

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES BIOFÍSICAS
DEL SUELO MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DOS
ABONOS VERDES Y MATERIA ORGÁNICA”**

Presentada por:

ISABEL MAXIMILIANA MONTES YARASCA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Lima - Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES BIOFÍSICAS
DEL SUELO MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DOS
ABONOS VERDES Y MATERIA ORGÁNICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

ISABEL MAXIMILIANA MONTES YARASCA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Oscar Loli Figueroa
PRESIDENTE

M.Sc. Andrés Casas Díaz
PATROCINADOR

Mg.Sc. Julián Chura Chuquija
MIEMBRO

Mg.Sc. Juan Guerrero Barrantes
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios

Quien me ha brindado la fortaleza para poder avanzar en cada proyecto.

A mi familia

A Miguel quien nunca dejo de apoyarme en este largo proceso de redacción. A mi hijo Diego quien me ha enseñado a no dejar de lado proyectos iniciados y a tener paciencia en cada etapa.

A mi madre

Quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional y ha sido el soporte de mi familia.

A mis hermanos

Quienes siempre han sido ejemplo de perseverancia y constancia.

AGRADECIMIENTO

A mi patrocinador, Ing. M. S. Andrés Casas Díaz decano de la Facultad de Agronomía, por la paciencia en este largo proceso de elaboración del presente trabajo, sus sabios consejos y por guiarme con sus valiosos conocimientos para concluir el presente trabajo.

A la empresa Agrícola Huarmey S.A., en especial al Ingeniero Rolando Riojas por el apoyo brindado durante la ejecución de la investigación.

A mis grandes amigos del programa de Hortalizas “El Huerto”. Patricia, por su gran amistad y valiosos consejos. A Willy, por el apoyo desinteresado durante la ejecución del trabajo de campo y por la gran amistad. A Rufina, por su valiosa amistad. A Sarita, por el apoyo desinteresado y por su gran amistad.

INDICE GENERAL

	Pág
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. RIZOSFERA.....	3
2.2. ABONOS VERDES.....	5
2.3. ALELOQUIMICOS.....	7
2.4. POBLACIÓN MICROBIANA.....	8
2.5. ACTIVIDAD MICROBIANA.....	10
2.5.1. Respiración del suelo.....	10
2.5.2. La actividad microbiana en suelos salinos.....	13
2.5.3. Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas.....	13
2.5.4. Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.....	13
2.6. BIOFUMIGACIÓN.....	14
2.7. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	15
2.7.1. Granulometría.....	15
2.7.2. Textura.....	15
2.7.3. Porosidad.....	16
2.7.4. Flujo de aire y agua en el suelo.....	17
2.8. COMPONENTES DE LA CALIDAD DEL SUELO.....	17
2.9. DEGRADACIÓN DEL SUELO.....	17
2.9.1. Degradación física del suelo.....	18
2.9.2. Degradación química del suelo.....	21
a. Pérdida de la materia orgánica del suelo.....	21
b. Salinización del suelo.....	22
c. Acidificación del suelo.....	23
2.9.3. Degradación biológica del suelo.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	25

3.1.1.	Ubicación.....	25
3.1.2.	Características del suelo y agua.....	26
	a. Análisis de suelo.....	26
	b. Análisis de agua.....	26
3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	27
3.2.1.	Factores en estudio.....	27
3.2.2.	Materia orgánica.....	29
3.2.3.	Abonos verdes.....	31
	a. Brócoli cultivar “Calabrese”.....	31
	b. Coliflor cultivar “Criolla”.....	31
3.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
3.4.	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	33
3.4.1.	Almacigo de abonos verdes.....	33
3.4.2.	Siembra de abonos verdes.....	33
3.4.3.	Aplicación de materia orgánica líquida.....	33
3.5.	EVALUACIONES REALIZADAS.....	35
3.5.1.	Evaluación de infiltración.....	35
3.5.2.	Análisis de fertilidad del suelo.....	35
3.5.3.	Análisis microbiológico del suelo.....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	EFFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	37
4.1.1.	Infiltración del suelo.....	37
4.2.	EFFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	39
4.2.1.	Conductividad eléctrica del suelo.....	39
4.2.2.	Acidez del suelo.....	43
4.2.3.	Fósforo asimilable del suelo.....	46
4.2.4.	Materia orgánica del suelo.....	50
4.3.	EFFECTO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	53
4.3.1.	Respiración microbiana del suelo.....	53
4.3.2.	Organismos mesófilos totales del suelo.....	56
4.3.3.	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.....	59
V.	CONCLUSIÓN.....	62

VI.	RECOMENDACIONES.....	62
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
VIII.	ANEXOS.....	75

INDICE DE TABLAS

	Pág
TABLA 1: Productos excretados por plantas crecidas bajo condiciones asépticas.....	5
TABLA 2: Efecto de diferentes especies de abonos verdes incorporados sobre las características del suelo a los 60 días después de la incorporación.....	6
TABLA 3: Contenido de fósforo del suelo a diferentes profundidades.....	6
TABLA 4: Influencia del tipo de suelo y su pH en la población de grupos microbianos (UFC/g de suelo seco).....	9
TABLA 5: Número relativo y biomasa microbial de especies a profundidades de 0-15 cm.....	10
TABLA 6: Índices generales para clases de respiración del suelo y estado del suelo, en condiciones óptimas de temperatura y humedad, primordialmente para uso agrícola.....	12
TABLA 7: Valores referenciales de la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo (mm/h).....	18
TABLA 8: Análisis de suelo del área experimental.....	26
TABLA 9: Análisis de agua de pozo del fundo Santa Rosita, Huarmey.....	27
TABLA 10: Tratamientos evaluados.....	28
TABLA 11: Croquis de distribución de tratamientos.....	28
TABLA 12: Composición de la materia orgánica líquida Kallpapacha.....	30
TABLA 13: Análisis de variancia (ANOVA).....	32
TABLA 14: Cantidad de abono verde incorporado en los tratamientos.....	34
TABLA 15: Conducción del experimento.....	34
TABLA 16: Evolución de la conductividad eléctrica en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	41
TABLA 17: Evolución de la acidez del suelo en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	44

TABLA 18:	Evolución del fósforo asimilable del suelo en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	48
TABLA 19:	Evolución de la materia orgánica de suelo en tratamientos con tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	51
TABLA 20:	Evolución de la respiración en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	54
TABLA 21:	Evolución de organismos mesófilos en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	57
TABLA 22:	Evolución de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica.....	60

INDICE DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1: Mapa del Valle de Huarney.....	25
FIGURA 2: Proceso de elaboración del biofertilizante líquido KALLPAPACHA... 29	29
FIGURA 3: Manejo de abonos verdes en campo.....	33
FIGURA 4: Instalación de cilindros infiltrometros.....	35
FIGURA 5: Velocidad de infiltración en los tratamientos en el lote Ancash (C.E.: 2.0 mmhos).....	38
FIGURA 6: Velocidad de infiltración en los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.: 10.0 mmhos).....	39
FIGURA 7: Evolución del fósforo asimilable en el suelo.....	47

INDICE DE ANEXOS

	Pág
ANEXO 1: Prueba de Levene y prueba de Brown-Forsythe de homogeneidad de variancia de los lotes evaluados.....	75
ANEXO 1.1: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de C.E. en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	75
ANEXO 1.2: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de C.E. en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	75
ANEXO 1.3: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de acidez en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	75
ANEXO 1.4: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de acidez. en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	76
ANEXO 1.5: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de fósforo asimilable en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	76
ANEXO 1.6: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de fósforo asimilable en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	76
ANEXO 1.7: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de % de materia orgánica en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	76
ANEXO 1.8: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de % de materia orgánica en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	77

ANEXO 1.9: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	77
ANEXO 1.10: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	77
ANEXO 1.11: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC/g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	77
ANEXO 1.12: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC/g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	78
ANEXO 1.13: Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos/g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	78
ANEXO 1.14: Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).....	78
ANEXO 2: Análisis de variancia de las propiedades químicas del suelo.....	79
ANEXO 2.1: ANOVA de las evaluaciones de C.E. de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	79
ANEXO 2.2: ANOVA de las evaluaciones de C.E. de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	79
ANEXO 2.3: ANOVA de las evaluaciones de pH de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	79
ANEXO 2.4: ANOVA de las evaluaciones de pH de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	80

ANEXO 2.5: ANOVA de las evaluaciones de fósforo asimilable de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	80
ANEXO 2.6: ANOVA de las evaluaciones de fósforo asimilable de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	80
ANEXO 2.7: ANOVA de las evaluaciones de % de materia orgánica de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	81
ANEXO 2.8: ANOVA de las evaluaciones de % de materia orgánica de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	81
ANEXO 3: Análisis de variancia de las propiedades biológicas del suelo.....	81
ANEXO 3.1: ANOVA de las evaluaciones de respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹) de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	81
ANEXO 3.2: ANOVA de las evaluaciones de respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹) de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	82
ANEXO 3.3: ANOVA de las evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	82
ANEXO 3.4: ANOVA de las evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	82
ANEXO 3.5: ANOVA de las evaluaciones de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) de los tratamientos en el lote Ancash (2.00 mmhos).....	83
ANEXO 3.6: ANOVA de las evaluaciones de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) de los tratamientos en el lote Bolognesi (10.00 mmhos).....	83
ANEXO 4: Análisis de variancia combinado de las propiedades químicas del suelo.....	84
ANEXO 4.1: Análisis de variancia combinado para C.E.....	84
ANEXO 4.2: Análisis de variancia para acidez.....	84
ANEXO 4.3: Análisis de variancia combinado para fósforo asimilable.....	84

ANEXO 4.4: Análisis de variancia combinado para % de materia orgánica.....	85
ANEXO 5: Análisis de variancia combinado de las propiedades biológicas del suelo.....	85
ANEXO 5.1: Análisis de variancia combinado para respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹).....	85
ANEXO 5.2: Análisis de variancia combinado para organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco).....	86
ANEXO 5.3: Análisis de variancia combinado para bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco).....	86
ANEXO 6: Valores de análisis de conductividad eléctrica del suelo.....	86
ANEXO 6.1: Valores de la C.E. del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	86
ANEXO 6.2: Valores de la C.E. de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	87
ANEXO 6.3: Valores de la C.E. de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	87
ANEXO 7: Valores de acidez del suelo.....	88
ANEXO 7.1: Valores de pH del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	88
ANEXO 7.2: Valores de pH de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	89
ANEXO 7.3: Valores de la pH de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	89
ANEXO 8: Valores porcentaje de materia orgánica del suelo.....	90
ANEXO 8.1: Valores del % de materia orgánica del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	90

ANEXO 8.2: Valores de % de materia orgánica de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	90
ANEXO 8.3: Valores de % de materia orgánica de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	91
ANEXO 9: Valores de respiración microbiana.....	92
ANEXO 9.1: Valores de respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	92
ANEXO 9.2: Valores de respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	92
ANEXO 9.3: Valores de respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	93
ANEXO 10: Valores de organismos mesófilos totales.....	94
ANEXO 10.1: Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo ⁻¹) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	94
ANEXO 10.2: Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	94
ANEXO 10.3: Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	94
ANEXO 11: Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre.....	95
ANEXO 11.1: Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre Organismos. g de suelo ⁻¹) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.....	95
ANEXO 11.2: Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).....	95

ANEXO 11.3: Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo ⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).....	95
ANEXO 12: Análisis de suelo.....	96
ANEXO 13: Análisis de agua.....	96

RESUMEN

La investigación se realizó en el Fundo Santa Rosita, Huarmey, Ancash. Los objetivos fueron: Determinar el efecto de la incorporación de una enmienda líquida comercial y abonos verdes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo donde se ha producido espárrago bajo dos condiciones de conductividad eléctrica del agua de riego. Los tratamientos fueron: T1 (brócoli), T2 (coliflor), T3 (brócoli + coliflor), T4 (Kallpapacha, abono líquido de la empresa AgroScience), T5 (brócoli + Kallpapacha), T6 (coliflor + Kallpapacha), T7 (brócoli + coliflor + Kallpapacha) y T8 (testigo sin aplicación). Estos tratamientos fueron aplicados bajo dos condiciones de salinidad de agua: 2.0 mmhos y 10.00 mmhos. Como resultado, la conductividad eléctrica se redujo al incorporar abonos verdes; llegando a disminuir en el T6 para ambas condiciones de conductividad eléctrica del agua de riego, aunque en el lote con 2.00 mmhos de agua de riego, los tratamientos T1, T5, T6 y T7 estadísticamente mostraron los menores valores con 3.27, 2.86, 3.64 y 3.20 dS/m respectivamente; el fósforo asimilable en el tratamiento T2 fue de 32.9% más que el T8 bajo condiciones de 2.00 mmhos; el contenido de materia orgánica bajo condiciones de 2.00 mmhos, el T1, T2, T3 y T4 presentaron incrementos de 68.7%, 50.3%, 41.2% y 19.2% respectivamente; respecto a la propiedad biológica la respiración de microorganismos ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) bajo las condiciones de 2.00 mmhos fueron altas en los tratamientos: T2, T4, T5, T1 y T3 con 0.032, 0.028, 0.028, 0.027 y 0.026 respectivamente; la respuesta de los organismos mesófilos totales (UFC. $\text{g de suelo seco}^{-1}$) tuvo un incremento gracias a la incorporación de materia orgánica y abono verde, siendo bajo las condiciones de 2.00 mmhos el T6 con mayor incremento de 186% respecto a la población inicial; con ello se demostró para las condiciones del ensayo que la rotación del cultivo es una práctica beneficiosa a diferencia del descanso del terreno.

Palabras clave: microorganismos, propiedades químicas y biológicas, abonos verdes

ABSTRACT

The present research was carried out in Santa Rosita Farm, Huarney, Ancash. The aims of this study were to determine the effect of commercial liquid biofertilizer and green manures on soil physical, chemical and biological properties after an asparagus crop, under two electrical conductivity of water irrigation. Treatments were: T1 (broccoli), T2 (cauliflower), T3 (broccoli + cauliflower), T4 (Kallpapacha, commercial liquid biofertilizer produced by AgroScience), T5 (broccoli + Kallpapacha), T6 (cauliflower + Kallpapacha), T7 (broccoli + cauliflower + Kallpapacha) and T8 (control: without application). These treatments were applied by two types of electrical conductivity of water irrigation: 2.0 mmhos and 10.00 mmhos. As a result, treatments with green manures reduced electrical conductivity of soil, reaching down to lowest values in T6 under both types of electrical conductivity if water irrigation, although in 2.00 mmhos of electrical conductivity of water irrigation treatments: T1, T5, T6 and T7 statistically showed the lowest values with 3.27, 2.86, 3.64 and 3.20 dS/m respectively; phosphorus availability (ppm) in T2 was 32.9% more than T8 under 2.00 mmhos; organic matter content under 2 mmhos of water irrigation increased in T1, T2, T3 and T4 with 68.7%, 50.3%, 41.1% and 19.2% respectively; about biological properties, microbial respiration ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g of soil}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$) under 2.00 mmhos were high in T2, T4, T5, T1 and T3 with 0.032, 0.028, 0.028, 0.027 and 0.026 respectively; mesophilic organisms (UFC. g^{-1} of dry soil) showed a positive effect in their population due to application of commercial liquid biofertilizer and green manures under 2.00 mmhos of water irrigation, this treatment T6 increased in 186% respect to initial value; and these results suggests that rotation as a practice is beneficial instead of not working the land.

Keywords: microorganisms, chemical and biological properties, green manures

I. INTRODUCCIÓN

El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en el Perú fue introducido en el año 1951, siendo la Libertad el primer departamento donde inicio su producción (Delgado de la Flor et al., 1987 citados por Apaza 2019). Ya en 1986, fue introducido a Ica y posteriormente a los valles de la costa central como Chincha, Cañete y otros (Delgado 2016 citado por Apaza 2019).

Aunque la vida útil del espárrago no tenga un plazo determinado, algunos consideran 10 a 20 años, ésta dependerá básicamente de la rentabilidad de la plantación (Apaza 2019). Dichas áreas dedicadas al cultivo del espárrago una vez terminadas son destinadas a otros cultivos, esto debido a los reportes de agricultores quienes obtuvieron rendimientos menores en campos con historial de espárrago. De los motivos que causan el bajo rendimiento, indican que es debido a la disminución de las características biológicas, esto causado por monocultivo prolongado, siendo en muchos casos más de 10 años; asimismo, indican la presencia de compuestos alelopáticos que afectarían una nueva plantación de espárragos.

Blok (1997) menciona que el replante de espárrago duro solo la mitad del tiempo de vida comercial, esto debido a la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, la cual fue identificada como agente principal del declinamiento; sumado a esto, Solomon et al. (2003) mencionado por Sommerville (2004), indican que la presencia de *Fusarium* patogénico posiblemente se presente en suelos con altos niveles de fósforo en la fertilización, esto debido a los siguientes motivos: Altos niveles de fósforo de la fertilización causan desbalance de la planta haciéndola menos capaz de defenderse de la infección de *Fusarium*, también esos niveles pueden incrementar la supervivencia y proliferación de *Fusarium* patogénico, finalmente esos niveles de fósforo causa cambios en la población microbiana asociado con las raíces del suelo haciéndola más susceptible a *Fusarium*. Entre las alternativas reportadas para habilitar las esparragueras nuevamente para un replante de espárrago, se menciona: dejar sin cultivo el terreno por varios años (2 a 5 años), rotar por lo menos tres años con otros cultivos, o incorporar enmiendas

orgánicas (estiércoles, abonos verdes, etc.) para mejorar las características físicas, químicas y biológicas.

Por lo tanto, es de suma importancia evaluar la evolución de los parámetros físicos, químicos y biológicos de estas alternativas.

El objetivo de la presente investigación fue:

- Determinar el efecto de la incorporación de materia orgánica y abonos verdes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos donde han producido espárragos bajo dos condiciones de salinidad de agua de riego.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. RIZOSFERA

Lee y Pankhurst (1992), sostienen que en la rizósfera alberga una alta población de bacterias, así como la mayor parte de los protozoarios y de los nematodos de la vida libre del suelo. Las raíces viven asociadas con los microorganismos en condiciones normales de crecimiento y dicha asociación es conocida como rizocenosis y se lleva a cabo en la rizósfera. Hinsinger et al. (2009) indican que la rizosfera comprende una pequeña fina capa en milímetros que rodea las raíces.

Esta rizófera es diferente para cada cultivo, ya que existen exudados radiculares que dependiendo de las características propias de las plantas son modificadas, condicionándolas a causar un ambiente de inhibición o estimulación del crecimiento de la siguiente especie (Marschner 1995). En la mayoría de los casos es mencionado como cansancio o fatiga del suelo cuando se presenta inhibición, que está estrechamente relacionado a la producción y acumulación de ciertos compuestos que modifican la rizósfera, por tanto, desequilibrando la población microbiana que es fundamental para un adecuado desarrollo radicular de la especie. Li et al. (2013) determinaron en maní que las cantidades de exudados radiculares en monocultivos afectaron el desarrollo de patógenos del suelo, siendo esos mismos compuestos que dificultan su replante.

La presencia de dichos compuestos que alteran las características de la rizófera también regula la presencia de microorganismos, las cuales pueden ser favorecidas con prácticas de manejo del cultivo, siendo en muchos casos la rotación de cultivos una de las prácticas de manejo que favorece la presencia de microorganismos asociados con la descomposición de compuestos (White y Barbercheck 2017). Por tanto, la población microbiana en la capa arable es un componente con múltiples funciones en la importancia de la fertilidad del suelo, tal como catálisis en la transformación de nutrientes, disponibilidad de nutrientes, la estabilización de la estructura del suelo y el control de patógenos (Anderson y Domsch 1989; Oades 1993; Smith 1994; Kennedy y Papendick

1995). Badri et al. (2013b) observaron que en suelos provenientes de diferentes cultivos (maíz, papa, pino y arabidopsis) las cuales fueron inoculadas con microorganismos mostraron diferencia en el desarrollo, por un lado los suelos provenientes de los cultivo de maíz y papa las cuales fueron inoculadas, mostraron mayor desarrollo foliar sin variación en el desarrollo radicular; sin embargo, las inoculaciones en suelos provenientes de pino y monocultivo de arabidopsis, mostraron mayor desarrollo radicular sin ninguna diferencia del desarrollo foliar comparado al testigo. Esto debido según Dick (1992), que en suelos manejados o de rotación (con adición de enmiendas y/o fertilización) el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática tienden a incrementar comparado con suelos sin rotación.

Con respecto a los materiales que se liberan de las raíces a la rizósfera, rizodeposición mencionado por varios autores es lo que menciona Bowen (1993), al referirse al total de compuestos que libera la raíz y que lo agrupa como sigue:

- a. Exudados, McCully y Canny (1985) mencionan que son materiales que salen pasivamente de las células jóvenes e intactas de la raíz, tiene bajo peso molecular, son una fuente inmediata de energía para los microorganismos e incluyen azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos y otros compuestos metabólicos secundarios. Las proporciones en que se presenten dependen de la composición del citoplasma. Marschner (1995) afirma que del total de carbono fijado fotosintéticamente del 5% al 21% ha sido secretado como exudado radicular.
- b. Secreciones, compuestos de alto peso molecular que son expulsados activamente por las células jóvenes e intactas de la raíz. Generalmente son polisacáridos, pueden mezclarse con polisacáridos de origen bacterial y recubrir la raíz con un mucilago que se conoce como mucigel. Esta clasificación también es considerada como una segunda clase de exudados radiculares: de alto peso molecular como polisacáridos y proteínas (Walker et al. 2003).
- c. Lisatos, son un conjunto de compuestos orgánicos que son liberados al suelo por la lisis (destrucción) de los componentes de algunas células envejecidas de la raíz y/o de las células muertas y desprendidas de ella. La magnitud de su aporte crece a medida que aumenta la edad y/o madurez de las células radiculares (Lynch y Whipps 1990).

Mitra et al. (2005) evaluaron la producción de metano asociado a los exudados radiculares, en la cual concluyó que en cultivos donde se produce la rotación e incorporación de restos del cultivo (condiciones aeróbicas) obtuvo mayor descomposición por presencia de microorganismos que descomponían los restos, esto se acentuaba con la adición de glucosa, que era utilizado como fuente de nutriente. En la siguiente Tabla 1, Calderón (1996) menciona los productos excretados por plantas crecidas bajo condiciones asépticas.

Tabla 1. Productos excretados por plantas crecidas bajo condiciones asépticas

Producto	Específicos
Aminoácidos	Esencialmente todos los aminoácidos que existen naturalmente
Aminoácidos orgánicos	Acético, butírico, cítrico, fumárico, glicólico, láctico, málico, oxálico, propiónico, succínico, tartárico
Carbohidratos	Arabinosa, desoxirribosa, fructuosa, galactosa, glucosa, maltosa, manosa, oligosacáridos, rrafinosa, ramnosa, ribosa, sacarosa, xilosa.
Derivados de ácido nucleico	Adenina, citidina, guanina, uridina.
Factores de crecimiento	p-Aminobenzoato, biotina, colina, inositol, ácido nicotínico, pantotenato, piridoxina, tiamina.
Enzimas	Amilasa, invertasa, fosfatasqa, proteasa.
Otros compuestos	Auxinas, glutamina, glicósidos, HCN, p-hidroxibenzoato, péptidos, saponina, escopoletina.

FUENTE: Calderón (1996)

2.2. ABONOS VERDES

Tiene un efecto sobre las propiedades químicas, incrementando el fosforo asimilable y los cationes cambiabiles como el potasio y el magnesio (García et al. 2000), tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Efecto de diferentes especies de abonos verdes incorporados sobre las características del suelo a los 60 días después de la incorporación.

Campaña 1994-1995

Tratamientos	Cationes cambiabiles (mol/100)			P (ppm)	pH (H ₂ O)
	K	Ca	Mg		
Barbecho	0.59 c	5.92 b	0.90 d	288 d	7.12
<i>Crotalaria juncea</i>	0.61 bc	6.22 ab	1.90 ab	458 b	7.05
<i>Mucuna aterrimum</i>	0.71 ab	7.07 ab	2.27 a	506 a	6.72
<i>Canavalia ensiformis</i>	0.74 a	7.22 ab	1.82 bc	484 ab	7.00
N 160 kg.ha ⁻¹	0.61 bc	6.67 ab	1.45 c	395 c	7.02
ES x	0.034 **	0.28 **	0.14 ***	10.9 ***	10.44 NS

FUENTE: García et al. (2000)

Cherr et al. (2006) mencionan que la incorporación de abonos verdes de la familia *Brassicaceae* pueden mejorar las propiedades físicas, químicas o biológicas; con ello se logra incrementar el rendimiento y calidad.

White y Weil (2011) encontraron que bajo las condiciones de Beltsville Agricultural Research Center South Farm (BARC-SF) el contenido de fósforo en el suelo disminuye desde la superficie a zonas más profundas, de acuerdo a la evaluación del reactivo Mehlich 3, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de fósforo del suelo a diferentes profundidades

Profundidad cm	BARC-SF 2008		
	0 - 1 cm	1 - 2 cm	2 - 3 cm
	mg P kg ⁻¹		
0 - 1	142	142	137
1 - 2	140	125	123
2 - 3	133	114	108
3 - 4	121	104	98
4 - 5	115	98	95

FUENTE: White y Weil (2011)

2.3. ALELOQUÍMICOS

El término de alelopatía fue definido por primera vez en 1937 por Molisch, quien se refirió a la interacción estimuladora o inhibitoria entre todo tipo de plantas incluyendo microorganismos. Más adelante Rice (1984), separa esa interacción por fuentes de competencia y define como efectos directos o indirectos benéficos o dañinos de una planta a otra a través de la producción y liberación de compuestos químicos. Según Anaya (1999) citado por Batish et al. (2006) indica que el término alelopatía es un componente integral de ecología química.

Ribas y Thomas (1997) señalaron que las plantas liberan compuestos que pueden tener efectos positivos o negativos en otras plantas. Asimismo, su estudio viene de décadas pasadas con relación a la identificación de dichos compuestos, ya que interactúan en el suelo como herbicidas y por lo mismo están sujetos a procesos de remoción o traslado como la volatilización y la adsorción, la cual está ligada a poblaciones microbianas que aceleran su descomposición. Estos compuestos son clasificados como metabolitos secundarios (como alcaloides, isoprenoides, fenólicos, flavonoides, terpenoides y gluconolatos, etc) (Nazir et al. 2007).

Dentro de las pruebas de alelopatía, Adair (1998) resume que una de las pruebas es la inhibición del ciclo del nitrógeno, específicamente en la inhibición de la nitrificación por monoterpenos, ya que se ha encontrado que como agente alelopático inhibe la germinación y crecimiento en muchas plantas. Pero lo que aún queda por saber es si la cantidad de monoterpenos que produce la planta puede ser absorbida por los microorganismos, para su permanencia o su eliminación del suelo.

Asimismo, Badri et al. (2013a) identificaron compuestos presentes en exudados radiculares de *Arabidopsis* que puede modular los microorganismos en el suelo en ausencia del cultivo.

De acuerdo con Kobus et al. (2019), el cultivo de espárrago presenta compuestos fenólicos, principalmente ácidos fenólicos y flavonoides, las cuales varían de acuerdo al cultivar; siendo las variedades de espárrago verde y púrpura los de mayor contenido. Halvorson et al. (2009) indicaron que los microorganismos del suelo transforman dichos

compuestos fenólicos en compuestos que ayudan a la mineralización del N y formación de humus. Pero dicha descomposición puede ser inhibida por varios factores siendo una de ellas la supresión de microorganismo por bajo pH y por la disminución de la mineralización del N e incremento de la limitación de N para los microorganismos (Kyungjin et al. 2015).

2.4. POBLACIÓN MICROBIANA

De los grupos importantes del suelo está la microflora, dentro de la cual se puede mencionar:

Nematodos, extensamente distribuidos en suelos forestales, interactúa con microorganismos para afectar la actividad metabólica del carbono (Neher 2010).

Protozoos, son los más abundantes de la fauna edáfica, unicelulares, estas se alimentan de bacterias, otros protozoos, materia orgánica soluble y algunas veces de hongos (Ingham 2009; USDA 1999).

Actinomicetos, aeróbicos heterotróficos, las cuales destruyen la materia orgánica del suelo, tienen relaciones parasitismo/simbióticas con algunas plantas, estas producen antibióticos (estreptomicina), fijan N_2 a amonio (dentro de las plantas) y son altamente resistentes a ambientes desfavorables (Ghorbani-Nasrabadi et al. 2013).

Bacterias, siendo de 1 billón a 1 trillón/gramo de suelo con más de 20000 especies; las cuales pueden ser aeróbicas, anaeróbicas y facultativas; autotróficas y heterotróficas, su crecimiento es favorecido con altos contenidos de Ca^{2+} y alto pH y con temperaturas 20-40 °C (Hoorman 2016).

Hongos, 100 a miles de especies, son heterótrofos, se alimenta de energía y carbono de cuerpos vivos (nematodos) o materiales muertos. Los hongos pueden ser clasificados en tres grupos funcionales: 1, controladores biológicos. 2, reguladores de ecosistemas y 3, especies que participan en la descomposición de la materia orgánica, Fraç et al. (2018). En algunas plantas se presenta la relación simbiótica como es la micorriza. Es el principal factor en la disminución de la acidez del ambiente, las hifas mejoran la estructura del

suelo, y descompone la celulosa, aunque puede competir con las plantas por nitrógeno, así como producen químicos que son tóxicos (Smith y Read 2008).

De acuerdo con Ferrera y Alarcón (2007) los microorganismos pueden encontrarse en cualquier sitio, incluso bajo condiciones adversas, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Influencia del tipo de suelo y su pH en la población de grupos microbianos (UFC/ g de suelo seco)

Suelo	pH	Bacterias totales	Actinomicetos	Hongos filamentosos
		UFC x 10 ⁴	UFC x 10 ⁴	UFC x10 ³
Agrícola	6.6	50	148	3
Salino	8.2	20	2	1
Forestal	6.0	500	0	29

FUENTE: Cuadro tomado de Ferrera y Alarcón (2007)

De los metabolitos excretados y la biomasa fúngica desechada, Calderón (1996), menciona los siguientes efectos:

- a. Incrementa y recrea los coloides húmicos.
- b. Promueve la formación de estructuras más estables en el suelo.
- c. Inmunización del suelo, ya que mejora la fertilidad natural del suelo.
- d. Promueve la mineralización de nutrientes para las plantas.
- e. Sucesión microbiana en el suelo, ya que la incorporación de rastrojos de cebada promueve hongos que parasitan a otros hongos, bacterias, etc. Se dinamiza el parasitismo y saprofitismo e incrementa la quitina fúngica.

Guerrero (2001) menciona además que la importancia de la microflora está en:

- a. Fuente de energía: fotoquímica.
- b. Fuente de carbono: heterótrofos y autótrofos (CO₂)
- c. Descomponedores.

Fraç et al. (2018) señalan los siguientes factores afectan el crecimiento de la población de hongos: materia orgánica, concentraciones de iones hidrógeno, los fertilizantes, la humedad, la aireación, la temperatura y la cubierta vegetal. Al respecto Hoorman et al.

(2009), muestran los siguientes números relativos de biomasa microbial por especie a una profundidad determinada detallada en la Tabla 5.

Tabla 5. Número relativo y biomasa microbial de especies a profundidades de 0 - 15 cm

Microorganismos	Numero / g de suelo	Biomasa (gramo/m²)
Bacteria	$10^8 - 10^9$	40 – 500
Actinomycetos	$10^7 - 10^8$	40 – 500
Hongo	$10^5 - 10^6$	100 – 1500
Alga	$10^4 - 10^5$	1 – 50
Protozoos	$10^3 - 10^4$	varía
Nematodos	$10^2 - 10^3$	varía

FUENTE: Hoorman et al. (2009)

2.5. ACTIVIDAD MICROBIANA

2.5.1. RESPIRACIÓN DEL SUELO

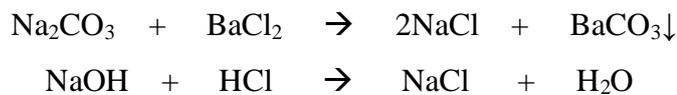
Parkin et al. (1996) citados por Bobadilla et al. (2006), sostienen que la respiración del suelo es un parámetro considerado como un índice fiable de la actividad microbiana, de la naturaleza y de la descomposición de la materia orgánica, sirviendo como un indicador del estrés producido en los microorganismos del suelo cuando este se ve sometido a algún tipo de perturbación.

Un índice elevado de respiración del suelo es indicativo de una elevada actividad biológica y puede ser buen signo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas. Asimismo, inmediatamente a continuación de una operación de labranza, la evolución del CO₂ puede acelerarse dramáticamente debido a la exposición de la materia orgánica a organismos y oxígeno (USDA 1999). Krebs (2003) respecto al principio químico de medición del CO₂ propone lo siguiente:

El CO₂ liberado durante la respiración aeróbica en suelos puede ser absorbido en solución alcalina y medida como un índice de la tasa de respiración, mediante la siguiente reacción:



La cantidad de CO₂ adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido. Para determinar esto, se precipita el carbonato (CO₃²⁻) con BaCl₂ y se titula el remanente de NaOH con HCl estándar. Las reacciones son:



La cantidad de NaOH inicialmente presente menos la cantidad al final del periodo de incubación se utiliza para computar la cantidad de CO₂ emitido por el suelo, que entra en la solución con el NaOH.

La tasa de respiración es altamente correlacionada con la biomasa total del suelo y no a una especie o grupo de especies en particular. Un índice elevado de respiración del suelo es indicativo de una elevada actividad biológica y puede ser un buen signo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.

La interpretación de la respiración ha utilizado el desprendimiento del CO₂ como índice de la actividad microbológica en suelos quemados; se ha correlacionado con características físicas del suelo, y con las técnicas agrícolas realizadas sobre los mismos como se observa en la Tabla 6 (USDA 1999).

Tabla 6. Índices generales para clases de respiración del suelo, y estado del suelo, en condiciones óptimas de temperatura y humedad, primordialmente para uso agrícola

Respiración del suelo kg C (en CO₂). ha⁻¹. d⁻¹	Clase	Estado del Suelo
0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril.
< 10.64	Actividad del suelo muy baja.	El suelo ha perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica.
10.64 – 17.92	Actividad del suelo moderadamente baja.	El suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja.
17.92 – 35.84	Actividad del suelo mediana.	El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica.
35.84 – 71.68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas poblaciones de microorganismos.
> 71.68	Actividad del suelo inusualmente alta.	El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tiene El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tiene elevados niveles de materia orgánica disponible, posiblemente a través del agregado de grandes cantidades de materia orgánica fresca o abonos.

FUENTE: Doran et al. (1997)

Linn and Doran (1984), reportaron una estrecha relación entre la respiración microbiana y el contenido de humedad del suelo, el cual presenta un pico de actividad cuando el 60% de los poros están ocupados por agua. Ding et al. (2007) encontraron diferencias en la respiración por causa de temperatura, a diferencia del contenido de humedad que no fueron significativas.

2.5.2. LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS SALINOS

Evaluaciones de relación de propiedades del suelo con salinidad del suelo demostraron que las propiedades microbiológicas (respiración) no están correlacionadas a la salinidad (Jung et al. 2005). Aunque en correlaciones llevadas a cabo por Grigera et al. (2006), encontraron una alta correlación de la salinidad con el desarrollo de hongos, teniéndose baja correlación para el caso de actinomicetos; para ambos casos la presencia de materia orgánica estuvo asociada directamente con la población, debida principalmente al carbono disponible para el desarrollo de estos microorganismos.

2.5.3. RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

El término de rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR) fue definido por primera vez por Kloepper y Schroth en 1978, este término describe a aquellas bacterias de vida libre o simbiótica habitantes del suelo que colonizan la rizósfera de las plantas y pueden promover el crecimiento de las mismas por diferentes mecanismos. Entre los requisitos que poseen las bacterias para ser consideradas PGPR están la habilidad de colonizar y sobrevivir en la rizósfera y en las raíces; también es muy importante que las bacterias no sean patógenas para las plantas ni para el hombre. Estas bacterias benefician a las plantas en diferentes aspectos como el incremento de la germinación, colonización de raíces, estimulación del crecimiento de las plantas, control biológico, inducción de la resistencia a patógenos, producción de fitohormonas y mejoramiento en la asimilación de agua y nutrientes (Barka et al. 2000).

2.5.4. BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE VIDA LIBRE

La fijación biológica de nitrógeno es el proceso a través del cual microorganismo como: algas, bacteria y actinomicetos reducen el nitrógeno hasta una forma utilizable (Mayz-Figueroa 2004). Son organismos unicelulares que habitan los suelos, siendo las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre quienes consumen los azúcares que son exudados de las raíces y que además son fuente de energía como combustible para la conversión de nitrógeno gaseoso no disponible en nitrógeno disponible para la planta, como: *Azotobater* y *Pseudomonas* spp. como lo indica Webb.

El proceso de fijación de nitrógeno cercanos a la raíz por estos microorganismos es de gran importancia, ya que queda disponible para la planta y a su vez esta última provee de exudados que pueden ser fuentes de carbono para el microorganismo (Villadas et al. mencionado por Ibarra 2010).

De acuerdo con Allan y Grahan (2002) citado por Mayz-Figueroa (2004), las bacterias de vida libre pueden ser: anaeróbicas *obligadas o facultativas como Clostridium pasteurianum, Klebsiella spp., Desulfovibrio sp.*; aeróbicas obligadas como *Azotobacter spp. y Beijerinckia sp.* y fotosintéticas como bacterias púrpuras sulfurosas y no sulfurosa y bacterias verdes sulfurosas.

Clavijo et al. (2012) aislaron bacterias de la rizosfera del cultivo el olivo y encontraron la presencia de bacterias diazotróficas fijadoras de nitrógeno tienen una correlación con la materia orgánica, fósforo, pH del suelo, profundidad de la raíz y el tipo de riego.

2.6. BIOFUMIGACIÓN

El término de biofumigación originalmente fue acuñada por Kirlegaard, quien describe el proceso de desarrollo e incorporación al suelo de especies relacionadas al género Brassica. Especies de la familia de las brassicaceae, producen glucosinolatos, la degradación de los mismos reprime una amplia variedad de patógenos del suelo, esto debido a la producción de compuestos volátiles secundarios como: Isotiocianatos, Oxazolidin-2-tionas, Nitrilos y Tiocianatos (Srivastava y Ghatak 2017). Bangarwa et al. (2011) determinaron en laboratorio alta concentración de isotiocianatos a las 3 horas de la incorporación de especies de Brassica.

Mazzola et al. (2001) reportaron que la incorporación de especies de brassicas incrementan las poblaciones de bacteria y actinomicetos en el suelo. Asimismo, Cohen y Mazzola (2006) encontraron aumento de *Pseudomonas fluorescens*, las cuales disminuyen a la semana de la incorporación de *Brassica napus*, mientras que *Streptomyces spp.* incrementa hasta niveles de 20 veces más que el suelo no tratado.

Mitidieri et al. (2008) realizaron evaluaciones biofísicas y biológicas en la desinfección con técnicas no contaminantes, como el uso de especies de la familia brassicaceae; en la

cual encontró, menor incidencia de enfermedades relacionadas al suelo las cuales causan un detrimento en el rendimiento debido a la condición de desequilibrio del suelo.

Harvey y Sams (2000) encontraron una disminución del 40.3% del crecimiento de micelios *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones de laboratorio por efecto del Allyl Isothiocyanato producto químico volátil de tejidos de especies de mostaza (*Brassica juncea*). Asimismo, Mazzola et al. (2009) demostraron que la utilización de *Brassica juncea* reprime enfermedades asociadas al replante. Lord et al. (2011) encontraron que los mayores contenidos de 2-propenil glucosinolato son los que están relacionados con la alta mortalidad de huevos de *Globodera pallida*.

2.7. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

De acuerdo con Muñoz et al. (2012), señalan que las propiedades físicas del suelo se definen con una serie de características relacionadas con la proporción de la fase agua en el suelo y las características derivadas.

2.7.1. GRANULOMETRÍA

La composición de las partículas del suelo es una de las propiedades físicas del suelo que afecta la fertilidad del suelo, y la distribución del tamaño de partículas puede ser usada para evaluar la composición de los suelos (Qi et al. 2018). Mentges et al. (2016) mencionan que la granulometría, humedad y estructura (compactación del suelo) afectan la capacidad de aireación.

2.7.2. TEXTURA

Propiedad física que se deriva del tamaño de sus partículas las cuales se presentan en diferentes porcentajes determinando un tipo de textura, dicha composición mecánica del suelo se determina en laboratorio mediante el análisis de granulométrico, el cual está basado en los principios de sedimentación de las partículas. La determinación de dicha distribución comprende dos fases:

- a) Separación o dispersión completa de partículas.
- b) Medición de los diversos grupos de tamaños de partículas.

Para la determinación de la textura se utiliza dos métodos:

De la pipeta, Método que se basa en tomar con una pipeta una muestra de la suspensión suelo-agua a la profundidad deseada. En ella se puede determinar la cantidad de sólido en el volumen que se ha tomado como muestra, evaporando el agua, secando el residuo y pesándolo. Según Buol et al. (1973), señalaron que el método de la pipeta tiene una estimación precisa del contenido de arcilla de los horizontes genéticos de un suelo.

Del hidrómetro o de Bouyoucos, método que consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión. La densidad de la suspensión se mide por medio de un hidrómetro especial. Gee y Bauber (1986) indicaron que el método de Bouyoucos tiene bajo error con respecto a la pipeta siempre y cuando el suelo tiene bajo contenido de materia orgánica y no presenta sales solubles y yeso.

Ambos métodos se encuentran registrados por la Ley de Stoker, el cual describe que la velocidad de caída de cada partícula en una suspensión de agua está en proporción directa al cuadrado de su radio, a la gravedad y al a diferencia entre la densidad de la partícula y la del agua destilada.

2.7.3. POROSIDAD

Esta propiedad corresponde al porcentaje de huecos en el volumen total del suelo, la cual se puede medir por el volumen de agua que acepta un cierto volumen de suelo seco, aceptando la densidad 1 g/cm³ para el agua. Esta propiedad influye tanto en la capacidad de drenaje de un suelo como en la posibilidad de aireación del mismo (Muñoz et al. 2012).

$$\text{Porosidad} = \frac{\text{peso (suelo + agua)} - \text{peso (suelo)}}{\text{Volumen suelo}}$$

2.7.4. FLUJO DE AIRE Y AGUA EN EL SUELO

De acuerdo con Muñoz et al. (2012), el agua en el suelo está condicionada por las fuerzas potenciales, cinéticas, eléctricas. Carnero y Carnero (2018) mencionan que la curva de retención de agua del suelo está ligada al contenido de humedad del mismo.

2.8. COMPONENTES DE LA CALIDAD DEL SUELO

Bobadilla et al. (2006) mencionan tres componentes del suelo:

- a. Calidad inherente, resultado de las propiedades innatas del suelo, determinadas por los factores que guían su formación (clima, topografía, biota y material parental).
- b. Calidad dinámica, la que se deriva de los cambios en la salud o condiciones de las propiedades del suelo, influenciadas por el uso agrícola y las políticas de manejo agropecuario.
- c. Calidad biológica, las cuales se determinan por la interacción de los micro y macro organismos presentes en él, los cuales cumplen diferentes funciones, determinando sus propiedades biológicas.

Esta última relacionada con el trato al suelo, ya que dependiendo del manejo puede darse situaciones de degradación física, la cual es acompañada por la biológica y química. Por tanto, para la medida indirecta de una población microbiana favorable, dependerá de las características fisicoquímicas a tomar en cuenta.

2.9. DEGRADACIÓN DEL SUELO

Hurtado (2003) señala que la degradación del suelo significa el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. En general la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva.

Muñoz et al. (2012) indican que contaminante es aquello que es: elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente en ciertos niveles, concentración o

periodo de tiempo puede constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de la vida de la población, a la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental. Dentro de los contaminantes del suelo, se puede fijar la atención por su importancia a la presencia de metales pesados, ciertos productos orgánicos relacionados con la actividad agrícola como los biocidas, a un exceso en el contenido de sales y a un pH ácido.

2.9.1. DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO

De acuerdo con Osman (2014), la degradación física del suelo involucra destrucción de la estructura del suelo, alteración del espacio poroso, compresión e incremento de la densidad, compactación y reducción de la penetración de las raíces, baja infiltración, anegamiento y encharcamiento y aceleración de la erosión. Asimismo, Omuto (2008), señala que la degradación física del suelo es un proceso gradual de diferentes etapas, la cual inicia desde el deterioro de la estructura y termina en la pérdida de partículas finas a través de la erosión.

Infiltración, es el proceso por el cual el agua pasa a través de la superficie del suelo, la cual está condicionada fundamentalmente por la textura y la estructura. Se evalúa por la velocidad de infiltración (Ferré y Warrick 2005). Hurtado (2003) señala que es la capacidad del suelo para absorber el agua aplicada mediante el riego o en forma natural mediante la lluvia; también señala las velocidades varían de acuerdo a la textura del suelo como se menciona en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores referenciales de la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo (mm/h)

Textura del suelo	Velocidad de infiltración (mm/h)
Arenoso	20 – 25
Franco Arenoso	15 – 20
Franco	10 – 15
Franco Arcilloso	8 – 10
Arcilloso	< 8

FUENTE: Hurtado (2003)

La velocidad de infiltración es la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina de agua. La velocidad de infiltración no siempre es la misma ya que varía con respecto al contenido de humedad existente en el suelo, siendo sus valores máximos cuando se encuentra seco y disminuye conforme llega a su saturación, para luego permanecer constante, FAO.

FAO, indica la lámina infiltrada representa la cantidad de agua que ha pasado a través de la superficie del suelo en un tiempo determinado, las cuales dependerán de:

- a. Características físico-químicas del suelo, estos parámetros están relacionados con la capacidad de retención del agua, aire y nutrientes, problemas de salinidad y sodicidad, con los valores de permeabilidad y drenaje. Basados en un análisis de pH, carbonatos, capacidad de intercambio catiónico (CIC), potasio, magnesio, materia orgánica, nitrógeno, textura, densidad aparente en el suelo.
- b. Contenido de materia orgánica y carbonatos. La materia orgánica disminuye la densidad aparente, contribuye a la estabilidad de los agregados y mejora la tasa de infiltración, pues aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen del suelo.
- c. Grado de uniformidad del perfil del suelo, referido a la uniformidad del perfil del suelo a lo largo de su profundidad, ya que para cada textura y tamaño de poros habrá un comportamiento de infiltración diferente, más rápido o más lento.
- d. Pendiente del terreno, determinan obviamente una mayor o menor velocidad del agua al momento de recorrer a lo largo de él, dando mayor o menor tiempo al líquido para poder infiltrarse en el suelo hasta la profundidad deseada.
- e. Acción microbiana en el suelo. Está relacionada con la porosidad del suelo, la cual afectara como ya se ha mencionado la permeabilidad, penetración y almacenamiento del agua en el suelo.
- f. Contenido de agua inicial en el suelo. Cuando el suelo está seco la infiltración tiene su valor máximo, conforme presenta un grado de humedecimiento su capacidad de admitir agua es cada vez menor, alcanzando un valor constante en condiciones de saturación. El agua encontrara mayor dificultad para introducirse en el suelo conforme aumenta la humedad de este.
- g. La formación de costras superficial, esta reduce los valores debido al sellamiento del suelo, afectando la penetración del agua.

- h. Las operaciones de laboreo, esta incrementa la permeabilidad del estrato superior del suelo, pero en algunos suelos pueden dar origen a capas endurecidas con velocidad de infiltración inferior a la que correspondería.
- i. Las sales del agua y del suelo. Altas concentraciones de cloruro y sulfato sódico provocan la dispersión de coloides, lo que afecta a la estructura, dando lugar a un endurecimiento y consistencia característicos que hacen que se reduzca la velocidad de infiltración.
- j. La erosión del suelo que puede dar lugar a afloramiento de horizontes menos permeables.
- k. Los sedimentos del agua de riego. En suelos ligeros tiene un efecto favorable, equilibrando la excesiva velocidad, en suelos pesados puede tener un efecto perjudicial ya que reduce aún más la que le corresponde.

Ghanshyam et al. (2019) mencionan que además el tipo de suelo: textura y estructura están estrechamente relacionados con la permeabilidad, la cantidad de agua que puede almacenar el suelo y la facilidad de abastecimiento de nutrientes y aire en el suelo, características que pueden modificar el valor de la infiltración.

Guerrero (2001) menciona que la velocidad de infiltración del agua en el suelo es importante, ya que es el tiempo con el que nos permite que se infiltre la dosis de riego requerida, facilita el dimensionamiento de las unidades de riego y evita los encharcamientos (condiciones de anoxia) y escorrentía. Ambos problemas se evitan con el conocimiento del gasto de agua por unidad de riego; el cual está íntimamente ligada con la eficiencia y conservación de los suelos. Este caudal debe ser tal que permita en un tiempo mínimo cumplir con el riego y evitar en todo momento la erosión del suelo.

El método de empleo más extendido para la determinación de la velocidad de infiltración y la lámina infiltrada es el denominado del doble cilindro (FAO y Hurtado 2003). Es un método de campo en el que se utilizan dos cilindros de chapa de acero que se introducen en el terreno de la parcela, con la ayuda de un martillo, procurando en lo posible no alterar las condiciones naturales del suelo. Los cilindros se instalan verticales y concéntricos. Con el objeto de simular el proceso del riego, se vierte agua tanto en el cilindro interior como en el espacio que queda entre ambos, procediéndose a continuación a medir las alturas de agua infiltrada en el cilindro interno en determinados intervalos de tiempo. El

agua entre los cilindros es para tratar de anular la infiltración lateral que pueda presentarse en el cilindro interior. Cuando en los cilindros se ha infiltrado una lámina de alrededor de 2.5 a 3.0 cm, se procede a llenar nuevamente, procurando alcanzar el mismo nivel inicial. La duración de la prueba no debe ser menor a 2 horas, salvo suelos de textura muy gruesa; en forma general se indica que la duración de la prueba debe ser hasta que la tasa de infiltración sea sensiblemente constante.

Una vez realizada la labor de campo se determina en gabinete los parámetros de la función de velocidad de infiltración y de lámina infiltrada, por el método analítico mediante la técnica de los mínimos cuadrados.

2.9.2. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

Hurtado (2003) señala que la degradación química del suelo se refiere a la pérdida de nutrientes y de materia orgánica, a los procesos de acidificación, salinización-alcalinización y a los procesos contaminantes por acumulación de basuras, sustancias tóxicas, agroquímicos que son vertidos en suelos y agua, producto de las actividades agrícolas, industriales y mineras.

a. Pérdida de materia orgánica del suelo

Baldock et al. (1992) señalan la importancia de la materia orgánica en las propiedades del suelo como fertilidad, estabilidad de la estructura, capacidad de intercambio catiónico y capacidad en la retención del agua. De acuerdo con Eldor (2016) la materia orgánica del suelo contiene carbohidratos, proteínas, lípidos, fenol-aromáticos, derivados-proteínicos y compuestos nitrogenados cíclicos y algunos compuestos desconocidos.

Jenkinson (1992) citado por Bobabilla (2006), menciona que los cambios en el uso del suelo influyen en el contenido de materia orgánica, alterando el aporte anual que procede de la muerte de las plantas y animales y con ello variando el ritmo con que se destruye esta materia orgánica. Este mismo autor cita a Ruiz et al. (2015), quienes indican que las actividades agrícolas convencionales provocan la disminución del contenido de materia orgánica del suelo y por tanto estos suelos van perdiendo poco a poco su fertilidad.

Baldok et al. (1992) mencionan que la extracción clásica involucra el uso de soluciones alcalinas (por ejemplo: hidróxido de sodio o pirofosfato de sodio) para extraer materiales orgánicos del suelo seguido de acidificación con ácido clorhídrico para separar ácidos húmicos y fúlvicos. Este mismo autor cita a Poppoff y Theander (1976), Forsskahl et al. (1976) y Worobey y Webster (1981), para mencionar que este tipo de extracción ha sido criticado porque solo una porción del 20 – 60% del total de la materia orgánica es extraída.

b. Salinización del suelo

De acuerdo con Hurtado (2003) los suelos salinos pueden encontrarse en zonas áridas desérticas donde la evaporación supera la precipitación, como también puede ocurrir en regiones húmedas con drenaje interno impedido o en suelos desarrollados sobre sedimentos de origen marino. Cuanto mayor es la concentración salina de la solución suelo mayor será su efecto perjudicial sobre los cultivos. Las sales de mayor solubilidad son las más nocivas, a diferencia de las poco solubles, las cuales se precipitan antes de alcanzar los niveles que afecten a las plantas. Entre las sales más importantes, en relación con los suelos salinos, se encuentra el cloruro de sodio (ClNa), el sulfato de sodio (SO_4Na_2) y el sulfato de magnesio (SO_4Mg). En cambio, en suelos alcalinos, predomina el carbonato de sodio (CO_3Na_2).

Muñoz et al. (2012) señalan que las prácticas agrícolas no adecuadas contribuyen a la salinización, siendo el uso de agua de riego procedente de corrientes depuradas las que influyen en el proceso, aunado con el drenaje pobre en la zona de adsorción de las raíces. La conductividad eléctrica es el parámetro de fácil medida que suministra una amplia información sobre el comportamiento del suelo respecto al contenido de sales y en lo que se refiere a la presión osmótica del mismo. Las sales en solución permiten el paso de la corriente eléctrica, y la velocidad de paso es proporcional a la concentración. Se expresa en dS/m, deciSiemens/m, equivalente a mmhos/cm o equivalente a $10k\Omega^{-1}m^{-1}$.

Los mismos autores también señalan que se puede medir por varios procedimientos, puede ser una medida directa en el suelo, puede ser una medida en el suelo tratado hasta humedad incipiente, en extractos acuoso del suelo humedecido y en extractos del suelo con agua en diferentes proporciones en volumen agua/suelo; y siempre las medidas de conductividad deben indicar claramente el método.

c. Acidificación del suelo

El exceso de la acidez es un problema. Al respecto, Hurtado (2003) menciona que la acidificación de los suelos constituye un factor que predispone al estrés, puesto que reduce los nutrientes al variar su ciclo, provoca movilización de los elementos tóxicos como el aluminio al variar el pH del suelo y provoca variaciones en la composición de la estructura de la microflora y microfauna y en su actividad biológica.

Para Hurtado (2003), los actores de la degradación del suelo por acidificación son:

a. Factores naturales

Absorción de cationes básicos.

Lixiviación natural

Formación de humus

b. Factores Antropogénicos

Extracción de la biomasa

Conversión del uso del suelo

Fertilización mineral en suelos agrícolas

La primera medida de la acidez es la medida del pH, la cual se puede realizar por la medida directa sobre una mezcla de suelo-agua destilada realizada por adición de agua y remoción de la mezcla hasta humedad incipiente o se puede realizar mezclando suelo con un volumen fijado de agua destilada, agitando la mezcla y midiendo el pH de la fracción acuosa, esa medida siempre debe indicar la relación peso de suelo/volumen de agua (Muñoz et al. 2012).

2.9.3. DEGRADACIÓN BIOLÓGICA DEL SUELO

Se denomina biorremediación al tratamiento de un suelo para eliminar de él sustancias tóxicas, convertirlas en otros compuestos menos activos o fijarlas en porciones de terreno aislado, utilizando los procesos metabólicos de microorganismos y plantas. Hay dos vertientes en estos tratamientos: la acción sobre compuestos orgánicos, tóxico o no, y que se encuentran puntualmente en cantidades excesivas, como crudo de petróleo y sus fracciones disolventes, compuestos clorados, pesticidas; y la acción sobre compuestos inorgánicos principalmente metales, que pueden estar como tales, como cationes, oxidados en forma aniónica, y como órgano-metálicos. Esta acción se podría dividir en

dos grandes grupos, la acción por microorganismo: bacterias, hongos, algas y la acción por plantas. En la acción por microorganismos se puede actuar estimulando la actividad de los microorganismos que están en el suelo o inoculando poblaciones especialmente útiles (Muñoz et al. 2012). La acción microbiana se puede controlar y estimularla, para ello las condiciones de pH, temperatura y oxígeno presente deben ser óptimas y los nutrientes necesarios, estar en condiciones adecuadas en el suelo, en caso contrario se procede a enmiendas; en especial se debe tener en cuenta la presencia de nitrógenos y fósforo en las concentraciones relativas óptimas respecto al carbono presente (Muñoz et al. 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la zona del Valle de Huarmey Departamento de Ancash, Fundo “Santa Rosita”, propiedad de la Empresa Agrícola Huarmey S.A, zona conocida como pampas de las zorras. Ubicado a 270 Km de la panamericana Norte en el valle de Huarmey, departamento de Ancash. Cuyas características son: 10°16'18" LS, 78°02'23" LO y 11.16 m.s.n.m. Las condiciones ambientales alcanzadas durante el experimento fueron: temperatura media mensual entre 16 a 24.5 °C y humedad relativa 70-90%.

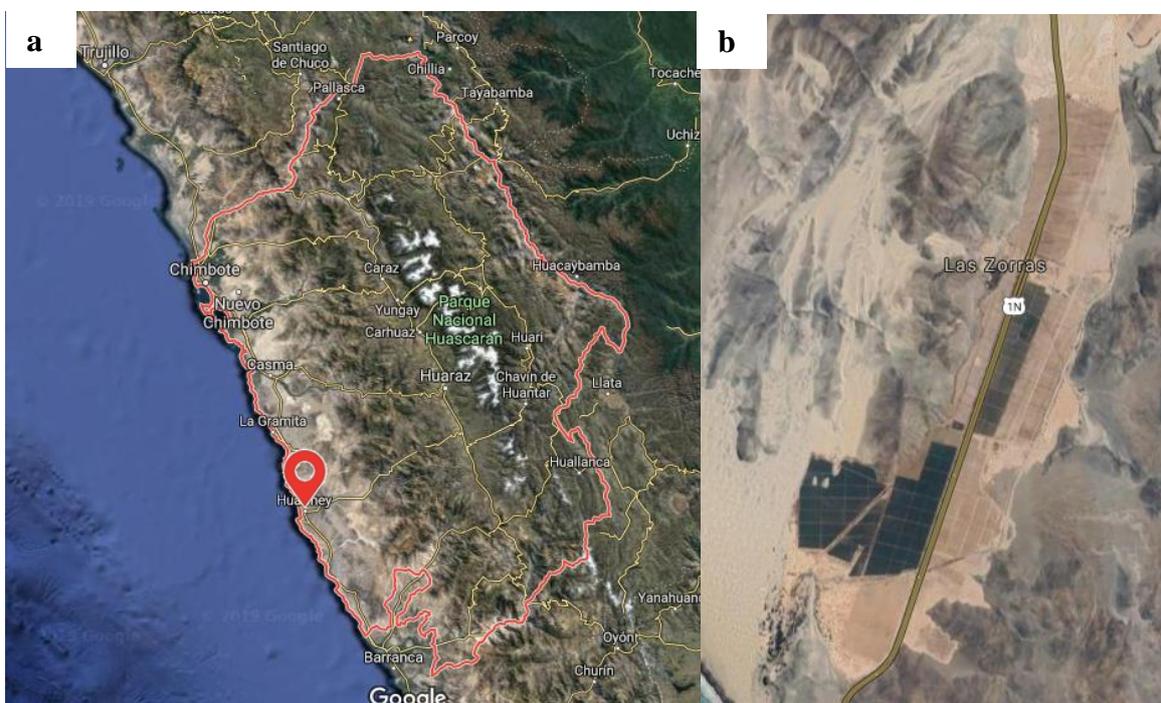


Figura 1: a) Mapa del Valle de Huarmey y b) fundo “Santa Rosita”.

FUENTE: Google Earth (2019)

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y AGUA

a. Análisis de suelo

El suelo es de textura franco-arenoso, con un contenido de materia orgánica de 0.5%, el pH del suelo tiende a ser ligeramente alcalino, de acuerdo al valor de la conductividad eléctrica, el suelo es fuertemente salino. Tiene alta disponibilidad de fósforo y media de potasio (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de suelo del área experimental

pH (1:1)	CE (1:1) (dS/m)	CaCO ₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural
						Arena %	Limo %	Arcilla %	
7.21	13.86	0.50	0.5	41.0	169	64	28	8	Fr.A.

CIC	Cambiabiles					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
	me/100g							
14.76	14.08	0.18	0.3	0.20	0	14.76	14.76	100

FUENTE: Laboratorio de Análisis de suelos, agua, plantas y Fertilizantes – UNALM.
Procedencia: Fundo Santa Rosita, Huarmey (Ancash).

b. Análisis de agua

El agua usada en la zona proviene del Pozo 2, los cuales de acuerdo a análisis mostrado en la Tabla 9, están dentro del tipo C4-S1 y C5- S1, respecto al contenido de sales indica muy alta a excesiva y con bajo contenido de sodio, por tanto, está clasificada como agua utilizable para el riego con precauciones, ya que hay un grado de restricción de ligero a moderado respecto a su infiltración.

Tabla 9. Análisis de agua del pozo del fundo Santa Rosita, Huarmey.

Descripción	Agua de riego	Agua de riego
Muestreo	13-feb-09	14-dic-09
pH	7.69	7.97
C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	5533	3894
NO_3^- (meq/l)	1.55	1.07
SO_4^{2-} (meq/l)	23.49	22.4
HCO_3^- (meq/l)	3.23	3.62
Cl^- (meq/l)	30.94	14.06
Ca^{++} (meq/l)	30.59	22.58
Mg^{++} (meq/l)	9.65	11.1
Na^+ (meq/l)	16.36	11.26
K^+ (meq/l)	0.19	0.14
B (ppm)	0.26	0.12
Fe (ppm)	<0.05	<0.05
Mn (ppm)	<0.05	<0.05
Cu (ppm)	<0.05	<0.05
Zn (ppm)	<0.05	<0.05

FUENTE: AGQ Labs. Agroalimentaria y medio ambiente

Procedencia: Fundo Santa Rosita, Huarmey (Ancash) – Pozo 2

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

3.2.1. FACTORES EN ESTUDIO

Se evaluaron la incorporación de abonos verdes y aplicación de materia orgánica líquida en dos lotes, que fueron: lote Ancash irrigado con agua de baja salinidad ($\text{CE}=2.0$ mmhos) y lote Bolognesi irrigado con agua de alta salinidad ($\text{CE}=10.0$ mmhos). Los tratamientos fueron instalados en terrenos donde se han producido espárrago por 20 años, las cuales fueron eliminados en febrero del 2010. Se utilizó ambas calidades de agua ya que en el fundo tiene estos dos tipos de agua. En la Tabla 10 se observa los tratamientos y la distribución aleatoria de los tratamientos en ambos lotes se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 10. Tratamientos evaluados.

Tratamientos	
<u>lote Ancash (CE=2.0 mmhos)</u>	
Brócoli (62.811 ton/ha)	T1
Coliflor (88.181 ton/ha)	T2
Brócoli + Coliflor (75.494 ton/ha)	T3
Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (100 l/ha)	T4
Brócoli + Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (62.811 ton/ha + 100 l/ha)	T5
Coliflor + Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (88.181 ton/ha + 100 l/ha)	T6
Brócoli+Coliflor+Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (75.494 ton/ha + 100 l/ha)	T7
Testigo sin abono verde ni materia orgánica	T8
<u>lote Bolognesi (CE=10.0 mmhos)</u>	
Brócoli (62.811 ton/ha)	T1
Coliflor (88.181 ton/ha)	T2
Brócoli + Coliflor (75.494 ton/ha)	T3
Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (100 l/ha)	T4
Brócoli + Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (62.811 ton/ha + 100 l/ha)	T5
Coliflor + Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (88.181 ton/ha + 100 l/ha)	T6
Brócoli+Coliflor+Abono orgánico líquido (Kallpapacha) (75.494 ton/ha + 100 l/ha)	T7
Testigo sin abono verde ni materia orgánica	T8

Tabla 11. Croquis de distribución de tratamientos.**lote Ancash**

Repetición I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Repetición II	T4	T7	T1	T8	T6	T3	T2	T5
Repetición III	T3	T6	T7	T5	T2	T8	T1	T4

lote Bolognesi

Repetición I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Repetición II	T4	T7	T1	T8	T6	T3	T2	T5
Repetición III	T3	T6	T7	T5	T2	T8	T1	T4

3.2.2. MATERIA ORGÁNICA

Kallpapacha es una materia orgánica líquida que proviene de la descomposición de residuos provenientes de camal, estiércol y el uso de sangre. Dicho proceso como se muestra en la figura 2, termina con la producción de dos productos: una fracción sólida que termina en la formulación de materia orgánica sólida para aplicaciones al suelo y la fracción líquida que terminan en la formulación del producto Kallpapacha, que puede ser usada en aplicaciones al suelo, foliares o en el sistema de riego (AgroScience, 2010). En la Tabla 12, se puede apreciar la composición del producto.

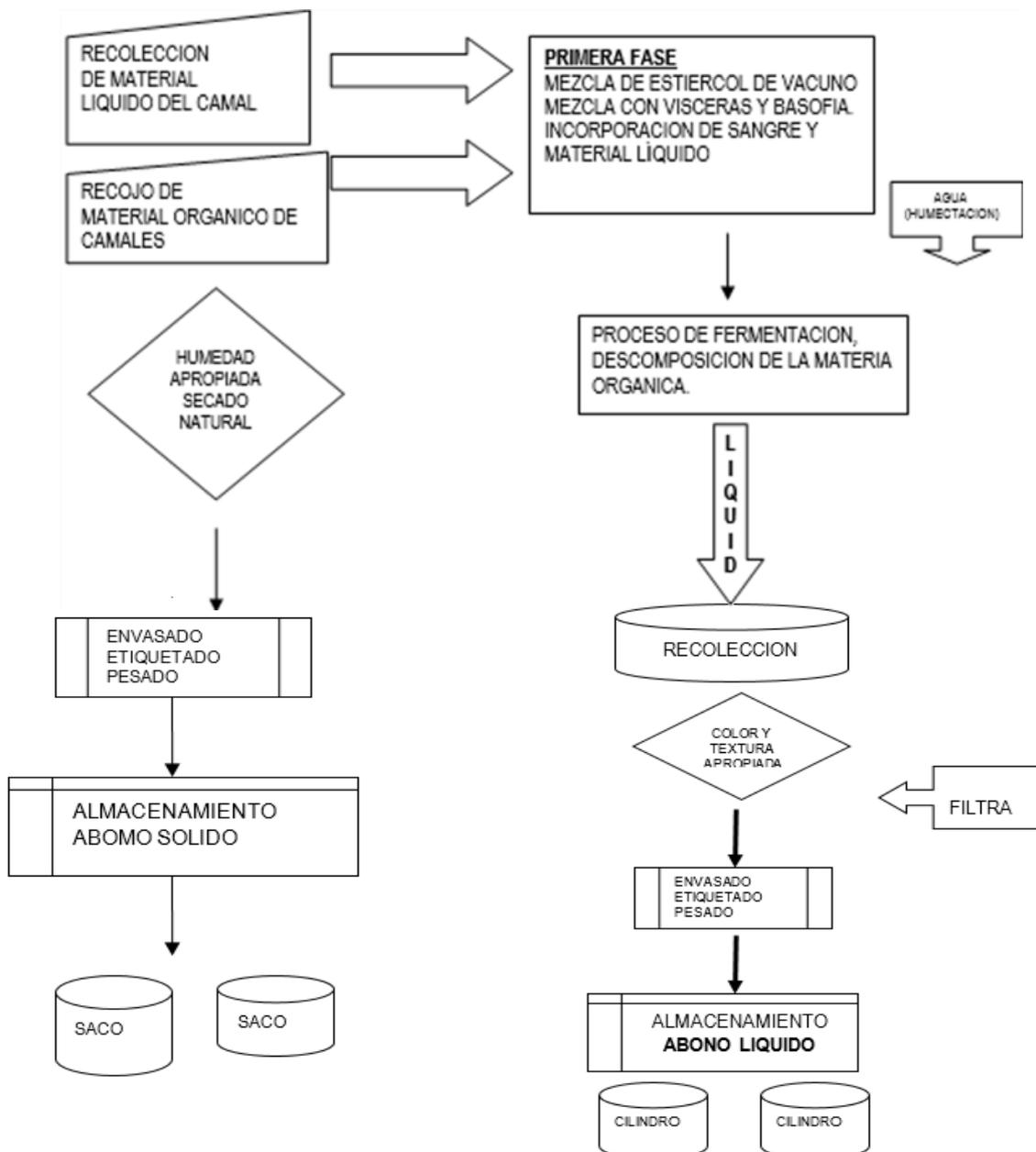


Figura 2: Proceso de elaboración del biofertilizante líquido kallpapacha.

FUENTE: AgroScience (2010)

Tabla 12. Composición de la materia orgánica líquida Kallpapacha

Descripción	Valor
CE (mS/cm)	16.42
pH	6.75-7.25
M.O. en solución g/L	96.24
M.O. total (%)	6.75 ± 0.45
Extractos húmicos totales (%)	6.44
Ácidos húmicos (%)	0.58
Ácidos fúlvicos (%)	5.57
N expresado como proteína	4.38 ± 0.02
Aminoácidos	0.71 ± 0.02
Aminoácidos libres (% P/v)	14 - 16 ± 0.02
Proteínas totales (%)	2.81
Carbohidratos (%)	0.92
Auxinas (ppm)	1000
Giberelinas (ppm)	100
Citoquininas (ppm)	100
N%	4.25 - 6.5
P (mg/L)	5 - 124.5
K%	38 - 41
Ca%	33.6
Mg%	2.8
S%	11.4
Zn (ppm)	174
Fe (ppm)	147.8
Cu (ppm)	23.4
Mo (ppm)	0.1
C/N	1 - 5.81

FUENTE: AgroScience (2010)

3.2.3. ABONOS VERDES

a. Brócoli cultivar “Calabrese”

El brócoli es una hortaliza anual que pertenece a la familia de las Brassicaceae con nombre científico *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck. La planta de naturaleza herbácea con un tallo de diámetro que varía de 2 a 6 cm. Desarrolla entre 15 a 30 hojas grandes con un tamaño aproximado 50 cm de longitud. Requiere condiciones moderadas de temperatura, así como una adecuada disponibilidad de agua. El Cultivar seleccionado de polinización abierta, posee mayor desarrollo de hojas, aunque y mayor número de brotes laterales, el periodo vegetativo es más prolongado comparado con híbridos, llegando los 90 días para su cosecha (Ugás et al. 2000).

b. Coliflor cultivar “Criolla”

La coliflor es una hortaliza anual que pertenece también a la familia de las Brassicaceae con nombre científico *Brassica oleraceae* L. var. *botrytis* L. El cultivar criollo son plantas de alto requerimiento de frío para producción, son plantas grandes y tardías en cosecha. Desarrolla entre 20 a 35 hojas (Ugás et al. 2000).

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El Diseño experimental empleado fue el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA), con 8 tratamientos y 3 repeticiones cada uno. Se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan en las medias de cada una de las variables evaluadas. Se realizó el análisis combinatorio para determinar el efecto de la salinidad del agua de cada lote. Se realizó el ANOVA como se muestra en la Tabla 13 de los tratamientos, así como la interacción entre tratamiento y lote; todos estos análisis estadísticos fueron realizados con el programa The SAS System University Edition 9 versión de libre acceso. Se realizó la transformación de \log_{10} de los valores de organismos mesófilos totales y bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre, se utilizó la conversión raíz cuadrada de los valores de la respiración microbiana y se utilizó la conversión arcoseno de la raíz cuadrada del valor del % de materia orgánica, el cual previamente fue dividido entre 100.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Efecto observado con la i-ésimo tratamiento y con la j-ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del tratamiento i; $i = 1, 2, 3, \dots, t$

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

E_{ij} = Efecto del error experimental con el i-ésimo tratamiento en el j-ésima repetición

Tabla 13. Análisis de variancia (ANOVA)

F. de V.	GL	SC	CM	Fcal.
Tratamientos	$t - 1$	SC_t	CM_t	CM_t/CM_e
Bloque	$b - 1$	SC_b	CM_b	CM_b/CM_e
Error	$(t-1) \times (b - 1)$	SC_e	CM_e	
Total	$t \times b - 1$			

Donde:

t = número de tratamientos

b = número de bloques

Características del campo experimental:

Nº surcos por parcela	:	9
Longitud de surcos	:	32 m
Distancia entre surcos	:	0.9 m
Distanciamiento entre plantas	:	0.3 m
Área de cada unidad experimental:		259.2 m ²
Área de cada tratamiento	:	777.6 m ²
Área total del ensayo en cada lote	:	6220.8 m ²
Área total del ensayo	:	12441.6 m ²

3.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.4.1. ALMACIGO DE ABONOS VERDES

Se procedió a realizar el almacigo del brócoli y coliflor, ambos cultivos fueron almacenados en camas de 1.2 metros de ancho. El periodo de almacenado fue de 30 días.

3.4.2. SIEMBRA DE ABONOS VERDES

La densidad utilizada fue de 41666 plantas por hectárea. El trasplante se realizó a raíz desnuda de acuerdo al croquis de distribución de los tratamientos.

3.4.3. APLICACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA LIQUIDA

La dosis de la materia orgánica líquida Kallpapacha fue de 100 litros/ha, la aplicación se realizó en drench y se utilizó una mochila manual de capacidad de 20 litros, el gasto por unidad experimental fue de 2.6 litros, siendo el gasto total por tratamiento de 7.8 litros. El manejo de los abonos verdes en campo fue acorde como realizan en el fundo. En la figura 3 se muestra las fotos de las etapas de desarrollo de los abonos verdes. La incorporación de los abonos verdes y la aplicación de la materia orgánica se realizó el 11 de octubre del 2010.

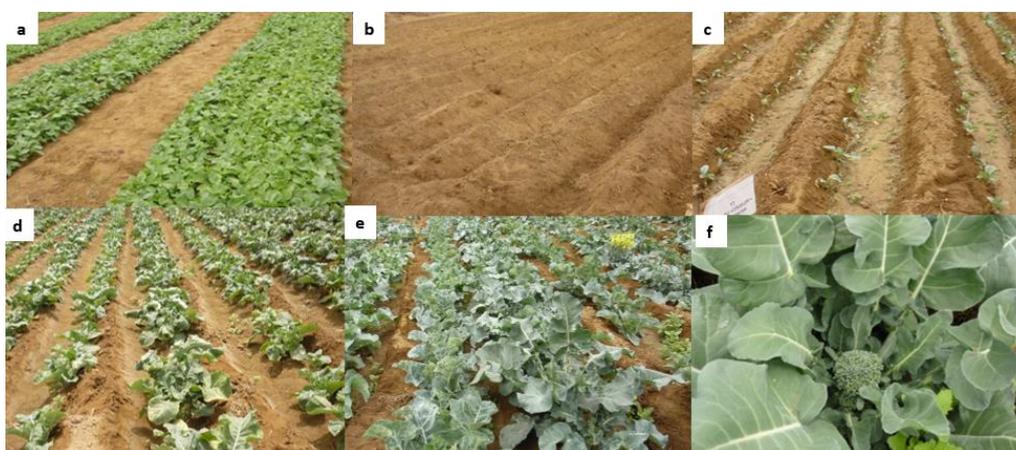


Figura 3: Manejo de abonos verdes en campo. a) almacigo. b) preparación del terreno previo al trasplante. c) trasplante abonos verdes. d) desarrollo vegetativo. e) inicio de formación de inflorescencia y f) momento para incorporación de abonos verdes

En la Tabla 14 se muestra las cantidades aproximadas de abono verde incorporado. Y en la Tabla 15 se aprecia las etapas de la fase de campo.

Tabla 14. Cantidad de abono verde incorporado en los tratamientos.

Abono verde	Peso promedio (g)/planta		% MS	Peso fresco incorporado (kg/unidad experimental)
	Peso fresco	Peso seco		
Brócoli	1507.5	128.1	8.5	1625
Coliflor	2116.4	233.9	11.2	2281
Brócoli + coliflor	-	-	-	1953

Tabla 15. Conducción del experimento.

Labores	Fechas
Muestreo inicial de suelo:	05.08.2010
Análisis de fertilidad	
Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	
Organismos mesófilos totales	
Respiración microbiana	
Preparación del terreno	06.08.2010
Trasplante de abonos verdes	09.08.2010
Incorporación de abonos verdes y aplicación de Kallpapacha	11.10.2010
Primera evaluación de infiltración de suelo	10.11.2010
Segundo muestreo de suelo	14.11.2010
Análisis de fertilidad	
Respiración microbiana	
Segunda evaluación de infiltración de suelo	08.12.2010
Tercer muestreo de suelo	08.12.2010
Análisis de fertilidad	
Respiración microbiana	
Cuarto muestreo de suelo	09.10.2011
Análisis de fertilidad	
Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	
Organismos mesófilos totales	
Respiración microbiana	
Tercera evaluación de infiltración de suelo	09.01.2011
Quinto muestreo de suelo	13.02.2011
Análisis de fertilidad	
Respiración microbiana	
Cuarta evaluación de infiltración de suelo	13.02.2011
Sexto muestreo de suelo	13.03.2011
Análisis de fertilidad	
Respiración microbiana	
Quinta evaluación de infiltración de suelo	13.03.2011
Séptimo muestreo de suelo	17.04.2011
Análisis de fertilidad	
Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	
Organismos mesófilos totales	
Respiración microbiana	
Sexta evaluación de infiltración de suelo	17.04.2011

3.5. EVALUACIONES REALIZADAS

3.5.1. EVALUACIÓN DE INFILTRACIÓN

Para la evaluación de infiltración se determinó los valores de velocidad de infiltración, para ello se elaboró cilindros de tubo de PVC de diámetro 35 cm y de 62 cm de altura. Se instaló un cilindro en cada tratamiento a una profundidad de 30 cm como se muestra en la figura 4, se llenó de agua y se registró los valores de cm desde el extremo del cilindro en intervalos de 5 minutos por un periodo de 60 minutos. Se evaluó solo una velocidad de infiltración en cada tratamiento. La primera evaluación se realizó 1 mes después de la incorporación de los abonos verdes y aplicación de la materia orgánica líquida (Kallpapacha), y las siguientes se realizaron mensualmente, se realizó un total de 6 evaluaciones.



Figura 4: Instalación de cilindros infiltrometros.

3.5.2. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

Se colectaron muestras de suelo para análisis de fertilidad. Las muestras se enviaron al laboratorio de Análisis de Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes – UNALM. El primer muestreo previo a la instalación de los abonos verdes se realizó en agosto del 2010, este muestreo se realizó en cada lote. Al mes de la incorporación de los abonos verdes y aplicación de la materia orgánica líquida (Kallpapacha) se inició el muestreo de suelo de los tratamientos, el muestreo fue mensual y en total se realizaron 6 muestreos.

3.5.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL SUELO

Se colectaron muestras de suelo para el análisis de los siguientes valores:

- Respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$).

- Organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo seco⁻¹).
- Bacterias Fijadoras de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo seco⁻¹).

Se colectaron las muestras de suelo y se enviaron al laboratorio de Microbiología – UNALM.

El primer muestreo se realizó previo a la instalación del abono verde en agosto del 2010, este muestreo se realizó en cada lote.

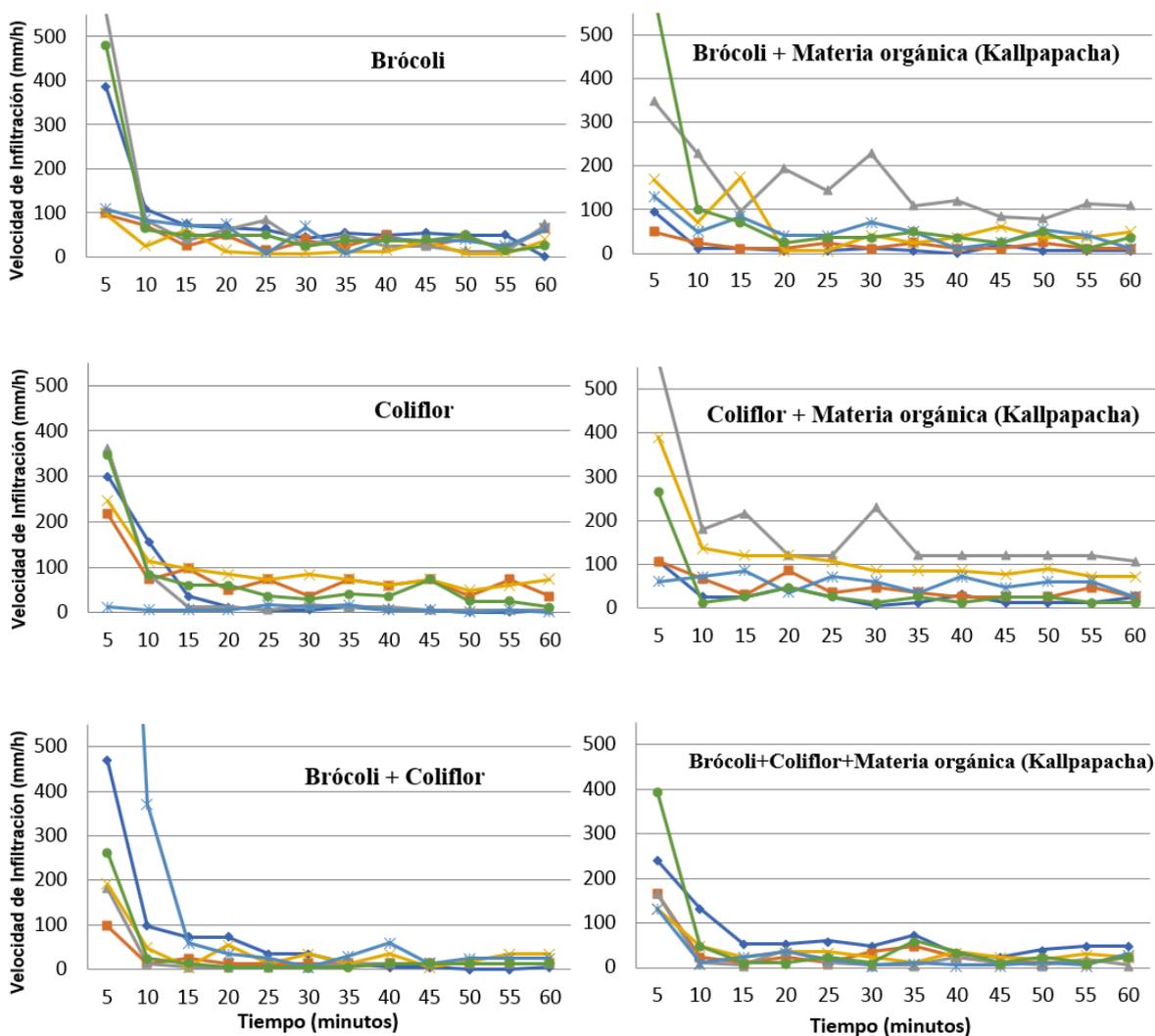
- Para el análisis de respiración, al mes de la incorporación de los abonos verdes y la aplicación de la materia orgánica líquida (Kallpapacha) se inició el muestreo de suelo de los tratamientos, se muestrearon mensualmente y en total se realizaron 6 muestreos.
- Para el análisis de organismos mesófilos totales y bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre, se realizaron dos muestreos: a los 3 y 6 meses luego de la incorporación de los abonos verdes y la aplicación de la materia orgánica líquida (Kallpapacha).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

4.1.1. INFILTRACIÓN DEL SUELO

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 5 y 6, no se ven diferencias entre las curvas de velocidad de infiltración de los tratamientos, pero se puede observar que la velocidad de infiltración tiende a ser mayor en el lote Ancash, donde la presencia de sales es menor.



Continuación...

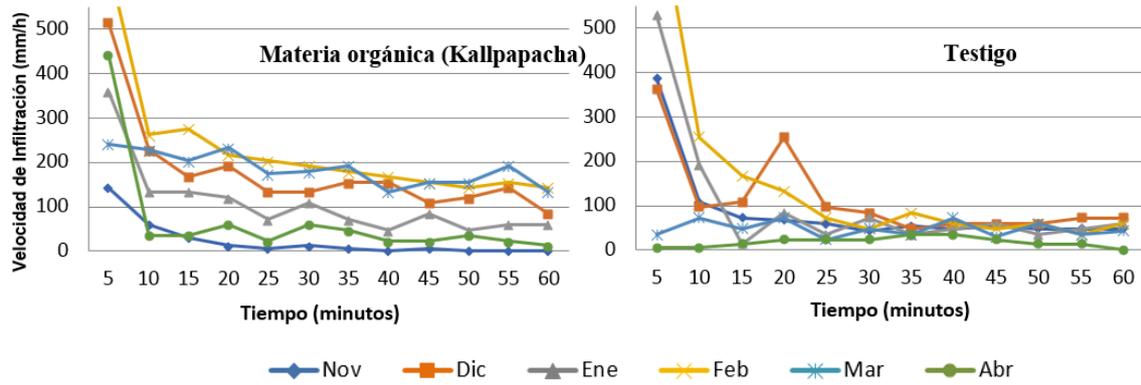
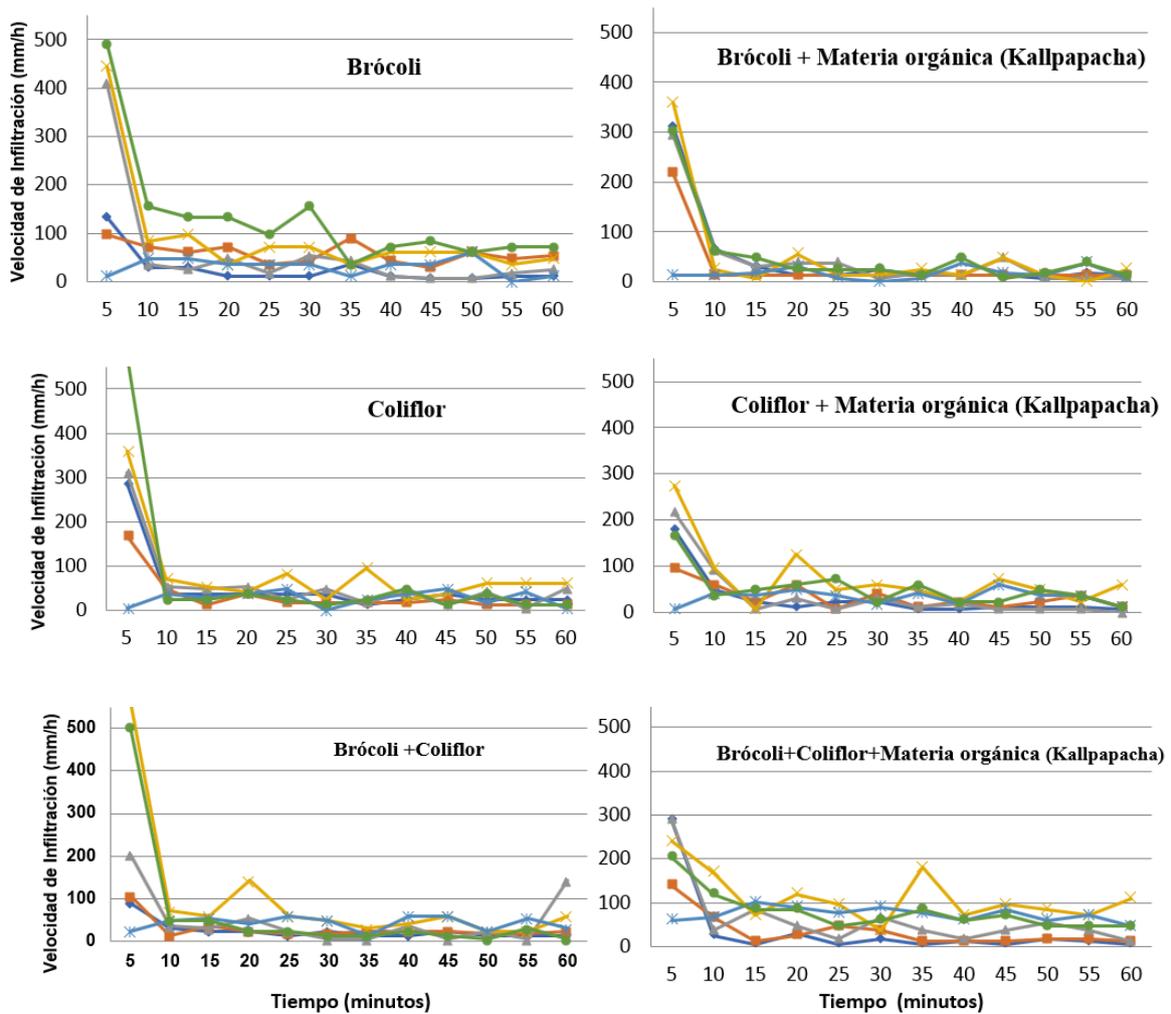


Figura 5: Velocidad de infiltración en los tratamientos en el lote Ancash (C.E.: 2.0 mmhos). Huarmey 2010



Continuación...

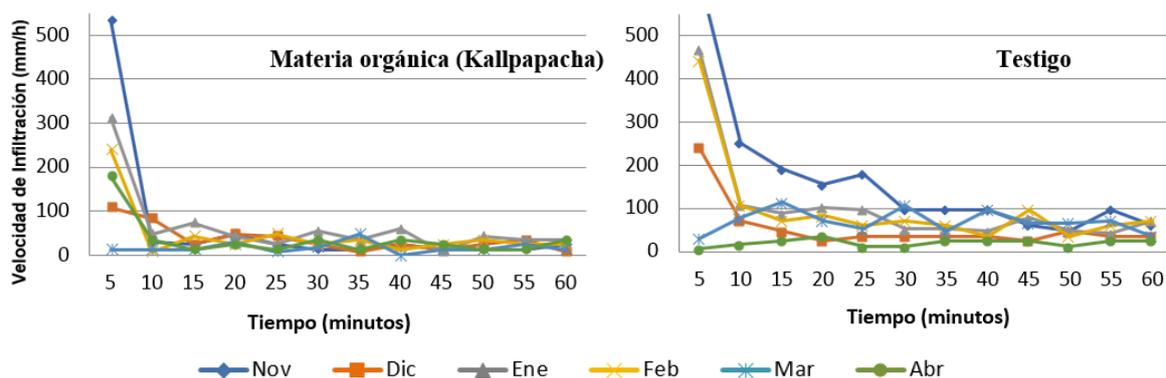


Figura 6: Velocidad de infiltración en los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.: 10.0 mmhos). Huarmey 2010.

Al respecto, Bhattarai et al. (2015), encontraron que la población de microorganismos es afectada en suelos con bajo porcentaje de materia orgánica, esto debido al uso exclusivo de fertilizantes químicos, limitando el uso de materia orgánica; con ello la presencia de compactación, creando problemas en las propiedades físicas, siendo uno de ellas la reducción en la infiltración de agua y las tasas de percolación, sumado a ello el uso de equipos en las labores del cultivo. El Testigo bajo 2 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, muestra reducción de la velocidad de infiltración en la evaluación de abril, respecto a los demás tratamientos; estas curvas de velocidad de infiltración muestran el problema de compactación del suelo.

4.2. EFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

4.2.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En la Tabla 16, se muestra los valores de conductividad eléctrica en los tratamientos y en el análisis combinatorio entre los lotes. Como se puede apreciar, bajo las condiciones de 2.00 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, los tratamientos con incorporación de abono verde presentan valores menores de conductividad eléctrica, siendo los tratamientos T5, T7, T1 y T6 con una reducción de 6.7, 6.36, 6.29 y 5.92 dS/m de conductividad eléctrica respecto de la primera evaluación, a diferencia del tratamiento testigo T8, que solo disminuyó en 1.88 dS/m; bajo las condiciones de 10.00 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, las mayores reducciones de conductividad

eléctrica respecto de la primera evaluación se presentó en T6, T3, T2 y T5 con 8.63, 8.11, 7.87 y 7.71 dS/m respectivamente, mientras que el T8 disminuyó en 4.77 dS/m, esto principalmente debido a la extracción de sales por parte del abono verde. De acuerdo con Ben et al. (2012) demostraron que las rotaciones de cultivos remueven el contenido de sales de suelos. Esto sugiere que luego del término de una esparraguera la mejor opción para disminuir el contenido de sales es la rotación de cultivo con un abono verde.

Respecto al análisis combinatorio de ambos lotes, se muestra diferencia estadística significativa, por tanto, la evolución de conductividad eléctrica del suelo es afectada por la conductividad eléctrica del agua usada, por tanto, el desempeño al aplicar enmiendas y/o abonos verdes variara de acuerdo al tipo de agua irrigada.

Tabla 16. Evolución de la conductividad eléctrica en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Conductividad Eléctrica (1:1) dS/m						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		**	**	**	**	**	**
T1 Brócoli		3.37 c	4.23 cd	3.44 e	3.853 e	3.29 f	3.27 d
T2 Coliflor		4.97 bc	9.33 b	6.02 b	6.10 b	6.82 b	5.27 b
T3 Brócoli + coliflor		3.75 bc	8.69 b	5.44 c	5.63 c	5.30 d	3.36 c
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)		7.45 abc	9.54 b	4.87 d	4.38 d	5.93 c	3.81 c
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)	9.56	3.04 c	4.15 cd	3.55 e	3.64 ef	3.83 ef	2.86 d
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		2.96 c	3.28 d	3.75 e	3.50 f	3.48 f	3.64 d
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		7.96 ab	4.51 c	5.14 cd	3.51 f	4.08 e	3.20 d
T8 Testigo		10.50 a	15.23 a	11.87 a	8.92 a	8.62 a	7.68 a
cv		30.43	5.23	3.83	2.25	6.27	3.87

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Conductividad Eléctrica (1:1) dS/m						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		**	**	**	**	**	**
T1 Brócoli		4.59 c	5.87 de	10.63 a	5.48 c	4.56 cde	4.67 b
T2 Coliflor		4.13 c	4.91 e	7.32 bc	5.36 c	4.83 c	3.83 c
T3 Brócoli + coliflor		4.37 c	6.51 d	5.94 de	4.21 d	3.95 ef	3.59 c
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	11.7	7.09 b	6.21 d	6.81 cd	6.43 b	6.61 a	4.55 b
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.14 bc	14.92 a	8.11 b	6.39 b	4.64 cd	3.99 c
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		7.69 b	8.56 c	5.17 ef	3.97 d	4.14 def	3.07 d
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		5.98 bc	12.51 b	4.23 f	5.33 c	3.56 f	4.42 b
T8 Testigo		10.37 a	15.09 a	6.11 de	9.01 a	5.88 b	6.93 a
cv (%)		14.96	4.88	6.46	3.40	5.55	3.84
Lote	**	n.s.	**	**	**	*	**
Lote Ancash	9.56 b	5.50 a	7.37 b	5.51 b	4.94 b	5.17 a	4.14 b
Lote Bolognesi	11.7 a	6.29 a	9.32 a	6.79 a	5.77 a	4.77 b	4.38 a
cv (%)	9.47	23.03	5.17	5.59	2.97	5.95	3.85

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.2.2. ACIDEZ DEL SUELO

En la Tabla 17 se observa la evolución de la acidez del suelo. Como se puede apreciar, bajo las condiciones de 2.00 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, los tratamientos T5, T6 y T8 reducen los valores de acidez hasta 6.48, 6.31 y 6.25 respectivamente, siendo clasificados como ligeramente ácido, por el contrario, los tratamientos T2, T3, T1 y T7 incrementaron el valor hasta 6.88, 6.75, 6.58 y 6.59 respectivamente, aunque de acuerdo a clasificación aún pertenecían al rango de suelo neutro; bajo las condiciones de 10.00 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, los tratamientos T2, T6, T7, T5, T3 y T1 incrementaron su valor hasta 6.95, 6.92, 6.86, 6.74, 6.73 y 6.72 respectivamente.

Respecto al análisis combinatorio en ambos lotes, se muestra diferencia estadística significativa, por tanto, la evolución de la acidez del suelo es afectada por la conductividad eléctrica del agua usada; y se puede apreciar que el lote Ancash termina con un pH ligeramente menor a la inicial (6.55), mientras que el lote Bolognesi termina con un incremento del pH. Al respecto, Marschner y Rengel (2007) mencionan que la adición de restos vegetales al suelo puede causar el incremento, disminución o mantenimiento del pH, asimismo; siendo este incremento luego de la incorporación y en suelos donde los valores de pH son bajos, también indican que las causas del pH se deben a: la decarboxilación de aniones orgánicos causando consumo de protones y liberación de OH^- , adsorción específica de moléculas orgánicas producidas durante la descomposición en óxidos hidratados de Al y Fe por consiguiente la liberación de iones OH^- y alta concentración de cationes base como Ca, Mg y Na en plantas (alcalinidad de cenizas). Butterly et al. (2013) encontraron que residuos incrementaron el pH del suelo, siendo esto temporal y dependiente del tipo de suelo.

Tabla 17. Evolución de la acidez del suelo en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	pH						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		**	**	**	**	**	**
T1 Brócoli		6.61 ab	6.65 bc	6.73 a	6.71 a	6.79 a	6.58 c
T2 Coliflor		6.48 b	6.85 a	6.77 a	6.19 c	6.70 ab	6.88 a
T3 Brócoli + coliflor		6.62 ab	6.75 ab	6.66 ab	6.61 a	6.71 ab	6.75 b
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	6.56	6.47 b	6.68 bc	6.75 a	6.57 a	6.65 bc	6.56 cd
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.69 a	6.42 de	6.50 c	6.55 a	6.53 c	6.48 d
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.57 ab	6.60 bc	6.56 bc	6.39 b	6.41 d	6.31 e
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.74 a	6.56 dc	6.56 bc	6.67 a	6.36 d	6.59 c
T8 Testigo		6.12 c	6.28 e	6.05 d	6.26 bc	6.31 d	6.25 e
cv (%)		1.04	0.98	0.72	0.93	0.73	0.57

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	pH						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		*	**	**	**	**	**
T1 Brócoli		6.64 ab	6.99 a	6.54 de	6.88 a	6.70 c	6.72 b
T2 Coliflor		6.82 a	6.28 d	6.70 cd	6.90 a	7.00 a	6.95 a
T3 Brócoli + coliflor		6.72 ab	6.42 c	6.76 c	6.73 c	6.73 bc	6.73 b
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	6.69	6.62 ab	6.42 c	6.95 b	6.50 e	6.51 d	6.50 c
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.74 ab	6.60 b	6.43 ef	6.61 d	6.72 bc	6.74 b
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.77 ab	6.63 b	6.75 c	6.82 ab	6.77 b	6.92 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		6.58 a	6.47 c	7.14 a	6.79 bc	6.73 bc	6.86 a
T8 Testigo		6.81 ab	5.90 e	6.29 f	6.41 f	5.96 e	6.57 c
cv (%)		1.26	0.50	1.13	0.48	0.42	0.74
<u>Lote</u>	**	**	**	**	**	**	**
Lote Ancash	6.56 b	6.54 b	6.60 a	6.57 b	6.49 b	6.56 b	6.55 b
Lote Bolognesi	6.69 a	6.71 a	6.46 b	6.69 a	6.71 a	6.64 a	6.75 a
cv (%)	0.95	1.15	0.78	0.95	0.73	0.59	0.66

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.2.3. FÓSFORO ASIMILABLE DEL SUELO

En la Tabla 18 se observa que bajo las condiciones del lote Ancash (CE=2 mmhos) los valores de fósforo asimilable en el tratamiento T2 a partir del segundo mes de incorporado el abono verde se incrementaron, siendo estadísticamente superior al T8 en las evaluaciones de diciembre, enero, febrero y abril. Esta diferencia se puede deber a que el T2 tiene un comportamiento favorable en la extracción de fósforo y rápida descomposición después de la incorporación, lo que mejora la disponibilidad del fósforo del suelo. White y Weil (2011) encontraron que el rábano forrajero (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus*) como abono verde afectó el ciclo del fósforo en los tratamientos, debido a la alta acumulación de fósforo en las hojas, así como el mayor contenido de fósforo en el suelo luego de la evaluación de 3 años consecutivos.

Bajo las condiciones de 10 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego, el tratamiento T2 mostró valores más bajos respecto al testigo, y respecto al análisis combinatorio entre lotes, se observó menor contenido de fósforo asimilable, esto debido a la adsorción que se genera en suelos con alta conductividad eléctrica, debido al aumento de la fuerza iónica ocasionada por las sales (Beji et al. 2017).

Respecto de la evaluación de la interacción tratamiento con lote como se aprecia en el cuadro 20, los tratamientos T2, T3, T1 y T4 del lote Ancash y los tratamientos T3, T4 y T7 del lote Bolognesi muestran valores 17.77, 16.53, 16, 14.13, 15.9, 15.43 y 13.493 ppm respectivamente, siendo superiores al testigo de ambos lotes.

En la figura 7 se aprecia la evolución del fósforo asimilable en ambos lotes. Los valores disminuyen al mes de la incorporación respecto al valor inicial, esto principalmente a la preparación del suelo luego del primer muestreo, como lo señalan White y Weil (2011), el fósforo asimilable evaluado en diferentes profundidades en Beltsville Agricultural Research Center South Farm (BARC-SF) mostraron valores descendentes a mayor profundidad de muestreo. Por tanto, la preparación del suelo podría haber afectado el total de fósforo disponible de las muestras en todos los tratamientos.

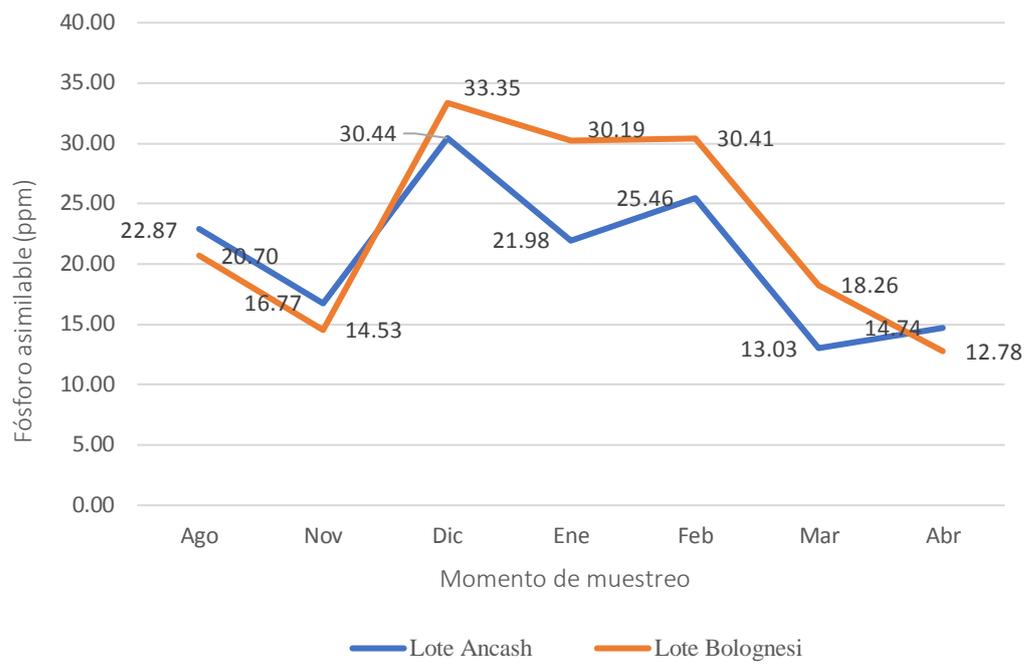


Figura 7: Evolución del fósforo asimilable en el suelo, Huarney 2010.

Tabla 18. Evolución del fósforo asimilable del suelo en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Fósforo asimilable (ppm)						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		n.s.	**	**	**	**	*
T1 Brócoli		15.90 ab	31.30 b	18.80 b	25.50 c	10.13 cd	16.00 abc
T2 Coliflor		20.80 ab	44.00 a	27.87 a	40.60 a	8.73 d	17.77 a
T3 Brócoli + coliflor		18.93 ab	28.67 bc	27.43 a	34.37 b	17.73 a	16.53 ab
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)		15.33 ab	32.70 b	27.50 a	21.10 de	13.17 bc	14.13 bc
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)	22.87	14.20 b	30.13 ab	18.33 b	22.83 cd	13.87 bc	13.20 c
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		16.87 ab	22.73 c	15.67 b	19.40 de	10.93 cd	13.77 bc
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		16.07 ab	27.83 bc	20.23 b	21.60 de	13.37 bc	13.17 c
T8 Testigo		16.03 ab	26.17 bc	19.97 b	18.30 e	16.30 ab	13.37 c
cv (%)		18.44	13.51	15.25	8.39	15.47	10.45

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Fósforo asimilable (ppm)							
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		**	*	**	**	**	n.s.	
T1 Brócoli		15.87 abc	39.00 a	20.30 d	24.90 bcd	13.63 de	9.47 c	
T2 Coliflor		16.50 bc	36.20 ab	20.10 d	19.87 d	11.40 e	10.90 bc	
T3 Brócoli + coliflor		12.03 cd	39.87 a	30.23 bc	39.80 a	11.83 de	15.90 a	
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)		12.30 cd	33.37 ab	28.47 c	31.67 abc	13.67 de	15.43 ab	
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)	20.70	18.47 a	25.03 b	30.43 bc	38.93 a	16.87 cd	11.63 abc	
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		16.83 ab	38.90 a	31.77 bc	22.30 cd	18.90 c	12.47 abc	
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		13.00 bcd	28.77 ab	37.47 ab	33.40 ab	26.50 b	13.47 abc	
T8 Testigo		11.27 d	25.70 b	42.73 a	32.43 abc	33.27 a	12.93 abc	
cv (%)		15.12	18.16	13.06	18.38	14.93	18.49	
Lote	*	n.s.	n.s.	**	*	**	n.s.	
Lote Ancash		22.87 a	16.77 a	30.44 a	21.98 b	25.46 b	13.03 a	14.74 a
Lote Bolognesi		20.70 b	14.53 a	33.35 a	30.19 a	30.41 a	18.26 b	12.78 a
cv (%)		13.00	17.02	16.03	14.46	15.30	15.19	12.69

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.2.4. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

En la Tabla 19 se puede observar que bajo las condiciones de 2.00 mmhos se observaron incrementos en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con 68.7%, 50.3%, 41.2% y 19.2% respectivamente mientras que el tratamiento testigo T8 mostró una reducción del 6%. Bajo las condiciones de 10 mmhos no hay una correlación directa entre los tratamientos aplicados, posiblemente al efecto de los residuos de corona y raíces de espárrago.

Respecto a los lotes evaluados, se muestra diferencia en el contenido de materia orgánica esto debido al mayor aporte del abono verde bajo condiciones de baja salinidad en el suelo.

Según Sultana et al. (1999), la acumulación de materia seca es menor bajo condiciones de salinidad debido a la baja concentración de asimilados en las hojas ocasionado por la reducción de CO₂ disponible debido al cierre estomático y reducción de la tasa de transpiración.

De León-Lorezana et al. (2018), encontraron que la aplicación de fibra detergente neutral o residuo de maíz cambia la población de grupos de bacterias, debido a que estos microorganismos participan en la degradación del material orgánico aplicado.

Tabla 19. Evolución de la materia orgánica del suelo en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Porcentaje de Materia orgánica						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		n.s.	**	**	*	**	**
T1 Brócoli		1.023 a	0.890 bc	0.770 ab	1.140 ab	0.323 b	1.227 a
T2 Coliflor		1.163 a	1.570 a	1.070 a	1.207 a	0.340 b	1.093 ab
T3 Brócoli + coliflor		1.023 a	0.863 bc	1.117 a	0.933 abc	1.033 a	1.027 abc
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	0.727	0.907 a	1.137 ab	0.867 a	0.890 abc	0.667 ab	0.867 abc
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapach)		0.683 a	0.840 bc	0.480 b	0.680 c	0.690 ab	0.707 abc
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.703 a	0.660 bc	0.680 ab	0.750 bc	0.390 b	0.613 bc
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.593 a	0.477 c	0.680 ab	0.820 abc	0.760 ab	0.543 c
T8 Testigo		0.683 a	0.707 bc	0.703 ab	0.843 abc	0.667 ab	0.683 abc
cv (%)		13.15	12.44	10.01	8.55	17.85	12.24

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Porcentaje de Materia orgánica						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		*	n.s.	n.s.	n.s.	**	*
T1 Brócoli		0.750 ab	0.840 a	0.433 b	0.820 a	0.483 ab	0.750 a
T2 Coliflor		0.750 ab	0.890 a	0.500 b	0.820 a	0.527 ab	0.500 a
T3 Brócoli + coliflor		0.863 a	1.003 a	0.773 a	0.657 a	0.480 ab	0.703 a
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	0.867	0.590 ab	0.727 a	0.543 a	0.680 a	0.690 a	0.797 a
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.683 ab	0.957 a	0.820 a	0.750 a	0.690 a	0.727 a
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.547 ab	1.090 a	0.727 a	0.570 b	0.277 b	0.477 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.567 ab	0.680 a	0.890 a	0.613 a	0.643 a	0.503 a
T8 Testigo		0.397 b	0.703 a	0.930 a	0.750 a	0.503 ab	0.453 a
cv (%)		12.19	14.30	18.54	9.17	11.64	11.15
<u>Lote</u>	**	*	n.s.	*	**	*	*
Lote Ancash	0.727 b	0.848 a	0.893 a	0.796 a	0.908 a	0.609 a	0.845 a
Lote Bolognesi	0.867 a	0.643 b	0.861 a	0.702 b	0.708 b	0.537 b	0.614 b
cv (%)	2.88	12.77	13.39	14.61	8.84	15.21	11.83

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.3. RESULTADOS EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

4.3.1. Respiración microbiana de suelo

En la Tabla 20, se puede observar la respiración de microorganismos bajo las condiciones del lote Ancash (CE= 2 mmhos); en la última evaluación, los tratamientos T2, T4, T5, T1 y T3 mostraron valores altos de 0.032, 0.028, 0.028, 0.027 y 0.026 mg CO₂.g de suelo⁻¹.día⁻¹ respectivamente; siendo estadísticamente superiores al T8 (0.013 mg CO₂.g de suelo⁻¹.día⁻¹). Los tratamientos T6 y T7 presentaron valores superiores al T8, pero estadísticamente similar. Durante los primeros 4 meses de evaluación la población de microorganismos, fue similar entre los tratamientos, ya que el efecto de los abonos verdes del género Brassica se presenta inmediatamente después de la incorporación, para luego recuperarse y mantenerse, observándose una disminución en la población, aunque la composición de la población se mantiene (Hu et al. 2014).

Respecto a las condiciones del lote Bolognesi (CE= 10 mmhos), en la última evaluación, los tratamientos con valores altos de respiración fueron: T8 y T6 con 0.023 y 0.021 mg CO₂.g de suelo⁻¹.día⁻¹ respectivamente.

En el comparativo de lotes, en la última evaluación se puede apreciar que la respiración en el lote Ancash (CE=2 mmhos) muestra valores estadísticamente superiores al lote Bolognesi (CE=10 mmhos), esto debido al efecto de las sales en el desarrollo de los microorganismos del suelo. Según Shah y Shah (2011) encontraron que índices microbianos entre ellos biomasa microbial y producción de CO₂ se redujeron a medida que la conductividad eléctrica del suelo se incrementó.

Elmajdoub y Marschner (2015) encontraron que la actividad microbiana es dependiente del contenido de carbono, pero que además mientras el contenido de carbono como glucosa es adicionado el aumento de la actividad microbiana se ve afectada por el impacto de la salinidad a diferencia de la fuente de carbono como celulosa.

Tabla 20. Evolución de la respiración en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹)						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**
T1 Brócoli		0.021 a	0.014 a	0.038 a	0.054 ab	0.01 bc	0.027 ab*
T2 Coliflor		0.034 a	0.017 a	0.069 a	0.053 ab	0.008 c	0.032 a
T3 Brócoli + coliflor		0.033 a	0.007 a	0.045 a	0.055 ab	0.016 ab	0.026 ab
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	0.331	0.024 a	0.004 a	0.056 a	0.06 a	0.015 ab	0.028 ab
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.025 a	0.014 a	0.056 a	0.055 ab	0.012 abc	0.028 ab
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.038 a	0.012 a	0.062 a	0.038 ab	0.014 abc	0.021 abc
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.031 a	0.021 a	0.087 a	0.052 ab	0.019 a	0.016 bc
T8 Testigo		0.04 a	0.007 a	0.087 a	0.053 ab	0.015 ab	0.013 c
cv (%)		22.88	36.07	28.72	6.91	11.58	10.86

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Respiración microbiana (mg CO ₂ . g de suelo ⁻¹ . día ⁻¹)						
	Ago	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		n.s.	**	*	n.s.	n.s.	**
T1 Brócoli		0.025 a	0.035 ab	0.04 b	0.077 a	0.015 a	0.009 ab
T2 Coliflor		0.013 a	0.046 a	0.051 ab	0.064 a	0.013 a	0.004 b
T3 Brócoli + coliflor		0.015 a	0.046 a	0.081 ab	0.071 a	0.013 a	0.005 b
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	0.051	0.028 a	0.047 a	0.101 ab	0.058 a	0.014 a	0.008 ab
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.028 a	0.044 a	0.064 ab	0.058 a	0.015 a	0.015 ab
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.025 a	0.05 a	0.27 a	0.068 a	0.012 a	0.021 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		0.023 a	0.022 ab	0.266 ab	0.061 a	0.015 a	0.014 ab
T8 Testigo		0.032 a	0.013 c	0.097 ab	0.06 a	0.014 a	0.023 a
cv (%)		37.01	15.47	33.78	6.25	10.41	25.53
Lote	**	n.s.	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
Lote Ancash	0.331 a	0.031 a	0.012 b	0.062 b	0.052 a	0.014 a	0.024 a
Lote Bolognesi	0.051 b	0.024 a	0.038 a	0.121 a	0.065 a	0.014 a	0.012 a
cv (%)	15.46	31.22	24.93	27.49	5.24	11.99	18.64

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.3.2. ORGANISMOS MESÓFILOS TOTALES

En la Tabla 21, bajo condiciones de 2.00 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego se muestra que el tratamiento T8 muestra valores bajos de poblaciones de estos organismos mesófilos con 483333 UFC. g de suelo seco, esto debido principalmente a la no incorporación de ningún material vegetal, mientras que el tratamiento con alto valor fue T6 con 419000 UFC; mientras que bajo condiciones de 10.00 mmhos no existe diferencia entre tratamientos, aunque el tratamiento testigo T8 presenta valores menores a los tratamientos con abono verde y aplicación de materia orgánica líquida y las mezclas. Respecto al análisis combinatorio de ambos lotes, no se muestra diferencia estadística en las evaluaciones de enero y abril, cuyo resultado se debe a la posible adaptación de bacterias bajo condiciones de salinidad elevada, según Pastor et al. (2013).

La población de estos microorganismos está relacionada directamente con condiciones de humedad en el suelo, así fue evaluado por Gorlach-Lira y Coutinho (2007). En tanto, De León-Lorenzana et al. (2018), mencionan que la actividad microbiana mejora significativamente con la humedad y temperatura.

Tabla 21. Evolución de organismos mesófilos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco)		
	Ago	Ene	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		n.s.	**
T1 Brócoli		95966666.67 a	3000000.00 ab
T2 Coliflor		8703333.33 a	1603333.33 b
T3 Brócoli + coliflor		27510000.00 a	1230000.00 b
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	1460000.0	88616666.67 a	2316666.67 ab
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		47236666.67 a	2640000.00 ab
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		21353333.33 a	4190000.00 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		62883333.33 a	2526666.67 ab
T8 Testigo		88350000.00 a	483333.33 c
cv (%)		6.58	2.65

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco)		
	Ago	Ene	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		**	n.s.
T1 Brócoli		37390000.00 abc	2096666.67 a
T2 Coliflor		273770000.00 ab	2846666.67 a
T3 Brócoli + coliflor		57026666.67 abc	3910000.00 a
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)	2456667.0	°5311000.00 c	2850000.00 a
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)		175870000.00 ab	2443333.33 a
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		16826666.67 bc	2560000.00 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		41510000.00 abc	1750000.00 a
T8 Testigo		605350000.00 a	1230000.00 a
cv (%)		6.67	2.97
Lote	**	n.s.	n.s.
Lote Ancash	1460000.0 b	55077500.00 a	2248750.00 a
Lote Bolognesi	2456667.0 a	151631791.7 a	2460833.33 a
cv (%)	2.17	6.62	2.82

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

4.3.3. BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO DE VIDA LIBRE

En la Tabla 22, se muestra que bajo las condiciones de 2.00 mmhos y 10 mmhos de conductividad eléctrica del agua de riego no se ve ninguna diferencia entre los tratamientos.

Asimismo, la fluctuación presentada entre cada muestreo se debe principalmente a que la población de estos microorganismos es dependiente del clima: como la humedad y temperatura; además debido a que la fuente para su desarrollo está relacionada con las fuentes externas, su respuesta a variables del ambiente es más flexibles (Smercina et al. 2019).

Tabla 22. Evolución de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre en tratamientos con aplicación de abonos verdes y materia orgánica. Fundo Santa Rosita, Huarmey, 2010

Tratamiento	Bacterias Fijadoras de nitrógeno de vida libre (Organismos.g ⁻¹ de suelo seco)		
	Ago	Ene	Abr
<u>Lote Ancash (C.E. agua = 2.0 mmhos)</u>		n.s.	n.s.
T1 Brócoli		31003933.33 a	290.67 a
T2 Coliflor		1093.33 ab	161.33 a
T3 Brócoli + coliflor		2243.33 ab	1216.67 a
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)		144.67 b	324.67 a
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)	2633.33	1653.33 ab	2216.67 a
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		2843.33 ab	1945.33 a
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		2710.00 ab	5900.00 a
T8 Testigo		767.33 ab	7709.33 a
cv (%)		33.87	28.42

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

Continuación...

Tratamiento	Bacterias Fijadoras de nitrógeno de vida libre (Organismos.g ⁻¹ de suelo seco)		
	Ago	Ene	Abr
<u>Lote Bolognesi (C.E. agua = 10.0 mmhos)</u>		*	n.s.
T1 Brócoli		13266.67 bcd	37443.33 ab
T2 Coliflor		724000.00 ab	53903.33 a
T3 Brócoli + coliflor		4076.67 bcd	2860.00 a
T4 Materia orgánica (Kallpapacha)		7766.67 d	5013366.67 a
T5 Brócoli + Materia orgánica (Kallpapacha)	10200.00	7010333.33 abc	962.00 ab
T6 Coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		6100.00 d	2580.67 ab
T7 Brócoli + coliflor + Materia orgánica (Kallpapacha)		108666.67 cd	430.00 ab
T8 Testigo		19566.67 a	7210.00 b
cv (%)		15.13	39.46
Lote	**	*	n.s.
Lote Ancash	2633.33 b	3876923.58 a	2470.58 a
Lote Bolognesi	10200.00 a	986722.08 b	639844.50 a
cv (%)	3.24	23.64	35.40

Medias seguidas con la misma letra no son diferentes según la Prueba de Duncan. * Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad; n.s. no significativo

V. CONCLUSIONES

1. La incorporación de materia orgánica y abonos verdes afectaron las propiedades químicas y biológicas del suelo; para ambas condiciones de conductividad eléctrica del agua de riego el tratamiento T6 presentó un efecto en la disminución de los valores de CE del suelo en ambos lotes evaluados; el tratamiento T2 presentó los valores más altos de pH en ambos lotes.
2. Solo bajo las condiciones de 2.00 mmhos; el contenido de materia orgánica presentó incrementos en los tratamientos: T1, T2, T3 y T4, mientras que el testigo T8 presentó reducción del contenido de materia orgánica respecto a la evaluación inicial; respecto a la respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) fueron altas en los tratamientos: T2, T4, T5, T1 y T3; y en relación a los organismos mesófilos totales (UFC. $\text{g de suelo seco}^{-1}$) el tratamiento T6 presentó incremento de la población en 186% respecto de la población inicial.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar comparativos de diversas especies de plantas con gran cantidad de biomasa acumulada.
2. Evaluar fuentes de materia orgánica sólida.
3. Evaluar por periodos superiores al año para ver el efecto a largo plazo de la evolución de los parámetros químicos y biológicos.
4. Realizar mayor número de evaluaciones de velocidad de infiltración para su respectivo análisis estadístico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adair, E. 1998. Allelopathic Inhibition of the nitrogen Cycle by Monoterpenes. (05 marzo 2013). Colorado State University. The United States. Disponible en: http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1998/adair.htm.

AgroScience. 2010. (23 de diciembre del 2019). Ficha técnica del producto. Disponible en: <http://www.agroscience.com.pe/programas/pis/>

Anderson, T. & Domsch, K. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21:471–479

Apaza, W. 2019. Sustentabilidad de los fundos productores de palto y espárrago en la irrigación de CHAVIMOCHIC. Tesis para optar el grado de DOCTORIS PHILOSOPHIAE (Ph.D.) en agricultura sustentable. Doctorado en Agricultura Sustentable. UNALM. 65 páginas.

Badri, D.; Chaparro, J.; Zhang, R.; Shen, Q.; Vivanco, J. 2013a. (02 de enero del 2020). Application of natural blends of phytochemicals derived from the root exudates of *Arabidopsis* to the soil reveal that phenolic-related compounds predominantly modulate the soil microbiome. *J. Biol. Chem.* 288(7): 4502-4512. Doi:10.1074/jbc.M112.433300. PMID:23293028.

Badri, D.; Zolla, G.; Bakker, M.; Manter, D.; Vivanco, J. 2013b. (02 de enero el 2020) Potential impact of soil microbiomes on the leaf metabolome and on herbivore feeding behavior. *New Phytol.* 198(1): 264-273. Doi:10.1111/nph.12124. PMID: 23347044.

Baldock, J.; Oades, J.; Waters, A.; Peng, X.; Vassallo, A.; Wilson, M. 1992. Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state¹³C NMR spectroscopy. *Biogeochemistry*. Volume 16, Issue1, pag 1-42.

Bangarwa, S.; Norsworthy, J.; Mattice, J.; Gbur E. 2011. Glucosinolate and isothiocyanate production from Brassicaceae cover crops in a plasticulture production system. *Weed Science*. 59(2):247:254.

Barka, E. A.; Belardi, A.; Hachet, C.; Nowak, J.; Audran, J. 2000. Enhance of in vitro growth and resistance to gray mould of *Vitis vinifera* co-cultured with plant growth-promoting rhizobacteria. *FEMS Microbiology Letters* 186:91-95.

Batish, D.; Singh, H.; Kohli, R.; Dawra, G. 2006. Chapter 9: Potencial of allelopathy and allelochemicals for weed management. *Handbook o sustainable weed management*.

Beji, R.; Hamdi, W.; Kesraoui, A.; Seffen, M. 2017. Effects of salts on phosphorus adsorption in alkalize Tunisian soil. *Euro-Mediterranean journal for environmental integration*. Volume 2, Article, Pag 9.

Ben, J.; Beltrao, J.; Aksoy, D.; Anac, D.; Anac, A. 2012. Modeling the effect of salt reoving species in crop rotaion. *International Journal of Energy and Environment*. Issue 3, Volume 6. Pag: 350-359.

Bhattarai, A.; Bhattarai, B.; Pandey, S. 2015. Variation of soil microbial population in different soil horizons. *Journal of Microbiology and Experimentation*. Eissn 2373-437x. Volume 2 Issue 2. Pag: 75-78.

Blok, W. 1997. Early decline o asparagus in the Netherands: etiology, eidemiology and management. PhD Thesis Wageningen Agricultural University, The Netherlands.

Bobadilla, E.; Cordero, P.; Espino, J. 2006. Evaluación de la calidad biológica de tres suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina bajo diferentes sistemas de producción. Trabajo de investigación no Experimental para optar el título de Ingeniero Agrónomo e Ingeniero Ambiental. 108 páginas.

Bowen, G. 1993. The rhizosphere. Appendix B. In: *Tropical soil Biology and Fertility: A handbook of methods*. 2a Ed. Anderson J. M. and J.S. I. Ingram editors. CAB International U. K. 221 p.

Buol, S.; Hole, H.; Mc Cracken, R. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa University Press, Ames Iowa. USA. 360 pag.

Butterly, C; Baldock, J.; Tang, C. 2013. The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions. Plant and Soil. V. 336. No 1-2. Pag 185-198.

Calderón, C. 1996. La Rizósfera cría a la planta. Segunda versión, documento de estudio. Microbiología del suelo. UNALM.

Carnero, E. & Carnero, G. 2018. Análisis numérico de infiltración de agua en un suelo residual no saturado utilizando la curva de retención de agua. Revista de Investigaciones Altoandinas. Vol.20 N°4. Pag 439-450.

Cherr C.; Scholberg, J.; McSorley, R. 2006. Green manure approaches to crop production: A synthesis. Agronomy Journal. Vol. 98: 302-319.

Clavijo, C.; Chipana, V.; Centeno, J.; Zuñiga, D.; Guillén, C. (2012). Aislamiento, caracterización e identificación de bacterias diazotróficas de la rizósfera del cultivo de *Olea europea* “olivo” en Tacna Perú. Ecología Aplicada. Vol. 11. N°. 2. Pag 89-102.

Cohen, M. & Mazzola, M. 2006. Effects of *Brassica napus* seed amendment on soil populations of resident bacteria and *Naegleria Americana*, and the unsuitability of arachidonic acid as a protozoa-specific maker. Journal of protozoology research. V. 16 no. 1-2. Pag 16.

De León-Lorezana, A.; Delgado-Balbuena, L.; Dominguez-Mendoza, C.; Navarro-Noya, Y.; Luna-Guido, M.; Dendooven, L. 2018. (03 de enero de 2020). Soil salinity controls relative abundance of specific bacterial groups involved in the decomposition of maize plant residues. Frontiers in Ecology and Evolution. Volume 6, Article 51. doi: 10.3389/fevo.218.00051

Ding Weixin; Yan Cai; Zucong Cai; Kazuyuki Yagi; Xunhua Zheng. 2007. Soil Respiration under Maize Crops: Effects of Water, Temperature, and nitrogen fertilization. Soil Biology and Biochemistry. 71: 944-951

Dick, RP. 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40: 25-36

Doran, J.; Kettler, T.; Tsivou, M. 1997. *Field and Laboratory Soil Test Evaluation*, USDA-ARS, Department of Agronomy, University of Nebraska, Lincoln. 6 p.

Elmajdoub, B. & Marschner, P. 2015. Response of microbial activity and biomass to soil salinity when supplied with glucose and cellulose. *Journal of soil science and plant nutrition*. 15(4), 816-832.

Eldor, P. 2016. The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 98, Pag 109-126.

FAO Land and Water Development Division. (24 de diciembre del 2019). *Irrigation Water Management: Irrigation Methods. Training manual N°5*. <http://www.fao.org/3/S8684E/s8684e0a.htm>

Ferré, A. & Warrick, A. 2005. Infiltration. *Encyclopedia of Soil in the Environment*. Pag. 254-260.

Ferrera, R. & Alarcón, A. 2007. *Microbiología agrícola. Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo*. Editorial Trillas. México.

Fraç, M.; Hannula, S.; Belka, M.; Jędrzycka, M. 2018. Fungal Biodiversity and their role in soil Health. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707>. 9 p.

García, M.; Treto, E.; Alvarez, M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. I. Estudio comparativo de diferentes especies. *Cultivos tropicales*. Volumen 21. Núm 1. Pag 5-11. Cuba.

Gee, G. & Bauder, J. 1986. Particle-size análisis in *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods*, ed A. Klute (Madison, WI: American Society of Agronomy-Soil Science Society of America), 383-411.

Ghanshyam P.; Tatung, S.; Kishan, R.; Sudhir, S. 2019. (02 de enero del 2029). Estimation of infiltration rate from soil properties using regression model for cultivated land, *Geology Ecology and Landscapes*. 3:1, 1-13. doi: 10.1080/24749508.2018.1481633.

Ghorbani-Nasrabadi R.; Greiner, R.; Alikhani, H.; Hamed, J.; Yakhchali, B. 2013. Distribution of actinomycetes in different soil ecosystems and effect o media composition on extracelular phosphatase activity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 13(1), 223-236.

Gorlach-Lira, K. & Coutinho, H. 2007. Population dynamics and extracelular enzymes activity of mesophilic and thermophilic bacteria isolated from semi-arid soil of Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 38, n.1, pp. 135-141 <https://doi.org/10.1590/S1517-83822007000100028>.

Grigera, M.; Drijber, R.; Eskridge, K.; Wienhold, B. (2006). Soil microbial biomass relationships with organic matter fractions in a Nebraska corn field mapped using apparent electrical conductivity. *Soil Science Soc. Am. J.* 0:1480-1488. doi:10.2136/sssaj2005.0331

Guerrero, E. 2001. Evaluación del sistema de riego por gravedad en el fundo Don German. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrícola. UNALM. Lima- Perú. 72 pag.

Halvorson, J.; Gonzales, J.; Hagerman, A.; Smith, J. 2009. Sorption of tannin and related phenolic compounds and effects on soluble-N in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 41, Issue 9. Pages 2001-2010.

Harvey, S. & Sams E. 2000. Effects of Allyl Isothiocynate on Mycelial Growth from germinating Sclerotia of *Sclerotinia rolfsii*. *HortScience*. Journal 35:462.

Hinsinger, P.; Bengough, AG.; Vetterlein, D.; Young, IM. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant Soil*. 321:117-52.

Hoorman, J. 2016. (01 de octubre del 2019). Role of soil Bacteria. Ohio State University Extension. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-36>

Hoorman, J. J.; Islam R.; Sundermeier, A. 2009. (04 de enero del 2020). Sustainable crop rotations with cover crops. Ohio State University, Extension, Fact Sheet Agriculture and Natural Resources, SAG-9-09. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/SAG-16>

Hu, P.; Hollister, E.; Somenahally, A.; Hons F.; Gentry, T. 2014. Soil bacterial and fungal communities respond differently to various isithiocyanates added for bioumigation. *Frontiers in Microbiology*. Vol 5.

Hurtado, L. 2003. Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y prácticas. PRONAMACHCS. Segunda edición. Perú. 732 p.

Ibarra, C. 2010. Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de Chinampa y su efecto en plantas de interés agrícola. Tesis de Maestría en Ciencias. 51 Departamento de Microbiología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México. 85 p.

Ingham, E. 2009. Natural Resources Conservation Service Soils-USDA. (23 de diciembre del 2019)
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/biology/?cid=nrcs142p2_053867

Jung, W.; Kitchen, N.; Sudduth, K.; Kremer, R.; Motavalli, P. 2005. Relationship of Apparent Soil Conductivity to Claypan Soil Properties. *Soil Society of America Journal*. 69:883-892.

Kennedy, A.C. & Papendick, R.I. 1995. Microbial characteristics of soil quality. *J. Soil Water Conserv.* 50:243–248.

Kloepper, J. W. & Schroth, M. N. 1978. Plant growth- promoting rhizobacteria on radishes. In: *Proceedings of the fourth international conference on plant pathogenic bacteria*, INRA. Angers (Francia) 2: 879- 882.

Krebs, L. 2003. (01 de marzo del 2012). Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura (en línea). Guayaquil, Ecuador. <http://www.cinvestav.mc/publicaciones/avayper/sepoct02/ACTIVIDAD.pdf>. 67 p.

Kobus-Cisowska, J.; Szymanowska, D.; Marek, O.; Gramza-Michalowska, A.; Kmiecik, D.; Kulczynski, B.; Szulc, P.; Górnas, P. 2019. Composition of polyphenols of asparagus Spears (*Asparagus officinalis*) and their antioxidant potencial. Ciencia Rural, Santa Maria, V.49:04, e20180863.

Kyungjin, M.; Freeman, C.; Hojeong, K.; Sung-Uk, C. 2015. The regulation by phenolic compounds of soil organic matter dynamics under a changing environment. BioMed Research International. 11 pp- <http://dx.doi.org/10.1155/2015/825098>

Lee, K. E. & C. E. Pankhurst. 1992. Soil organisms and sustainable productivity. Aust. J. Soil Res. 30: 855-892.

Li, Xgang, Zhang, TL.; Wang XX, Hua, K.; Zhao, L.; Han, ZM. 2013. (04 de enero del 2020). The composition of root exudates from two different resistant peanut cultivars and their effects on the growth of soil-borne pathogen. International Journal of Biological Sciences. 9(2): 164-173. doi: 10.7150/ijbs.5579

Linn, D.M. & J.W. Doran. 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1267–1272.

Lynch, J. & Whipps, J. 1990. Substrate flow in the rhizosphere. Plant and Soil. 129:1-10.

Lord, JS.; Lazzeri, L.; Atkinson, HJ.; Urwin, PE. 2011. Biofumigation for control of pale potato cyst nematodes: activity of brassica leaf extracts and green manures on *Globodera pallida* in vitro and in soil. Journal of agricultural and food chemistry. 59(14): 7882-90. doi: 10.1021/jf200925k.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Germany. 889 pages. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02402-7>

Marschner, P. & Rengel, Z. 2007. The role of crop residues in improving soil fertility. Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. Pages 93-121. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68027-7>

Mazzola, M.; Granatstein DM.; Elfving, DC.; Mullinix K. 2001. Suppression of specific apple root pathogens by Brassia napus seed meal amendment regardless of glucosinolate content. Phytopathology. 91(7): 673-679.

Mazzola, M.; Brown, J.; Zhao, X.; Izzo, AD.; Fazio, G. 2009. Interaction of brassicaceous seed meal and apple rootstock on recovery of *Pythium* spp. And *Pratylnchus penetrans* from roots grown in replant soil. Plant disease. 93(1):51-57.

McCully, M. & Canny, M. 1985. Localisation of translocated ¹⁴C in roots and root exudates of field-grown maize. Physiologia Plantarum. Volume 65, Issue 4.

Mayz-Figueroa, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. Revista UDO Agrícola. 4(1): 1-20.

Mentges, M.; Reichert, J.; Rodrigues, M.; Awe, G.; Mentges, L. 2016. Capacity and intensity soil aeration properties affected by granulometry, moisture, and structure in no-tillage soils. Geoderma 263. 47-59.

Mitidieri, M.; Brambilla, V.; Saliva, V.; Piris. M.; Celié, R.; Pereyra, C.; Del Pardo, K.; Chaves, E; Gonzáles, J. 2008. Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate y lechuga bajo cubierta. Horticultura Argentina. 28 (67).

Mitra, S.; Aulakh, M. S.; Wassmann, R.; Olk, D. C. 2005. Triggering of methane production in Rice Soils by roots exudates: Effects of soil properties and crop Management. Soil Science Society of America Journal. 69: 563-570.

Molisch, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathie. Verlag: Gustav Fischer. Jena universität. 106 s.

Muñoz, V.; Alvarez, J.; Adedegbega, E. 2012. Gestión y conservación de aguas y suelos. Universidad Nacional de educación a distancia. España. 532 p.

Nazir, T.; Uniyal, A. K.; Todaria, N. P. 2007. Allelopathic behavior of three medicina plant species on traditional agricultura crops of Garhwal Himalaya, India. *Agroforest. Sys.*, 69: 183-187.

Neher, D. A. 2010. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual Review of Phytopathology*. Vol. 48:371-394

Oades, J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma* 56:377–400.

Omuto, C. 2008. Assessment of soil physical degradation in Eastern Kenya by use of a sequential soil testing protocol. *Agricultural, Ecosystems and Enviroment*. Volume 128, Issue 4. Pag 199-211.

Osman, K. 2014. Physical deterioration of soil. *Soil Degradation, Conservation and Remediation*. 237 p. doi: 10.1007/978-94-007-7590-9

Pastor, J.; Bernal, V.; Salvador, M.; Argandoña, M.; Vargas, C.; Csonka, L.; Sevilla, A.; Iborra, J.; Nieto, J.; Cánovas M. 2013. (02 de enero del 2020). Role of Central Metabolism in the Osmoadaptation of the Halophilic Bacterium *Chromohalobacter salexigens*. *Journal of Biological Chemistry*. doi: 10.1074/jbc.M113.470567.

Qi Fei.; Zhang, R.; Liu, X.; Niu, Y.; Zhang, H.; Li, H.; Li, J; Wang, B.; Zhang, G. 2018. Soil particle size distribution charateristics of different landuse types in the Funiu mountainous región. *Soil and Tillage Research*. Volume 184. Pag 45-51.

Ribas, A. & Thomas, T. 1997. Fate of Allelochemicals in the soil. *Ciencia Rural, Santa María*. 27: 351-357.

Rice, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd Ed. Orlando. Editorial Academic Press 422 pp.

Ruiz, D.; Martinez, J.; Figueroa, A. 2015. Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña. *Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial*. Vol 13 N° 1 pag 129-136.

Shah, S. & Shah, Z. 2011. Changes in soil microbial characteristics with elevated salinity. *Journal Article*. Volume: 27. Issue 27. Pag 233-244.

Smith, S. & Read, D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Edition. Editor Academic Press. Amsterdam. 800 pages. ISBN-13: 978-0123705266

Smercina, D.; Evans, S.; Friesen, M.; Tiemann, L. 2019. To fix or not to fix: Controls on free-living nitrogen fixation in the rhizosphere. *American Society for Microbiology*. Volume 85. Issue 6. 15 pag.

Smith, J.L. 1994. Cycling of nitrogen through microbial activity. In J.L. Hatfield and B.A. Stewart (ed.) *Soil biology: Effects on soil quality*. Adv. Soil Sci., Lewis Publ., Boca Raton, FL. p. 91–120.

Sommerville, D. 2004. Phosphorus fertilization: effects on asparagus yield, and soil microbial parameters. Thesis for degree of Master of Science. Canada. 86 p.

Srivastava, J. & Ghatak, A. 2017. Biofumigation: A control method or the soil-borne diseases. *International Journal of Plant Protection*. Volume 10. Issue 2. Pag. 453-460.

Sultana, N.; Ikeda, T.; Itoh, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*. Volume 42. Issue 3. Pages 221-220. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(99\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(99)00035-0)

Ugás, R.; Siura, S.; Delgado de la Flor, F.; Casas, A.; Toledo J. 2000. *Datos Básicos de Hortalizas*. Programa de Hortalizas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 202 p.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la Calidad y Salud del suelo. Departamento de Agricultura. Servicio de investigación agrícola. Instituto de calidad de suelos.

Walker, T.; Pal, H.; Grotewold, E.; Vivanco, J. 2003. Root Exudation and Rhizosphere Biology. American Society of Plant Biologist. Vol. 132.

Webb, G. 2019. (10 de setiembre del 2019). Bacterias fijadoras de nitrógeno en cultivos agrícolas, una realidad actual. AMecological Desarrollo Biosustentable. <https://www.yumpu.com/es/document/view/10638118/bacterias-fijadoras-de-nitrogeno-en-cultivos-agricolas-am-ecological>

White, Ch. & Barbercheck, M. 2017. (29 de octubre del 2019) Managing Soil Health: Concepts and Practices. Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/managing-soil-health-concepts-and-practices>

White, Ch. & Weil, R. 2011. Forage radish cover crops increase soil test phosphorus surrounding radish taproot holes. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 75. Pag 121-130.

V. ANEXOS

ANEXO 1: PRUEBA DE LEVENE Y PRUEBA DE BROWN-FORSYTHE PARA HOMOGENEIDAD DE VARIANCIA DE LOS LOTES EVALUADOS.

ANEXO 1.1. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de C.E. en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	7.1350	1.1580	0.6790	1.3230	6.8830	**	1.8160
Error	46	1.9230	3.1970	2.5290	1.0150	0.6460		0.7800

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.2. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de C.E. en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	3.658	0.172	382	0.708	6.962	**	0.496
Error	46	4.14	5.652	3.161	1.641	0.847		1.287

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.3. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de acidez en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	0.0190	0.0540	0.0310	0.0014	0.0260		0.0100
Error	46	0.0110	0.0270	0.0260	0.0081	0.0240		0.0120

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.4. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de acidez en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote	1	0.0147	0.0550	0.0310	0.0015	0.0240	0.0090
Error	46	0.0120	0.0270	0.0290	0.0140	0.0350	0.0120

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.5. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de fósforo asimilable en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	0.0300	19.0220	27.3010	18.0070	192.0000	**	2.1750
Error	46	3.7640	23.5460	17.2780	15.8890	8.7460		2.0420

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.6. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de fósforo asimilable en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	0.0030	19.3800	30.8800	37.1010	125.1000	*	2.1670
Error	46	5.6310	23.6710	18.3330	25.6010	23.0200		2.4680

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.7. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de % de materia orgánica en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios						
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	
Lote	1	0.00009	0.00021	0.00002	0.00003	0.0004	*	0.0001
Error	46	0.00006	0.00009	0.0001	0.00004	0.0001		0.0001

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.8. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de % de materia orgánica en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote	1	0.0001	0.0002	0.00001	0.00003	0.0003	0.0001
Error	46	0.0001	0.0001	0.0001	0.00004	0.0001	0.0001

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.9. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote	1	0.0017	0.00002	0.017	0.0000003	0.0007 **	0.0018 *
Error	46	0.0007	0.0006	0.006	0.0001	0.0001	0.0004

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.10. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote	1	0.0017	0.0001	0.0129	0.0000001	0.0007 *	0.0017 *
Error	46	0.0008	0.0008	0.00698	0.000136	0.0001	0.0004

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.11. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios		
		ago-10	ene-11	abr-11
Lote	1	0.016	0.685 *	0.101
Error	46	0.004	116	0.027

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.12. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios		
		ago-10	ene-11	abr-11
Lote	1	0.022	0.687 *	0.094
Error	46	0.008	0.118	0.033

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.13. Valores de prueba de Levene para homogeneidad de la variancia de evaluaciones de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios		
		ago-10	ene-11	abr-11
Lote	1	0.141 **	0.336	1.139
Error	46	0.005	0.683	0.435

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 1.14. Valores de prueba de Brown-Forsythe para homogeneidad de la variancia de bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) en los lotes: Ancash (2.00 mmhos) y Bolognesi (10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios		
		ago-10	ene-11	abr-11
Lote	1	0.113 *	0.336	0.951
Error	46	0.016	0.763	0.517

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARANCIA DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

Anexo 2.1. ANOVA de las evaluaciones de C.E. de los tratamientos en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	23.69	**	50.27	**	22.51	**	10.72	**	10.55	**	7.74	**
Bloque	4	2.59		0.02		0.01		0.04		0.12		0.02	
Error	7	2.80		0.17		0.04		0.01		0.11		0.02	
Total	7												
CV(%)		30.433		5.525		3.829		2.255		6.269		3.870	
Promedio		5.499		7.370		5.511		4.943		5.168		4.137	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.2. ANOVA de las evaluaciones de C.E. de los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	13.11	**	53.31	**	11.63	**	7.47	**	3.10	**	4.04	**
Bloque	4	2.11		0.28		0.47		0.02		0.06		0.02	
Error	7	0.89		0.21		0.23		0.04		0.07		0.03	
Total	7												
CV(%)		14.966		4.885		6.458		3.400		5.552		3.836	
Promedio		6.294		9.324		6.790		5.773		4.770		4.381	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.3. ANOVA de las evaluaciones de pH de los tratamientos en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	0.1120	**	0.0990	**	0.1640	**	0.1090	**	0.0980	**	0.1310	**
Bloque	4	0.0004		0.0040		0.0010		0.0002		0.0003		0.0020	
Error	7	0.0046		0.0041		0.0022		0.0036		0.0020		0.0014	
Total	7												
CV(%)		1.038		0.976		0.722		0.927		0.734		0.574	
Promedio		6.538		6.599		6.573		6.493		6.557		6.550	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.4. ANOVA de las evaluaciones de pH de los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	0.024	*	0.290	**	0.224	**	0.098	**	0.282	**	0.075	**
Bloque	4	0.015		0.004	*	0.010		0.001		0.001		0.002	
Error	7	0.007		0.001		0.006		0.001		0.007		0.002	
Total	7												
CV(%)		1.262		0.503		1.129		0.481		0.415		0.737	
Promedio		6.712		6.464		6.694		6.705		6.642		6.748	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.5. ANOVA de las evaluaciones de fósforo asimilable de los tratamientos en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	13.4543		118.889	**	70.8150	**	187.435	**	27.8118	**	9.4340	**
Bloque	4	8.2079		7.553		7.3613		7.929		5.1979		5.2329	
Error	7	9.7613		18.269		11.7870		4.087		3.9022		1.9624	
Total	7												
CV(%)		18.634		14.041		15.623		7.939		15.161		9.503	
Promedio		16.767		30.442		21.975		25.463		13.029		14.742	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.6. ANOVA de las evaluaciones de fósforo asimilable de los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios											
		nov-10		dic-10		ene-11		feb-11		mar-11		abr-11	
Tratamiento	1	21.714	**	112.290	*	178.038	**	164.026	**	182.706	**	14.226	*
Bloque	4	7.625		55.145		7.639		22.820		7.693		15.714	*
Error	7	4.430		34.031		16.674		32.470		7.392		4.135	
Total	7												
CV(%)		14.483		17.490		13.527		18.737		14.891		15.918	
Promedio		14.483		33.354		30.188		30.413		18.258		12.775	

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.7. ANOVA de las evaluaciones de % de materia orgánica de los tratamientos en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Tratamiento	1	0.00040	0.00090 **	0.00040 **	0.00030 *	0.00080 **	0.00060 **
Bloque	4	0.00006	0.00006	0.00001	0.00003	0.00002	0.00004
Error	7	0.00010	0.00010	0.00008	0.00006	0.00020	0.00010
Total	7						
CV(%)		13.154	12.441	10.013	8.554	17.848	12.243
Promedio		0.848	0.893	0.796	0.908	0.609	0.845

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 2.8. ANOVA de las evaluaciones de % de materia orgánica de los tratamientos en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Tratamiento	1	0.00030 *	0.00020	0.00050	0.00010	0.00030 **	0.00030 *
Bloque	4	0.00020	0.00008	0.00008	0.00001	0.00001	0.00036 *
Error	7	0.00010	0.00017	0.00020	0.00059	0.00010	0.00007
Total	7						
CV(%)		12.192	14.302	18.540	9.168	11.644	11.148
Promedio		0.643	0.861	0.702	0.708	0.537	0.614

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 3: ANÁLISIS DE VARANCIA DE LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.

Anexo 3.1. ANOVA de las evaluaciones de respiración microbiana (mg CO₂. g de suelo⁻¹ . día⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Tratamiento	1	0.0014	0.0026	0.0049	0.0006	0.0008 **	0.0015 **
Bloque	4	0.0014	0.0004	0.0009	0.00001	0.0009 *	0.0012 *
Error	7	0.0015	0.0014	0.0048	0.0002	0.0002	0.0003
Total	7						
CV(%)		22.882	36.073	28.719	6.906	11.577	10.865
Promedio		0.031	0.012	0.062	0.052	0.014	0.024

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 3.2. ANOVA de las evaluaciones de Respiración microbiana (mg CO₂. G de suelo⁻¹.día⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Tratamiento	1	0.0015	0.0047 **	0.0381 *	0.0005	0.0001	0.0033 **
Bloque	4	0.0019	0.0005	0.0059	0.00005	0.0002	0.0005
Error	7	0.0029	0.0009	0.0117	0.0003	0.0001	0.0007
Total	7						
CV(%)		37.014	15.471	33.782	6.250	10.406	25.527
Promedio		0.024	0.038	0.121	0.065	0.014	0.012

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 3.3. ANOVA de las evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Tratamiento	1	0.215	0.282 **
Bloque	4	0.398	0.122 *
Error	7	0.242	0.027
Total	7		
CV(%)		6.577	2.652
Promedio		55077500.0	2248750.0

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 3.4. ANOVA de las evaluaciones de organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Tratamiento	1	1.306 **	0.774
Bloque	4	0.130	0.029
Error	7	0.260	0.036
Total	7		
CV(%)		6.671	2.977
Promedio		151631791.7	2460833.3

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 3.5. ANOVA de las evaluaciones de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Tratamiento	1	2.467	0.640
Bloque	4	0.763	0.627
Error	7	1.103	0.601
Total	7		
CV(%)		33.867	28.342
Promedio		3876923.6	2470.6

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 3.6. ANOVA de las evaluaciones de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Tratamiento	1	1.320	* 2.019
Bloque	4	2.710	* 0.740
Error	7	0.418	1.641
Total	7		
CV(%)		15.127	39.463
Promedio		986722.1	639844.5

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 4: ANÁLISIS DE VARIANCA COMBINADO DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

Anexo 4.1. Análisis de varianca combinado para C.E.

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote(L)	1	7.576	45.806 **	19.635 **	8.275 **	1.904 *	0.715 **
Bloque /L	4	2.351	0.154	0.240	0.030	0.092	0.022
Tratamiento(T)	7	29.596 **	57.369 **	12.475 **	14.971 **	10.336 **	10.108 **
TxL	7	7.201 **	46.208 **	21.664 **	3.215 **	3.316 **	1.672 **
Error conjunto	28	1.844	0.187	0.118	0.025	0.088	0.027
Total	47						
CV(%)		23.029	5.175	5.594	2.979	5.954	3.853
Promedio		5.897	8.347	6.150	5.358	4.969	4.259

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 4.2. Análisis de varianca combinado para acidez.

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote(L)	1	0.364 **	0.217 **	0.178 **	0.540 **	0.087 **	0.466 **
Bloque /L	4	0.008	0.005	0.006	0.0003	0.001	0.002
Tratamiento(T)	7	0.040 **	0.249 **	0.301 **	0.119 **	0.273 **	0.136 **
TxL	7	0.096 **	0.141 **	0.087 **	0.087 **	0.107 **	0.069 **
Error conjunto	28	0.006	0.003	0.004	0.002	0.002	0.002
Total	47						
CV(%)		1.158	0.781	0.951	0.732	0.594	0.663
Promedio		6.624	6.531	6.633	6.599	6.599	6.649

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 4.3. Análisis de varianca combinado para fósforo asimilable.

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote(L)	1	59.85	101.79	809.34 **	294.03 *	328.13 **	46.41
Bloque /L	4	7.92	31.35	7.50	15.37	6.45	10.47 *
Tratamiento(T)	7	16.80 *	131.19 **	87.56 **	141.03 **	131.56 **	9.64 *
TxL	7	18.37 *	99.99 **	161.30 **	210.43 **	78.96 **	14.02 **
Error conjunto	28	7.10	26.15	14.23	18.28	5.65	3.05
Total	47						
CV(%)		17.021	16.032	14.464	15.303	15.190	12.691
Promedio		15.650	31.898	26.081	27.938	15.644	13.758

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 4.4. Análisis de variancia combinado para % de materia orgánica.

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote(L)	1	0.0016 *	0.00001	0.0005 *	0.0014 **	0.0001 *	0.0021 *
Bloque /L	4	0.0001	0.0001	0.00004	0.00002	0.00001	0.0002
Tratamiento(T)	7	0.0005 **	0.0006 **	0.0002	0.0003 **	0.0008 **	0.0006 **
TxL	7	0.0001	0.0005 *	0.0007 **	0.0001	0.0003 *	0.0002
Error conjunto	28	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
Total	47						
CV(%)		12.777	13.396	14.613	8.845	15.212	11.830
Promedio		0.085	0.093	0.085	0.089	0.074	0.084

* Significancia

ANEXO 5: ANÁLISIS DE VARIANCIA COMBINADO DE LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.

al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 5.1. Análisis de variancia combinado para respiración microbiana (mg CO₂. g de suelo⁻¹. día⁻¹).

FV	GL	Cuadrados medios					
		nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11
Lote(L)	1	0.0009	0.0035 **	0.0285 *	0.0004	0.0004	0.0008
Bloque /L	4	0.0019	0.0007	0.0094	0.0003	0.0002	0.0005
Tratamiento(T)	7	0.0076	0.0899 **	0.0764 **	0.0078 **	0.0000	0.0266 **
TxL	7	0.0020	0.0038 *	0.0145	0.0007 **	0.0004	0.0040 **
Error conjunto	28	0.0025	0.0013	0.0060	0.0002	0.0002	0.0006
Total	47						
CV(%)		31.218	24.934	27.496	5.235	11.990	18.644
Promedio		0.159	0.146	0.281	0.241	0.116	0.129

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 5.2. Análisis de variancia combinado para organismos mesófilos totales (UFC / g de suelo seco).

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Lote(L)	1	0.3379	0.1005
Bloque /L	4	0.2640	0.0755
Tratamiento(T)	7	0.5898	0.2195 **
TxL	7	0.9309 **	0.1396 **
Error conjunto	28	0.2507	0.0316
Total	47		
CV(%)		6.626	2.821
Promedio		7.557	6.298

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

Anexo 5.3. Análisis de variancia combinada para bacterias Fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos / g de suelo seco) bajo el modelo anidado.

FV	GL	Cuadrados medios	
		ene-11	abr-11
Lote(L)	1	16.483 *	3.140
Bloque /L	4	1.736	0.684
Tratamiento(T)	7	1.671	0.493
TxL	7	2.116 *	2.165
Error conjunto	28	0.760	1.121
Total	47		
CV(%)		23.649	35.404
Promedio		3.687	2.99

* Significancia al 0.05 de probabilidad; ** Significancia al 0.01 de probabilidad

ANEXO 6: VALORES DE ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO.

Anexo 6.1. Valores de la C.E. del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	9.01	10.31
	2	9.89	14.7
	3	9.77	10.09

**Anexo 6.2. Valores de la C.E. de los tratamientos evaluados en el lote Ancash
(C.E.=2.00 mmhos).**

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	3.43	4.94	3.99	7.45	2.85	3.01	3.24	10.39
nov-10	2	3.30	5.03	3.46	7.79	3.01	2.96	12.59	10.26
nov-10	3	3.39	4.93	3.81	7.10	3.25	2.90	8.05	10.86
dic-10	1	4.86	8.72	8.61	10.16	3.95	3.27	4.32	14.94
dic-10	2	4.00	9.75	8.47	8.96	4.09	3.29	4.57	15.48
dic-10	3	3.84	9.52	9.00	9.50	4.40	3.28	4.63	15.28
ene-11	1	3.47	5.83	5.27	4.89	3.60	3.83	5.07	12.20
ene-11	2	3.49	6.39	5.77	4.75	3.44	3.77	5.19	11.56
ene-11	3	3.37	5.85	5.28	4.97	3.61	3.64	5.16	11.86
feb-11	1	3.85	6.05	5.79	4.36	3.71	3.46	3.49	8.82
feb-11	2	4.02	6.14	5.73	4.47	3.54	3.51	3.66	9.02
feb-11	3	3.69	6.12	5.38	4.31	3.66	3.53	3.38	8.93
mar-11	1	3.25	6.79	5.00	6.24	3.90	3.61	4.26	8.96
mar-11	2	3.30	6.86	5.29	5.93	3.83	3.52	3.93	9.18
mar-11	3	3.31	6.81	5.60	5.63	3.77	3.31	4.04	7.72
abr-11	1	3.31	5.26	3.38	3.78	2.85	3.72	3.09	8.06
abr-11	2	3.27	5.31	3.32	3.77	2.84	3.66	3.23	7.23
abr-11	3	3.23	5.24	3.39	3.89	2.88	3.55	3.27	7.75

**Anexo 6.3. Valores de la C.E. de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi
(C.E.=10.00 mmhos).**

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
ago-10	1	10.31	10.31	10.31	10.31	10.31	10.31	10.31	10.31
ago-10	2	14.70	14.70	14.70	14.70	14.70	14.70	14.70	14.70
ago-10	3	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09
nov-10	1	4.24	4.02	4.50	7.50	7.02	8.24	7.12	12.00
nov-10	2	4.67	3.96	4.43	8.25	5.97	8.66	4.56	9.46
nov-10	3	4.86	4.41	4.17	5.52	5.43	6.17	6.26	9.64

Continuación...

dic-10	1	5.57	4.83	6.22	5.44	14.61	8.35	13.42	14.59
dic-10	2	6.02	4.88	6.65	6.28	15.13	8.59	11.72	15.44
dic-10	3	6.02	5.03	6.65	6.92	15.03	8.74	12.40	15.25
ene-11	1	11.08	8.19	6.24	6.47	8.21	5.03	4.12	6.17
ene-11	2	10.87	6.83	6.07	7.75	8.14	5.31	4.35	6.04
ene-11	3	9.93	6.95	5.51	6.22	7.98	5.17	4.21	6.12
feb-11	1	5.41	5.15	4.31	6.47	6.49	4.03	5.20	8.63
feb-11	2	5.58	5.30	4.13	6.46	6.18	3.89	5.48	9.41
feb-11	3	5.46	5.64	4.20	6.35	6.49	3.98	5.32	8.99
mar-11	1	4.66	4.98	3.77	6.65	4.44	4.17	3.48	5.25
mar-11	2	4.56	4.77	3.95	6.72	4.71	4.17	3.67	5.83
mar-11	3	4.47	4.73	4.12	6.47	4.76	4.07	3.52	6.56
abr-11	1	4.36	3.89	3.67	4.55	4.08	3.22	4.62	7.13
abr-11	2	4.73	3.73	3.62	4.54	3.97	3.03	4.47	6.70
abr-11	3	4.91	3.87	3.48	4.55	3.91	2.96	4.18	6.97

ANEXO 7: VALORES DE ACIDEZ DEL SUELO

Anexo 7.1. Valores de pH del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	6.67	6.63
	2	6.65	6.89
	3	6.36	6.54

Anexo 7.2. Valores de pH de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	6.60	6.44	6.60	6.46	6.73	6.56	6.74	6.11
nov-10	2	6.59	6.48	6.69	6.49	6.79	6.58	6.66	6.07
nov-10	3	6.63	6.52	6.58	6.47	6.54	6.57	6.83	6.17
dic-10	1	6.55	6.83	6.71	6.76	6.35	6.65	6.50	6.29
dic-10	2	6.61	6.88	6.77	6.65	6.44	6.55	6.55	6.28
dic-10	3	6.80	6.85	6.77	6.63	6.46	6.59	6.62	6.28
ene-11	1	6.76	6.72	6.67	6.69	6.52	6.57	6.55	6.08
ene-11	2	6.72	6.72	6.68	6.76	6.45	6.56	6.60	5.98
ene-11	3	6.72	6.86	6.64	6.80	6.52	6.56	6.52	6.09
feb-11	1	6.65	6.18	6.57	6.61	6.60	6.41	6.72	6.25
feb-11	2	6.81	6.18	6.61	6.49	6.49	6.44	6.68	6.23
feb-11	3	6.66	6.22	6.65	6.60	6.56	6.33	6.60	6.29
mar-11	1	6.77	6.70	6.78	6.57	6.57	6.41	6.37	6.34
mar-11	2	6.78	6.70	6.70	6.65	6.57	6.41	6.33	6.3
mar-11	3	6.82	6.70	6.65	6.72	6.45	6.40	6.37	6.3
abr-11	1	6.58	6.87	6.77	6.57	6.50	6.39	6.61	6.27
abr-11	2	6.59	6.89	6.75	6.58	6.46	6.27	6.61	6.18
abr-11	3	6.57	6.89	6.73	6.53	6.47	6.27	6.55	6.31

Anexo 7.3. Valores de pH de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	6.64	6.83	6.75	6.60	6.59	6.70	6.55	6.63
nov-10	2	6.72	6.82	6.74	6.62	6.84	6.73	6.52	6.86
nov-10	3	6.56	6.82	6.67	6.63	6.78	6.87	6.68	6.93
dic-10	1	6.97	6.33	6.47	6.47	6.62	6.66	6.52	5.90
dic-10	2	7.00	6.24	6.40	6.36	6.63	6.61	6.44	5.90

Continuación...

dic-10	3	7.00	6.28	6.40	6.43	6.54	6.63	6.44	5.90
ene-11	1	6.56	6.76	6.76	6.92	6.45	6.76	7.15	6.52
ene-11	2	6.52	6.67	6.76	6.96	6.44	6.72	7.11	6.25
ene-11	3	6.53	6.68	6.76	6.96	6.41	6.76	7.15	6.10
feb-11	1	6.91	6.91	6.75	6.45	6.60	6.79	6.83	6.41
feb-11	2	6.87	6.87	6.72	6.48	6.59	6.84	6.79	6.41
feb-11	3	6.87	6.91	6.72	6.57	6.64	6.82	6.76	6.41
mar-11	1	6.72	7.00	6.72	6.52	6.72	6.80	6.72	5.91
mar-11	2	6.72	7.00	6.76	6.53	6.73	6.76	6.72	6.02
mar-11	3	6.66	7.00	6.72	6.49	6.72	6.76	6.76	5.94
abr-11	1	6.74	6.95	6.73	6.52	6.79	6.96	6.84	6.48
abr-11	2	6.68	6.96	6.73	6.49	6.76	6.97	6.88	6.62
abr-11	3	6.73	6.93	6.73	6.50	6.66	6.82	6.87	6.60

ANEXO 8: VALORES DE PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA DEL SUELO

Anexo 8.1. Valores de % de materia orgánica del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	0.78	0.8
	2	0.69	0.93
	3	0.71	0.87

Anexo 8.2. Valores de % de Materia orgánica de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	0.75	1.23	0.82	0.61	0.61	1.02	0.55	0.75
nov-10	2	1.23	0.96	1.02	1.02	0.89	0.61	0.48	0.55
nov-10	3	1.09	1.30	1.23	1.09	0.55	0.48	0.75	0.75

Continuación...

dic-10	1	0.96	1.43	1.23	1.02	0.61	0.75	0.75	0.75
dic-10	2	0.82	1.71	0.75	1.09	0.82	0.68	0.41	0.55
dic-10	3	0.89	1.57	0.61	1.30	1.09	0.55	0.27	0.82
ene-11	1	0.68	1.23	1.09	0.89	0.41	0.75	0.61	0.75
ene-11	2	1.02	0.82	1.37	0.75	0.48	0.68	0.61	0.75
ene-11	3	0.61	1.16	0.89	0.96	0.55	0.61	0.82	0.61
feb-11	1	1.57	1.02	0.89	0.75	0.68	0.75	0.75	0.75
feb-11	2	0.96	1.30	1.02	0.96	0.75	0.75	0.96	0.89
feb-11	3	0.89	1.30	0.89	0.96	0.61	0.75	0.75	0.89
mar-11	1	0.14	0.34	1.03	0.62	0.69	0.48	0.90	0.83
mar-11	2	0.28	0.34	1.17	0.76	0.69	0.55	0.83	0.34
mar-11	3	0.55	0.34	0.90	0.62	0.69	0.14	0.55	0.83
abr-11	1	1.16	1.16	0.96	0.96	0.75	0.68	0.75	0.48
abr-11	2	1.09	0.96	0.89	0.75	0.48	0.68	0.61	0.82
abr-11	3	1.43	1.16	1.23	0.89	0.89	0.48	0.27	0.75

Anexo 8.3. Valores de % de Materia orgánica de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	0.75	0.61	1.02	0.68	0.68	0.75	0.61	0.68
nov-10	2	0.75	0.82	0.82	0.61	0.82	0.34	0.48	0.31
nov-10	3	0.75	0.82	0.75	0.48	0.55	0.55	0.61	0.20
dic-10	1	0.68	0.55	1.30	0.75	1.30	0.75	0.75	0.61
dic-10	2	1.09	1.23	0.75	0.82	0.82	1.09	0.68	0.89
dic-10	3	0.75	0.89	0.96	0.61	0.75	1.43	0.61	0.61
ene-11	1	0.48	0.75	0.75	0.27	0.82	0.68	0.75	0.75
ene-11	2	0.41	0.68	0.89	0.61	0.82	0.61	0.96	1.02
ene-11	3	0.41	0.07	0.68	0.75	0.82	0.89	0.96	1.02
feb-11	1	0.82	0.68	0.61	0.75	0.61	0.75	0.61	0.96

Continuación...

feb-11	2	0.89	0.96	0.68	0.61	0.75	0.55	0.55	0.68
feb-11	3	0.75	0.82	0.68	0.68	0.89	0.41	0.68	0.61
mar-11	1	0.48	0.48	0.41	0.62	0.69	0.21	0.76	0.55
mar-11	2	0.69	0.41	0.41	0.76	0.69	0.28	0.62	0.48
mar-11	3	0.28	0.69	0.62	0.69	0.69	0.34	0.55	0.48
abr-11	1	0.68	0.34	0.68	0.75	0.68	0.55	0.55	0.34
abr-11	2	0.68	0.55	0.68	0.89	0.61	0.20	0.41	0.34
abr-11	3	0.89	0.61	0.75	0.75	0.89	0.68	0.55	0.68

ANEXO 9: VALORES DE RESPIRACIÓN MICROBIANA

Anexo 9.1. Valores de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	0.133	0.037
	2	0.403	0.044
	3	0.457	0.071

Anexo 9.2. Valores de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	0.014	0.044	0.039	0.024	0.028	0.052	0.030	0.028
nov-10	2	0.030	0.022	0.028	0.047	0.025	0.041	0.033	0.041
nov-10	3	0.019	0.036	0.033	0.003	0.022	0.019	0.030	0.052
dic-10	1	0.016	0.019	0.006	0.012	0.005	0.003	0.037	0.016
dic-10	2	0.013	0.013	0.010	0.001	0.019	0.014	0.014	0.004
dic-10	3	0.014	0.019	0.005	0.001	0.018	0.018	0.013	0.001
ene-11	1	0.031	0.050	0.009	0.079	0.088	0.060	0.091	0.113
ene-11	2	0.013	0.075	0.031	0.069	0.047	0.044	0.066	0.101
ene-11	3	0.069	0.082	0.094	0.019	0.031	0.082	0.104	0.047

Continuación...

feb-11	1	0.049	0.052	0.060	0.065	0.059	0.036	0.050	0.048
feb-11	2	0.058	0.048	0.053	0.061	0.058	0.044	0.052	0.041
feb-11	3	0.055	0.058	0.052	0.052	0.048	0.035	0.054	0.069
mar-11	1	0.009	0.005	0.015	0.010	0.014	0.010	0.019	0.012
mar-11	2	0.006	0.009	0.013	0.014	0.012	0.015	0.020	0.014
mar-11	3	0.015	0.009	0.019	0.022	0.010	0.018	0.018	0.020
abr-11	1	0.023	0.025	0.029	0.026	0.032	0.020	0.015	0.006
abr-11	2	0.023	0.025	0.019	0.029	0.026	0.022	0.013	0.015
abr-11	3	0.036	0.045	0.029	0.029	0.026	0.022	0.019	0.019

Anexo 9.3. Valores de respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g de suelo}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
nov-10	1	0.039	0.025	0.006	0.019	0.036	0.021	0.010	0.032
nov-10	2	0.022	0.006	0.025	0.028	0.033	0.011	0.026	0.002
nov-10	3	0.014	0.008	0.014	0.039	0.017	0.044	0.033	0.062
dic-10	1	0.032	0.056	0.039	0.039	0.050	0.047	0.018	0.009
dic-10	2	0.026	0.045	0.040	0.065	0.031	0.065	0.031	0.022
dic-10	3	0.047	0.038	0.058	0.036	0.050	0.038	0.016	0.009
ene-11	1	0.050	0.038	0.050	0.094	0.075	0.226	0.563	0.069
ene-11	2	0.038	0.063	0.088	0.094	0.053	0.138	0.088	0.135
ene-11	3	0.031	0.053	0.104	0.113	0.063	0.446	0.148	0.088
feb-11	1	0.077	0.061	0.066	0.065	0.063	0.055	0.061	0.058
feb-11	2	0.085	0.072	0.068	0.058	0.050	0.083	0.057	0.057
feb-11	3	0.069	0.060	0.080	0.052	0.061	0.067	0.065	0.064
mar-11	1	0.019	0.014	0.009	0.019	0.014	0.010	0.013	0.013
mar-11	2	0.010	0.012	0.011	0.011	0.015	0.014	0.014	0.014
mar-11	3	0.016	0.014	0.017	0.013	0.015	0.011	0.017	0.014
abr-11	1	0.015	0.002	0.005	0.009	0.013	0.018	0.021	0.027
abr-11	2	0.002	0.006	0.008	0.004	0.012	0.029	0.004	0.021
abr-11	3	0.010	0.004	0.002	0.012	0.021	0.016	0.016	0.021

ANEXO 10: VALORES DE ORGANISMOS MESOFILOS TOTALES

Anexo 10.1. Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo⁻¹) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	1810000	1450000
	2	1010000	3500000
	3	1560000	2420000

Anexo 10.2. Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Rep	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
ene-11	1	250330000	9050000	40250000	16330000	31050000	42100000	18770000	151250000
ene-11	2	10240000	8200000	16310000	52020000	73500000	11300000	29380000	3050000
ene-11	3	27330000	8860000	25970000	197500000	37160000	10660000	1.41E+08	110750000
abr-11	1	3350000	2770000	2010000	3560000	3990000	4070000	3300000	340000
abr-11	2	3590000	960000	900000	1550000	1870000	4240000	1270000	280000
abr-11	3	2060000	1080000	780000	1840000	2060000	4260000	3010000	830000

Anexo 10.3. Valores de organismos mesófilos totales (UFC. g de suelo⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Rep	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
ene-11	1	19150000	536660000	14230000	9433000	30060000	27930000	2950000	732500000
ene-11	2	82500000	74500000	138500000	3350000	185050000	5500000	71550000	940050000
ene-11	3	10520000	210150000	18350000	3150000	312500000	17050000	50030000	143500000
abr-11	1	3800000	2680000	4280000	3760000	930000	3030000	2130000	1570000
abr-11	2	770000	2730000	4130000	2100000	3940000	2080000	1230000	930000
abr-11	3	1720000	3130000	3320000	2690000	2460000	2570000	1890000	1190000

ANEXO 11: VALORES DE BACTERIAS FIJADORES DE NITROGENO DE VIDA LIBRE

Anexo 11.1. Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo⁻¹) del muestreo de los lotes: Ancash (C.E.=2.00 mmhos) y Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos) previo a la instalación de los tratamientos.

Fecha de muestreo	Repetición	LOTE ANCASH	LOTE BOLOGNESI
ago-10	1	2100	15000
	2	3500	11000
	3	2300	4600

Anexo 11.2. Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Ancash (C.E.=2.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
ene-11	1	93000000	2100	1500	210	4300	750	200	110
ene-11	2	7500	750	930	74	230	7500	7500	92
ene-11	3	4300	430	4300	150	430	280	430	2100
abr-11	1	350	210	150	750	750	36	15000	36
abr-11	2	430	200	1200	150	3800	1500	1200	23000
abr-11	3	92	74	2300	74	2100	4300	1500	92

Anexo 11.3. Valores de bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre (Organismos. g de suelo⁻¹) de los tratamientos evaluados en el lote Bolognesi (C.E.=10.00 mmhos).

Fecha de muestreo	Repetición	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
ene-11	1	15000	2100000	3800	12000	21000000	9300	290000	43000
ene-11	2	3800	29000	7500	3800	15000	7500	21000	9300
ene-11	3	21000	43000	930	7500	16000	1500	15000	6400
abr-11	1	230	1600	930	38000	36	150	110	21000
abr-11	2	2100	110	150	15000000	750	7500	750	350
abr-11	3	110000	160000	7500	2100	2100	92	430	280

ANEXO 12: ANÁLISIS DE SUELO

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Campo							Arena	Limo	Arcilla			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
								%	%	%										
6762		7.21	13.86	0.50	0.5	41.0	169	64	28	8	Fr. A.	14.76	14.08	0.18	0.3	0.20	0	14.76	14.76	100

ANEXO 13: ANÁLISIS DE AGUA

Descripción	Muestreo	pH	C.E. (1.5/cm a 25°C)	NO ₃ - (meq/l)	SO ₄ - (meq/l)	HCO ₃ - (meq/l)	Cl- (meq/l)	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)
Agua de Riego	13-feb-09	7,69	5533	1,55	23,49	3,23	30,94	30,59	9,65	16,36	0,19
Agua de Riego	14-dic-09	7,97	3894	1,07	22,4	3,62	14,06	22,58	11,1	11,26	0,14

Descripción	Muestreo	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Agua de Riego	13-feb-09	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Agua de Riego	14-dic-09	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05