | 50 | 3000 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 8897,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22,5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de G.Isla | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos (Guano isla) | | | | 200 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 912,125 |
| Total costos directos | | | | 19154,6 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2911,5 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1532,37 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 1957,45 |
| Total costos indirectos | | | | 6401,32 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 25555,95 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 62. Costos de producción para el tratamiento T5: Nutrabiota Plus 1% Fertilizante químico

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|----------------------------------|------------------|----------|-----------------|-------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| | | | | |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |

| | | | | |
|---|---------------|------|-----|----------------|
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 2400 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| 4. Biofertilizante | | | | 392 |
| -Nutrabiota | L | 14 | 28 | 392 |
| 5. Fertilizante químico | | | | 3625 |
| -Urea | Bolsa (50 Kg) | 5 | 95 | 475 |
| -Nitrato de Calcio | Bolsa (25 Kg) | 14 | 90 | 1260 |
| -Fosfato diamónico | Bolsa (50 Kg) | 9 | 115 | 1035 |
| -Cloruro de Potasio | Bolsa (50 Kg) | 7.5 | 114 | 855 |
| 6. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 7. Mano de obra | | | | 10652,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22,5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de Fertilizantes químicos | Jornal | 14 | 45 | 630 |
| -Aplicación de Nutrabiota | Jornal | 27 | 45 | 1215 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 8. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 9. Transporte de insumos (Fertilizantes) | | | | 200 |
| 10. Imprevistos 5% | | | | 1050,73 |
| Total costos directos | | | | 22065,2 |
| B.-Costos indirectos | | | | |

| | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|-----------------|
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 3353,91 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1765,22 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 2343,55 |
| Total costos indirectos | | | | 7462,68 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 29527,91 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 63. Costos de producción para el tratamiento T6 (Fertilizante químico)

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|--|------------------|----------|-----------------|---------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 2400 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| 5. Fertilizante químico | | | | 3625 |
| -Urea | Bolsa (50 Kg) | 5 | 95 | 475 |
| -Nitrato de Calcio | Bolsa (25 Kg) | 14 | 90 | 1260 |
| -Fosfato diamonico | Bolsa (50 Kg) | 9 | 115 | 1035 |
| -Cloruro de Potasio | Bolsa (50 Kg) | 7.5 | 114 | 855 |
| 6. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 7. Mano de obra | | | | 9437,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0.5 | 45 | 22.5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de Fertilizantes químicos | Jornal | 14 | 45 | 630 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |

| | | | | |
|---|----------|------|-----|-----------------|
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoché y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 8. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 9. Transporte de insumos (Fertilizantes) | | | | 200 |
| 10. Imprevistos 5% | | | | 970,375 |
| Total costos directos | | | | 20377,9 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 3097,44 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1630,23 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 2076,25 |
| Total costos indirectos | | | | 6803,92 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 27181,79 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 64. Costos de producción para el tratamiento T7 (Nutrabiota Plus 1%)

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|--|------------------|----------|-----------------|----------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 2400 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| 4. Biofertilizante | | | | 392 |
| -Nutrabiota | L | 14 | 28 | 392 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 10112,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0.5 | 45 | 22.5 |

| | | | | |
|--------------------------------------|----------|------|-----|-----------------|
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de gallinaza | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de Nutrabiota | Jornal | 27 | 45 | 1215 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos | | | | 100 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 837,475 |
| Total costos directos | | | | 17587 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2673,22 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1406,96 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 2224,75 |
| Total costos indirectos | | | | 6304,93 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 23891,90 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 65. Costos de producción para el tratamiento T8: testigo sin aplicación

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|-----------------------------------|------------------|----------|-----------------|-------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| | | | | |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 2400 |

| | | | | |
|--|----------|------|-----|-----------------|
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | t | 20 | 120 | 2400 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 8807,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0,5 | 45 | 22.5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos | | | | 100 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 752,625 |
| Total costos directos | | | | 15805,1 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2402,38 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1264,41 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 1937,65 |
| Total costos indirectos | | | | 5604,44 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 21409,56 |

*Datos obtenidos en campo.

Cuadro 66. Costos de producción para el tratamiento T9: Nutrabiota 1% de fondo

| Descripción por actividad | Unidad de Medida | Cantidad | Precio Unitario | Total S/. |
|-----------------------------------|------------------|----------|-----------------|-------------|
| A.-Costos directos | | | | |
| 1. Almacigo | Vara | 250 | 6 | 1500 |
| 2. Preparación de terreno | | | | 555 |
| -Rígido | h | 2 | 45 | 90 |
| -Rígido (incorporación estiércol) | h | 4 | 45 | 180 |
| -Rastra | h | 1 | 45 | 45 |
| -Disco | h | 3 | 50 | 150 |

| | | | | |
|--|-----------|------|-----|-----------------|
| -Rígido + riel | h | 1 | 45 | 45 |
| -Surcado | h | 1 | 45 | 45 |
| 3. Abonamiento | | | | 2400 |
| -Estiércol de Vacuno (Puesto en campo) | Toneladas | 20 | 120 | 2400 |
| 4. Biofertilizante | | | | 56 |
| -Nutrabiota | L | 2 | 28 | 56 |
| 4. Control Fitosanitario | | | | 490 |
| -Azufre | L | 5 | 20 | 100 |
| -Fosetil aluminio | L | 3 | 130 | 390 |
| 5. Mano de obra | | | | 8987,5 |
| -Riego (Machaco) | Jornal | 0.5 | 45 | 22.5 |
| -Rapeo + desempiedre | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Aplicación de estiércol | Jornal | 4 | 45 | 180 |
| -Aplicación de gallinaza | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de Nutrabiota | Jornal | 2 | 45 | 90 |
| -Aplicación de plaguicidas | Jornal | 9 | 45 | 405 |
| -Trasplante | Jornal | 20 | 45 | 900 |
| -Deshierbos | Jornal | 60 | 40 | 2400 |
| -Arranque de cosecha | Jornal | 28 | 45 | 1260 |
| -Curado | Jornal | 10 | 40 | 400 |
| -Desmoche y selección | Jornal | 45 | 40 | 1800 |
| -Riego campaña | Jornal | 12 | 45 | 540 |
| 6. Otros insumos | | | | 1200 |
| -Sacos de yute | unidades | 2000 | 0,6 | 1200 |
| 7. Transporte de insumos | | | | 100 |
| 8. Imprevistos 5% | | | | 764,425 |
| Total costos directos | | | | 16052,9 |
| B.-Costos indirectos | | | | |
| 1. Gastos financieros (15,2%) | | | | 2440,04 |
| 2. Gatos Administrativos (8%) | | | | 1284,23 |
| 3. Leyes sociales (22%) M.O | | | | 1977,25 |
| Total costos indirectos | | | | 5701,53 |
| TOTAL COTOS DE PRODUCCION | | | | 21754,45 |

*Datos obtenidos en campo.