



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL



**“Exposición ácida del suelo e influencia sobre la microbiología y
crecimiento de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Ica, Perú-
2020”**

Mag. Carlos Alberto Cabrera Aparcana

Ica - Perú

2021

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ciencias naturales, ingeniería y Tecnología sostenible.

ÁREA ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD:

Ciencias e ingeniería.

DEDICATORIA:

A todos los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional "*San Luis Gonzaga*" y en particular, al Dr. George Argota Pérez por las sabias enseñanzas impartidas durante mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I | 3 |
| MARCO TEÓRICO | 3 |
| 1.1 Antecedentes | 3 |
| 1.1.1 Antecedentes internacionales | 3 |
| 1.1.2 Antecedentes regionales. | 9 |
| 1.1.3 Antecedentes locales. | 10 |
| 1.2 Bases teóricas de la investigación | 13 |
| 1.2.1 Rol de los nutrientes esenciales | 13 |
| 1.3 Marco conceptual. | 15 |
| 1.4 Marco filosófico y epistemológico. | 18 |
| CAPÍTULO II | 19 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 19 |
| 2.1 Situación problemática | 19 |
| 2.2 Formulación del problema | 19 |
| 2.2.1 Problema general | 19 |
| 2.2.2 Problemas específicos | 19 |
| 2.3 Delimitación del problema | 20 |
| 2.3.1 Delimitación geográfica. | 20 |
| 2.3.2 Delimitación temporal | 20 |
| 2.3.3 Delimitación social | 20 |
| 2.4 Justificación de la investigación. | 21 |
| 2.4.1 Justificación práctica | 21 |
| 2.4.2 Justificación teórica | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.3 Justificación metodológica | 22 |
| 2.4.4 Justificación legal | 22 |
| 2.4.5 Importancia | 22 |
| 2.5 Objetivos de la investigación. | 23 |
| 2.5.1 Objetivo general. | 23 |
| 2.5.2 Objetivo específicas. | 23 |
| 2.6 Hipótesis de la investigación | 23 |
| 2.6.1 Hipótesis general. | 23 |
| 2.6.2 Hipótesis específica. | 23 |
| 2.7 Variables de la investigación. | 24 |
| 2.7.1 Identificación de las variables. | 24 |
| CAPITULO III | 25 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 25 |
| 3.1 Tipos, nivel y diseño de la investigación. | 25 |
| 3.1.1 Tipo de investigación, el trabajo de investigación es de tipo experimental. | 25 |
| 3.1.2 Nivel de investigación, explicativa. | 25 |
| 3.2 Población y muestra. | 25 |
| 3.2.1 Población. | 25 |
| 3.2.2 Muestra. | 25 |
| 3.3 Distribución de los tratamientos. | 25 |
| 3.4 Análisis estadístico de la información. | 26 |
| 3.5 Aplicación de los tratamientos | 27 |
| CAPÍTULO IV | 28 |
| TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN. | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Técnica de recolección de datos. | 28 |
| 4.2 Instrumentos de recolección de datos. | 29 |
| 4.4 Croquis experimental del ensayo. | 31 |
| 4.5 Técnica de análisis e interpretación de resultados. | 32 |
| 4.6 Evaluación de las variables. | 32 |
| CAPÍTULO V | 34 |
| 5.1 Contrastación de la hipótesis y prueba de normalidad. | 34 |
| 5.2 Presentación, interpretación y discusión de resultados. | 36 |
| CAPITULO VI | 47 |
| INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. | 47 |
| 6.1 Presentación e interpretación de resultados. | 47 |
| CAPÍTULO VII | 53 |
| CONCLUSIONES | 53 |
| CAPÍTULO VIII | 54 |
| RECOMENDACIONES | 54 |
| CAPÍTULO IX | 55 |
| REFERENCIAS CITADAS | 55 |
| ANEXO | 59 |

RESUMEN

El trabajo de tesis tiene como objetivo evaluar la influencia de las sustancias ácidas sobre la población de hongos y bacterias del suelo, evaluar el crecimiento del cultivo *Citrus aurantifolia* Swingle para determinar si los suelos instalados con limón sutil y aplicados con sustancias ácidas, el ácido nítrico, fertilizantes: sulfato de fierro, sulfato de zinc y sulfato de manganeso influyen sobre la microbiología del suelo y el crecimiento y desarrollo de *Citrus aurantifolia* y en las propiedades Física-químicas del suelo.

Se encontraron evidencias como altura de planta, diámetro de copa, longitud de brotes y diámetros de brotes) de que las sustancias ácidas y los fertilizantes, han influido a un nivel de significación de 0.05 % (Tablas N° 9, 10 Y 11) , sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, en la altura de planta y longitud de loa brotes; así mismo cuando se realizó el coeficiente de correlación para medir el grado de dependencia de los tratamientos se halló una correlación positiva baja hasta una positiva grande y perfecta entre los tratamientos estudiados (Tabla N° 01). Sobre la población microbiana se mostró un incremento en la población de bacterias, hongos y actinomicetos (Tablas N°15, 16 Y 17 respectivamente).

Por tal razón seguir con los ensayos en otras condiciones con aplicación de otras dosis de sustancias ácidas según los tratamientos aplicados, además de los fertilizantes sulfatos de Fierro, sulfato de zinc, sulfato de manganeso y guano de corral repotenciado que incrementó las sustancias ácidas aseguraron el óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo de limón mejorando su rentabilidad, reduciendo la bioacumulación de agentes químicos y biológicos causantes del calentamiento global.

PALABRAS CLAVES: Sustancias ácida, microorganismos, guano repotenciado (Bocashi).

ABSTRACT

The thesis work aims to evaluate the influence of acidic substances on the population of fungi and bacteria in the soil, evaluate the growth of the *Citrus aurantifolia* Swingle crop to determine if the soils installed with subtle lemon and applied with acidic substances, nitric acid, Fertilizers: iron sulfate, zinc sulfate and magnesium sulfate influence soil microbiology and growth and development of *Citrus aurantifolia* and the physical-chemical properties of the soil.

Evidence was found such as plant height, crown diameter, shoot length and shoot diameters) that acidic substances and fertilizers have influenced at a significance level of 0.05% (Tables No. 9, 10 and 11), on the growth and development of the crop, in the height of the plant and the length of the shoots; Likewise, when the correlation coefficient was carried out to measure the degree of dependence of the treatments, a low positive correlation was found to a large and perfect positive one between the treatments studied (Table No. 01). The microbial population showed an increase in the population of bacteria, fungi and actinomycetes (Tables No. 15, 16 and 17 respectively).

For this reason, continue with the tests in other conditions with the application of other doses of acidic substances according to the treatments applied, in addition to the fertilizers Ferro sulfates, zinc sulfate, manganese sulfate and repowering farmyard guano that increased the acidic substances. optimal growth and development of the lemon crop, improving its profitability, reducing the bioaccumulation of chemical and biological agents that cause global warming.

KEY WORDS: Acidic substances, microorganisms, repowering guano (Bocashi).

DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

TÍTULO:

“Exposición ácida del suelo e influencia sobre la microbiología y crecimiento de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Ica, Perú-2020”.

AUTOR:

Ing. Mag. Carlos Alberto Cabrera Aparcana

ASESOR:

Dr. Jorge Magallanes Magallanes

INTRODUCCIÓN

El incremento acelerado de la población mundial ha conllevado al aumento en la demanda de alimentos; por tanto, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos por parte de los agricultores, provocan el deterioro del suelo y con ello los subsecuentes problemas ambientales.

La agricultura moderna en México está causando contaminación y erosión; de ello se deriva la creciente pobreza y marginación que padecen en diversas zonas rurales, en donde la cultura y el sustento dependen de la agricultura (*Percepciones Sobre La Degradación Ambiental de Agricultores Orgánicos y Con...: CONCYTEC*, n.d.). En los últimos años, surgió la preocupación de preservar el medioambiente a través del uso de técnicas sostenibles y amigable del medio ambiente como la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB), ampliamente conocidas por incrementar el crecimiento y desarrollo de plantas de manera sostenible; el uso de biofertilizantes a base de esta cepa bacteriana sería una estrategia fundamental en la nutrición y desarrollo del cultivo, ayudando a su sostenibilidad ambiental (Ariza R., Jarma A., Pèrez J., Sánchez D. (2019); permitiendo así la reducción de la aplicación de fertilizantes sintéticos y sustancias tóxicas del suelo (*Reyes G. 2017*).). Muchos estudios han demostrado que las bacterias por su capacidad metabólica y procesos enzimáticos, mejoran el rendimiento y calidad de los cultivos importantes para la salud del ser humano que los consume como aminoácidos, proteínas, vitaminas, antioxidantes, aceites esenciales. Este trabajo recopila información reciente de las PGPB como alternativa a los fertilizantes químicos para la mejora en el rendimiento de los cultivos y la producción de metabolitos bioactivos como flavonoides, letonas y terpenoide de acción pesticidas y fungicidas en las plantas. (Del Río et al 2004, Gutiérrez y Zúñiga, 2020).

Se ha desarrollado el presente trabajo de investigación por la importancia que tiene para la agricultura nacional y de exportación, el cultivo de limón sutil (*González P. 2013; Candiotti G. 2018 Cuadros Y., Camacho M. 2020*), mediante la aplicación del ácido nítrico (HNO_3) en forma de "Drench", fertilizantes de Sulfato de Fe, Zn y Mn; oligoelementos que se insolubilizan en suelos de reacción alcalina, por lo que se hace necesario estudiar la evolución del suelo a la exposición de estas sustancias ácida y determinar su influencia sobre los microorganismos del suelo, crecimiento y desarrollo del cultivo de limón (*C. aurantifolia*), así como de otros indicadores de la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedentes Internacionales

a) Sobre las Sustancias Ácidas

(**Ayers y Westcot 1987**), Teniendo como fuente de referencia a Mass y Hoffman (1977) y Mass (1984), valores en la CEx entre 1.7 y 4.8 dS/m se reduce los rendimientos del cultivo de 100 hasta un 50 %, pero el rendimiento potencial es cero cuando la CEx es 8.0 dS/m, con lo cual cesa el desarrollo de la planta.

Valores de la conductividad eléctrica del agua de riego superiores a 1.1 dS/m ya empiezan a ser problemas para los cítricos, aunque los daños por salinidad se intensifican en condiciones de escasa humedad y si el agua tiene niveles moderados de salinidad, por ejemplo 1.3 dS/m (Davies y Albarigo, 1999) se determina en gran medida la disponibilidad del agua para la planta a través del efecto osmótico y consiguiente disminución del potencial total de agua en el suelo.

(**González et al., 2013**) evaluaron el efecto de diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos (FO) en las propiedades químicas del suelo (C orgánico, N total y P disponible), en la densidad de bacterias reguladoras del crecimiento vegetal *Azospirillum*, *Azotobacter*; bacterias solubilizadora de fosfatos (BSP) y bacterias solubilizadora de potasio (BSK) en suelo a distancia y rizósfera en la colonización *Micorriza arbuscular* (hifas, arbusculos y vesículas] y en el crecimiento de la planta híbrida *Citrange troyer* [(altura(AP) y diámetro basal de tallos (DBT) en cinco tiempos; materias ecafoliar (MSF) y de raíz (MSR)] a los 11 meses del trasplante en vivero. Se establecieron 14 tratamientos, 12 integrados con tipo de FO [estiércol de gallina (EG), cachaza – 1 (CA1), cachaza – 2 (CA2) y pinzote (PIN)] y dosis (1,2 y 3%), se

compararon con dos testigos (uno con urea y el otro absoluto). Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) por efectos de tipo y dosis de FO en todos los parámetros químicos, microbiológicos y en el crecimiento de *C. troyer*. El efecto rizósfera fue observado en la mayoría de los tratamientos con FO. El uso de EG en dosis de 2% estimula la AP y la dosis 3% favorece el aumento del DBT, MSF, MSR y la relación MSF/MSR. Se encontró que MSF y MSR tienen relación altamente significativas con los contenidos de N en suelo, con las densidades de *Azospirillum* y de BSP, también con la colonización de la raíz con estructuras micorrizas de hifas, arbusculos y vesículas, por lo tanto, se recomienda el uso de EG en dosis de 2 y 3% para obtener plantas de *C. troyer* en vivero

(**Lee, et al., 1998**), indican que en suelos de origen calcáreo y reacción alcalina (pH 7.3 a 8.5) la mayoría de las especies que en ellos se cultivan presentan graves problemas de clorosis. Para corregirlas se han utilizado varias estrategias: mejoramiento genético, prácticas agronómicas, fertilización foliar y acidificación del suelo; ninguna ofrece alternativas que de origen resuelvan el problema. El objetivo de la investigación fue estudiar el uso de soluciones fertilizantes acidificadas, que se aplicaron tanto en el agua de riego como al suelo. La investigación se desarrolló en invernadero y campo. En invernadero las macetas se trataron con tres niveles de H_2SO_4 (AS); 0, 15 y 30 L ha⁻¹; tres de $FeSO_4 \cdot 4H_2O$ (SF): 0, 10 y 20 kg ha⁻¹ y cinco frecuencias de aplicación (FA); aplicados en el riego y el cultivo indicador fue sorgo. En campo se manejó la rotación trigo-sorgo durante tres años y se estudiaron las dosis de 15 L ha⁻¹ de AS, 20 kg ha⁻¹ de SF, 5 kg ha⁻¹ de $ZnSO_4$ (SZ), 2 kg ha⁻¹ de $MnSO_4$ (SM) y dos FA en el riego y 0.5 y 1.0 t ha⁻¹ de AS directos al suelo y un testigo dando un total de 11 tratamientos. En ambos estudios se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres y dos repeticiones. La aplicación de SF con AS

comercial aforado en el agua de riego corrigió la clorosis férrica en sorgo y la aplicación de 20 kg ha⁻¹ de SF con 15 L ha⁻¹ de AS industrial con FA fue el mejor tratamiento tanto a nivel invernadero como de campo y se obtuvieron las mejores producciones de sorgo y trigo. El zinc y el Manganeso sólo incrementaron significativamente los rendimientos de sorgo. La metodología de aplicar el ácido sulfúrico comercial en dosis bajas, solo y/o con Fe, Zn o Mn en el riego, puede ser usada en suelos calcáreos para corregir deficiencias, sin serios problemas en su manejo, resultando más económico y técnicamente más eficiente que las aplicaciones de 1.0 t ha⁻¹ de AS (1800 kg ha⁻¹) directas al suelo.

(**Pérez et al., 2012**), en su trabajo cuyo objetivo fue conocer la densidad, abundancia y diversidad de especies de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El trabajo se realizó en siete parcelas de productores de maíz, de las cuales tres han sido manejadas con frijol nescafé (*Mucuna deeringiana* Merr.) como AVCC y cuatro sin dicho antecedente de manejo. En cada una de las parcelas se establecieron cuatro tratamientos de biofertilización: 1) inoculación con *Micorriza arbuscular*, 2) aplicación de fertilizante orgánico foliar, 3) inoculación con micorriza + fertilizante orgánico foliar, y 4) testigo, los cuales se ordenaron bajo un diseño de bloques completos al azar con siete repeticiones. El número de especies con AVCC superó en 50% al obtenido sin AVCC. En las parcelas con AVCC se encontró el 91,3% de morfoespecies de HMA, mientras que en las parcelas sin AVCC el 60,9%. El porcentaje de colonización micorrícica no varió significativamente ($p=0,7630$) entre parcelas con y sin AVCC, sin embargo, el nivel de colonización fue más alto con inoculación de micorrizas (86,6%) que en el testigo (71%). Se concluye que el AVCC y la inoculación con micorrizas tuvieron un efecto positivo en la diversidad de especies de HMA y en la colonización de la raíz.

(Quiñones et al., 2014), ensayos realizados en papaya manifiesta que es un fruto importante de exportación; sin embargo, este mercado exige calidad, constituyendo un reto en la producción con el uso de biotecnologías sostenibles. Los hongos *Micorrízicos Arbusculares* (HMA) pueden contribuir significativamente en la nutrición vegetal, en especial en la obtención de fósforo (P). El empleo de los HMA en papaya es alentador, pero falta definir aspectos sobre el manejo agronómico de productos a base de HMA. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del HMA *Glomus spp. Zac-2* y la fertilización con P, sobre el crecimiento de papaya var. *Cera*, durante la etapa de vivero. Para ello se realizó un experimento trifactorial 2 x 3 x 4 (inoculación HMA, fuente y dosis de P) en un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron altura de planta (AP) y diámetro de tallo (DT), cada 15 días; biomasa seca (BS) y densidad de esporas (DE), al final del experimento (90 días). A partir de la BS de plantas con y sin micorriza, se calculó el índice relativo de dependencia Micorrízicos (IRDM). Las variables AP, DT y BS fueron diferentes ($P \leq 0.05$) entre plantas con y sin HMA, independientemente de la dosis y fuente de fosforo. A los 75 días, las plantas con HMA incrementaron su crecimiento más de 500 % con respecto a las no inoculadas; el IRDM fue 99 %. Estos resultados sugieren que la inoculación de HMA en papaya durante la fase de vivero puede beneficiar su crecimiento posterior en campo.

(Santos y Ríos 2016), indican sobre soluciones nutritivas ácidas que se usan para bajar el pH como el ácido nítrico (HNO_3), de riqueza y densidad comercial usado en Fertirrigación.

La cantidad de bicarbonato que destruye un ácido determinado está dada por la riqueza en ácido puro y por la valencia. Así Alarcón (1998) señala las siguientes equivalencias:

1 cm³/L de H₃PO₄ (75 %), neutraliza 12.1 mmol de HCO₃⁻

1 cm³/L de HNO₃ (59 %), neutraliza 12.7 mmol de HCO₃⁻

1 cm³/L de H₂SO₄ (98 %), neutraliza 36.8 mmol de HCO₃⁻

La valencia en este caso sería equivalente al número de moles/L de bicarbonato destruido por cada mmol/L de ácido añadido. Esta valencia depende del número de hidrógenos con que reaccionan. En el caso del ácido nítrico y del ácido sulfúrico la reacción es rápida y completa; la valencia del HNO₃ es 1; por cada mmol de HNO₃ aportado se neutraliza un mmol/L de bicarbonato. La valencia del H₂SO₄ es 2 por cada mmol de bicarbonato.

(Silva 2015), estudio sobre la tolerancia de porta injerto Citrange Carrizo (CC) a la toxicidad por boro, define lo siguiente:

- ✓ Las altas concentraciones de boro en la solución nutritiva no afectan al porcentaje de micorrización de *Glomus intraradices*, pero si a la proliferación del hongo en las raíces de las plantas de Citrange Carrizo.
- ✓ Las plantas micorrizadas son más toleradas al exceso de boro que las no micorrizadas, debido a que las plantas micorrizadas tuvieron una menor concentración de boro en las hojas y en consecuencia su maquinaria fotosintética parece verse menos sensible a la alta concentración del boro foliar.
- ✓ El boro en las plantas de *Citrange carrizo* es poco móvil entre sus diferentes tejidos y su entrada es debida a un proceso pasivo regulado por la corriente de transpiración.

- ✓ La relación entre los azúcares solubles y reductores y sobre todo la química del boro que tiene una alta afinidad por los azúcares tipo “diol”, parece ser que juega un papel decisivo en la mayor tolerancia de las plantas micorrizadas al exceso de boro.
- ✓ El estado nutricional de las plantas fue apenas alterado por los tratamientos con exceso de micorrización, no afectando, por tanto, al crecimiento de las plantas en ningún de los tratamientos ensayados.

(*Salgado et al., 2015*), utilizaron el sistema integrado para recomendar dosis de fertilización (SIRDF) para generar un programa de fertilización sustentable en plantaciones de cítricos de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. Para aplicar el SIRDF, se obtuvieron datos climáticos locales, determinaron las propiedades físicas y químicas de los suelos, y la demanda de nutrientes del limón persa y naranja Valencia se estimó para 10 nutrientes en función del potencial de rendimiento. La tasa de fertilización para N, P y K se determinó para cada subunidad de suelo. Los resultados muestran que las temperaturas de la región son adecuadas para los cítricos, pero la escasa precipitación registrada de febrero a mayo limita la producción de estos cultivos. Se determinaron dos grupos de suelos: Acrisoles y Cambízales, ambos con suministro restringido de nutrientes para el cultivo. De acuerdo con el SIRDF las dosis de fertilización de N, P₂O₅ y K₂O para limón persa son: 207-69-240 para Acrisoles Distri-Hiperféricos; 207-69-300 para Acrisoles Ferri-Plínticos; 184-69-240 para Acrisoles Humi-Plínticos, Acrisoles Humi-Úmbricos y Acrisoles Umbri-Plínticos; 230- 92-300 para Acrisoles Umbri-Gléyicos. Todo ello nos indica que las condiciones óptimas del suelo para el cultivo de limón fueron las de pH ácido con alto contenido de materia orgánica, medio en N y bajo e P, K, Ca, Mg, Cu, Zn y Mn.

1.1.2 Antecedentes Regionales.

(*Rivera et al, 2008*), en la revista Terra Latinoamericana en su trabajo de investigación “Fertirrigación ácida de hierro en cítricos establecidos en suelos calcáreos”, indica que bajo condiciones controladas, se aplicaron soluciones que contenían 100 mg/l de Fe disuelto en agua, en H₂SO₄ al 1 y 3 % en macetas de 1,5 kg de suelo en las que se había establecido plántulas de mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata*), se trataron con 0, 100, 200 y 300 mg/l de Fe como sulfato de fierro (FeSO₄) y disuelto en H₂SO₄ al 3 % y en plántulas adultas de 12 años de edad se aplicaron 120 kg de FeSO₄ disueltos en agua sin acidificar, acompañado de 450 y 900 kg/Ha de H₂SO₄ aplicados en el riego de micro aspersion y aunque las soluciones ácidas aplicadas en macetas y en condiciones de campo abatieron el pH del suelo pero no corrigieron la clorosis férrica de los árboles, tampoco incrementaron la concentración foliar de Fe, ni la elevación del rendimiento de frutas; la nula respuesta se debió alta concentración de bicarbonato en el suelo que neutralizaron la aplicación del ácido de la solución provocando la precipitación del elemento. Esta práctica no resultó recomendable.

(*Lozano et al., 2015*), manifiestan que, en el suelo los Hongos formadores de Micorrizas Arbusculares (HMA) ayudan a reducir los daños causados por erosión y a mantener la estructura mediante la producción de micelio y sustancias adherentes. En el estudio se evaluó la estabilidad estructural del suelo y se estimaron la diversidad y la densidad de esporas de HMA presentes en tres sistemas de suelo (erosionado, bosque, cultivo de café) en una zona rural del municipio de Dagua, Valle del Cauca, Colombia. Los análisis de estabilidad de agregados revelaron que los suelos erosionados tienen significativamente menor estabilidad que los de bosque y cultivo. Se encontró una relación estadísticamente significativa en la diversidad ($r = 0.579$) y

densidad de esporas ($r = 0.66$) con respecto al DGM, y del DPM con el índice de diversidad H' ($r = 0.54$). Las diferencias en las prácticas, uso y manejo del suelo se reflejan en la diversidad de micorrizas encontradas en las fincas y su efecto, como agentes de agregación de partículas, genera cambios notorios en la estabilidad y estructura del suelo en suelos de las zonas de evaluación. En síntesis, el manejo agroecológico tiende a favorecer las micorrizas y la estructura de los suelos.

1.1.3 Antecedentes Locales.

(Cedrón y Lecaros 2019), sobre la evaluación de los microorganismos presentes en los suelos del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina manifestaron que son capaces de utilizar Clorpirifos como fuente de carbono, energía u otros nutrientes; se aislaron colonias bacterianas y fúngicas con potencial capacidad bio degradadora del ingrediente activo en estudio a concentraciones baja, media y alta. Un total de doce bacterias y tres hongos aislados fueron incubados durante 14 días en medio mínimos de sales minerales con Clorpirifos como única fuente de carbono, periodo en el cual se evaluó su respiración a través de la medición de CO_2 desprendido como producto de la mineralización de carbono. Es así como a través de la respiración microbiana y del crecimiento microbiano se evaluó la potencial capacidad bio remediadora de los microorganismos aislados sobre Clorpirifos, la cual constituye una alternativa viable para la recuperación de suelos agrícolas contaminados con este pesticida organofosforado.

(Universidad Nacional Agraria “La Molina” 2019), sobre las capacidades metabólicas de los microorganismos indicaron que cuentan con los procesos enzimáticos para degradar contaminantes, como los plaguicidas, o aquellos derivados del petróleo, detergentes, entre otros, en procesos aeróbicos y anaeróbicos. Además, estas capacidades metabólicas se han extendido. Sabemos que los mi

coorganizamos pueden utilizar una amplia gama de aceptores finales de electrones en su cadena respiratoria (diferentes del oxígeno). Estos aceptores de electrones incluyen formas oxidadas de diferentes metales y metaloides, como Fe (III), Mn (IV), U(VI), As(V), entre otros. Además, pueden respirar también empleando solventes polis halogenados, como el percloroetileno, el cual es cancerígeno y ampliamente usado solvente desengrasante en procesos industriales, así como colorantes que también son cancerígenos y son ampliamente utilizados en el sector textil para teñir telas.

(Syed y Tollamadugu 2019), sobre el papel de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal como herramienta para la sostenibilidad ambiental; entre ellos, las actividades agrícolas también han ocupado cada vez más un lugar destacado desde la llegada de agentes químicos artificiales como fertilizantes, pesticidas y reguladores del crecimiento para satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento, manifiestan que se puede lograr mejorar mediante la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM) en lugar de agentes químicos sin perder los beneficios básicos impartidos por los agentes químicos. Los PGPM se asocian con las plantas y las benefician a través de varios modos de actividades fisiológicas (fitohormonas, suplementación de nutrientes y supresión de patógenos) que finalmente resultan en el crecimiento, la salud y el rendimiento en algunos casos, todos los rasgos antes mencionados disminuyen la dependencia de sustancias químicas nocivas y sus secuelas. Los PGPM son agentes competentes para mejorar el reciclaje de nutrientes del suelo mediante la eliminación o degradación de contaminantes como agentes orgánicos e inorgánicos También son fundamentales para mejorar la biomasa orgánica en el suelo, que a su vez resiste la erosión y retiene el agua y la fertilidad de los suelos

degradados y contaminados. El rasgo del PGPM, como el antagonismo hacia ciertos patógenos vegetales, es efectivo y elimina la necesidad del uso de pesticidas dañinos. Por lo tanto, en general, los PGPM podrían servir como una herramienta potencial para la sostenibilidad ambiental.

(Ogata y Zúñiga 2020), manifiestan sobre el incremento acelerado de la población mundial que conlleva al aumento en la demanda de alimentos; ha ocasionado el uso indiscriminado de fertilizantes químicos por parte de los agricultores, provocando así el deterioro del suelo y con ello los subsecuentes problemas ambientales. En los últimos años ha surgido la preocupación colectiva de preservar el medioambiente a través del uso de técnicas sostenibles y ambientalmente amigables. Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB) son ampliamente conocidas por incrementar el crecimiento y desarrollo de las plantas de manera sostenible permitiendo así la reducción de la aplicación de fertilizantes químicos. Muchos estudios han demostrado que estas bacterias no solo mejoran el rendimiento de los cultivos sino también la calidad de estos, aumentando ciertos nutrientes y moléculas que son importantes para la salud del ser humano que los consume como aminoácidos, proteínas, vitaminas, flavonoides, antioxidantes, aceites esenciales, entre otros. Este trabajo recopila información reciente de las PGPB como alternativa a los fertilizantes químicos para la mejora en el rendimiento de los cultivos y la producción de metabolitos en las plantas.

b) Los microorganismos del suelo.

(U. C. V. - Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía 2009). Observaron que la población de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas a lo largo del proceso de compostaje disminuyó de $1,40 \times 10^6$ a $5,30 \times 10^5$ ufc/g compost en las fases termófilas. Luego existe un ligero aumento a $9,40 \times 10^5$ ufc/g compost en la fase

de estabilización (pero nunca se supera a la población inicial). Durante el compostaje la población de bacterias heterótrofas aerobias termófilas aumentó drásticamente de $1,90 \times 10^5$ a $1,20 \times 10^7$ ufc/g compost, se observó una disminución cercana a la población inicial cuando el material tiende a la estabilización.

Dinámica poblacional de los microorganismos (Bacterias heterótrofas aerobias: mesófitas, termófilas y celulíticas; y hongos) durante el proceso de compostaje.

| FASE | MESÓFILAS (ufc/g compost) | TERMÓFILAS (ufc/g compost) | CELULOLÍTICAS (NMP/g compost) | HONGOS (ufc/compost) | ESPECIES ASPERGILLUS |
|----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---|
| Inicial | $1,40 \times 10^6$ | $1,90 \times 10^5$ | $2,40 \times 10^5$ | $2,00 \times 10^2$ | A. flavus A. niger A. terreus A. sp. |
| Hemofílica | $5,30 \times 10^5$ | $1,20 \times 10^7$ | $7,50 \times 10^3$ | $1,45 \times 10^2$ | A. fumigatus A. nige |
| Estabilización | $9,40 \times 10^5$ | $1,60 \times 10^5$ | $4,00 \times 10$ | $2,60 \times 10^3$ | A. terreus A. flavus A. niger A. sp. |

Fuente: Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía -Universidad Central de Venezuela

Los resultados de las poblaciones de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas, termófilas y celulíticas en total en el compost evaluado son superiores a 10^8 a 10^9 ufc/g compost húmedo-referidos por Dalzeell *et al.* (1991) en compost en condiciones tropicales y a $2,5 \times 10^8$ ufc/g compost a los presentados por Santamaría *et al.* (2001), superiores a $3,4 \times 10^4$ ufc/g compost al inicio y de $6,9 \times 10^5$ ufc/g compost al final del compostaje encontrados por Gregory (1993) en un vermicompost.

1.2 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Rol de los nutrientes esenciales

Las plantas necesitan oxígeno (O_2), dióxido de carbono (CO_2), agua, nutrientes, luz y tiempo para crecer. Por lo tanto, es importante considerar entre otros factores para determinar la calidad del suelo; el manejo de nutrientes y el manejo del

riego. El manejo de nutrientes es la implementación de prácticas que permitan obtener un rendimiento óptimo de cultivo y al mismo tiempo minimizar el impacto ambiental (con la aplicación de agroquímicos). Las plantas necesitan 16 elementos para un desarrollo vegetativo y reproductivo normal. Estos elementos son esenciales porque: **1)** las plantas no pueden completar su ciclo de vida sin ellos, **2)** los síntomas de deficiencia aparecen cuando el elemento no está presente y desaparecen con la aplicación de este y **3)** cada elemento tiene por lo menos un rol metabólico en la planta. Los elementos esenciales pueden ser agrupados en 3 categorías: macronutrientes no minerales, macronutrientes minerales y Deficiencias de los nutrientes en el cultivo.

Nitrógeno (N), elemento de rendimiento y crecimiento componente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y algunas coenzimas. Es un elemento móvil en la planta por lo que los síntomas se desarrollan primero en las hojas más viejas. Si la deficiencia continúa las hojas inferiores mueren. Fósforo (P), elemento de energía y raíces. Componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP (transferencia de energía) Estimula el crecimiento de la raíz, promueve el vigor en la planta, acelera la maduración, influye en la floración y formación de semillas. Potasio (K), elemento de calidad y química, apertura y cierre de estomas, activador enzimático. Control indirecto de fotosíntesis, y acumulación y translocación de carbohidratos. Imparte vigor, ayuda a incrementar la resistencia a enfermedades, la calidad de la fruta. Es un elemento móvil en la planta, calcio (Ca), elemento de la pared celular. Componente cementante de las paredes celulares. Participa en la permeabilidad de la membrana y elongación celular. Ayuda en el crecimiento de vellos radiculares, mejora el vigor de la planta y da consistencia al tallo. Es un elemento no móvil en la planta por lo que afecta puntos de crecimiento (raíz y brotes). En suelos altamente ácidos o durante sequías, ya que Ca es absorbido por el flujo transpiracional. Magnesio (Mg), elemento

de fotosíntesis. Activador de enzimas que participan en la fotosíntesis, respiración y síntesis de ADN y ARN. Es un elemento móvil en la planta por lo que inicialmente las hojas viejas presentan un color amarillento entre las venas, seguido de amarillamiento de hojas jóvenes (Universito off Florida-2017).

1.3 Marco conceptual.

Sostenibilidad. - no es una metodología, sino una filosofía, es una meta que debe construirse de manera participativa, mediante la acción cotidiana colectiva y para ello no hay recetas, solo caminos por construir. Y construir el desarrollo implica entonces aprender formas diferentes de usar los recursos naturales y convivir entre seres humanos, con diferencias culturales al aportar no solo conocimientos sino a la par nuevas formas de convivencia entre humanos y de relación con la naturaleza, para que las siguientes generaciones también puedan disfrutar de los actuales ecosistemas (Astier et al., 2000).

La agricultura sostenible la define la FAO (1991) como “el manejo y la conservación de la base de los recursos naturales y la orientación de cambio tecnológico e institucional, de manera de asegurar la obtención y la satisfacción continua de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras”. Tal desarrollo sustentable en la agricultura resulta en la aplicación de sustancia ácidas de pH < de 7.0 no interrumpen el desarrollo y crecimiento de la población microbiana del cultivo de limón, así como en las mejoras de las propiedades químicas del suelo, además de no degradar el medioambiente, ser técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Cultivo Discontinuo (“Batch Culture”), cuando una fracción de células de un cultivo puro es inoculada en un determinado volumen de medio fresco, después de la incubación se produce un incremento de los biomas hasta un valor máximo

denominado crecimiento total. Este proceso comporta crecimiento celular y aumenta el número de células por auto duplicación. La Biomasa en es un catalizador de una reacción que produce más biomasa idéntica a la de partida. Lo referido indica que los microorganismos se multiplican por división binaria.

Sí consideramos el crecimiento de una sola célula en condiciones ambientales que no imponga ninguna restricción a su multiplicación, el crecimiento de dicha célula se divide en forma binaria según progresión geométrica de base 2 es decir:

$$2^0 \longrightarrow 2^1 \longrightarrow 2^2 \longrightarrow 2^3 \longrightarrow 2^n$$

$$N_f = N_0 \times 2^n$$

$$\text{Log } N_f = \text{Log } N_0 + n \times \text{Log } 2$$

$$n = (\text{Log } N_f - \text{Log } N_0) / \text{Log } 2$$

$$n = 3.32 (\text{log } N_f - \text{Log } N_0)$$

N_f = Número final de células.

N_0 = Número inicial de células.

n = Numero de generaciones que ha ocurrido durante el crecimiento potencial.

La utilización de bio marcadores moleculares en el estudio de la microbiología del suelo, tradicionalmente nuestra visión acerca de la diversidad de los microorganismos edáficos estaba basada en la obtención de cultivos de laboratorio en medios especialmente formulados para ello. Bacterias Gram positivas esporuladas (*Bacillus* y *Clostridium*) y *Actinomicetos* (ej. *Streptomyces*) eran considerados procariotas típicos del suelo, junto con bacterias Gram negativas heterótrofas tales como *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, etc. (Liesack, et al., 1997). Sin embargo, la comparación de recuentos microscópicos directos de células con los obtenidos en placas de cultivo puso de manifiesto que al menos el 99% de los procariotas presentes en el suelo eran incapaces de crecer en medios de cultivo (Roszak, et al., 1987; Torsvik, et al., 1990). Por lo tanto, la mayor parte de la diversidad procariota del suelo quedaba fuera del alcance de los métodos de estudio tradicionales, por no mencionar los hongos y protozoos, mucho más difíciles de

cultivar en laboratorio. A partir de la década de los ochenta se produjo una revolución espectacular en el conocimiento de la diversidad microbiana en suelos debido a la incorporación de novedosas y potentes técnicas de estudio, que no requieren del cultivo previo de los microorganismos (Insam, 2001; Kirk, et al., 2004). Estas técnicas se basan en el análisis de marcadores moleculares como ácidos grasos de fosfolípidos (PLFA) y ácidos nucleicos (DNA y RNA). Ambos tipos de marcadores se encuentran presentes en todas las células, se pueden extraer directamente de muestras de suelo sin necesidad de realizar cultivos previos y además permiten diferenciar distintos grupos de microorganismos. Utilizando estos marcadores no sólo se puede determinar la composición de las comunidades microbianas, sino que también se puede cuantificar la abundancia de microorganismos específicos.

Contaminación Ambiental, es el ingreso de sustancias nocivas en un entorno determinado. Este fenómeno afecta al equilibrio de dicho entorno y lo convierte en un ambiente inseguro. Las causas de la contaminación ambiental dependen de varios agentes y varían según el ecosistema al que afecten.

Cuando hablamos de 'entorno', nos referimos tanto a un ecosistema como a un medio físico o a un ser vivo. Cuando el agente contaminante se encuentra en concentraciones elevadas y repercute de manera negativa sobre esos entornos, se produce una contaminación del espacio natural. Esto tiene lugar a consecuencias devastadoras sobre él.

Bio fertilizante, está hecho a base de una bacteria o un hongo que le permite a la planta adquirir nutrientes para mejorar su desempeño. Al respecto, el doctor Mauricio Alberto Trujillo Roldán, del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, explicó que estos microorganismos son extraídos del suelo, producidos en masa y posteriormente se regresan al mismo suelo.

1.4 Marco Filosófico y Epistemológico.

Todas las técnicas modernas de investigación tienen supuestos filosóficos y epistemológicos en donde dan por descontado que los recursos naturales existen independientemente de la mente, como respuesta de la interacción del sujeto con el objeto. La epistemología, rama de la filosofía, imprescindible presente en los trabajos de investigación; en el presente se parte de la teoría del conocimiento que tiene el productor, como es la de aplicar sustancias ácidas al cultivo con los fertilizantes químicos de origen fosilizados y que no afecta a la población de los microorganismos ni al medio ambiente, paradigmas constituidos de supuestos teóricos del productor; es por ello que en el presente ensayo pretendió validar o descartar dichos paradigmas para lo cual se condujo el experimento aplicando las sustancias similares a las que aplican a sus cultivos, con el fin de obtener nuevos resultados que aseguren el manejo adecuado de sus cultivos, como del limón sutil (*Citrus aurantifolia*).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Situación Problemática

Las aplicaciones de sustancias ácidas como el ácido nítrico, ácido fosfórico, materia orgánica descompuesta pueden variar la población microbiana y por consiguiente el crecimiento y desarrollo del cultivo de *Citrus aurantifolia* Swingle, siendo por tanto necesario identificar la problemática que se plantea por su aplicación, identificar sus efectos sobre la calidad del suelo desde una óptica holística, para determinar en forma real las formas de asociación que los microorganismos del suelo desarrollan en las raíces de las plantas (*Rhizósfera*), la estimulación de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes, además de estimar el metabolismo de las sustancias químicas ácidas aplicadas al suelo que nos indicarán si han afectado las propiedades del suelo y a la población microbiana.

2.2 Formulación del Problema

2.2.1 Problema general

- ¿Las sustancias ácidas influyen sobre la microbiología del suelo y en el crecimiento de *Citrus aurantifolia* Swingle (Limón Sutil-ácido) en Ica-Perú?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Influyen las sustancias ácidas sobre la microbiología del suelo?
- ¿Cómo es el crecimiento del cultivo de *C. aurantifolia* a la aplicación de sustancias ácidas?
- ¿Influyen las sustancias ácidas sobre las propiedades químicas del suelo?

2.3 Delimitación del problema

2.3.1 Delimitación geográfica.

El presente ensayo se realizó en un suelo regado con agua de pozo, ubicado en el Fundo “Arrabales” de la facultad de Agronomía de la U.N. San Luis Gonzaga, distrito de Subtanjalla, Provincia de Ica, altura del Km 290 de la Panamericana Sur, margen izquierda.

2.3.2 Delimitación temporal

Esta investigación se hizo porque los agricultores aplican sustancias químicas ácidas al suelo, el ácido sulfúrico, ácido nítrico, (*etc.*) y se quiere saber el efecto que tienen en el suelo las dosis utilizadas en el marco del paradigma del desarrollo de una agricultura sostenible propugnado por la ONU (Organización de las Naciones Unidas) y el PNUD. El período de tiempo del ensayo comprendió de enero del 2020 a Julio del mismo año.

2.3.3 Delimitación social

La población beneficiada son fruticultores especialmente citricultores y viticultores de la región de Ica y a nivel nacional, quienes aplican sustancias químicas ácidas al suelo de reacción alcalina, y cuentan con agua de pozo con carbonato (3 meq/l), no han determinado la calidad biológica del suelo

Se logra una mejor producción con un buen manejo tecnológico, además de gozar de un excelente clima de la región haciendo una agricultura altamente competitiva con un enfoque agroecológico cuya rentabilidad permita su exportación al mercado internacional al entrar la producción en contra estación en el mercado internacional. El cultivo de limón se cosecha todo el año.

2.4 Justificación de la Investigación.

2.4.1 Justificación práctica

El presente trabajo se realizó por la utilización que hacen los productores de agroquímicos, sustancias químicas ácidas obteniendo resultados inmediatos, pero, que no saben cómo podría varían en el tiempo las propiedades químicas, biológicas del suelo y su fertilidad natural. Actualmente el manejo de *Citrus aurantifolia* es empírico, por parte de los pequeños y medianos productores, por lo que con el presente trabajo de investigación sobre la producción de cítricos en el valle de Ica pretende ofrecer una tecnología amigable con el agro ecosistema, en la consideración, que es la zona norte del país la que cuenta con más del 80 % de su producción nacional.

Este trabajo de investigación está dirigido a los agricultores que no aplican buenas prácticas agrícolas y que tienen que mejorar la organización de base para su exportación, y el gran valor agregado que tiene la fruta del limón que permitirá un desarrollo local poniendo en práctica una agricultura sostenible adquiriendo conocimientos y las habilidades necesarias.

2.4.2 Justificación teórica

Citrus aurantifolia es el cultivo con un potencial de rendimiento de 20,000 Kg/ha, en nuestra región y ello debido a clima y por contar con una demanda interna insatisfecha de 4 kg/persona/año siendo la de otros países como México más de 20 kg/persona/año, la ampliación de la demanda por el consumo masivo del seviche así como para la preparación del pisco sour, es otra de las razones que impulsa la realización del presente trabajo de investigación que generará un nuevo conocimiento para mejorar la producción y la productividad del limón en el valle de Ica.

2.4.3 Justificación metodológica

La tecnología aplicada en el presente ensayo ayudará a optimizar el manejo del cultivo y servirá como eje para otros productores de otro cultivo que comercializan en fresco. En todas las unidades experimentales se aplicó materia orgánica descompuesta 2,000 Kg/ha (3.2 Kg/Pta.) en forma hollada en ambos lados de la planta, además de las sustancias ácidas según tratamiento, sin N-P-K excepto el testigo absoluto con solo materia orgánica descompuesta. ANVA con diseño multifactorial y regresión simple permitió identificar científicamente cual fue el tratamiento compatible al uso de una agricultura sostenible y amiga con el agro ecosistema.

2.4.4 Justificación legal

La aplicación de las sustancias químicas ácidas se hace en concordancia con el D.S. N°044-2006-AG, que en su Art. 11 sobre la fertilidad del suelo en su inciso i) sostiene que estos pueden ser utilizados sólo en forma complementaria, según las necesidades locales constatadas incluyendo eventuales corrección de micronutrientes, pues es caso de que como fuente de NPK en el presente ensayo se utilizará la materia orgánica descompuesta y como complemento de los micronutrientes los sulfatos de Fe, Zn y Mn, además del ácido diluido para corregir el pH y precipitar las sales de la solución del suelo.

2.4.5 Importancia

Los resultados obtenidos con el presente trabajo de investigación para determinar cómo influyen las sustancias ácidas sobre los microorganismo del suelo, en el crecimiento del cultivo, mejorar la fertilidad natural del suelo y rentabilidad del Productor Nacional, al buscar cubrir la demanda del mercado interno y también de exportación, produciendo en contra estación de los productores del mundo, como

México, EE UU, Brasil, etc. en los meses en donde los países presentan la incidencia de las lluvias (Fenómeno del Niño); con la investigación propuesta serán beneficiados todos los consumidores y exportadores de limón sutil por la cantidad y calidad del producto cosechado

2.5 Objetivos de la Investigación.

2.5.1 Objetivo general.

Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas en la población de microorganismos del suelo y en el crecimiento del cultivo de *Citrus aurantifolia* Swingle en la región.

2.5.2 Objetivos específicos.

- Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas en la población microbiana del suelo.
- Evaluar cuál es el crecimiento del cultivo *Citrus aurantifolia* a la aplicación de las sustancias ácidas.
- Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas sobre las propiedades químicas del suelo.

2.6 Hipótesis de la Investigación

2.6.1 Hipótesis general.

La exposición a sustancias ácidas influye sobre la población microbiológica y el crecimiento del cultivo de limón sutil *Citrus aurantifolia* Swingle en la región Ica.

2.6.2 Hipótesis específica.

- Las sustancias ácidas influyen sobre el crecimiento en la población microbiana del suelo.
- Las sustancias ácidas influyen sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de limón Sutil (*Citrus aurantifolia*).

- Las sustancias ácidas influyen sobre las propiedades físicas - químicas del suelo.

2.7 Variables de la Investigación.

2.7.1 Identificación de las variables.

- **Variables de independiente (X)**

- Las sustancias ácidas aplicadas al suelo.
- Fertilizante ácido (ácido nítrico)
- Sulfatos de hierro, manganeso y zinc

- **Variables dependientes (Y)**

- Población de microorganismos (UFC/g-s)
- Crecimiento del cultivo
- Altura de planta, diámetro de copa, diámetro de brote y número de hojas

- **Variable interviniente**

- Clima. (agua, temperatura)

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--------------------------------|--|----------------------------------|--|-----------------------|
| Las sustancias ácidas | Sustancias que tienen un pH menor de 7 | Ácido nítrico, Bocashi, Sulfatos | Dosis, reguladores de pH | Kg/ha ml/l |
| Población de microorganismos | Unidades biológicas unicelulares presentes en el suelo | Hongos, Bacterias y actinomiceto | Formación de colonias. | UFC/g o Propágulo/g-s |
| Crecimiento del cultivo | Proceso biológico que depende de las condiciones genéticas y ambientales | Crecimiento, desarrollo | Numero de hojas /ramas, altura de planta | m. |
| Propiedades químicas del suelo | Determina la calidad del suelo por el sistema de producción | Materia orgánica, pH, CIC | Incremento de los microorganismos, aumento de la fertilidad. | UFC/g o Propágulo/g-s |

2.7.2 Operacionalización de variables.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipos, Nivel y Diseño de la Investigación.

3.1.1 Tipo de investigación, el trabajo de investigación es de tipo experimental.

3.1.2 Nivel de investigación, explicativa.

3.2 Población y Muestra.

3.2.1 Población.

La población de estudio del presente trabajo de investigación está representada por 64 plantas de *Citrus aurantifolia*, donde cada planta representa una unidad experimental con cuatro repeticiones, instaladas sobre patrón limón rugoso (*Citrus jambiri*).

3.2.2 Muestra.

Representada por 64 unidades experimentales distribuidas en 1,024 m² de área neta de terreno del Fundo Arrabales de la Facultad de Agronomía-UNICA.

3.3 Distribución de los tratamientos.

Tabla N° 01

| So | | | | | | | | S1 | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Fo | | | | F1 | | | | Fo | | | | F1 | | | |
| Zo | | Z1 | | Zo | | Z1 | | Zo | | Z1 | | Zo | | Z1 | |
| Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 | Mo | M1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

S= Ácido sulfúrico (ml/mochila)

Z= Sulfato de zinc (g/pta.)

M= Sulfato de manganeso (g/pta.)

F= Sulfato de fierro (g/pta.)

3.4 Análisis Estadístico de la Información.

Para ello se utilizó el programa estadístico Statgraphics v.16 y la técnica del análisis de varianza (ANOVA), utilizando el método del DBCR con arreglo factorial, $2S \times 2F \times 2Z \times 2M=16$ tratamientos $\times 4= 64$. Se rechaza la hipótesis nula reconociéndose “F” por lo que se hizo uso de la prueba a nivel 0.05 y 0.01, para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio; de igual manera el orden de mérito de cada uno de los tratamientos mediante la Prueba de amplitudes Significativas de “Duncan” a nivel de 0.05.

Tabla N°02

ANÁLISIS DE VARIANZA

| F.V. | G.L. |
|---------------------|-------------|
| TOTAL | 47 |
| BLOCK | 2 |
| TRATAMIENTOS | 15 |
| S | 1 |
| F | 1 |
| Z | 1 |
| M | 1 |
| SF | 1 |
| SZ | 1 |
| SM | 1 |
| FZ | 1 |
| FM | 1 |
| ZM | 1 |
| SZM | 1 |
| SFZ | 1 |
| SFM | 1 |
| FZM | 1 |
| SFZM | 1 |
| ERROR | 30 |

3.5 Aplicación de los tratamientos

Tabla N° 03

APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

| CLAVE | | TRATAMIENTOS | |
|-------|---|---|-------------------------------|
| Núm. | Literal | Productos | Dosis (Lt o Kg/ha) |
| 01 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 |
| 02 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 0.00 + 0.00 + 0.00 + 12.50 |
| 03 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 0.00 + 0.00 + 31.25 + 12.50 |
| 04 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 0.00 + 0.00 + 31.25 + 0.00 |
| 05 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 0.00 + 31.25 + 0.00 + 0.00 |
| 06 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 0.00 + 31.25 + 0.00 + 12.50 |
| 07 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 0.00 + 31.25 + 31.25 + 0.00 |
| 08 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 0.00 + 31.25 + 31.25 + 12.50 |
| 09 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 15.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 15.00 + 0.00 + 0.00 + 12.50 |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 15.00 + 0.00 + 31.25 + 0.00 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 15.00 + 0.00 + 31.25 + 12.50 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 15.00 + 31.25 + 0.00 + 0.00 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 15.00 + 31.25 + 0.00 + 12.50 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 15.00 + 31.25 + 31.25 + 0.00 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 15.00 + 31.25 + 31.25 + 12.50 |

S= Ácido nítrico

Z= Sulfato de zinc

M= Sulfato de manganeso

F= Sulfato de fierro

CAPÍTULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

4.1 Técnica de recolección de datos.

El muestreo de suelo se realizó en forma aleatoria al azar para el análisis fisicoquímico del suelo y del análisis microbiológico, tomando muestras de tres puntos por cada unidad experimental y cuatro repeticiones según los tratamientos estudiados. Para el análisis compuesto del suelo se obtuvo de una profundidad de 0.20 m con un mismo volumen de suelo y que fueron enviadas al laboratorio de la U.N.A “La molina”; de igual manera se hizo para el análisis final de los tratamientos a los 150 días de iniciado el experimento. Sobre la recolección de los datos para el análisis microbiológico, se obtuvo una muestra compuesta por tratamiento de 4 repeticiones y fueron enviadas al laboratorio de microbiología de la U.N.A “La Molina” obteniéndose el recuento de las UFC/g de suelo y de propágulos/g de actinomicetos, bacterias y de hongos respectivamente (Análisis de entrada).

Tabla N° 04

Análisis Físico – Mecánico del suelo.

| DETERMINACIÓN | NÍVEL DEL SUELO 0.0 – 30 cm | MÉTODO USADO |
|----------------------|--|---------------------|
| Arena (%) | 82 | Hidrómetro |
| Limo (%) | 11 | Hidrómetro |
| Arcilla (%) | 7 | Hidrómetro |
| Textura | Arenoso Franco | Triangulo Textural |

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla N° 05

Análisis Químico del Suelo.

| DETERMINACIÓN | NÍVEL SUELO 0.00 – 30 cm | MÉTODO USADO | INTERPRETACIÓN |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| M:O (J%) | 0.07 | Walkley – Black | Muy bajo |
| P – disp.(ppm) | 14.6 | Olsen Modificado | Alto |
| K – disp.(ppm) | 156 | Peach | Bajo |
| pH (1:1) | 7.97 | Peachímetro | Lig. Alcalino |
| CaCO ₃ (%) | 3.30 | Gas – Volumétrico | Bajo |
| C.E dS/m | 0.76 | Conductómetro | Bajo |
| CIC meq/100 g | 6.72 | Acetato de Amonio | Bajo |
| Ca ⁺⁺ meq/100 g | 5.37 | EDTA | Bajo |
| Mg ⁺⁺ meq/100 g | 0.55 | EDTA | Bajo |
| Na ⁺ meq/100 g | 0.19 | Fotómetro de llama | Bajo |
| K ⁺ meq/100 g | 0.31 | Fotómetro de llama | Medio |

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla N° 06

Análisis Microbiológico del suelo

| ORGANISMOS MESÓFILO TOTALES | UFC/g - SUELO | HUMEDAD GRAVIMÉTRICA |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Bacterias | 1.13 x 10 ⁶ | 0.32 |
| Hongos | 7.7 x 10 ³ | 0.32 |
| Actinomicetos | 4.15 x 10 ⁵ | 0.32 |

Fuente: Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

4.2 Instrumentos de recolección de datos.

Los datos de las variables fueron obtenidos en 03 fechas de evaluación, fecha de inicio el día cero, cuando el cultivo tenía un período vegetativo de 12 meses (cero días), 15 meses de período vegetativo, (90 días) y 18 meses de período vegetativo (120 días); se hicieron las tomas de datos utilizando para ello un contómetro, wincha metálica, vernier, para hacer el conteo y las mediciones de acuerdo con el desarrollo fenológico del cultivo. Para la recolección de las muestras y análisis microbiológico de los hongos y bacterias se extrajo a la profundidad de 20

cm del perfil del suelo, 03 sub muestras por unidad experimental, para obtener una muestra compuesta por unidad experimental utilizando para ello una lampa, balde y etiqueta en bolsas doble de polietileno.

4.3 Características del Campo Experimental.

PARCELA O UNIDAD EXPERIMENTAL

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Número de parcelas | 64.0 u. |
| Ancho de parcela | 4.0 m |
| Largo de parcela | 4.0 m |
| Área total de una parcela | 16.0m ² |

SURCOS

| | |
|------------------------------|-------|
| Número de surcos/parcela | 1.0 u |
| Largo de surco/parcela | 4.0 m |
| Ancho de surco | 4.0 m |
| Distanciamiento entre planta | 4.0 m |

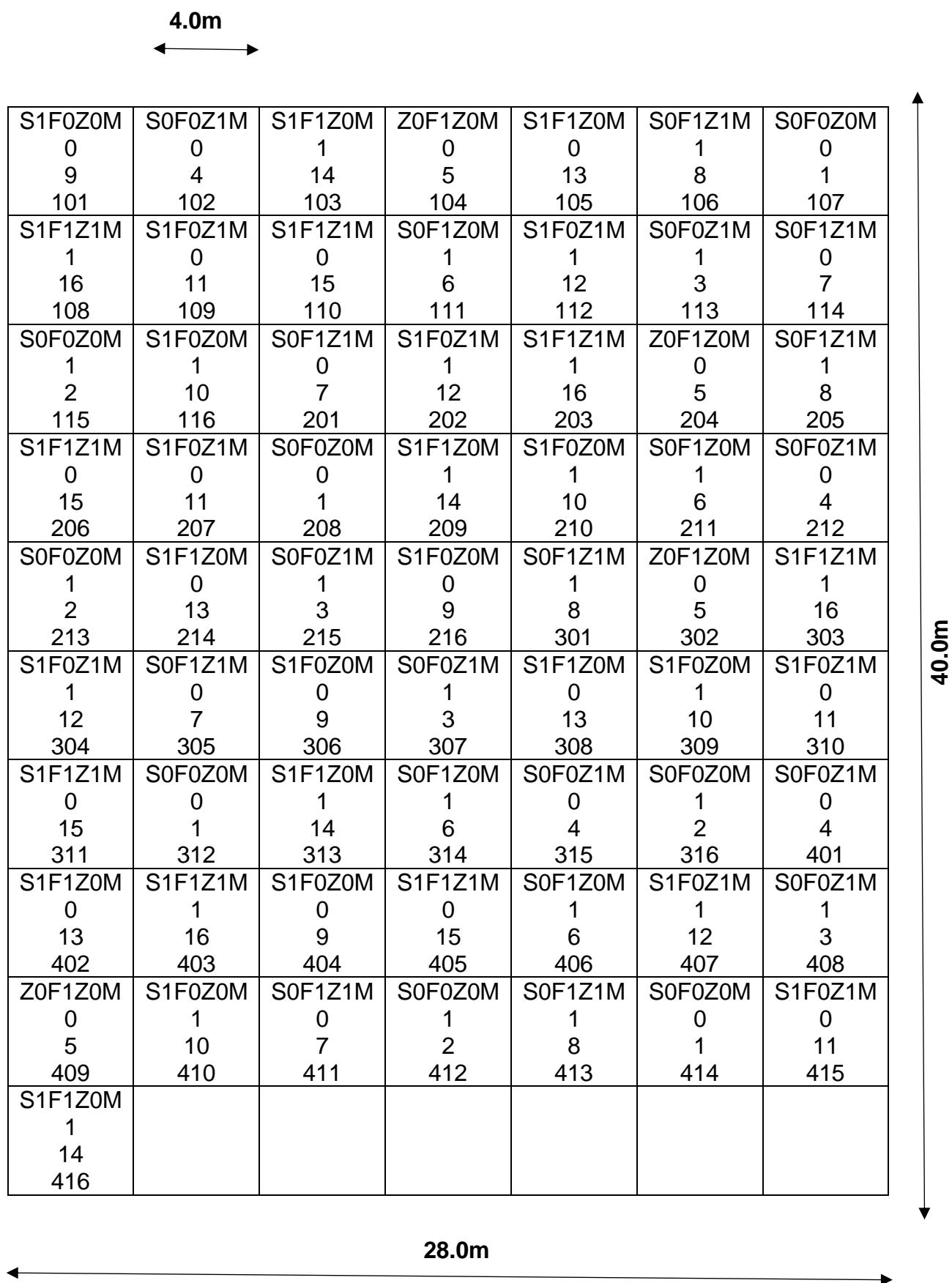
REPETICIÓN O BLOQUES

| | |
|---------------------------------------|----------------------|
| Número de repeticiones | 4.0 Rep. |
| Largo de bloque (sentido transversal) | 64.0 m |
| Ancho de bloque (sentido del surco) | 4.0m |
| Área neta de cada bloque | 256.0 m ² |

DIMENSIONES DEL CAMPO

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Largo (sentido del surco) | 4.0 m |
| Ancho (sentido transversal) | 64.0 m |
| Área total (256 x 4) | 1,024 m ² |
| Área neta | 1,024 |

4.4 Croquis experimental del ensayo.



4.5 Técnica de análisis e interpretación de resultados

Se reportaron las observaciones experimentales, que corresponden a 16 tratamientos incluido el testigo con NPK más materia orgánica descompuesta y testigo absoluto sin fertilizantes ni sustancias ácidas y que se iniciaron en la plantación de 12 meses de período vegetativo.

Evaluación de la población microbiana y de la muestra de suelo; después de aplicado los tratamientos al suelo, se envió al laboratorio de Suelos y el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, las muestras correspondientes de cada tratamiento (16) incluido el tratamiento testigo con NPK y materia orgánica. Los resultados se interpretaron teniendo en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

4.6 Evaluación de las variables.

Considerando los tratamientos aplicados en el presente trabajo de investigación se describen las siguientes variables.

- **Altura de planta**

Se tomó la longitud de planta desde la base hasta la última ramificación del tallo principal, esta medición se hará sobre cada planta de cada unidad experimental en tres momentos: a 0 días, a 60 días y 150 días de iniciado el experimento del cultivo de 12 meses de periodo vegetativo. Se expresa en centímetros (cm).

- **Diámetro de copa**

Se utilizando una cinta métrica, la medida se tomará en forma horizontal desde el centro de la planta hasta la proyección de la copa. Esta medición se realizará al inicio y al final de experimento, los resultados se expresarán en centímetros (cm).

- **Longitud de brote**

Se tomó cinco brotes seleccionados por 0 días, a 90 días, a 150 días, de iniciado el experimento en cada planta o parcela experimental, utilizando una regla de registro. Los resultados se expresan en centímetro (cm)

- **Diámetro de brote**

Se tomó utilizando un Vernier, las medidas se tomarán de la parte basal de los brotes seleccionados. Los resultados se expresarán en mm,

- **Número de hojas**

Se realizó un conteo del número de hojas que muestra el brote marcado en número de tres por planta; los resultados se expresan en unidades/brote.

- **Incidencia de plagas y enfermedades.**

Tabla N°07

Interpretación del grado de infestación de plagas.

| GRADO | ATAQUE | N° DE INDIVIDUOS /PLANTA |
|--------------|---------------|---------------------------------|
| 0 | Sin daño | 0 |
| 1 | Leve | 1-10 |
| 2 | Mediano | 10-20 |
| 3 | Fuerte | Más de 20 |

Para el caso de mosca minadora de la hoja (*Phyllocnistis citrella*) y pulgones (*Citrus tristeza Virus*), la evaluación se hizo en función al número de hojas infestadas (dañadas) por planta, se tomaron 20 hojas al azar de cada planta cada 30 días antes de su control, lo que no fue necesario realizar medida de control por la baja infestación presentada.

CAPÍTULO V

5.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y PRUEBA DE NORMALIDAD

Se utilizó la Prueba de Hipótesis de Distribución Normal y el Estadístico de Shapiro-Wilk (n=64).

- $H_0: \mu_0 \leq 1.23$ o $<$ (Hipótesis nula)
- $H_a: \mu > 1.23^*$ cm (Hipótesis alternativa)

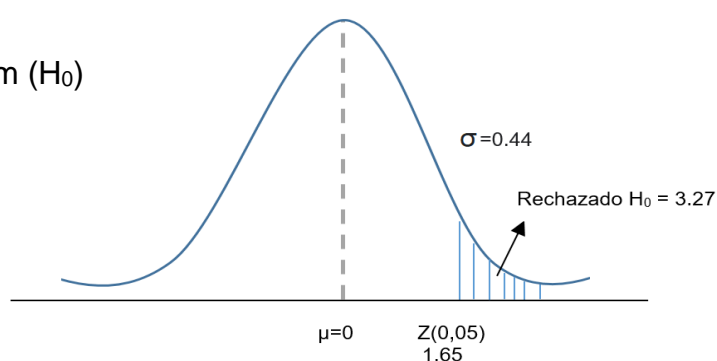
NOTA: como se dice $<$ o igual se trata de un contraste unilateral

Nivel de la significación se trabajó con un $\alpha = 5\%$

Altura de planta $\mu_0 = 1.23$ cm (H_0)

$\sigma = 0,44$ (varianza)

$\bar{X} = 1.41$



$$Z_c = \frac{1.41 - 1.23}{\sigma \sqrt{64}} = \frac{0,18}{0,44/8} = \frac{0,18}{0,055} = 3.27 \text{ cae en zona de rechazo}$$

- Altura promedio de planta después de la 2da aplicación de tratamientos.

INTERPRETACIÓN:

Existe evidencias significativas a nivel de $\alpha = 0.05$ de que las sustancias ácidas y los fertilizantes influyeron significativamente sobre el crecimiento (altura de planta) y desarrollo (formación de brotes) del cultivo de limón (*Citrus aurantifolia*) y que en cuanto al diámetro de copa también es altamente significativo. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, obteniéndose una correlación positiva baja hasta una positiva alta

que indica la intensidad (dependencia) de la relación entre las variables; realizado el contraste de hipótesis en que la probabilidad de cometer un error tipo I queda asignado al valor que se dio a x. Se rechazó la hipótesis H_0 , el crecimiento de las plantas de limón Sutil, el ensayo fue normal.

La prueba de normalidad se realizó con el estadístico de Shapiro – Wilk (mayor de treinta muestras) y el coeficiente de correlación positiva baja hasta una correlación grande entre las variables en estudio según la escala de Pearson.

Tabla N° 08

Estadísticos e interpretación de la escala de Pearson

| Variable | Estadíst. | g/L | Signific. | Interpretación |
|-------------------|-----------|-----|-----------|--------------------------|
| Altura de planta | 0.948 | 15 | 0.463 | Correlac. (+) moderada |
| Diámetro de copa | 0.923 | 15 | 0.186 | Correlación (+) muy baja |
| Longitud de brote | 0.890 | 15 | 0.560 | Correlación (+) moderada |
| Diámetro de brote | 0.943 | 15 | 0.227 | Correlación (+) baja |
| Hojas/brote | 0.933 | 15 | 0.274 | Correlación (+) baja |

5.2 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla N° 09
CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE LA VARIANCI DE LAS CARACTERÍSTICAS
EVALUADAS DEL EXPERIMENTO CULTIVO DE LIMÓN EN ICA (Primera Aplicación)

| F. V | GL | ALTURA DE PLANTA | | DIÀMETRO DE COPA | | LONGITUD DE COPA | | DIÀMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | | Ft. \propto | |
|---------------------|-----|------------------|------|------------------|------|------------------|--------|-------------------|------|-----------------|------|---------------|------|
| | | m. | Fc. | m. | Fc. | cm. | Fc. | mm. | Fc. | unid. | Fc. | 0.05 | 0.01 |
| TOTAL | 63 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BLOKS | 3 | 0.302 | 0.33 | 0.0234 | 0.45 | 37.75 | 0.28 | 5.39 | 2.30 | 120.14 | 1.22 | 2.82 | 4.25 |
| TRATAMIENTOS | 15 | | N. S | | N. S | | | | N. S | | N. S | | |
| | | 0.1510 | 1.66 | 0.0986 | 1.90 | 360.27 | 2.69** | 2.44 | 1.04 | 155.16 | 1.58 | 1.92 | 2.52 |
| ERROR EXP. | 45 | | N. S | | N. S | | | | N. S | | N. S | | |
| ----- | | 0.0906 | --- | 0.0519 | --- | 133.91 | --- | --- | --- | 98.41 | --- | --- | --- |
| S | --- | 0.30 | | 0.22 | | 11.6 | | 1.52 | | 9.92 | | --- | --- |
| Sx | --- | 0.15 | | 0.11 | | 5.8 | | 0.76 | | 4.96 | | --- | --- |
| XG | --- | 1.24 m. | | 1.42 m. | | 53.89 cm. | | 6.68 m.m. | | 34.25 hojas | | --- | --- |
| C.V. (%) | --- | 24.19 | | 15.49 | | 21.52 | | 22.35 | | 28.96 | | --- | --- |

(NS) = No Significativo

()** = Altamente Significativa

Tabla N° 10
CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE LA VARIANCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS
EVALUADAS DEL EXPERIMENTO CULTIVO DE LIMÓN EN ICA (Segunda Aplicación)

| F. V | GL | ALTURA DE PLANTA | | DIÁMETRO DE COPA | | LONGITUD DE COPA | | DIÁMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | | Ft. ∞ | |
|---------------------|-----|------------------|------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|-----------------|------|--------------|------|
| | | m. | Fc. | m. | Fc. | cm. | Fc. | mm. | Fc. | unid. | Fc. | 0.05 | 0.01 |
| TOTAL | 63 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BLOKS | 3 | 0.0289 | 0.17 | 0.0299 | 0.32 | 232.56 | 0.64 | 2.29 | 0.75 | 120.16 | 1.22 | 2.82 | 4.25 |
| TRATAMIENTOS | 15 | | N. S | | N. S | | N. S | | | | N. S | | |
| | | 0.1535 | 0.93 | 0.0062 | 0.07 | 544.58 | 1.50 | 5.26 | 5.26 | 155.16 | 1.58 | 1.92 | 2.52 |
| ERROR EXP. | 45 | | N. S | | N. S | | N. S | | N. S | | N. S | | |
| | | 0.1654 | --- | 0.0911 | --- | 364.21 | --- | 3.06 | --- | 98.40 | --- | --- | --- |
| S | --- | 0.40 | | 0.30 | | 19.08 | | 1.74 | | 9.9 | | --- | --- |
| Sx | --- | 0.20 | | 0.15 | | 9.54 | | 0.87 | | 4.9 | | --- | --- |
| XG | --- | 1.41 | | 1.42 | | 62.52 | | 7.5 | | 43.33 | | --- | --- |
| C.V. (%) | --- | 28.36 | | 21.13 | | 30.51 | | 23.20 | | 22.84 | | --- | --- |

(NS) = No Significativo

Tabla N° 11

**CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANÁLISIS DE LA VARIANCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS
EVALUADAS DEL EXPERIMENTO CULTIVO DE LIMÓN EN ICA (Tercera Aplicación)**

| F. V | GL | ALTURA DE PLANTA | | DIÁMETRO DE COPA | | LONGITUD DE COPA | | DIÁMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | | Ft. ∞ | |
|---------------------|-----|------------------|------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|-----------------|------|--------------|------|
| | | m. | Fc. | m. | Fc. | cm. | Fc. | mm. | Fc. | unid. | Fc. | 0.05 | 0.01 |
| TOTAL | 63 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BLOKS | 3 | 0.130 | 0.67 | 0.108 | 1.20 | 440.1 | 1.48 | 4.22 | 1.09 | 20.73 | 0.26 | 2.82 | 4.25 |
| TRATAMIENTOS | 15 | | N. S | | N. S | | N. S | | | | N. S | | |
| | | 0.296 | 1.53 | 0.065 | 0.72 | 562.9 | 1.90 | 9.81 | 2.53 | 62.60 | 0.78 | 1.92 | 2.52 |
| ERROR EXP. | 45 | | N. S | | N. S | | N. S | | | | N. S | | |
| | | 0.194 | --- | 0.090 | --- | 296.4 | --- | --- | ** | 79.75 | --- | --- | --- |
| S | --- | 0.44 | | 0.30 | | 17.21 | | 1.96 | | 8.93 | | --- | --- |
| Sx | --- | 0.22 | | 0.15 | | 8.60 | | 0.98 | | 4.46 | | --- | --- |
| XG | --- | 1.73 | | 1.74 | | 73.09 | | 9.80 | | 31.11 | | --- | --- |
| C.V. (%) | --- | 25.43 | | 17.24 | | 23.54 | | 20.00 | | 28.70 | | --- | --- |

(NS) = No Significativo

()** = Altamente Significativa

Tabla N° 12
PRUEBA DE AMPLITUDES SIGNIFICATIVAS DE "DUNCÁN" DE LAS CARACTERÍSTICAS EN ESTUDIO
(Primera Aplicación)

| CLAVE | | TRATAMIENTOS Y/O COMBINACIONES | ALTURA DE PLANTA (m) | | DIÁMETRO DE COPA | | LONGITUD DE BROTE | | DIÁMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | |
|-------|---|---|----------------------|-----|------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-----------------|-----|
| N° | LITERAL | | m. | O.M | m. | O.M | cm. | O.M | mm. | O.M | unid. | O.M |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 1.60 | 1 | 1.39 | 1 | 55.5 | 2 | 6.0 | 1 | 32.0 | 2 |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 1.55 | 1 | 1.52 | 1 | 77.3 | 1 | 8.0 | 1 | 47.3 | 1 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.50 | 1 | 1.31 | 1 | 54.5 | 2 | 7.0 | 1 | 43.8 | 1 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 1.40 | 1 | 1.22 | 1 | 62.3 | 1 | 7.8 | 1 | 36.0 | 1 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.31 | 2 | 1.16 | 1 | 62.5 | 1 | 7.5 | 1 | 40.8 | 1 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.29 | 2 | 1.20 | 1 | 45.0 | 2 | 7.0 | 1 | 29.3 | 2 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 1.27 | 2 | 1.28 | 1 | 65.3 | 1 | 7.3 | 1 | 40.5 | 1 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.21 | 2 | 1.00 | 2 | 44.5 | 2 | 5.5 | 1 | 26.3 | 2 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 1.19 | 2 | 1.05 | 2 | 58.3 | 1 | 7.5 | 1 | 38.5 | 1 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.16 | 2 | 1.09 | 2 | 47.5 | 2 | 6.3 | 1 | 28.5 | 2 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 1.14 | 2 | 1.09 | 2 | 57.0 | 1 | 7.5 | 1 | 30.5 | 2 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.12 | 2 | 0.96 | 2 | 47.3 | 2 | 7.0 | 1 | 30.0 | 2 |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.08 | 3 | 1.08 | 2 | 46.3 | 2 | 6.8 | 1 | 32.3 | 2 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.04 | 3 | 1.08 | 2 | 44.0 | 2 | 5.8 | 1 | 26.8 | 2 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 0.99 | 3 | 1.11 | 2 | 45.0 | 2 | 6.0 | 1 | 31.3 | 2 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 0.97 | 3 | 1.11 | 2 | 50.3 | 2 | 6.0 | 1 | 34.8 | 1 |

NOTA: Si hubo diferencias significativas entre número desiguales del orden de mérito.

Tabla N° 13
PRUEBA DE AMPLITUDES SIGNIFICATIVAS DE "DUNCÁN" DE LAS CARACTERÍSTICAS EN ESTUDIO
(Segunda Aplicación)

| CLAVE | | TRATAMIENTOS Y/O COMBINACIONES | ALTURA DE PLANTA (m) | | DIÁMETRO DE COPA | | LONGITUD DE BROTE | | DIÁMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | |
|-------|---|---|-------------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|--------------------|-----|
| N° | LITERAL | | m. | O.M | m. | O.M | cm. | O.M | mm. | O.M | unid. | O.M |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 1.81 | 1 | 1.64 | 1 | 93.3 | 1 | 9.3 | 1 | 60.5 | 1 |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 1.72 | 1 | 1.68 | 1 | 71.0 | 1 | 6.8 | 2 | 47.5 | 1 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 1.64 | 1 | 1.58 | 1 | 63.3 | 1 | 8.3 | 1 | 42.8 | 2 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.61 | 1 | 1.55 | 1 | 77.0 | 1 | 9.3 | 1 | 48.8 | 1 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 1.53 | 1 | 1.41 | 1 | 71.0 | 1 | 9.5 | 1 | 49.0 | 1 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.47 | 1 | 1.56 | 1 | 62.0 | 1 | 7.5 | 1 | 43.0 | 2 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.38 | 1 | 1.36 | 1 | 55.8 | 2 | 6.8 | 2 | 42.8 | 2 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 1.37 | 1 | 1.29 | 1 | 53.8 | 2 | 7.5 | 1 | 40.3 | 2 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 1.36 | 1 | 1.39 | 1 | 74.5 | 1 | 8.0 | 1 | 44.5 | 1 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.34 | 1 | 1.27 | 1 | 45.8 | 2 | 5.8 | 2 | 33.8 | 2 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.33 | 1 | 1.48 | 1 | 54.5 | 2 | 6.5 | 2 | 40.3 | 2 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 1.25 | 1 | 1.43 | 1 | 65.3 | 1 | 8.3 | 1 | 44.0 | 1 |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.23 | 1 | 1.38 | 1 | 52.5 | 2 | 7.0 | 2 | 40.3 | 2 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 1.23 | 1 | 1.20 | 1 | 55.0 | 2 | 6.5 | 2 | 42.3 | 2 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.19 | 1 | 1.36 | 1 | 54.0 | 2 | 6.3 | 2 | 36.3 | 2 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.26 | 1 | 1.19 | 1 | 51.8 | 2 | 7.0 | 2 | 37.5 | 2 |

NOTA: Si hubo diferencias significativas entre número desiguales del orden de mérito.

Tabla N° 14
PRUEBA DE AMPLITUDES SIGNIFICATIVAS DE "DUNCÁN" DE LAS CARÁCTERÍSTICAS EN ESTUDIO
(Tercera Aplicación)

| CLAVE | | TRATAMIENTOS Y/O COMBINACIONES | ALTURA DE PLANTA (m) | | DIÁMETRO DE COPA | | LONGITUD DE BROTE | | DIÁMETRO DE BROTE | | NÚMERO DE HOJAS | |
|-------|---|---|-------------------------|-----|---------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|--------------------|-----|
| N° | LITERAL | | m. | O.M | m. | O.M | cm. | O.M | mm. | O.M | unid. | O.M |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 2.20 | 1 | 1.84 | 1 | 94.8 | 1 | 11.3 | 1 | 37.8 | 1 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 2.10 | 1 | 1.92 | 1 | 76.3 | 1 | 10.5 | 1 | 32.0 | 1 |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 2.08 | 1 | 1.99 | 1 | 93.5 | 1 | 10.0 | 1 | 40.3 | 1 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.95 | 1 | 1.78 | 1 | 92.3 | 1 | 12.5 | 1 | 30.3 | 1 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 1.91 | 1 | 1.73 | 1 | 67.5 | 1 | 8.3 | 2 | 26.5 | 2 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.81 | 1 | 1.77 | 1 | 66.8 | 2 | 10.3 | 1 | 36.0 | 1 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₁ | 1.77 | 1 | 1.82 | 1 | 79.5 | 1 | 10.8 | 1 | 27.5 | 1 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.68 | 1 | 1.63 | 1 | 56.5 | 2 | 8.8 | 2 | 25.8 | 2 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | S ₀ + F ₀ + Z ₁ + M ₀ | 1.67 | 1 | 1.75 | 1 | 65.0 | 2 | 10.3 | 1 | 21.3 | 2 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₁ + Z ₀ + M ₀ | 1.61 | 1 | 1.81 | 1 | 96.3 | 1 | 13.0 | 1 | 41.8 | 1 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.60 | 1 | 1.75 | 1 | 69.5 | 1 | 8.0 | 2 | 30.5 | 1 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | S ₁ + F ₀ + Z ₀ + M ₁ | 1.59 | 2 | 1.71 | 1 | 68.0 | 1 | 8.3 | 2 | 31.5 | 1 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | S ₀ + F ₁ + Z ₁ + M ₀ | 1.58 | 2 | 1.75 | 1 | 65.3 | 2 | 9.8 | 2 | 32.0 | 1 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | S ₀ + F ₁ + Z ₀ + M ₁ | 1.56 | 2 | 1.59 | 1 | 60.8 | 2 | 7.8 | 2 | 25.0 | 2 |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | S ₀ + F ₀ + Z ₀ + M ₀ | 1.45 | 2 | 1.65 | 1 | 61.3 | 2 | 9.8 | 2 | 32.8 | 1 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | S ₁ + F ₁ + Z ₁ + M ₁ | 1.14 | 2 | 1.46 | 1 | 57.5 | 2 | 8.0 | 2 | 27.0 | 2 |

NOTA: Si hubo diferencias significativas entre número desiguales del orden de mérito.

Tabla N° 15
DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS CON RELACIÓN AL INCREMENTO Y/O
DISMINUCIÓN DE LA POBLACIÓN BACTERIAS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE LIMÓN
(*Citrus aurantifolia*)

| CLAVE | | POBLACIÓN DE BACTERIAS (EN UFC/g - SUELO) | | | |
|-------|---|---|------------------------|------------------------|---------------|
| N° | LITERAL | CON TRATAMIENTO | SIN TRATAMIENTO | INCREMENTO/DISMINUCIÓN | INC. TOTAL |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | 7.00 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 5.87 X 10 ⁶ | (+) 5 870 000 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | 2.16 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 1.03 X 10 ⁶ | (+) 1 030 000 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | 2.91 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 1.78 X 10 ⁶ | (+) 1 780 000 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | 2.65 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 1.52 X 10 ⁶ | (+) 1 520 000 |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | 2.32 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 1.19 X 10 ⁶ | (+) 1 190 000 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | 4.50 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 3.37 X 10 ⁶ | (+) 3 370 000 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | 9.00 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 7.87 X 10 ⁶ | (+) 7 870 000 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | 1.48 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 0.35 X 10 ⁶ | (+) 350 000 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | 3.65 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 2.52 X 10 ⁶ | (+) 2 520 000 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | 1.69 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 0.56 X 10 ⁶ | (+) 560 000 |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | 1.84 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 0.71 X 10 ⁶ | (+) 710 000 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | 1.76 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 0.63 X 10 ⁶ | (+) 630 000 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | 8.80 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 7.67 X 10 ⁶ | (+) 7 670 000 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | 5.90 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 4.77 X 10 ⁶ | (+) 4 770 000 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | 6.80 X 10 ⁶ | 1.13 X 10 ⁶ | 5.67 X 10 ⁶ | (+) 5 670 000 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | 1.07 X 10 ⁷ | 1.13 X 10 ⁶ | 9.57 X 10 ⁶ | (+) 9 570 000 |

Tabla N° 16
DATOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS CON RELACIÓN AL INCREMENTO Y/O
DISMINUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE HONGOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE LIMÓN
(*Citrus aurantifolia*)

| CLAVE | | POBLACIÓN DE HONGOS (EN UFC/g - SUELO) | | | |
|-------|---|--|-----------------------|----------------------------|-------------|
| N° | LITERAL | CON TRATAMIENTO | SIN TRATAMIENTO | INCREMENTO/ DISMINUCIÓN | INC. TOTAL |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | 2.95 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 2.180 X 10 ⁴ | (+) 21,800 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | 4.65 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 38.80 X 10 ³ | (+) 38,800 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | 4.45 X 10 ⁵ | 7.7 X 10 ³ | 437.3 X 10 ³ | (+) 437,300 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | 2.60 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 18.30 X 10 ³ | (+) 18,300 |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | 5.55 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 47.80 X 10 ³ | (+) 47,800 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | 6.10 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 53.30 X 10 ³ | (+) 53,300 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | 2.05 X 10 ⁵ | 7.7 X 10 ³ | 12.80 X 10 ⁴ | (+) 128,300 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | 3.55 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 27.80 X 10 ³ | (+) 27,800 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | 5.30 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 45.30 X 10 ³ | (+) 45,300 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | 4.05 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 32.80 X 10 ³ | (+) 32,800 |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | 4.45 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 36.80 X 10 ³ | (+) 36,800 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | 3.10 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 23.30 X 10 ³ | (+) 23,300 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | 3.25 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 24.80 X 10 ³ | (+) 24,800 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | 2.85 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 20.80 X 10 ³ | (+) 20,800 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | 3.80 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 31.07 X 10 ³ | (+) 31,070 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | 5.40 X 10 ⁴ | 7.7 X 10 ³ | 46.30 X 10 ³ | (+) 46,300 |

Tabla N° 17
DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS CON RELACIÓN AL INCREMENTO Y/O
DISMINUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ACTINOMICETOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE
LIMÓN (*Citrus aurantifolia*)

| CLAVE | | POBLACIÓN DE ACTINOMICETOS (EN UFC/g - SUELO) | | | |
|-------|---|---|------------------------|-------------------------|----------------|
| N° | LITERAL | CON TRATAMIENTO | SIN TRATAMIENTO | INCREM. /DISM. | INC. TOTAL |
| 1 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₀ | 1.53 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.325 X 10 ⁶ | (+) 1 325 000 |
| 2 | S ₀ F ₀ Z ₀ M ₁ | 1.25 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 8.35 X 10 ⁵ | (+) 835 000 |
| 3 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₀ | 1.11 X 10 ⁷ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.068 X 10 ⁵ | (+) 10 685 000 |
| 4 | S ₀ F ₀ Z ₁ M ₁ | 1.60 X 10 ⁷ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.55 X 10 ⁵ | (+) 15 585 000 |
| 5 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₀ | 1.12 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 7.05 X 10 ⁵ | (+) 705 000 |
| 6 | S ₀ F ₁ Z ₀ M ₁ | 1.73 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.315 X 10 ⁶ | (+) 1 315 000 |
| 7 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₀ | 2.80 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 2.485 X 10 ⁶ | (+) 2 485 000 |
| 8 | S ₀ F ₁ Z ₁ M ₁ | 1.32 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 8.05 X 10 ⁵ | (+) 805 000 |
| 9 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₀ | 1.25 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 8.35 X 10 ⁵ | (+) 835 000 |
| 10 | S ₁ F ₀ Z ₀ M ₁ | 1.02 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 6.05 X 10 ⁵ | (+) 605 000 |
| 11 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₀ | 1.55 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.135 X 10 ⁶ | (+) 1 135 000 |
| 12 | S ₁ F ₀ Z ₁ M ₁ | 1.42 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.005 X 10 ⁶ | (+) 1 005 000 |
| 13 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₀ | 1.54 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 1.125 X 10 ⁶ | (+) 1 125 000 |
| 14 | S ₁ F ₁ Z ₀ M ₁ | 1.28 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 8.65 X 10 ⁵ | (+) 865 000 |
| 15 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₀ | 1.63 X 10 ⁶ | 4.15 X 10 ⁵ | 12.15 X 10 ⁵ | (+) 1 215 000 |
| 16 | S ₁ F ₁ Z ₁ M ₁ | 1.55 X 10 ⁵ | 4.15 X 10 ⁵ | 2.60 X 10 ⁵ | (+) 105,000 |

Tabla N° 18
Análisis Físico – Mecánico del suelo. (Después de tratamientos)

| DETERMINACIÓN | NÍVEL DEL SUELO 0.0 – 30 cm | MÉTODO USADO |
|---------------|--------------------------------|--------------------|
| Arena (%) | 78 | Hidrómetro |
| Limo (%) | 14 | Hidrómetro |
| Arcilla (%) | 8 | Hidrómetro |
| Textura | Franco Arenoso | Triángulo Textural |

Testigo absoluto. “Laboratorio UNALAM”

Tabla N° 19
Análisis Químico del Suelo. (Después de tratamientos)

| DETERMINACIÓN | NÍVEL SUELO 0.00 – 30 cm | MÉTODO USADO | INTERPRETACIÓN |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|
| M:O (J%) | 1.12 | Walkley – Black | Muy bajo |
| P – disp. (ppm) | 44.6 | Olsen Modificado | Alto |
| K – disp.(ppm) | 172.0 | Peach | Bajo |
| pH (1:1) | 8.0 | Peachímetro | Lig. Alcalino |
| CaCO ₃ (%) | 3.20 | Gas – Volumétrico | Bajo |
| C.E dS/m | 0.91 | Conductómetro | Bajo |
| CIC meq/100 g | 7.36 | Acetato Amonio | Bajo |
| Ca ⁺⁺ meq/100 g | 5.30 | EDTA | Bajo |
| Mg ⁺⁺ meq/100 g | 1.50 | EDTA | Bajo |
| Na ⁺ meq/100 g | 0.17 | Fotómetro de llama | Bajo |
| K ⁺ meq/100 g | 0.35 | Fotómetro de llama | Medio |

Testigo absoluto. “Laboratorio UNALAM”

Tabla N° 20
Análisis Físico – Mecánico del suelo. (Después de tratamientos)

| DETERMINACIÓN | NÍVEL DEL SUELO 0.0 – 30 cm | MÉTODO USADO |
|---------------|--------------------------------|--------------------|
| Arena (%) | 82 | Hidrómetro |
| Limo (%) | 12 | Hidrómetro |
| Arcilla (%) | 6 | Hidrómetro |
| Textura | Franco Arenoso | Triangulo Textural |

Testigo con NPK. “Laboratorio UNALAM”

Tabla N° 21
Químico del Suelo. (Después de tratamientos)

| DETERMINACIÓN | NÍVEL SUELO 0.00 – 30 cm | MÉTODO USADO | INTERPRETACIÓN |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| M:O (J%) | 0.77 | Walkley – Black | Bajo |
| P – disp. (ppm) | 70.2 | Olsen Modificado | Alto |
| K – disp.(ppm) | 259 | Peach | Alto |
| pH (1:1) | 7.6 | Peachímetro | Lig. Alcalino |
| CaCO ₃ (%) | 3.30 | Gas – Volumétrico | Bajo |
| C.E dS/m | 1.14 | Conductómetro | Bajo |
| CIC meq/100 g | 5.44 | Acetato Amonio | Bajo |
| Ca ⁺⁺ meq/100 g | 3.56 | EDTA | Bajo |
| Mg ⁺⁺ meq/100 g | 1.22 | EDTA | Bajo |
| Na ⁺ meq/100 g | 0.15 | Fotómetro de llama | Bajo |
| K ⁺ meq/100 g | 0.51 | Fotómetro de llama | Bajo |

Testigo con NPK. "Laboratorio UNALAM"

CAPÍTULO VI

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1 Presentación e Interpretación de resultados.

En las Tabla N° 9,10 y 11, presentamos los análisis de las variancias (ANVAS), de las características evaluadas como: altura de planta (m), diámetro de copa (m), longitud de brote (cm.), diámetro de brote (mm) y número de hojas por planta (unid.) durante la primera, segunda y tercera aplicación del experimento en estudio. Además, presentamos las fuentes de variación (F.V) de los mismos Tablas, en donde se observan que solamente se encontraron alta significación para longitud de brote (cm) y diámetro de brote (mm) durante la primera y tercera aplicación en estudio. Además, se indican coeficientes de variabilidad (C.V) que van desde 15.49% a 28.96 %, que son valores muy buenos para dicho experimento.

También presentamos los Tablas N° 9, 10 y 11 medidas estadística como: Variaciones simple (S), desviación standard de los promedios (Sx), promedio general (xG) y el coeficiente de variabilidad (C.V) que son medidas más usadas en las diferentes pruebas de significación que nos dicen el orden de mérito correspondiente y que se demuestra que hubo de una baja a moderada correlación positiva en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En los Tablas N° 12, 13 y 14 se indican el orden de mérito de cada característica y tratamientos en estudio y que se realizaron sus ANVAS primera, segunda y tercera aplicación del presente estudio.

En el Tabla N°12 de la prueba de "DUNCAN" sobre la primera aplicación, se tiene que, para la altura de planta (m.) ocuparon el primer lugar cuatro tratamientos

de las claves: 5 (S₀F₁Z₁M₁); 11 (S₁F₀Z₁M₀); 8 (S₀F₁Z₁M₁) y 12 (S₁F₁Z₁M₀), con resultados de 1.60; 1.55; 1.40 m de altura de planta respectivamente.

En cambio, para diámetro de copa (m.) sobresalieron siete tratamientos de las claves: 5 (S₀F₁Z₀M₀); 11 (S₁F₀Z₁M₀); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 7 (S₀F₁Z₁M₀) y 3 (S₀F₀Z₁M₀) en resultados de 1.39, 1.52, 1.31, 1.22, 1.16, 1.20 y 1.28 m de diámetro de copa, respectivamente.

Además, en longitud de brote (cm) ocuparon el primer lugar seis tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 4 (S₀F₀Z₁M₁) y 13 (S₁F₁Z₀M₀), con 77.3, 62.3, 62.5, 65.3, 58.3 y 57.0 cm., de longitud de brote, respectivamente.

Asimismo, en número de hojas (unid.), sobresalieron seis tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀) y 4 (S₀F₀Z₁M₁), con 47.3, 47.8, 36.0, 40.8, 40.5 y 38.5 hojas por planta, respectivamente. El diámetro de brotes no sobresalió tratamiento alguno, Lo que coincide con el estudio realizado sobre Fertirrigación ácida que modificaron el suelo las sustancias aplicadas, pero no incrementaron la concentración foliar del hierro ni elevaron los rendimientos en frutas (Rivera et al., 2008)

En el Tabla N^o 13 de la prueba de "DUNCAN" para la segunda aplicación, para la longitud de brote (cm), ocuparon el primer lugar ocho tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 5 (S₀F₁Z₀M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 13 (S₁F₁Z₀M₀) y 4 (S₀F₀Z₁M₁), con resultados de 93.3, 71.3, 63.3, 77.0, 71.0, 62.0, 74.5 y 65.3 cm. de longitud de brote respectivamente.

Además, se tiene que en un diámetro de brote (mm), ocho tratamientos ocuparon el primer lugar, siendo las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 2 (S₀F₀Z₀M₁); 13 (S₁F₁Z₀M₀) y 4 (S₀F₀Z₁M₁),

con resultados de 9.9, 8.3, 9.3, 9.5, 7.5, 7.5, 8.0 y 8.3 mm, de diámetro de brote, respectivamente.

En el Tabla N^a 14 de la prueba de “DUNCAN” de la tercera aplicación del experimento, se tiene que para altura de planta (m), ocuparon el primer lugar once tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 5 (S₁F₁Z₁M₀); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 2 (S₀F₀Z₀M₁); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 15 (S₀F₀Z₁M₀); 4 (S₀F₀Z₁M₁); 13 (S₁F₁Z₀M₀); 9 (S₁F₁Z₀M₀); con 2.20, 2.10, 2.08, 1.95, 1.91, 1.81, 1.77, 1.68, 1.67, 1.61 y 1.60 m de altura de planta, respectivamente.

Para longitud de brote (cm), se observa que nueve tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 5 (S₀F₁Z₀M₀); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 2 (S₀F₀Z₀M₁); y 3 (S₀F₀Z₁M₀); 13 (S₁F₁Z₀M₀); 9 (S₁F₀Z₀M₀) y 10 (S₁F₀Z₀M₁), ocuparon el primer lugar, con resultados de 94.8, 76.3, 93.5, 92.3, 67.5, 79.5, 96.3, 69.5 y 68.0 cm de longitud de brote respectivamente.

En cambio, para diámetro de brote (mm), sobresalieron ocho tratamientos ocupando los primeros lugares siendo las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 5 (S₀F₁Z₀M₀); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 4 (S₀F₀Z₁M₁) y 13 (S₁F₁Z₀M₀), con resultados de 11.3, 10.5, 10.0, 12.5, 10.8, 10.3 y 13.0mm de diámetro de brote.

En la característica número de hojas por plante, ocuparon el primer lugar diez tratamientos de las claves: 11 (S₁F₀Z₁M₀); 12 (S₁F₀Z₁M₁); 5 (S₀F₁Z₀M₀); 14 (S₁F₁Z₀M₁); 8 (S₀F₁Z₁M₁); 3 (S₀F₀Z₁M₀); 13 (S₁F₁Z₀M₀); 9 (S₁F₀Z₀M₀) y 10 (S₁F₀Z₀M₁) y 7 (S₀F₁Z₁M₀), con resultados de 37.8, 32.0, 40.3, 30.3, 36.0, 27.5, 41.8, 30.5, 31.5 y 32.0 hojas por planta, respectivamente.

De los resultados obtenidos, se pueden mencionar que los tratamientos de las claves: 1 (S₀F₀Z₀M₀) y 16 (S₁F₁Z₁M₁), ocuparon los segundos y últimos lugares según lo confirmado por prueba de significación de “DUNCAN” en estudio, lo que puede

referirse a lo manifestado por los investigadores que sostienen que las bacterias son promotoras del crecimiento vegetal (PGPM), que incrementan y el crecimiento y el desarrollo vegetal, permitiendo la reducción de los fertilizantes químicos (Ogata y Zúñiga, 2020). Así mismo se cumple que las sustancias ácidas y los fertilizantes influyeron significativamente sobre el crecimiento (altura de planta y diámetro de copa) y el desarrollo (formación de brotes) del cultivo de limón (*Citrus aurantifolia*)

Referente al incremento y/o disminución de la población de las bacterias Tabla N° 15 en los tratamientos empleados en el cultivo de limón el tratamiento N° 16 ($S_1F_1Z_1M_1$), Testigo absoluto, de 1.13×10^6 a 1.07×10^7 el incremento representó 9 570 000 ufc/g-s; la clave N° 7 ($S_0F_1Z_1M_0$), de 1.13×10^6 , incrementó a 1.07×10^6 , presentó 7 870 000 ufc/g-s, la clave N° 13 ($S_1F_1Z_0M_0$) de 1.13×10^6 a 8.80×10^6 , incrementó 7 670 000 ufc/g-s. Así mismo los tratamientos que menos incrementaron su población fue el N° 8 ($S_0F_1Z_1M_1$) de 1.13×10^6 a 1.48×10^6 , aumentó – 350 000 ufc/g-s, el tratamiento N°10 ($S_1F_0Z_0M_1$) de 1.13×10^6 a 1.69×10^6 , incrementó 560x 000 ufc/g-s y el tratamiento N° 12 ($S_1F_0Z_0M_0$) de 1.13×10^6 a $1,76 \times 10^6$, incrementó a 630 000 ufc/g-s.

Sobre la variación de la población de los hongos, Tabla N° 16, del suelo que se evaluaron en la muestra inicial antes de la aplicación de tratamientos al suelo en el cultivo de limón, el tratamiento N° 03, ($S_0F_0Z_1M_0$), la población incrementó de 7.7×10^3 a 4.45×10^5 que presentó 437 300 ufc/g-s, el tratamiento N° 07 ($S_0F_1Z_1M_0$) incremento su población de hongos 7.7×10^3 a 2.05×10^5 que presentó 128 300 ufc/g-s. Los tratamientos que menos se incrementaron el N° 04 ($S_0F_0Z_1$) de 7.7×10^3 a 2.60×10^4 presentó 18 300 ufc/g-s juntamente con el tratamiento N° 01 el testigo absoluto de 7.7×10^3 incrementó a 2.95×10^4 que presentó 21 800 ufc/g-s. Incremento

relativamente bajo y ello debido a que la reacción del suelo más adecuada para el desarrollo de la población fúngica es la del medio ácido (Rivera et al 2008).

En cuanto a los actinomicetos, Tabla N° 17, fue el tratamiento N°04 ($S_0F_0Z_1M_1$) el que tuvo un aumento de la población de 4.15×10^5 a 1.60×10^7 en 15 585 000 ufc/g-s, de la misma manera se presentó un incremento de la población microbiana en las claves N° 03, ($S_0F_0Z_1M_1$), de 4.15×10^5 a 1.11×10^7 con un total de 10 685 000; la clave N° 16 ($S_1F_1Z_1M_1$) y la N° 10 ($S_1F_0Z_0M_0$), fueron los tratamientos que menos incrementaron su población de 105 000 a 605 000 respectivamente. Al respecto Syed y Tollamadugu 2019, sus ensayos realizados sobre la aplicación de microorganismos al cultivo manifiestan que se asocian a estos y son promotores del crecimiento vegetal y de sostenibilidad ambiental, así mismo también en la disminución y degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

En cuanto al suelo, se realizó un análisis de caracterización de entrada, Tablas N° 18-19, y al final de la culminación de aplicación de los tratamientos y en donde se pudo verificar de la mejora de la textura del suelo de ser una de tipo arenoso franco pasar a otra de franco arenoso debido al guano repotenciado. Podemos verificar una ligera variación de la reacción del suelo de un pH 7.97 a 7.60, (Rivera, 2008) por lo que estamos ante un suelo ligeramente alcalino que favoreció a la multiplicación de las bacterias y de los actinomicetos más no así de los hongos. De similar manera en cuanto al contenido de carbonatos el contenido inicial de 3.30% bajo ligeramente a 3.20% (Pérez, 2013), con el testigo absoluto y con el tratamiento con NPK, varió muy poco debido al poder tampón del suelo ocasionado por la materia orgánica aplicada al suelo 15 Kg/hoyo.

Referente a la materia orgánica de 0.07% varió a 1.12% en el testigo absoluto ($S_0F_0Z_0M_0$) y el testigo con el tratamiento NPK varió de 0.07% a 0.77%, lo que indica

la labor de mineralización realizada por los microorganismos del suelo. La CIC, el muestreo inicial fue de 6.72 meq/100 g-s (suelo de muy baja fertilidad natural) incrementándose la CIC en el testigo absoluto de 7.36 meq/100 g-s y comparado con la CIC del testigo absoluto con NPK, la CIC disminuyó a 5.44 meq/100 g-s. Y en cuanto al % de saturación de bases inicial fue de 100% que no varió con los tratamientos aplicados y que favoreció al incremento de la bacteria y de los actinomicetos y en menor % los hongos lo que se puede verificar con las pruebas de amplitudes significativas de DUNCAN en las características de las plantas. También podemos mencionar, referente a los elementos químicos del suelo: sulfato de fierro, sulfato de zinc y sulfato de manganeso no tuvieron afectos contrarios en las plantas del limón y ello debido posiblemente a la capacidad metabólica de los microorganismos, que cuentan con los procesos enzimáticos para degradar los contaminantes, plaguicidas y derivados del petróleo en procesos aeróbicos y anaeróbicos (U.N.A "La Molina" 2019) lo que permitió en especial longitud de brote primera aplicación y en diámetro de brote tercera aplicación del citado experimento, pero sin significación estadística.

En el Tabla N^a 15,16 y 17, de los análisis microbiológicos del suelo, en estudio, se puede observar que todos los tratamientos incluyendo el testigo tuvieron incrementos de bacterias en el suelo como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica aplicada por hoyo, así mismo, Rojas (2018), en sus investigaciones llegaron a la conclusión del que el porta injerto Limón Rugoso demostró un mejor tolerancias a los efecto negativos ocasionado9s por las sustancias ácidas aplicadas al suelo, sobre el crecimiento de en altura de los limones al igual que la mandarina Cleopatra.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de clima y suelo en que se condujo el presente estudio, se extraen las siguientes conclusiones:

1. Las sustancias ácidas influyen positivamente en la población de los microorganismos del suelo y en el crecimiento del cultivo de *C. aurantifolia*.
2. Las sustancias ácidas influyeron positivamente sobre la población microbiana del suelo.
3. Las sustancias ácidas se relacionaron positivamente con el crecimiento del cultivo de *C. aurantifolia*.
4. Las sustancias ácidas influyeron positivamente sobre las propiedades física-químicas del suelo.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

1. La aplicación de las sustancias ácidas como el HNO_3 y de la materia orgánica repotenciada, a la dosis que se aplica al suelo en el presente ensayo no perjudica la población microbiana y mejora la reacción del suelo.

2. Necesariamente deberá respetarse las buenas prácticas agrícolas de los cultivos a fin de evitar la pérdida de los fertilizantes que incrementan a los gases de efecto invernadero, utilizando los biofertilizantes por su gran capacidad de los microorganismos de degradar los contaminantes químicos y degradadores de los combustibles fosilizados.

3. Realizar una campaña de mejoramiento de suelos agrícolas con la aplicación de guano repotenciado y ello debido a que la población determinada de los microorganismos en el suelo aumenta las propiedades biológicas del suelo.

4. Realizar una agricultura sostenible para todos los cultivos que se siembren debiendo estar atento a la aplicación que se hace de agroquímicos de síntesis en la agricultura de explotación industrial en el valle.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS CITADAS

- Ayers, R.S y Westcot, D.W (1987) "Calidad del agua para la agricultura". Estudio de la FAO Riego y Drenaje. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Pág 32. ISBN92-5-302263-9.
- Bennardi, D., Gorostegui, Agustina., Millán, G. y Pellegrini, A. (2018): Evaluación de la capacidad buffer de suelos ácidos de la región pampeana. *Ciencia del suelo* 36(1), 30-38, ISSN 0326-3169.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6541224>
- Cedrón, M. y Lecaros, M. (2019). *Aislamiento y evaluación de microorganismos nativos como biorremediadores de suelos contaminados con Chlorpyrifos en la Universidad Nacional Agraria La Molina*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Agronomía]. Cybertesis: Repositorio de Tesis Digital. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3977>
- Corrales, L., Arévalo, Z. y Moreno, V. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* 12(21), 68-79.
<http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n21/v12n21a06.pdf>
- Gonzales, A.; Rivera, M., García, C., Suárez, J., Narcía, A. y Cruz, G. (2013). Uso de fertilizantes orgánicos para la mejora de propiedades químicas y microbiológicas del suelo y del crecimiento del cítrico *Citrangue troyer*. *Dialnet*, 28(2), 123-139. <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v29n2/v29n2a3.pdf>
- Labrada, F., Mendoza, A., Vásquez, M. y Ramírez, R. (2014). Adición de ácido cítrico en la solución nutritiva para tomate en un suelo calcáreo. *Terra Latinoam*,

32(3), 251-255. On-line ISSN 2395-8030, versión impresa ISSN 0187-5779.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n3/2395-8030-tl-32-03-00251.pdf>

Lee, V., Beltrán, M., Lerma, J. y Licón, L. (1998). Aplicación de ácido sulfúrico en el riego corrige la clorosis férrica de los cultivos en suelos calcáreos. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 149-161. E-ISSN: 2395-8030, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316206>

Lozano, J., Armbrecht, I. y Montoya, J. (2015). Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. *Acta Agron.* 64(4), 289-296. ISSN 0120-2812. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.46045>. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n4/v64n4a01.pdf>

Luna Pérez, Y., Álvarez, J., Mendoza, J., Pat, J., Gómez, R. y Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Bot.* 69(1), 46-56. On-line version ISSN 0717-6643, <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100006> , <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gbot/v69n1/art06.pdf>

Moreno, A., García, V., Reyes, J., Vásquez, J. y Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: Una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 20(1), 68 – 83. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v20n1/0123-3475-biote-20-01-68.pdf>

Ogata, K. y Zúñiga, D. (2020). Interacciones Bacteria-Planta: Un Valor Añadido De La Inoculación Microbiana. *Revista Peruana De Biología* 27(1), 021 - 025. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17575> , <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/17575>

- Prado, W., Chevez, L., Jerez, E., Nápoles, M., Maceo, Y. y Cosdovi, C. (2018). Efecto del Azofert® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. *Centro. Agro.* 45 (4), 20-26, ISSN papel: 0253-5785 ISSN online: 2072-2001, <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n4/0253-5785-cag-45-04-20.pdf>
- Quiñones, E., López, L. y Rincón, G. (2014). Dinámica del crecimiento de papaya por efecto de la inoculación micorrízica y fertilización con fósforo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(2): 223-237, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.05.018> , <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v20n2/v20n2a8.pdf>
- Rivera, P. Etchevers, J. Hidalgo, C., Castro, B., De la Garza, F., Rodríguez, J. y Martínez, Á. (2008). Fertirrigación ácida de hierro en cítricos establecidos en suelos calcáreos. *Terra Latinoamericana* 26(2), 119-125, <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n2/v26n2a4.pdf>
- Salgado, S., Palma, D., Zavala, J., Córdova, S., Castelán, M., Lagunes, L., Ortiz, C., Rivera, M., Ventura, F., Marín, A., Moreno, E. y Rincón, J. (2015). Programa de fertilización sustentable para plantaciones de cítricos en Tabasco, México. *Programa de Fertilización Sustentable*, 3(9), 345-356. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v3n9/2007-901X-era-3-09-00345.pdf>
- Santiesteban, M., Helfgott, S. Loli, O. y Julca, A. (2016). Comportamiento del cultivo del limón (*Citrus aurantifolia* Swingle) en "fincas tipo" en Santa Elena, Ecuador. *Idesia* 34(7), 45-49. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000003> , <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n1/aop0317.pdf>
- Santos, B. y Rios, D. (2016). *Cálculo de Soluciones Nutritivas en suelo y sin suelo*. (Edición). Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. ISBN: 978-84-15012-87-0,

http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf

Shameer Syed, N.V.K.V. Prasad Tollamadugu, (2019). Role of Plant Growth-Promoting Microorganisms as a Tool for Environmental Sustainability. Papel de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal como herramienta para la sostenibilidad ambiental. *Editor Viswanath Buddolla, Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry, Academic Press* (16), 209-222. ISBN 9780128163283, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816328-3.00016-7>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128163283000167>

Silva, S. (2015). *Respuestas fisiológicas de los cítricos al exceso de boro. Estudio de Portainjertos y Micorrización*. [Tesis Doctoral, Universidad Miguel Hernández]. Cybertesis: Repositorio de Tesis Digital. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2624/1/TD%20Sim%c3%b3n%20Grao%2c%20Silvia.pdf>

Universidad Central de Venezuela - Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía (2009). Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros. *Agronomía Tropical*. 59(3), 309-316. http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5903/pdf/sanchez_t.pdf

Universidad Nacional Agraria "La Molina" - Instituto de Biotecnología (2019). Biotecnología en Movimiento. Revista de Divulgación del Instituto de Biotecnología de la UNAM 3(17). <https://biotecmov.files.wordpress.com/2018/09/bajabm17.pdf>. Disponible en www.ibt.unam.mx

ANEXO

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : CARLOS CABRERA APARCANA
MUESTRA : SUELO
PROCEDENCIA: ICA/ ICA/ SUBTANJALLA/ FUNDO ARRABALES
REFERENCIA : H.R. 71566
BOLETA : 3970
FECHA : 12/02/2020

| Código de muestra | Codigo de campo | Humedad gravimétrica (%) | Organismos mesófilos totales (UFC/ g de suelo seco) | | |
|-------------------|-----------------|--------------------------|---|--------------------|--------------------|
| | | | Bacterias | Hongos | Actinomicetos |
| 005 | - | 0.32 | 1.13×10^6 | 7.70×10^3 | 4.15×10^5 |

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio de Microbiología

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio de Suelos

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

POBLACIÓN MICROBIANA

SOLICITANTE : CARLOS ALBERTO CABRERA APARCANA

MUESTRA : SUELO

PROCEDENCIA: ICA/ ICA/ SUBTANJALLA/ FUNDO RABALES

REFERENCIA : H.R. 72347

BOLETA : 4165

FECHA : 1/09/2020

| Código de muestra | Código de campo | Humedad gravimétrica (%) | Organismos mesófilos totales (UFC/ g de suelo seco) | | |
|-------------------|-----------------|--------------------------|---|--------------------|--------------------|
| | | | Bacterias | Hongos | Actinomicetos |
| 261 | S0 F0 Z0 M0 | 4.46 | 7.00×10^6 | 2.95×10^4 | 1.53×10^6 |
| 262 | S0 F0 Z0 M1 | 4.24 | 2.16×10^6 | 4.65×10^4 | 1.25×10^6 |
| 263 | S0 F0 Z1 M0 | 5.23 | 2.91×10^6 | 4.45×10^5 | 1.11×10^7 |
| 264 | S0 F0 Z1 M1 | 4.13 | 2.65×10^6 | 2.60×10^4 | 1.60×10^7 |
| 265 | S0 F1 Z0 M0 | 4.11 | 2.32×10^6 | 5.55×10^4 | 1.12×10^6 |
| 266 | S0 F1 Z0 M1 | 5.39 | 4.50×10^6 | 6.10×10^4 | 1.73×10^6 |
| 267 | S0 F1 Z1 M0 | 4.57 | 9.00×10^6 | 2.05×10^5 | 2.80×10^6 |
| 268 | S0 F1 Z1 M1 | 4.28 | 1.48×10^6 | 3.55×10^4 | 1.32×10^6 |
| 269 | S1 F0 Z0 M0 | 3.68 | 3.65×10^6 | 5.30×10^4 | 1.25×10^6 |
| 270 | S1 F0 S0 M1 | 4.15 | 1.69×10^6 | 4.05×10^4 | 1.02×10^6 |
| 271 | S1 F0 Z1 M0 | 4.57 | 1.84×10^6 | 4.45×10^4 | 1.55×10^6 |
| 272 | S1 F0 Z1 M1 | 5.37 | 1.76×10^6 | 3.10×10^4 | 1.42×10^6 |
| 273 | S1 F1 Z0 M0 | 5.43 | 8.80×10^6 | 3.25×10^4 | 1.54×10^6 |
| 274 | S1 F1 Z1 M0 | 4.02 | 5.90×10^6 | 2.85×10^4 | 1.28×10^6 |
| 275 | S1 F1 Z0 M1 | 4.09 | 6.80×10^6 | 3.80×10^4 | 1.63×10^6 |
| 276 | S1 F1 Z1 M1 | 5.88 | 1.07×10^7 | 5.40×10^4 | 9.85×10^5 |

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CARLOS CABRERA APARCANA

Departamento : ICA

Distrito : SUBTANJALLA

Referencia : H.R. 71565-013C-20

Bolt.: 3970

Provincia : ICA

Predio : FUNDO ARRABALES

Fecha : 29/01/2020

| 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 | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------------------|--------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-------|---------|-------------------|------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Lab | Claves | | | | | | | Arena | Lim o | Arcilla | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| | | | | | | | | % | % | % | | | meq/100g | | | | | | | |
| 758 | | 7.97 | 0.76 | 3.30 | 0.07 | 14.6 | 156 | 82 | 11 | 7 | A.Fr. | 6.72 | 5.37 | 0.85 | 0.31 | 0.19 | 0.00 | 6.72 | 6.72 | 100 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante CARLOS ALBERTO CABRERA
 : APARCANA

Departamento: ICA

Distrito : SUBTANJALLA

Referencia :
 : H.R. 72346-052C-20

Bolt.: 4165

Provincia
 : ICA
 Predio
 : FUNDO RABALES
 Fecha
 : 10/08/2020

| 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 | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------------------|--------|---------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|------|---------|-------------------|-----|---------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| LAB | Claves | | | | | | | Arena | Limo | Arcilla | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| | | | | | | | | % | % | % | | | meq/100g | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------|------|------|------|------|------|-----|----|----|---|-------|------|------|----------|------|------|------|------|------|-----|
| 3174 | Testigo absoluto | 8.00 | 0.91 | 3.20 | 1.12 | 44.6 | 172 | 78 | 14 | 8 | Fr.A. | 7.36 | 5.30 | 1.5 3 | 0.35 | 0.17 | 0.00 | 7.36 | 7.36 | 100 |
| 3175 | Testigo NPK | 7.60 | 1.14 | 3.30 | 0.77 | 70.2 | 259 | 82 | 12 | 6 | A.Fr. | 5.44 | 3.56 | 1.2 2 | 0.51 | 0.15 | 0.00 | 5.44 | 5.44 | 100 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Ing. Braulio La Torre Martínez

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Exposición ácida del suelo e influencia sobre la microbiología y el crecimiento de *Citrus aurantifolia* (Limón Sutil), región Ica-Pe

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | POBLACIÓN |
|--|---|--|---|
| ¿Cómo influyen las sustancias ácidas sobre la población microbiana del suelo y en el crecimiento de <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle (Limón sutil) en Ica - Perú | Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas en la población de microorganismos del suelo y el crecimiento de <i>Citrus aurantifolia</i> en Ica - Perú | La exposición a sustancias ácidas influye sobre la población microbiana y el crecimiento del cultivo de <i>Citrus aurantifolia</i> en la región Ica - Perú | 64 unidades experimentales del cultivo de frutales <i>Citrus aurantifolia</i> |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICAS | MUESTRA |
| ¿Cómo influyen las sustancias ácidas sobre la población microbiana del suelo? | Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas en la población microbiana del suelo. | Las sustancias ácidas influyen en la población de los microorganismos del suelo. | 64 unidades de planta sembradas a un distanciamiento de 4x4. |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICAS | |
| ¿Cómo es el crecimiento de <i>Citrus aurantifolia</i> a la aplicación de sustancias ácidas? | Evaluar ¿Cuál es el crecimiento del cultivo de <i>Citrus aurantifolia</i> a la aplicación de sustancias ácidas? | La variación del crecimiento del Cultivo de <i>Citrus aurantifolia</i> , por la aplicación de sustancias ácidas al suelo. | |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICAS | |
| ¿Cómo influyen las sustancias sobre las propiedades químicas del suelo? | Evaluar cómo influyen las sustancias ácidas en las propiedades químicas del suelo. | Las sustancias ácidas influyen sobre las propiedades químicas del suelo. | |



SOLICITANTE : CARLOS ALBERTO CABRERA APARCANA

ANÁLISIS N° : 201-01A-2019

PREDIO : CARLOS ALBERTO CABRERA APARCANA

LUGAR : ICA

MATRIZ : AGUA DE POZO

FECHA DE RECEP. : 01/02/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA - FÍSICOQUÍMICO
MUESTRA : MUESTRA N° 01

| PARÁMETRO | RESULTADO | UNIDAD | MÉTODO | TÉCNICA |
|---|-----------|---------|-----------------|--------------------|
| pH a 27 °C | 7.06 | | EPA 150.1 | Electrométrico |
| Conductividad Eléctrica a 25 °C. | 0.80 | mS / cm | EPA 120.1 | Electrométrico |
| Calcio (Ca) | 5.87 | mEq / L | EPA 215.1 | FAAS |
| Magnesio (Mg) | 1.19 | mEq / L | EPA 242.1 | FAAS |
| Sodio (Na) | 1.42 | mEq / L | EPA 273.1 | FAAS |
| Potasio (K) | 0.04 | mEq / L | EPA 258.1 | FAAS |
| Cloruro (Cl) | 1.03 | mEq / L | SM 4500 Cl- B | Argentométrico |
| Sulfato (SO ₄ ⁻²) | 2.84 | mEq / L | EPA 375.4 | Turbidimétrico |
| Nitrato (NO ₃ ⁻) | 0.00 | mEq / L | MEA - 001 | Colorimétrico |
| Carbonato (CO ₃ ⁻²) | < 0.02 | mEq / L | SM 2320 B | Volumétrico |
| Bicarbonato (HCO ₃ ⁻¹) | 4.62 | mEq / L | SM 2320 B | Volumétrico |
| Boro (B) | 0.15 | | ISO 9390 : 1990 | Colorimétrico |
| R. A. S. | 0.76 | ppm | MEA - 002 | Cálculo Matemático |

DONDE:

R.A.S. : Relación de Adsorción de Sodio.
ppm : mg / L
MEA : Método propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

TABLAS

| | |
|---------------------|---|
| Tablas N°01 | : Distribución de los Tratamientos. |
| Tablas N° 02 | : Análisis de Varianza. |
| Tablas N° 03 | : Aplicación de los Tratamientos. |
| Tablas N° 04 | : Análisis Físico-mecánico del Suelo (De entrada). |
| Tablas N° 05 | : Análisis Químico del Suelo (De entrada). |
| Tablas N° 06 | : Análisis Microbiológico del Suelo (De entrada). |
| Tablas N° 07 | : Interpretación del grado de infestación de plagas. |
| Tablas N° 08 | : Estadísticos e interpretación de la Escala de Pearson |
| Tablas N° 09 | : Cuadrado Medio del Análisis de Varianza (1era aplicación). |
| Tablas N° 10 | : Cuadrado Medio del Análisis de Varianza (2da aplicación). |
| Tablas N° 11 | : Cuadrado Medio del Análisis de Varianza (3era aplicación). |
| Tablas N° 12 | : Prueba de Amplitud Significativa de Duncan (1era aplicación). |
| Tablas N° 13 | : Prueba de Amplitud Significativa de Duncan (2da aplicación). |
| Tablas N° 14 | : Prueba de Amplitud Significativa de Duncan (3era aplicación). |
| Tablas N° 15 | : Datos de los Análisis Microbiológico (Bacterias). |
| Tablas N° 16 | : Datos de los Análisis Microbiológico (Hongos). |
| Tablas N° 17 | : Datos de los Análisis Microbiológico (Actinomicetos). |
| Tablas N° 18 | : Análisis Físico-mecánico del suelo (Testigo). |
| Tablas N° 19 | : Análisis Químico del suelo (Testigo). |
| Tablas N° 20 | : Análisis Físico-mecánico del suelo (NPK). |
| Tablas N° 21 | : Análisis Químico del Suelo (NPK). |

| PRUEBAS DE NORMALIDAD | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Altura de Planta | ,122 | 16 | ,200* | ,948 | 16 | ,463 |
| Diámetro de Copa | ,209 | 16 | ,061 | ,923 | 16 | ,186 |
| Longitud de Brote | ,188 | 16 | ,135 | ,890 | 16 | ,056 |
| Diámetro de Brote | ,164 | 16 | ,200* | ,934 | 16 | ,277 |
| Numero de Hoja/Brote | ,187 | 16 | ,137 | ,933 | 16 | ,274 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

| COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON | |
|--|---|
| Para interpretar el coeficiente de correlación utilizamos la siguiente escala: | |
| VALOR | SIGNIFICADO |
| -1 | Correlación negativa grande y perfecta. |
| -0,9 a 0,99 | Correlación negativa muy alta. |
| -0,7 a -0,89 | Correlación negativa alta. |
| -0,4 a -0,69 | Correlación negativa moderada. |
| -0,2 a -0,39 | Correlación negativa baja. |
| -0,01 a -0,19 | Correlación negativa muy baja. |
| 0 | Correlación nula. |
| 0,01 a 0,19 | Correlación positiva muy baja. |
| 0,2 a 0,39 | Correlación positiva baja. |
| 0,4 a 0,69 | Correlación positiva moderada. |
| 0,7 a 0,89 | Correlación positiva alta. |
| 0,9 a 0,99 | Correlación positiva muy alta. |
| 1 | Correlación positiva grande y perfecta. |





