

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS
DEL SUELO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE
BOKASHI EN LA PRODUCCIÓN DE PIÑA MD-2
EN AMBIENTE PROTEGIDO”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

FATIMA GUADALUPE CASTRO CABRERA

Para obtener el título de:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Director Interno: Ing. Walter Manuel Zúñiga Maldonado

Director Externo: Dr. Aurelio Báez Pérez

Salvatierra, Gto.

Septiembre, 2023

Salvatierra, Guanajuato, **09/agosto/2023**

Oficio No. IIAS/74/2023

ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. ING. LIZBETH ESTEFANÍA ESCOBAR PANIAGUA
Jefe del Departamento de Servicios Escolares
ITESS

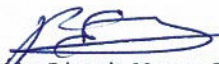
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto de titulación integral para para su impresión y realización del acto de examen profesional:




| | |
|-------------------------------------|--|
| Nombre del estudiante y/o egresado: | Fatima Guadalupe Castro Cabrera |
| Carrera: | INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE |
| No. de control: | AG18110246 |
| Nombre del proyecto: | " Evaluación de las propiedades físicoquímicas del suelo por efecto de la aplicación de Bokashi en la producción de piña MD-2 en ambiente protegido" |
| Producto: | TESIS |

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica



Pedro Eduardo Moreno Zacarías
Coordinador del P. A. de Ing. Innovación Agrícola

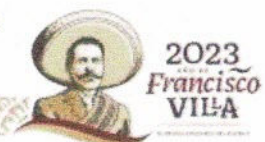
| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| DIRECTOR Ing. Walter Manuel Zuñiga Maldonado | REVISOR* Ing. Maribel Ramos Aguilar | REVISOR* Biól. M en C. Pedro Eduardo Moreno Zacarías |

* solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p. Expediente



Manuel Gómez Morín No. 300 Comunidad de Janicho, Salvatierra, Guanajuato, C.P. 38933 Tels. 466 688 06 31 y 466 663 98 00 Ext. 128, e-mail: pemoreno@itess.edu.mx. tecnm.mx | www.itess.edu.mx



FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

Salvatierra, Guanajuato. 8 /Septiembre/2023.

C. Lizbeth Estefanía Escobar Paniagua

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Presente. -

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral

Nombre del estudiante: Fatima Guadalupe Castro Cabrera

Carrera: Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

No. de Control: AG18110246

Nombre del Proyecto: Evaluación de las propiedades físicoquímicas del suelo por efecto de la aplicación de bocashi en la producción de piña MD-2 en ambiente protegido.

Producto: Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E

MC. Pedro E. Moreno Zacarías

Coordinador de Ingeniería en Innovación agrícola Sustentable

| Director de Tesis | Revisor 1 | Revisor 2 |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado | M.E. Maribel Ramos Aguilar | M.C. Pedro E. Ramos Zacarias |



Manuel Gómez Morín No. 300 Comunidad de Janicho, Salvatierra, Guanajuato, C.P. 38933 Tels. 466 688 06 31 y 466 663 98 00 Ext. XXXX, e-mail: marosas@itess.edu.mx. tecnm.mx | www.itess.edu.mx





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA
COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN EN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

TESIS
Presentada por:

FATIMA GUADALUPE CASTRO CABRERA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Aprobado por

Ing. Walter Manuel Zúñiga Maldonado
Director(a) de Tesis (Interno)

Dr. Aurelio Báez Pérez
Director(a) de Tesis (Externo)

Ing. Maribel Ramos Aguilar

Revisor

MC. Pedro E. Moreno Zacarías

Revisor

MC. Pedro E. Moreno Zacarías

Coordinador de Innovación en Agrícola Sustentable

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a los directores de esta tesis al Dr. Aurelio Báez Pérez y al Ing. Walter Manuel Zúñiga Maldonado, por el apoyo, dedicación y dirección que me han ofrecido a lo largo de esta travesía; la cual me ha ayudado a crecer como persona por el respeto que me brindaron en mis propuestas e ideas y por ayudarme a esforzarme y dar lo mejor de mí misma. Gracias por su respeto y confianza ofrecida desde que comenzó este trabajo.

De la misma forma, agradezco al maestro Naim Peralta por su apoyo en brindar la información y recursos para la realización de este trabajo y al INIFAP por permitir el desarrollo de este proyecto “Evaluación de las propiedades físicoquímicas del suelo por efecto de la aplicación de bocashi en la producción de piña MD-2 en ambiente protegido”.

Por la orientación y asesoramiento a mis consultas sobre cuestiones de procedimientos, le agradezco a Leonardo Cruz García, María del Carmen Ramírez Balderas, Mariana Ordaz López y Edgar Adrián Olivares por brindar sus conocimientos, material facilitado y sugerencias recibidas durante este proceso muchas gracias.

Gracias a mis padres y hermano por ayudarme y apoyarme a lograr esto por estar ahí cuando los necesite.

Asimismo, le agradezco a mis amigos por estar ahí en todo momento brindándome su apoyo, solidaridad y conocimientos durante este proceso. Pero sobre todo a Mayra Tinoco Rodríguez y Denyse Monserrat Castillo Medina por su paciencia, comprensión y amistad durante todo este tiempo.

A todos, le agradezco su tiempo, comprensión y por a ver creído en mí.

DEDICATORIAS

La presente tesis está dedicada con mucho cariño y admiración a mis padres María Guadalupe Cabrera Núñez y Manuel Castro Almanza por su comprensión y ayuda en todo momento a lo largo de mi vida; los cuales me han dado y enseñado todo lo que soy como persona (mis valores, principios, perspectiva, empeño y determinación). Las palabras no bastan para agradecerles todo lo que me han dado en esta vida y espero ser siempre un orgullo para ustedes.

Para mis amigos y amigas Mayra Tinoco, Denyse Monserrat Castillo, Javier Chávez, María del Rosario Zavala, Cristhian Jonathan Martínez, Angélica Sánchez, José Maldonado y José Salud Montoya por estar siempre conmigo en todo momento a todos ustedes son más que amigos son familia, gracias por ser parte de este proceso por ayudarme a salir de la rutina y brindarme palabras de aliento. No tengo como agradecerles todo lo que han hecho por mi persona.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | xi |
| SUMMARY | xii |
| CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 2 |
| 1.2 Justificación | 3 |
| 1.3 Objetivos..... | 4 |
| 1.3.1 Objetivo General | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.4 Hipótesis general | 5 |
| 1.4.1 Hipótesis específicas | 5 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Antecedentes | 6 |
| 2.2 Fundamento teórico..... | 8 |
| 2.2.1 Origen de cultivo de piña | 8 |
| 2.2.2 Usos de la piña | 8 |
| 2.2.3 Importancia de la piña | 8 |
| 2.2.3.1 Producción de piña a nivel mundial..... | 8 |
| 2.2.3.2 Producción de piña a nivel nacional..... | 9 |
| 2.2.4 Descripción taxonómica y biológica de la piña | 10 |
| 2.2.4.1 Taxonomía | 10 |
| 2.2.4.2 Morfología del cultivo..... | 11 |
| 2.2.4.3 Fenología del cultivo | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.2.5 Factores edafoclimaticos | 14 |
| 2.2.6 Plagas presentes en el cultivo de piña | 17 |
| 2.2.7 Enfermedades del cultivo de piña | 18 |
| 2.2.8 Fertilizante orgánico | 19 |
| 2.2.8.1 Tipos de abonos..... | 19 |
| 2.2.9 Fertilizante químico | 22 |
| 2.2.10 Análisis de suelo | 22 |
| CAPITULO III. METODOLOGÍA..... | 24 |
| 3.1 Delimitación del área de estudio | 24 |
| 3.1.1 Campo..... | 24 |
| 3.1.2 Laboratorio..... | 25 |
| 3.2 Descripción del suelo | 26 |
| 3.3 Diseño experimental..... | 26 |
| 3.4 Establecimiento del experimento | 27 |
| 3.4.1 Muestreo de suelo | 27 |
| 3.4.2 Tratamientos..... | 27 |
| 3.4.3 Aplicación de fertilización..... | 29 |
| 3.5 Etapa de laboratorio | 31 |
| 3.5.1 Granulometría | 31 |
| 3.5.2 Nitrógeno total | 32 |
| 3.5.3 Materia orgánica | 33 |
| 3.6 Análisis de datos..... | 34 |
| CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| 4.1 Granulometría | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Análisis químico | 37 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 5.1 Conclusiones..... | 40 |
| 5.2 Recomendaciones | 41 |
| CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA..... | 42 |
| CAPÍTULO VII. ANEXOS. | 53 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Principales países productores de piña (toneladas)..... | 9 |
| Tabla 2.2 Producción de piña a nivel nacional..... | 10 |
| Tabla 2.3 Fertilización de acuerdo al desarrollo de la planta. | 15 |
| Tabla 2.4 Requerimientos nutricionales de la piña desde la siembra hasta la cosecha..... | 16 |
| Tabla 2.5 Plagas en el cultivo de piña y su daño..... | 17 |
| Tabla 2.6 Enfermedades presentes en el cultivo de piña. | 18 |
| Tabla 3.1 Distribución de tratamientos (Acolchado x Agregado x Fertilización)..... | 28 |
| Tabla 3.2 Cantidad de nutrientes aplicados por la dosificación de la fertilización mineral y el bocashi en plantas de piña MD-2. | 29 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Grafico 4.1 Distribución granulométrica por factor acolchado y fertilización..... | 36 |
| Grafico 4.2 Relación entre aplicación de bocashi y contenido de Materia orgánica. | 39 |
| Grafico 4.3 Relación entre aplicación de bocashi y contenido de Nitrógeno total..... | 39 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3.1 Ubicación del área de estudio en el municipio de la Isla, Veracruz (Cortesía Google Mapas, 2020). | 24 |
| Figura 3.2 Ubicación del área de realización de los análisis, INIFAP, Celaya, Gto (Cortesía Google Maps, 2020)..... | 25 |
| Figura 3.3 Tamizado de las muestras de suelo | 31 |
| Figura 3.4 Pesado de las muestras de acuerdo al tipo de agregado. | 32 |
| Figura 3.5 Procesamiento y determinación de Nitrógeno Total de las muestras..... | 33 |
| | |
| Figura 3.6 Procesamiento y determinación de Materia Orgánica en las muestras..... | 33 |
| | |

RESUMEN

Se evaluaron las características físicas y químicas, de un suelo franco arenoso, por efecto de la aplicación de bocashi en la producción de piña MD-2 en ambiente protegido en el estado de Veracruz. El estudio de las propiedades fisicoquímicas del suelo se efectuó en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Campo Agrícola Experimental Bajío, durante otoño – invierno de 2022. Se establecieron siete fertilizaciones, dos condiciones de acolchado y tres tipos de agregados, por lo cual corresponde a 42 tratamientos, donde se evaluaron los siguientes elementos: Granulometría, Nitrógeno total, Materia orgánica, Carbono y la relación C/N. Los tratamientos de fertilización consistieron en la combinación del abono orgánico bocashi y fertilización mineral (15-6-15-4 g/planta de N-P-K-Mg), en diferentes proporciones. El bocashi se utilizó como abono orgánico y se aplicó conjuntamente con la fertilización mineral en las proporciones (%):100/0, 60/40, 40/60, 20/80 y 0/100, y un testigo sin fertilización y una dosis de fertilización mineral superior a la recomendada (18-6-18-4 de N-P-K-Mg). Los resultados de granulometría mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el tamaño de las partículas dando una mayor microporosidad del suelo, pero no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de los tratamientos y por los factores de estudio. En cuanto a los análisis de suelos no se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, pero si en nivel factor de fertilización y en la interacción de acolchado y fertilización. La disponibilidad de la Materia orgánica, Nitrógeno total, Carbono y la relación C/N en el suelo es óptima y adecuada por el efecto que presento la aplicación del bocashi.

SUMMARY

The physical and chemical characteristics, of a sandy loam soil, were evaluated due to the effect of the application of bocashi in the production of pineapple MD-2 in a protected environment in the state of Veracruz. The study of the physicochemical properties of the soil was carried out at the facilities of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), in the Bajío Experimental Agricultural Field, during autumn - winter of 2022. Seven fertilizations, two mulch conditions and three types of aggregates were established, corresponding to 42 treatments, where the following elements were evaluated: Granulometry, total Nitrogen, organic matter, Carbon and the C/N ratio. The fertilization treatments consisted of the combination of bocashi organic fertilizer and mineral fertilization (15-6-15-4 g/plant of N-P-K-Mg), in different proportions. The bocashi was used as organic fertilizer and was applied together with mineral fertilization in the proportions (%): 100/0, 60/40, 40/60, 20/80 and 0/100, and a control without fertilization and a dose of mineral fertilization higher than recommended (18-6-18-4 of N-P-K-Mg). The granulometry results showed significant differences ($p < 0.05$) in the size of the particles giving a greater microporosity of the soil, but there were no significant differences ($p < 0.05$) due to the effect of the treatments and the study factors. As for the soil analysis, no significant differences ($p < 0.05$) were observed between the treatments, but in the fertilization factor level and in the interaction of mulch and fertilization. The availability of organic matter, total Nitrogen, Carbon and the C/N ratio in the soil is optimal and adequate due to the effect presented by the application of bocashi.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El trópico mexicano presenta condiciones agroecológicas apropiadas, en varias regiones, para el cultivo de piña (*Ananas comosus* L.), “fruto que, por su agradable sabor, aroma y el contenido en vitaminas A, B y C, es altamente demandado por diversos mercados del mundo, lo cual representa un área de oportunidad para su aprovechamiento en el país” (Vélez, Espinosa, Urest, Rangel, Jolapal y Uresti, 2020, p.1620).

México ha ocupado entre el séptimo y el décimo lugar en la producción mundial con alrededor de 20 mil hectáreas sembradas al año, correspondiente a un millón de toneladas de fruta cosechada y un rendimiento promedio de entre 45–55 t/ha; todo esto debido a una evidente concentración territorial de la producción en la región específica del Bajo Papaloapan el cual comprende nueve principales municipios productores de piña: Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azuela, Chacaltianguis, Medellín, Alvarado, Tlalixcoyan (Veracruz) y loma Bonita y Tuxtepec en Oaxaca. (Uriza, Torres. Aguilar, Santoyo, Zentina y Rebolledo, 2018, p. 54)

La producción de este cultivo en los suelos mexicanos se encuentra en un continuo y acelerado proceso de degradación por erosión hídrica y acidificación. Esta problemática está asociada a eventos extremos de lluvia que ocurren frecuentemente durante el temporal o bajo riegos excesivos (Francisco, Uriza, Zentina, Toral y Rebolledo, 2013). Asimismo el desconocimiento de las dosis ideales de fertilización, en función del suelo donde es plantada esta especie, puede acarrear grandes perjuicios para los productores, generando un desequilibrio en la absorción de nutrientes por la planta, una reducción en el rendimiento del cultivo y pérdida de la fertilidad del mismo e igualmente la generación de un gasto innecesario que no

repercute en un incremento equivalente de la producción siendo este uno de los factores de mayor relevancia en el cultivo de piña.(Parado y Rebeca, 2019, p. 2)

A partir de lo mencionado anteriormente es de gran importancia contar con las herramientas necesarias para determinar las propiedades físico-químicas que se deben de cuidar en el establecimiento del cultivo, siendo fundamental “analizar primero sus propiedades físicas antes de analizar aspectos nutricionales y químicos” (Garbanzo y Vargas, 2014, p. 152). Considerando los aspectos aplicados en un análisis de las partículas del suelo a través de un estudio granulométrico del mismo debido principalmente a que este nos provee características fundamentales del espacio poroso y la disfunción de gases y transporte de agua.

El propósito del presente estudio es evaluar y mostrar los cambios existentes en las características fisicoquímicas del suelo del cultivo de piña, el cual está influenciado por condiciones de área protegida (acolchado) y por dosis de fertilización química y orgánica. Además, ofrece una mirada integral sobre el daño ambiental producido por la utilización desmedida de agroquímicos sobre la fertilidad del suelo.

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente la agricultura en el país y en el mundo están enfrentando serios problemas de producción y fertilidad de los suelos, debido principalmente al uso desmedido de los fertilizantes de síntesis química en el sector agrícola en donde “se concentra el uso de grandes cantidades de químicos para asegurar el aporte de nutrientes a los cultivos” (Cruz, Alayón, y Morón, 2017, p.41). Esto especialmente como consecuencia de que los cultivos dependen en gran medida de ellos para alcanzar un desarrollo y producción óptima.

El uso excesivo de estos fertilizantes químicos ha ocasionado efectos negativos en la calidad de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; afectando procesos naturales del entorno, a la biodiversidad presente y comprometiendo a largo plazo la productividad agrícola ocasionando pérdidas económicas para el agricultor. Lo cual conlleva a la búsqueda de alternativas viables y sustentables para la sustitución de estos fertilizantes por orgánicos, los cuales han tomado cada vez más relevancia principalmente a que estos pueden recuperar la fertilidad del suelo y proveer otras propiedades. Asimismo, es primordial “la realización de los análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo para la obtención de la información necesaria para conocer el comportamiento del mismo, determinar y cuantificar nutrientes y compuestos de origen orgánico o inorgánico” (Garrido y Licona, 2017. P.1) que servirán como base para la obtención de un adecuado proceso de fertilización.

Con base en lo mencionado anteriormente, estas herramientas no son muy conocidas por parte de los productores; por tal motivo es de suma importancia la realización de trabajos de investigación que muestren lo que se puede hacer con estas alternativas a largo plazo y los beneficios naturales y monetarios que se pueden obtener.

1.2 Justificación

Es importante y necesario el estudio y análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo como indicadores de fertilidad, debido a que ellos permiten conocer las dinámicas y procesos del suelo. Considerando todo esto es imprescindible que sean conocidas debido principalmente a que estos parámetros determinan el crecimiento, desarrollo del cultivo, calidad y cantidad de la producción en los cultivos agrícolas e igualmente la riqueza nutritiva del suelo, lo cual permitirá a los productores implementar estrategias de conservación que se adapten a las necesidades o

requerimientos de su entorno para asegurar e incrementar la rentabilidad de la producción del cultivo para evitar gastos económicos innecesarios y de la misma forma proteger el entorno natural y la salud humana.

Es por ello que el presente tema de investigación busca determinar las propiedades fisicoquímicas del suelo a partir del uso de un abono orgánico con la finalidad de saber el impacto generado de este abono en las propiedades del suelo. De esta manera se generará alternativas pertinentes para el manejo adecuado y sostenible del suelo; generando así una opción más favorable y viable para los sistemas de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar algunas propiedades físico-químicas del suelo en el cultivo de piña en ambiente protegido por efecto de la aplicación combinada de fertilizantes químicos y orgánicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de la fertilización orgánica (bocashi) en algunas propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Evaluar la efectividad del acolchado y de las dosis de fertilización en las características fisicoquímicas del suelo.

1.4 Hipótesis general

La combinación de la fertilización orgánica (bocaski), química y del acolchado mejorarán las propiedades fisicoquímicas en el suelo.

1.4.1 Hipótesis específicas

- El mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo se obtendrá en la fertilización química con acolchado.
- La menor acumulación de materia orgánica del suelo se encontrará en la fertilización química sin acolchado.
- Al menos una de las fertilizaciones orgánicas responderá favorablemente con o sin acolchado en la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- La disponibilidad en la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo será igual en la fertilización orgánica y química.
- La deficiencia en las propiedades fisicoquímicas del suelo será igual sin o con acolchado.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El bocashi es un abono orgánico cuyo concepto de formulación es de origen japonés, “se obtiene a través de un proceso de fermentación aeróbica” (Irrías, 2004, p.1) de la materia orgánica como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de bosques como inoculante de microorganismos. “Es utilizado como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos” (Shintani, Leblanc y Tabora, 2000, p.9).

En México la elaboración de esta composta se elabora con “base en estiércol y otros componentes orgánicos, desechos o subproductos de la misma unidad de producción” (Valero, 2012, p.36). Este abono ha sido ampliamente adoptado en Latinoamérica y en México, principalmente para la agricultura de tradicional o de subsistencia y para su producción se han modificado su composición de manera muy variable. En el país se reportan diversos estudios en varios cultivos, con el objetivo de aumentar la producción y mejorar la fertilidad de los suelos, ya sea por aplicación individual o combinada con compostas y fertilizantes de liberación lenta (Bautista, Cruz y Rodríguez, 2015, p. 2017).

De acuerdo al estudio de Cotrina et al., (2020), evaluó el efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas y biológicas del suelo agrícola en Purupampa Panao con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (bokashi, compost, gallinaza) en un diseño completamente al azar. Se encontró que las propiedades físicas (arena, lima y arcilla) no hubo efecto de abonos orgánicos en el primer y segundo análisis del suelo; en las propiedades químicas hubo efecto ligeramente de abonos orgánicos, en el segundo análisis del suelo, en potencial hidrogeno – pH, bocashi 5,69; materia

orgánica MO, bocashi 3.96%, compost 3.85%, nitrógeno – N gallinaza con 0,17%; fosforo – P, gallinaza 7,63 ppm, potasio – K, compost 66,19 ppm y en las propiedades biológicas si hubo efecto de abonos orgánicos en el segundo muestreo del suelo. Concluyó que el uso de abonos orgánicos no altera las propiedades físicas del suelo, pero si las químicas y biológicas.

Saavedra et al (2019), habla acerca de cómo caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo de 13 unidades productivas (UP) en el Centro de Formación Agroindustrial en el municipio Campoalegre, departamento del Huila, Colombia, y su relación con los sistemas de producción. Se tomaron muestras en tres puntos representativos de cada UP hasta la profundidad de 60 cm y se determinó la densidad aparente (Da), porosidad total, contenido de materia orgánica (MO), pH y conductividad eléctrica. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat para el análisis de los resultados con pruebas de LSD Fisher y método multivariado de conglomerados. Se encontró que los suelos fueron heterogéneos atribuido a la variabilidad del manejo y cultivo establecido. Las principales diferencias se hallaron en el grado de compactación del suelo, reflejado en la mayor Da en el sistema con cultivo del cafeto, y en el mayor contenido de MO observado en el arreglo agroforestal con cultivos de maracuyá, plátano y cacao. Concluyó que Los aportes de hojarasca contribuyen al mejoramiento de la calidad del suelo, y el sistema radical de los cultivos puede generar cambios importantes en la densidad aparente y porosidad.

Este fertilizante constituye una opción para el manejo agroecológico de los cultivos, para mejorar la fertilidad de los suelos deteriorados. Existe escasa información en México sobre el uso del bocashi para la producción de piña, cultivo que genera una importante actividad económica en el país. Con base en lo anterior se presenta este estudio de investigación sobre la Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo por efecto de la aplicación de bocashi en la producción de piña MD-2 en ambiente protegido.

2.2 Fundamento teórico

2.2.1 Origen de cultivo de piña

La piña (*Ananas comosus* L.) es de origen sudamericano, nativa de Brasil y Paraguay, ubicada especialmente en la cuenca del río Paraná, área donde a la fecha se reproducen sus parientes silvestres. Fue aparentemente domesticada por los indígenas y llevada por ellos, a través de Sur y Centroamérica, México y a las Antillas desde hace 7,000 años, mucho antes de la llegada de los europeos. (Uriza et al., 2018)

2.2.2 Usos de la piña

La Piña se usa en cocina mezclada en ensaladas de frutas, como relleno de aves y cerdo o en ensaladas de pollo, a las que da un sabor muy tropical. En el desayuno puede mezclarse con yogur y cereales, y se puede usar para recubrir pasteles y tartas, para elaborar compotas, mermeladas, etc., lo ideal es comerla fresca en su plena madurez. (Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2005, p. 12)

2.2.3 Importancia de la piña

2.2.3.1 Producción de piña a nivel mundial

La producción mundial de piña es de 28,647,865 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 1,046,712 hectáreas, por lo que su rendimiento promedio quedó en 273,694 g/ha. De acuerdo a la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FOASTAT) (2021) Costa Rica se consolidó como el principal

productor de piña con 2,938,334 toneladas, seguido por Indonesia con 2,886,416 toneladas, Filipinas con 2,860,202 toneladas, Brasil con 2,317,554 toneladas y México en el noveno lugar con 1,2271,520 toneladas (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Principales países productores de piña (toneladas).

| | PAIS | PRODUCCION OBTENIDA (TON) | AREA COSECHADA (Ha) |
|--------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Costa Rica | 2,938,334 | 40,000 |
| 2 | Indonesia | 2,886,416 | 22,339 |
| 3 | Filipinas | 2.860,202 | 67,117 |
| 4 | Brasil | 2,317,554 | 63,589 |
| 5 | China | 2,301,836 | 75,340 |
| 6 | Tailandia | 1,800,558 | 74,490 |
| 7 | India | 1,799,000 | 106,000 |
| 8 | Nigeria | 1,541,979 | 187,829 |
| 9 | México | 1,271,520 | 25,522 |
| 10 | Colombia | 927,050 | 22,876 |
| Total | | 28,647,865 | 1,046,712 |

Fuente: FAOSTAT 2021

2.2.3.2 Producción de piña a nivel nacional

La producción de la piña (*Annas comosus* L) en el país se encuentra distribuida en 14 estados de la República Mexicana con una producción total de 1, 271,521 toneladas de fruta y con su comercialización se rebaso la recaudación de 3 mil 584 millones de dólares. Los estados que destacan en cuanto al volumen de producción de acuerdo a los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2022) son Veracruz con 859,411 toneladas, Oaxaca con 169,440 toneladas y Tabasco con 60,350 toneladas (Tabla 2.2).

Tabla 2.2: Producción de piña a nivel nacional.

| | ENTIDAD FEDERATIVA | VOLUMEN DE PRODUCCION (TON) | 2020-2021 (%) |
|----|-------------------------------|--|--------------------------|
| 1 | Veracruz | 859,411 | 6.2 |
| 2 | Oaxaca | 160,440 | 8.3 |
| 3 | Tabasco | 60,350 | 5.3 |
| 4 | Nayarit | 55,478 | 5.3 |
| 5 | Quintana Roo | 53,121 | -5.9 |
| 6 | Jalisco | 32,626 | -6.9 |
| 7 | Colima | 30,304 | 0.3 |
| 8 | Chiapas | 7,852 | 1.1 |
| 9 | Campeche | 1,400 | -12.2 |
| 10 | Guerrero | 530 | -3.3 |
| | Resto | 1,009 | 23.6 |
| | Total nacional | 12,271,521 | 5.2 |

Fuente: Atlas agroalimentario 2022

2.2.4 Descripción taxonómica y biológica de la piña

2.2.4.1 Taxonomía

“La piña (*Ananas comosus*) es una herbácea perenne de la familia de los Liliopsidae (monocotiledóneos), cuya inflorescencia terminal da origen a una fruta múltiple” (Flórez, Gonzáles, Ruiz y Uribe, 2020, p.25). De acuerdo a CONABIO (2021) la clasificación de la piña es la siguiente:

Reino: *Plantae*

Familia: *Bromeliaceae*

División: *Magnoliophyta*

Género: *Anana Mil*

Clase: *Liliopsida*

Especie: *comosus (L) Merr.*

Orden: *Bromeliales*

2.2.4.2 Morfología del cultivo

La piña es una planta terrestre “monocotiledónea, herbácea perenne y después de su fructificación continúa su crecimiento mediante una o más yemas axilares que dan origen a una nueva planta” (Bartholome *et al.*, 2003).

La planta adulta puede alcanzar hasta 2.0 m de altura y 1.5 m de diámetro y el eje principal es un pseudotallo sobre el cual se disponen las hojas en forma de roseta, las cuales presentan debajo de la epidermis superior una capa de células que le confieren rigidez. (Rodríguez, Pérez y Menéndez., 2019, p. 30)

El tallo principal se encuentra en forma de bastón, con una longitud de 25 a 50 cm y una anchura de 2-5 cm en la base y 5-8 cm en la parte superior; su parte aérea es recta y erecta, se curva marcadamente cuando viene de un hijuelo como los tallos de estos propagulos son en forma de coma, es menos curvado cuando viene de un retoño y erecto al venir de una corona. (Garcidueñas, 2013, p. 12)

“Las raíces son cortas, delgadas con muchas raicillas superficiales que se renuevan constantemente” (Flórez *et al.*, 2020). “Su sistema es muy superficial generalmente se localizan en los primeros 15 cm, aunque pueden profundizarse hasta 60 cm o más” (Nakasone y Paul 1998).

La planta presenta entre 70 y 80 hojas dispuestas en rosca con las hojas más jóvenes en el centro y las más antiguas en el exterior siguiendo la filotaxia 5/13; son de forma lanceoladas y muy largas, a veces alcanzaban una longitud máxima de más de 100 cm. Y un diámetro de 7 cm según la variedad. (Py, Lacoeuilhe, & Teisson, 1987, p.60)

El color de las hojas de la planta piña puede ser verde grisáceo claro u oscuro, aunque hay ciertas variedades cuyas hojas son coloreadas, mezcladas de rojo, amarillo, violeta, carne sí o plata. Tanto el haz como el envés de las hojas están cubiertos por una pelusa fina plateada que impide el paso de luz solar; además, poseen una cutícula gruesa que no permite la pérdida de humedad. (Moreira et al., 2021, p. 4)

Las flores son de color blanco o violeta claro de las que más tarde se formaran los frutos están “compuesta por tres sépalos pequeños y amplios, tres pétalos prolongados y estrechos, seis estambres más reducidos que los pétalos, el estilo culmina en tres estigmas cada uno con un conducto independiente que los une con las celdas del ovario”. (Yépez, 2018, p.9).

La inflorescencia o espiga, está formada por flores hermafroditas auto estériles que, por polinización cruzada, donde intervienen picaflores, se pueden fecundar y formar semillas; aunque normalmente no se produce la polinización cruzada, si no que cada flor da origen a una pequeña baya y todas reunidas dan origen al fruto (Bonatti, Borge, Herrera, y Paaby, 2005, p.124).

La fruta de la piña está constituida por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia. De cada flor se desarrolla un fruto individual que aparece hacia el exterior en forma de escudete poligonal, duro y prominente. El centro del fruto es individual es prominente y debajo esta la cavidad externa de la flor, representada por una cámara de paredes endurecidas de cuya base salen los restos de los estambres y pistilo como hilos negros y duros, y hacia el interior quedan las celdas del ovario, en cuya parte superior están los óvulos o semillas, la inferior está ocupada por las cavidades grandes de paredes que formaban los nectarios. (León, 2000, p. 459).

El material de propagación utilizado en el cultivo de piña son los rebrotes los cuales se pueden clasificar en varias clases de rebrotes, retoños, hijos o esquejes; cualquiera de ellos se puede utilizar como material de propagación. También dentro de este material vegetativo, se tienen: los chupones los cuales provienen de yemas vegetativas que salen del tallo (cualquier yema axilar de las hojas puede formar un chupón) pueden ser chupones de suelo y aéreos, los cuales son morfológicamente iguales; los esquejes poseen una base abultada y son inflorescencia abortadas y estos pueden ser basales (se desarrollan debajo del fruto) o de corona (se desarrollan debajo de la corona del fruto); y la corona del fruto consiste en la yema y el follaje asociados con la parte superior del fruto.(Guido,1983, p. 11)

Como material de siembra se usan los hijuelos ubicados en la base de la planta (16-18 meses), tallo (18-20 meses), base del fruto (bulbillo) 20-22 meses o de la corona (22-24 meses); cada uno de estos presenta un ritmo de crecimiento diferente por lo que en ningún caso estos materiales pueden mezclarse en la plantación. Los hijuelos deben pesar de 200 a 500 g y estar desinfectados. (Vargas, 2009, p.7)

2.2.4.3 Fenología del cultivo

El desarrollo fenológico de la piña está referido a un ciclo de manera general asociado al ritmo de crecimiento de la planta, el cual depende del tamaño y tipo de material vegetal plantado, la nutrición mineral, la época de plantación y las condiciones climáticas; de manera que, la planta al alcanzar el crecimiento adecuado se diferencia naturalmente de los 10 a 24 meses de crecimiento, esta fase comprende la acumulación de la masa foliar que representa aproximadamente el 90% del peso fresco de la parte aérea de una planta de piña. Se distinguen cuatro fases que comprende desde el inicio de la plantación hasta la destrucción de la misma, a la que se le ha denomina ciclo del cultivo: la primera fase va desde la plantación hasta la diferenciación, de duración variable en condiciones de

crecimiento natural y se denomina fase vegetativa; la segunda fase va desde la diferenciación floral hasta el inicio de la floración que dura más o menos 3 meses; la tercera fase desde el inicio de la floración hasta la cosecha que dura de 3 a 4 meses adicionales y la cuarta fase es la segunda cosecha (soca) y dura 12 meses y presenta las mismas fases anteriores o esta fase puede ser de producción de semilla. (Cáceres, 2012, p. 13)

2.2.5 Factores edafoclimaticos

Suelo

La piña requiere suelos sueltos y bien drenados, dado que su sistema radical es superficial y muy susceptible al encharcamiento. Desde el punto de vista químico requiere suelos ácidos, entre 4.5 y 5.5 de pH. A partir de este rango los rendimientos del cultivo pueden reducirse. (Isidró, 2007, p.7)

Clima

El cultivo de piña se produce mejor en zonas con precipitación entre 1,500 y 2,000 milímetros de lluvia anual son necesarias para garantizar un crecimiento normal del cultivo, y en los periodos secos, utilizar riego complementario para no detener su desarrollo y en condiciones de exceso de lluvia, realizar prácticas de drenaje. (OIRSA, 2005, p.1)

Temperatura

La temperatura optima fluctúa entre los 22°C y 30°C; las inferiores a 22°C aceleran la floración disminuyendo el tamaño del fruto y haciéndolos más ácidos y perecederos y las temperaturas superiores a los 30°C pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando los que se llama golpe de calor o insolación. (Guido, 1983, p.1) Del mismo modo el numero el número de horas brillo solar por año deben ser superior a las 1,200 horas, considerando óptimo de 1,500 horas luz anuales. Una iluminación, muy intensa causa quemaduras en la superficie del fruto, mientras que, si la intensidad es baja, se produce disminución en el contenido de azúcar, elevando la acidez de la fruta. (Garzón, 2016, p. 14)

Fertilización

El cultivo de piña es indispensable aportarle elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre; los cuales pueden variar en sus cantidades de acuerdo al tipo de suelo y los rendimientos que se quieran obtener lo cual se debe realizar durante el ciclo de cultivo de dos o tres aplicaciones al suelo y de 8 a 15 aplicaciones foliares. Las aplicaciones al suelo se realizan normalmente a los 2 y 4 meses después de la siembra, mientras que las foliares se hacen cuando la planta adquiere un porte mayor y es durante los meses del 6 al 14, cada 15 días. (DANE, 2016, p.3) Como es mostrado en las tablas 2.3 y 2.4 respetivamente.

Tabla 2. 3: Fertilización de acuerdo al desarrollo de la planta.

| EDAD DE PLANTA (MES) | FORMULA DE FERTILIZANTE GRANULADO (N-P-K) | GRAMOS/PTAS. |
|---------------------------------|--|---------------------|
| 1 | 18-46-0 | 10 |
| 2.5-3 | 15-15-15 | 10 |
| 3.5-5 | 15-15-16 | 12 |
| 5-12 | Foliares | |

Fuente: Sandoval & Torres, 2011

Tabla 2. 4: Requerimientos nutricionales de la piña desde la siembra hasta la cosecha.

| ELEMENTO | DOSIS EN GRAMOS / PLANTA |
|----------------------|---------------------------------|
| Nitrógeno (N) | 6.7 |
| Fosforo (P) | 2.2 |
| Magnesio (Mg) | 0.33-0.13 |
| Hierro (F) | 0.8-0.13 |
| Calcio (Ca) | 0.41-1.6 |

Fuente: MAG, 2010

Requerimiento hídrico

Los períodos más críticos de falta de humedad para el cultivo son: establecimiento del cultivo, floración y desarrollo del fruto. La demanda hídrica por lo general oscila entre 1.3 a 5 mm/día, que junto con acolchado plástico incrementa el peso del fruto. (Ministerio de Agricultura, 2011, p.9) “El cultivo necesita cubrir 1,300 mm de agua por año” (López, 2003, como se citó en Chica, 2018.).

2.2.6 Plagas presentes en el cultivo de piña

Tabla 2. 5: Plagas en el cultivo de piña y su daño.

| Nombre común y científico | Daño |
|---|---|
| Cochinilla de la piña (<i>Dysmicoccus brevipes</i>) | Se alimenta succionando la savia, proceso durante el cual puede transmitir un virus que produce la marchitez de la planta y cuyos síntomas se caracterizan por una coloración amarillo-rojiza en las hojas, un secamiento del ápice en la base de estas y un enrollamiento en el borde de las hojas más afectadas. (Ríos, Puentes, Trejo, Ramos, Carabalí, Gómez, y Saavedra, 2019, p.74) |
| Picudo del cocotero (<i>Rhimchophorus Palmarum</i>) | “Su ataque lo hace al tallo y a la raíz principal, pero su mayor daño lo hace al fruto sobremaduro (Servicio Nacional de Aprendizaje” [SENA], 1991, p.26). |
| Sinfilos (<i>Hanseniella spp</i> , <i>Scutigera spp</i> , <i>Symphylella spp</i>) | Causan daños en las raíces producen disminución de la masa radicular de las plantas atacadas; produciendo la destrucción de la parte apical de las raíces jóvenes en crecimiento y externamente la plantación se puede observar crecimiento totalmente lento y desafiado (Cáceres, 2012, p.30). |
| Tecla (<i>Strymon basilides</i> (Geyer)) | “Perfora el fruto y hace galerías internas en la pulpa, con lo cual produce un exudado conocido como “gomosis”, de color ámbar, en la parte externa de la fruta” (Monge, 2018 , p.12). |
| Caracol (<i>Opeas pumilum</i> , <i>Cecilioides aperta</i>) | “Provoca síntomas de enanismo, des-uniformidad en la plantación (parches), coloración rojiza y hojas angostas” (BANACOL, 2016, p.13). |
| Gusano soldado (<i>Elaphria nucicolora</i> (Guenee)) | Raspan y comen superficialmente la cáscara de la fruta, alrededor de los “ojos”. Las lesiones producen una gelatina o goma, cuyo color puede variar entre transparente y marrón oscuro. En la pulpa, el daño es parecido a un golpe, y ocurre una oxidación del tejido. (Monge, 2018, p.17) |
| Barrenador del fruto (<i>Thecla sp.</i>) | “Al fruto causa túneles o galerías, que luego sirven de entrada a bacterias y hongos como <i>Fusarium sp</i> y <i>Penicilium sp</i> . causando en la pulpa una necrosidad conocida como “clavo de la piña” (Sandoval y Torres, 2011, p.12). |
| Nematodos (<i>Meloidogyne</i> , <i>Rotylenchulus</i> , <i>Helicotylenchus</i> , <i>Pratylenchus</i> y <i>Criconemoides</i>) | “Provocan una disminución del crecimiento, pérdida de turgencia en bordes y puntas de hojas, flacidez del pedúnculo y frutos pequeños. En las raíces afectadas se observan secciones necrosadas, deformaciones, agallas y podredumbre” (BANACOL, 2016, p. 17). |

2.2.7 Enfermedades del cultivo de piña

Tabla 2. 6: Enfermedades presentes en el cultivo de piña.

| Nombre común y científico | Daño |
|---|--|
| Pudrición negra o blanda del fruto (<i>Thielaviopsis paradoxa</i> o <i>Ceratocystis paradoxa</i>) | “La pulpa del fruto presenta una pudrición blanda y acuosa rodeada de tejido con aspecto frágil, cristalino y muy húmedo” (Sánchez, 2013, p.17). |
| Pudriciones bacterial de las hojas y el fruto (<i>Erwinia carotovora</i> y <i>Erwinia chrysanthemi</i>) | “El tallo de las plantas afectadas se pone blando y, al final, el tejido termina completamente podrido, las hojas se vuelven amarillentas con los ápices secos y la fruta, se presenta una decoloración del tejido de la pulpa” (Monge, 2018, p.32). |
| Pudrición rosada (<i>Fusarium s.p.p.</i>) | “Provoca la pudrición y descascarado de la corteza y raíz (la medula es de color rosado). Posteriormente se presenta la marchitez y la muerte de la planta” (SENA, 1991, p.29). |
| Pudrición del tallo (<i>Phytophthora cinnamomi</i>) | “Afecta principalmente al tallo y como resultado a ello las hojas se desprenden con facilidad y emanan un mal olor” (Guido, 1983, p.15). |
| Pudrición del cogollo (<i>Phytophthora sp.</i>) | “Un rápido avance de clorosis en las hojas, desde la base hasta la punta; fácil desprendimiento del cogollo; fuerte olor a descomposición, y un halo café de tejido muerto alrededor de las plantas” (Ríos et al.,2019, p.71). |
| Marchitamiento rojo de la piña | Se percibe con un enrojecimiento progresivo de las hojas más antiguas, seguido de un encorvamiento de los bordes de las hojas hacia la cara inferior y su extremidad hacia el suelo. Las hojas pierden su turgencia y toman un color rosa amarillento, mientras que la extremidad cambia de coloración parda y seca. (Padilla, 2021, p.13) |
| Fusariosis (<i>Fusarium sp.</i>) | Se caracteriza por provocar la exudación de goma viscosa (almidón) puede aparecer en las plantas y frutos. Otros síntomas es la disminución del tamaño del fruto y exhiben un color rojizo. Asimismo, la raíz y el tallo se observa una coloración parda-violácea que finalmente llega hasta una pudrición acuosa. (SENASICA, 2019, p.6) |

2.2.8 Fertilizante orgánico

“Es de origen natural que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan y a mejorar la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural” (Guzmán, 2018, P.1). “Con el objetivo de aumentar la disponibilidad y absorción de minerales por parte de las plantas” (Cardozo *et al.*, 2021).

2.2.8.1 Tipos de abonos

Bocashi

“Es un proceso de fermentación de diferentes insumos orgánicos gracias a la actividad de microorganismos que proporcionan nutrientes y microorganismos al suelo” (TAAS, 2017, P.7).

Composta

Es la técnica biológica utilizada en condiciones específicas de humedad, aireación, temperatura y bajo la acción de ciertos microorganismos, para la transformación y estabilización de residuos orgánicos biodegradables en un producto final llamado compost, que de acuerdo a su contenido de nutrientes podemos obtener un abono de alta calidad. El compost es un compuesto con un alto contenido de materia orgánica mineralizada parcialmente y unificada. (Vega, Cervantez, Prado, y Luna, 2021, p.645)

Lombricomposta

Consiste en la crianza técnica de lombrices en cautiverio cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz el cual es un abono enteramente

orgánico, y adicionalmente en mayor cantidad de lombrices que se denominara Pie de cría o Biomasa de lombrices que constituyen una importante fuente de proteína. Es un reciclaje que se realiza con los diferentes sustratos empleados en su alimentación (Excreta bovina, Basura Orgánica, desperdicios industriales; tiene además un enfoque tecnológico por los fenómenos microbiológicos y bioquímicos que ocurren en el proceso de fermentación de la alimentación de las lombrices a partir de materiales orgánicos. (Lavao y Yepes, 2021, p.17)

Abonos verdes

Son plantas que se cultivan para ser enterradas en el suelo preferentemente en floración. Se usan principalmente leguminosas (trébol, chícharo, mucuma, haba, frijol), aunque también gramíneas (avena, cebada) y crucíferas (nabo); su función es incrementar la materia orgánica del suelo, con lo que mejora su estructura, contribuyen a restablecer o aumentar la actividad microbiológica y aportan nutrientes. (Guzmán y Alonso, 2015, p.3)

Guano

Se define como el producto de las excretas de animales que se encuentran acumuladas en grandes cantidades; se distingue por tener dos orígenes, el primero, es producido por desechos de murciélagos en cuevas y el segundo es generado por los desechos de las aves marinas. (Sánchez, 2016, p.5)

- **Isla.** “Es un abono orgánico producido por las aves guaneras (guayanay, piquero, alcatraz o pelícano) en algunas islas de la costa peruana” (Tineo, 2014). “Su contenido nutrimental es de 10-14% N, 10-12% P, 2-3 K, 10% Ca, 0.8% Mg, 1.5 S” (: Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL, 2018, p.13).

- **Murciélago.** Se obtiene de forma natural por las acumulaciones de las excretas de los murciélagos, el cual está compuesto por amoníaco, ácido úrico, fosfórico, oxálico y ácidos carbónicos, sales e impurezas de la tierra, tiene una proporción aproximada de 2%N, 15%P, 2%K, 0.2%S, 15%CA/Mg, 15% mg/kg Zn y 100 mg/kg de Cl. (Keeler, 1999 como cito Hernández, 2017, p.6)

Caldos minerales

En el ámbito de la producción orgánica el empleo de los caldos o tés minerales se utilizan para controlar algunas deficiencias nutrimentales, como repelentes de insectos y proteger contra enfermedades en los cultivos. Existen dos tipos de caldos, los que se preparan con calor, como el caldo sulfocálcico a base de S y cal, que se puede usar como acaricida, fungicida, y estimula la síntesis de proteínas y los que se elaboran en frío, como el caldo Bordelés (1 y 2%), éste es una mezcla de sulfato de cobre y cal que se utiliza como fungicida, tanto para la cicatrización de árboles, como para el control de la antracnosis y del tizón temprano; el caldo bordelés debe ser neutro o ligero. (Moreno, Briceño, Valenzuela, y Hernández., 2020, p.142)

Estiércoles

Estos dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general tienen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros. (Garro, 2016, p.20)

2.2.9 Fertilizante químico

Son sustancias naturales o sintéticas de origen inorgánico, es decir que no son de origen animal o vegetal. Los naturales se encuentran en yacimientos como el salitre (nitrato de sodio), la roca fosfórica y el cloruro de potasio. Los fertilizantes sintéticos son aquellos elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y potasio; cuando contienen uno solo de estos elementos se les conoce como simples y cuando contienen más de uno se les conoce como compuestos. (Guzmán, 2018, p.4)

2.2.10 Análisis de suelo

Permite a los agricultores conocer las características químicas y físicas de sus suelos (pH, salinidad, materia orgánica, nutrientes, textura, etc.), primero para saber si el suelo presenta condiciones favorables o limitaciones para un determinado cultivo o frutal, y luego para elegir los fertilizantes y las dosis óptimas tanto para el cultivo como para el terreno. (Figuroa, 2005, p.31) Algunas de las técnicas empleadas en la elaboración de los análisis son las siguientes tanto físicas como químicas:

Tamizado

Es un método físico que consiste en la distribución de tamaños se utiliza para determinar el cumplimiento de las partículas de agregado con los requerimientos de alguna especificación, así como, proveer datos necesarios para el control de la producción de la mezcla. (Ayala, Delgado, Cuellar, y Salazar, 2019, p.11)

Granulometría.

“El análisis granulométrico sirve como herramienta para determinar de manera cuantitativa la distribución de tamaños de partículas presentes en el suelo” (Cordero, 2016, p.18).

Materia orgánica.

“Se refiere a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que por lo tanto pueden dar lugar a aumentar el contenido en nutrientes del suelo” (Garrido, 1994, p.23).

Nitrógeno total.

La concentración de N total del suelo nos brinda información general valiosa acerca de la dotación de uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, los microorganismos y la vida toda del suelo. Consiste en un análisis químico que determina el contenido de N en una sustancia particular. De esta manera se determina la cantidad de N resultante de la suma del N orgánico y el amonio en el análisis químico de suelo, agua y aguas residuales, que en la mayoría de los suelos es casi equivalente al N total por lo que se considera una buena estimación de este parámetro. (Enríquez & Cremona, 2014, p.2)

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Delimitación del área de estudio

3.1.1 Campo

El presente estudio se desarrolló en el sitio denominado el Callejón de los Aguilar, ubicado en el municipio de Isla, Veracruz. Localizado a $18^{\circ}06'57.2''$ N y $95^{\circ}33'30.6''$ W, a una altitud entre 10 y 200 msn y asimismo con una temperatura entre los 24°C a 28°C y una precipitación entre los 1 100 – 1 600 mm. El clima generalmente es cálido subhúmedo con lluvias durante el verano (CEIEG, 2021) y presenta una vegetación de bosque tropical: perennifolio, caducifolio, subtropical, manglar, vegetación de dunas costeras, popal-tular, palmar y sabana (Márquez y Márquez, 2009, p.47) (Figura 3.1). El suelo utilizado se clasifica con textura de migajón arenoso (63.2% de arena, 9.8% de arcilla y 27% de limo), 4.02 de pH, 1.45 % de materia orgánica, 12.0, 37.3, 80.0, 126.0, 73.8, 0.40 y 3.58 mg/kg de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn, respectivamente.

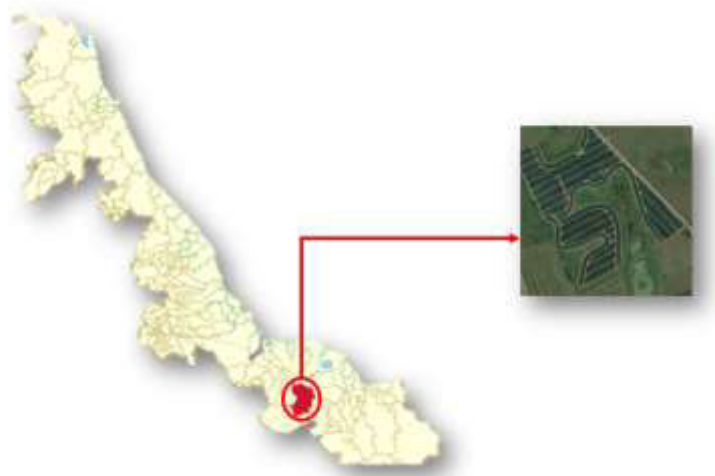


Figura 3.1: Ubicación del área de estudio en el municipio de la Isla, Veracruz (Cortesía Google Mapas, 2020).

3.1.2 Laboratorio

El análisis de las muestras de suelo, se realizó en el laboratorio de Fertilidad de suelos y nutrición vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Celaya, Gto., ubicado en el Km 6.5 de la Carretera Celaya-San Miguel de Allende S/N, Colonia Roque, Celaya, Guanajuato (Figura 2). El campo se localiza en las coordenadas 20° 35' 18.2" LN y 100° 49' 34" LO, a una altitud de 1706 msm con una temperatura media anual menor a los 18°C y una precipitación entre los 600-800 mm (INEGI 2021). "El clima generalmente es semiárido y semicálido y con una vegetación de selva baja caducifolia, pastizal, bosque y mezquite" (CONABIO y IEE, 2015, p.23) (Figura 3.2).



Figura 3.2: Ubicación del área de realización de los análisis, INIFAP, Celaya, Gto (Cortesía Google Maps, 2020).

3.2 Descripción del suelo

El suelo en estudio tuvo un contenido de arena, limo y arcilla de 62.24 %, 25.08 % y 12.68 %, respectivamente, que corresponde a una clase textural franco arenosa. Con una capacidad de campo de 19.5 % y un punto de marchitez permanente de 10.2 %, que proporciona un rango de cerca de 10 % de la humedad aprovechable por las plantas, lo cual se explica por el alto contenido de arena que contiene. El pH es de 3.83, que es extremadamente ácido y hay un muy bajo contenido de las bases intercambiables (K, Ca, Na y Mg). El contenido de materia orgánica fue de menos de 1.5 %, lo cual es muy bajo. Puede destacarse un moderado contenido de P extractable y un alto contenido de Fe. Sería recomendable aplicación de cal agrícola para tratar de equilibrar el pH antes del establecimiento de cultivos.

3.3 Diseño experimental

Se evaluaron dos sistemas de cultivo: (1) con acolchado y (2) sin acolchar; y siete niveles de fertilización (Tabla 3.1). Con base en lo anterior el diseño del experimento correspondió a un factorial 2 x 7 con arreglo en bloques al azar. En cada tratamiento se consideraron 3 repeticiones. El área de estudio se dividió en dos camas de doble hilera de 6 m de largo, cada cama, y de 1.2 m de ancho entre centro y centro; la amplitud de calle ancha de 80 cm y amplitud de calle angosta de 45 cm, con 32 cm entre plantas, proporcionando una población de 70 plantas por unidad experimental.

3.4 Establecimiento del experimento

Los vástagos de piña MD-2 de 600 g fueron sembrados el 01/12/2019, con una densidad de 50,000 plantas/ha, en el sitio denominado el Callejón de los Aguilar, ubicado en el municipio de Isla, Veracruz (18°06'57.2" N y 95°33'30.6" W). El suelo utilizado se clasifica con textura de migajón arenoso (63.2% de arena, 9.8% de arcilla y 27% de limo), 4.02 de pH, 1.45% de materia orgánica, 12.0, 37.3, 80.0, 126.0, 73.8, 0.40 y 3.58 mg/kg de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn, respectivamente.

3.4.1 Muestreo de suelo

Al momento de la cosecha se efectuó el muestreo de suelo. En cada unidad experimental se recolecto una muestra de suelo en los primeros 20 cm de profundidad. Las muestras fueron secadas en sombra en condiciones de laboratorio y posteriormente se enviaron al laboratorio de fertilidad del suelo y nutrición vegetal del INIFAP del centro de investigación de Celaya para su análisis físico-químico.

3.4.2 Tratamientos

Los tratamientos de fertilización consistieron en la combinación del abono orgánico bocashi y fertilización mineral (15-6-15-4 g/planta de N-P-K-Mg), en diferentes proporciones. El bocashi se utilizó como abono orgánico y se aplicó conjuntamente con la fertilización mineral en las siguientes proporciones (%):100/0, 60/40, 40/60, 20/80 y 0/100. Se utilizó como testigo un tratamiento sin fertilización y una dosis de fertilización mineral superior a la recomendada (18-6-18-4 de N-P-K-Mg). Así también fue aplicado un acolchado o sin este. Se efectuó la granulometría para separar macro, meso y microagregados (Tabla 3.1).

Tabla 3. 1: Distribución de tratamientos (Acolchado x Agregado x Fertilización).

| Trat. | Acolchado | Agregado | Fertilización | |
|-------|-----------|----------|---------------|-----------|
| | | | Bocashi | Mineral |
| 1 | 1 | 1 | 100 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 100 | 0 |
| 3 | 1 | 3 | 100 | 0 |
| 4 | 2 | 1 | 100 | 0 |
| 5 | 2 | 2 | 100 | 0 |
| 6 | 2 | 3 | 100 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 60 | 40 |
| 8 | 1 | 2 | 60 | 40 |
| 9 | 1 | 3 | 60 | 40 |
| 10 | 2 | 1 | 60 | 40 |
| 11 | 2 | 2 | 60 | 40 |
| 12 | 2 | 3 | 60 | 40 |
| 13 | 1 | 1 | 40 | 60 |
| 14 | 1 | 2 | 40 | 60 |
| 15 | 1 | 3 | 40 | 60 |
| 16 | 2 | 1 | 40 | 60 |
| 17 | 2 | 2 | 40 | 60 |
| 18 | 2 | 3 | 40 | 60 |
| 19 | 1 | 1 | 20 | 80 |
| 20 | 1 | 2 | 20 | 80 |
| 21 | 1 | 3 | 20 | 80 |
| 22 | 2 | 1 | 20 | 80 |
| 23 | 2 | 2 | 20 | 80 |
| 24 | 2 | 3 | 20 | 80 |
| 25 | 1 | 1 | 0 | 100 |
| 26 | 1 | 2 | 0 | 100 |
| 27 | 1 | 3 | 0 | 100 |
| 28 | 2 | 1 | 0 | 100 |
| 29 | 2 | 2 | 0 | 100 |
| 30 | 2 | 3 | 0 | 100 |
| 31 | 1 | 1 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 32 | 1 | 2 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 33 | 1 | 3 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 34 | 2 | 1 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 35 | 2 | 2 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 36 | 2 | 3 | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 |
| 37 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 38 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 39 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 40 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 41 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 42 | 2 | 3 | 0 | 0 |

3.4.3 Aplicación de fertilización

El bocashi se elaboró a partir de la mezcla: estiércol vacuno, estiércol de pollo, pasto pangola y tierra, en la proporción 2:2:1:1.5 volumen/volumen. Presentó 15.01, 12.79, 1.90, 3.84, 2.73 y 2.72 % de materia orgánica, carbón orgánico, N, P, K, Ca y Mg, respectivamente; relación 58.14 de relación C/N; 74, 616 y 367 mg/kg de Cu, Zn y Mn, respectivamente.

- El bocashi se aplicó en una sola dosis, cinco días posteriores a la siembra de los hijuelos. Se colocó sobre el suelo, alrededor de la planta. La cantidad de bocashi aplicado por hectárea y por planta, se estimó considerando la concentración de nitrógeno total del bocashi. La cantidad total de nutrientes aplicados a través del 100% de bocashi fue 870-1755-1247-1243-313-3-28-17 kg/ha de N-P-K-Ca-Mg-Cu-Zn-Mn, respectivamente.
- La cantidad de N, P, K, Ca y Mg aplicado a cada planta de piña a través de la combinación de bocashi y fertilizante mineral se presenta (Tabla 3.2):

Tabla 3. 2: Cantidad de nutrientes aplicados por la dosificación de la fertilización mineral y el bocashi en plantas de piña MD-2.

| Tratamientos | Bocashi/minerales | N | P | K | Ca | Mg |
|--------------|-------------------|----------------------|------|------|------|-----|
| | | ----- g/planta ----- | | | | |
| 1 | TESSINFER | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 100B/0M | 15.0 | 30.3 | 21.5 | 21.4 | 5.4 |
| 3 | 60B/40M | 15.0 | 20.6 | 18.9 | 12.9 | 4.8 |
| 4 | 40B/60M | 15.0 | 15.7 | 17.6 | 8.6 | 4.6 |
| 5 | 20B/80M | 15.0 | 10.9 | 16.3 | 4.3 | 4.3 |
| 6 | 0B/100M | 15.0 | 6.0 | 15.0 | 0.0 | 4.0 |
| 7 | 18-6-18-4 | 18.0 | 6.0 | 18.0 | 0.0 | 4.0 |

En cuanto a la fertilización mineral, el N, P, K y Mg se aplicaron de forma sólida y líquida. Para las combinaciones 60/40 y 40/50, los fertilizantes se aplicaron 50% de forma sólida (en una y tres aplicaciones respectivamente) y 50% de forma líquida (en tres aplicaciones). Para la combinación 20/80, 70% de los fertilizantes se aplicaron de forma sólida (en tres aplicaciones) y 30% de forma líquida (en cuatro aplicaciones), para los tratamientos que incluyeron exclusivamente fertilizantes minerales, el 80% se aplicó de forma sólida (en tres aplicaciones) y 20% de forma líquida (en cuatro aplicaciones).

La fertilización sólida se realizó en las fechas 16/12/2019, 14/02/2020 y 03/06/2020, correspondiente a los 15, 75 y 184 días posteriores a la plantación de hijuelos y la fertilización líquida se dividió en cuatro dosis, aplicado el 12/03/2020, 27/03/2020, 8/04/2020 y 23/04/2020, correspondiente a los 102, 148, 159 y 174 días posteriores a la plantación de hijuelos, respectivamente.

Tanto para la fertilización sólida como para la fertilización líquida, el fertilizante se depositó en las hojas axilares más cercanas al suelo. Para aplicar N, P, K y Mg de forma sólida se utilizaron los fertilizantes: sulfato de amonio (21% de N), difosfato de amonio (18%-46% de N-P), cloruro de potasio (60% de K) y sulfato de magnesio (9.8% de Mg). Para la fertilización líquida se utilizaron los fertilizantes urea (46% de N), difosfato de amonio, cloruro de potasio soluble (60% de K) y sulfato de magnesio. En cada fecha de fertilización líquida, para diluir los fertilizantes se consideró una dosis de 40 ml de agua por planta. Los micronutrientes se aplicaron a través de la fertilización líquida, en el mismo momento en que se aplicaron los macronutrientes, el 100% de la fertilización mineral a una dosis de 0.5, 1.0, 1.0, 0.5, 1.0 y 1.0 g/L de agua de sulfato de zinc, sulfato de hierro, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, borax y ácido cítrico, respectivamente, de acuerdo con Rebolledo et al. (2016).

3.5 Etapa de laboratorio

Se efectuó el análisis físico-químico del suelo en base a la NORMA MEXICANA (NOM) NOM-021-RECNAT-2000.

Las muestras fueron secadas a 35°C durante 72 horas en la estufa de secado de aire forzado, este secado se efectúa para el facilitar el manejo, una mejor homogeneidad y disminuir los cambios químicos indeseados; con el objetivo de asegurar su homogeneidad de tal modo que, cualquier porción que se tome para analizar presente significativamente al total de la muestra. Posteriormente las muestras se colocaron en bolsas de plástico y se etiquetaron con un número para su identificación correspondiente. Los parámetros a evaluar son los siguientes:

3.5.1 Granulometría

El análisis granulométrico se efectuó por el método de distribución de tamaño de las partículas para conocer la medida de tamaño en la operación de mezclado; se basa en diferencias físicas de las partículas tales como el tamaño y su forma. En cada una de las muestras de suelo se procedió a su tamizado mecánicamente en mallas metálicas de N° 5,8,10,18,20,35,70,100 y >100 para posteriormente ser vaciados en bolsas de papel de acuerdo a la distribución macro (5,8 y 10), meso (18, 20 y 35) y micro (70, 100 y >100). Las muestras una vez distribuidas en sus categorías se pesaron por separado (Figura 3.3 y 3.4).



Figura 3.3. Tamizado y distribución de las muestras de suelo



Figura 3.4. Pesado de las muestras de acuerdo al tipo de agregado.

3.5.2 Nitrógeno total

Se realizó a partir del método de Microkjeldahl, para conocer la cantidad de nitrógeno mineralizado que se encuentra en la muestra y se referencia como un índice de las reservas orgánicas. La determinación del nitrógeno total involucra dos procesos; la digestión de la muestra para convertir el nitrógeno a NH^{+4} y la determinación de NH^{+4} en el digestado.

Se tomó 0.1 gramos de las muestras las cuales se les adicionaron Selenio Merck, ácido sulfúrico y perlas de vidrio. Las muestras se colocaron en el digestor a una temperatura alta (360°C) hasta que el digestado se torne claro y se dejaron enfriar. Asimismo, se transfirió el contenido del tubo a matraces de 800 ml a los cuales se les agregaron agua destilada, sosa caustica y pedragones de mallas de Meyer y esto se colocaron en el destilador y en el tubo de salida se colocó un matraz de 125 ml el cual contienen 10 ml de ácido bórico al 2% y estos fueron retirados hasta alcanzar los 50 ml. Posteriormente esto se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N (Figura 3.5).



Figura 3.5: Procesamiento y determinación de Nitrógeno Total de las muestras.

3.5.3 Materia orgánica

El análisis de la M.O por el método de Walkley y Black nos permite detectar entre el 70 y 84% del carbono orgánico total del suelo. Se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción con el ácido sulfúrico, después de un tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso.

Las muestras se ejecutaron a partir del pesado del suelo y su colocación en matraces de 250 ml a estos mismos se le agregaron Dicromato de potasio 1N y 10 ml de H_2SO_4 esto se dejó reposar durante 30 minutos. Posteriormente se le añadió 100 ml de agua destilada, 5 ml de H_3PO_4 y gotas de difenilamina. De esta manera teniendo esto se tituló con el sulfato ferroso (Figura 3.6).



Figura 3.6: Procesamiento y determinación de Materia Orgánica en las muestras.

3.6 Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante el software System Analysis Statistical (SAS). El diseño estadístico fue un factorial 2 x 7 con un arreglo en bloques al azar y tres repeticiones. La comparación de medias se efectuó a partir de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se ejecutaron con un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$).

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Granulometría

Los resultados de granulometría mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) por el factor tamaño de partícula (TP) y las interacciones acolchado (A) x TP, fertilización (F) x TP (de segundo orden) y A x F x TP (de tercer orden); sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en los factores de estudio A y F y en la interacción A x F (Tabla 4.1). Se observó que todo lo relacionado con TP tuvo diferencias significativas ($p < 0.05$). La mayor proporción de partículas que hubo en los diferentes tratamientos en este estudio de granulometría correspondieron a la fracción inferior a 0.149 mm, las cuales se estimaron entre 63.4 a 80.4 % de la masa total del suelo, lo que implica mayor microporosidad en el suelo y menor macroporosidad que influyen de manera importante en la aireación y permeabilidad del suelo. No hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto de los tratamientos y los factores de estudio: acolchado y fertilización, donde se esperaba una mayor respuesta, al menos por la aplicación de Bocashi.

Tabla 4.1: ANOVA de granulometría con base en los factores de estudio.

| Fuente | Grados de Libertad | Anova SS | Cuadrado medio | F Valuada | Pr > F |
|--------------------|--------------------------|-------------|-------------------|--------------|--------|
| Tratamiento | 13 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 1.00 |
| A | 1 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.99 |
| F | 6 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.00 |
| TP | 8 | 52138 | 6517 | 2133 | <.0001 |
| A x F | 6 | 0.002 | 0.0003 | 0 | 1.00 |
| A x TP | 8 | 141.5 | 17.7 | 5.8 | <.0001 |
| F x TP | 48 | 881.5 | 18.4 | 6.0 | <.0001 |
| A x F x TP | 48 | 275.1 | 5.7 | 1.9 | 0.00 |

A: acolchado, F: fertilización, TP: tamaño de partícula

Con base en lo anterior, la aportación de reservas orgánicas al suelo por el aporte de Bocashi no se reflejaron en la distribución de agregados en la evaluación granulométrica, lo que sugiere que se requiere mayor cantidad de este abono orgánico (Grafico 4.1).

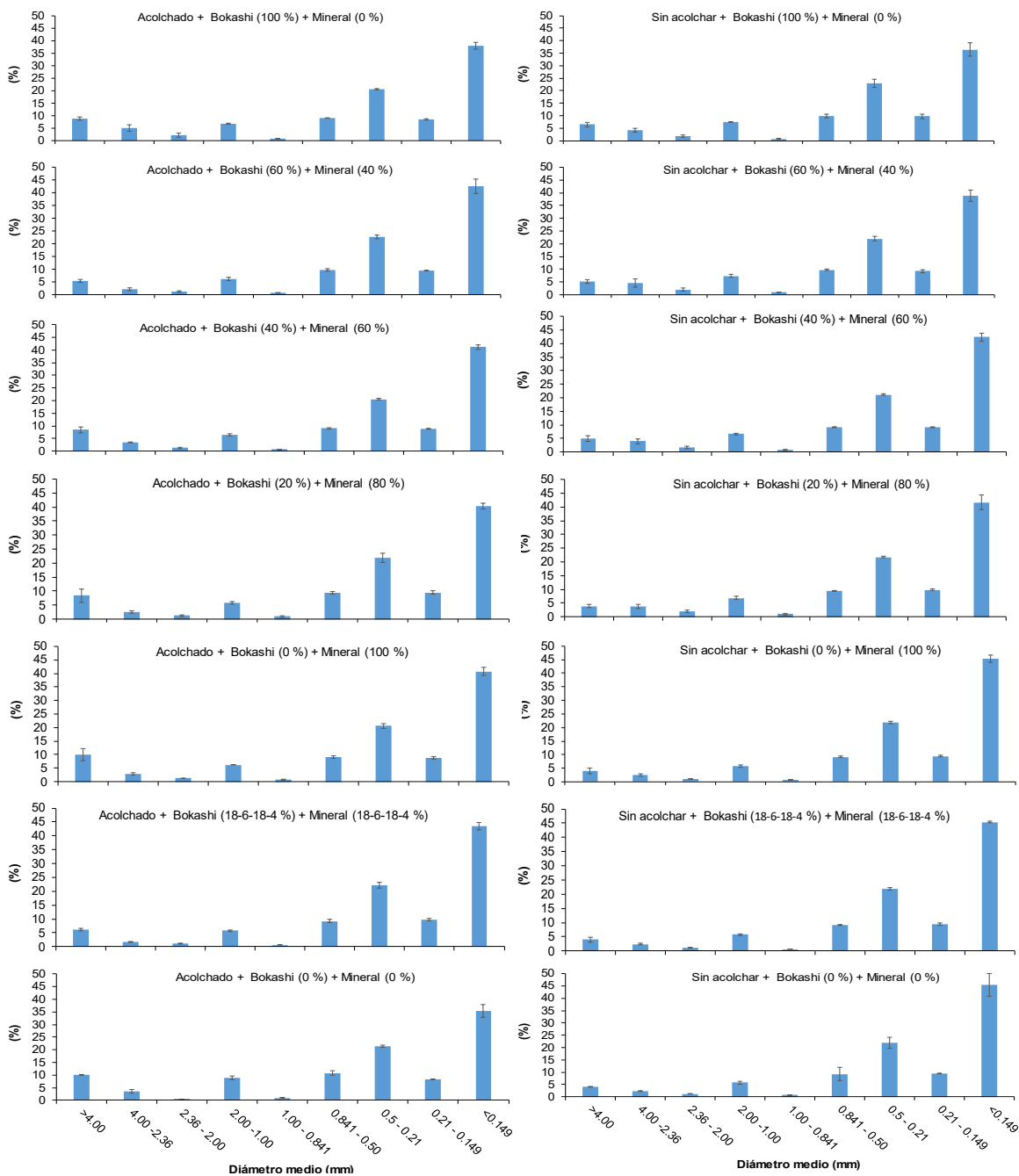


Grafico 4.1: Distribución granulométrica por factor acolchado y fertilización.

4.2 Análisis químico

Los resultados de análisis de fisicoquímicos correspondientes al contenido de materia orgánica (MO), carbono (C), nitrógeno total (N) y relación C/N de los diferentes tratamientos, los cuales se analizan a nivel de tres tipo de agregados: macro (>4.38 a 2.34 mm), meso (2.38 a 0.5 mm) y micro (0.5 y <0.149 mm) y se presentan en la tabla 4.2. No se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos; sin embargo, a nivel de factores de estudio de primer orden hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en el factor fertilización, y también en la interacción acolchado x fertilización, en las cuatro variables de estudio. La aplicación de Bocashi a nivel del factor fertilización (promedio) mostró una estrecha relación con el contenido de MO (Grafico 4.2), no así con el contenido de N total (Grafico 4.3). Estos resultados muestran las bondades del fertilizante orgánico en la acumulación de MO del suelo, indicador primario de la fertilidad de los suelos.

A nivel de tipo de agregado: macro, meso y micro hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos por efecto de la aplicación de Bocashi. El tratamiento 1, correspondiente a la dosis más alta de aplicación de este abono orgánico, con acolchado, tuvo el mayor contenido de materia orgánica (MO) y carbono (C), hasta 2.6 % y 1.51 % respectivamente, en los microagregados del suelo; sin embargo, los demás tratamientos fueron estadísticamente semejantes ($p < 0.05$), aunque los tratamientos sin aplicación de Bocashi (del 37 al 42) tanto con acolchado como sin acolchado, numéricamente tuvieron el menor contenido de MO y por lo tanto de C. Este comportamiento fue semejante para N total.

Este resultado de materia orgánica se mostró mayor presencia de ella en comparación por el obtenido por Sarmiento et al; (2019) el cual fue de 1.36% en su estudio del uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas.

De igual forma en el caso del nitrógeno total con 0.16% fue menor a lo obtenido por Bautista et al., (2019) con 1.7% de Nitrógeno en su traba de efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz.

Tabla 4.2: Resultados de los análisis químicos en las muestras de suelo.

| Trat. | Acolchado | Tipo de Agregado | Fertilización | | Materia orgánica | C | N Total | Relación C/N |
|-------|-----------|------------------|---------------|-----------|------------------|------|---------|--------------|
| | | | Bocashi | Mineral | | | | |
| % | | | | | | | | |
| 1 | 1 | Macro | 100 | 0 | 2.18 | 1.26 | 0.16 | 4.76 |
| 2 | 1 | meso | 100 | 0 | 2.32 | 0.77 | 0.12 | 12.42 |
| 3 | 1 | micro | 100 | 0 | 2.60 | 1.51 | 0.09 | 9.70 |
| 4 | 2 | Macro | 100 | 0 | 1.53 | 0.89 | 0.15 | 6.10 |
| 5 | 2 | meso | 100 | 0 | 1.58 | 0.91 | 0.08 | 11.36 |
| 6 | 2 | micro | 100 | 0 | 1.43 | 0.83 | 0.13 | 7.11 |
| 7 | 1 | Macro | 60 | 40 | 1.63 | 0.95 | 0.10 | 8.39 |
| 8 | 1 | meso | 60 | 40 | 1.42 | 0.82 | 0.11 | 8.12 |
| 9 | 1 | micro | 60 | 40 | 1.53 | 0.89 | 0.10 | 14.56 |
| 10 | 2 | Macro | 60 | 40 | 2.28 | 1.32 | 0.07 | 12.03 |
| 11 | 2 | meso | 60 | 40 | 1.44 | 0.83 | 0.09 | 11.36 |
| 12 | 2 | micro | 60 | 40 | 1.68 | 0.97 | 0.10 | 8.90 |
| 13 | 1 | Macro | 40 | 60 | 1.60 | 0.93 | 0.12 | 8.32 |
| 14 | 1 | meso | 40 | 60 | 1.64 | 0.95 | 0.12 | 8.90 |
| 15 | 1 | micro | 40 | 60 | 1.79 | 1.04 | 0.13 | 9.16 |
| 16 | 2 | Macro | 40 | 60 | 2.09 | 1.21 | 0.12 | 8.01 |
| 17 | 2 | meso | 40 | 60 | 1.68 | 0.97 | 0.09 | 10.43 |
| 18 | 2 | micro | 40 | 60 | 1.57 | 0.91 | 0.12 | 5.46 |
| 19 | 1 | Macro | 20 | 80 | 1.08 | 0.62 | 0.09 | 8.79 |
| 20 | 1 | meso | 20 | 80 | 1.39 | 0.81 | 0.09 | 8.89 |
| 21 | 1 | micro | 20 | 80 | 1.41 | 0.82 | 0.09 | 11.52 |
| 22 | 2 | Macro | 20 | 80 | 1.83 | 1.06 | 0.18 | 5.96 |
| 23 | 2 | meso | 20 | 80 | 1.84 | 1.07 | 0.07 | 17.54 |
| 24 | 2 | micro | 20 | 80 | 2.04 | 1.18 | 0.08 | 9.86 |
| 25 | 1 | Macro | 0 | 100 | 1.36 | 0.79 | 0.10 | 7.39 |
| 26 | 1 | meso | 0 | 100 | 1.32 | 0.77 | 0.04 | 25.40 |
| 27 | 1 | micro | 0 | 100 | 1.67 | 0.97 | 0.10 | 10.33 |
| 28 | 2 | Macro | 0 | 100 | 1.75 | 1.02 | 0.06 | 11.67 |
| 29 | 2 | meso | 0 | 100 | 1.27 | 0.74 | 0.06 | 15.80 |
| 30 | 2 | micro | 0 | 100 | 1.69 | 0.98 | 0.10 | 9.69 |
| 31 | 1 | Macro | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 1.65 | 0.96 | 0.08 | 6.19 |
| 32 | 1 | meso | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 0.85 | 0.50 | 0.06 | 15.48 |
| 33 | 1 | micro | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 1.74 | 1.01 | 0.11 | 6.98 |
| 34 | 2 | Macro | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 1.32 | 0.77 | 0.16 | 5.67 |
| 35 | 2 | meso | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 1.52 | 0.88 | 0.08 | 12.09 |
| 36 | 2 | micro | 18-6-18-4 | 18-6-18-4 | 1.69 | 0.98 | 0.14 | 5.79 |
| 37 | 1 | Macro | 0 | 0 | 1.41 | 0.82 | 0.11 | 6.75 |
| 38 | 1 | meso | 0 | 0 | 1.27 | 0.74 | 0.12 | 6.94 |
| 39 | 1 | micro | 0 | 0 | 1.37 | 0.79 | 0.10 | 8.09 |
| 40 | 2 | Macro | 0 | 0 | 1.33 | 0.77 | 0.10 | 8.09 |
| 41 | 2 | meso | 0 | 0 | 1.46 | 0.84 | 0.06 | 14.97 |
| 42 | 2 | micro | 0 | 0 | 1.36 | 0.79 | 0.08 | 10.86 |

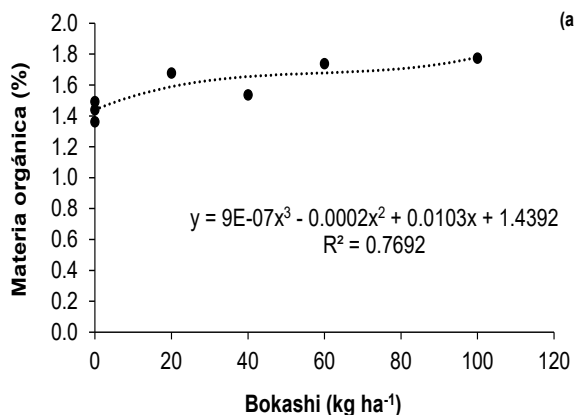


Gráfico 4.2: Relación entre aplicación de bocashi y contenido de Materia orgánica.

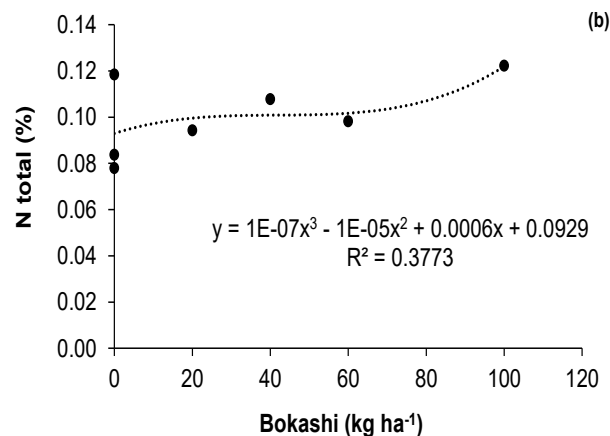


Gráfico 4.3: Relación entre aplicación de bocashi y contenido de Nitrógeno total.

El análisis estadístico muestra diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para el factor fertilización (F) y la interacción acolchado (A) x (F), lo que muestra el efecto que tuvo la aplicación de Bocashi en el contenido de MO y por lo tanto de C y N y relación C/N; sin embargo, no es así a nivel de los tratamientos.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La granulometría no mostró diferencias significativas por los factores fertilización (orgánica, inorgánica y combinada) y sistema de cultivo (acolchado y no acolchado).

El contenido de materia orgánica del suelo (MOS) fue mayor donde se aplicó 100 % de bocashi como fertilización al cultivo de piña MD-2 en ambiente protegido; no así sistema de cultivo sin acolchado. A medida que disminuyó la fertilización orgánica, en promedio el contenido de MOS fue menor. Se acepta la hipótesis.

No hubo efecto en el contenido de N en el suelo por la aplicación de los fertilizantes (químicos y orgánicos) y sistemas de producción (acolchado y no acolchado). El suelo con alto contenido de arena (más de 62 %) implica altas pérdidas de este elemento por lixiviación.

Con base en los resultados obtenidos se concluyó que la fertilización más alta con bocashi con acolchado favoreció la acumulación de MOS, que implicó un mejoramiento discreto en la fertilidad del suelo al concluir el estudio, pero con una tendencia a una mayor acumulación a mediano plazo.

5.2 Recomendaciones

Considerando la importancia que posee esta investigación y en fusión a lo obtenido en los resultados, se recomienda la implementación de sistemas agrícolas con base en la combinación de fertilizantes orgánicos con sintéticos, para aumentar paulatinamente las reservas de MOS y a la vez proporcionar nutrimentos disponibles para el cultivo. A mediano plazo la tendencia indica que la acumulación de MOS mejorará sustancialmente las propiedades físico-químicas del suelo. De la misma forma sería recomendable que las evaluaciones del experimento sean a un mayor plazo, que permita tener información precisa sobre las tasas de acumulación de materia orgánica del suelo y estudiar al mismo tiempo más características físicas y químicas.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ayala, Y., Delgado, H., Cuellar, V.H., y Salazar, A.Z. (2019). Manual de ensayo para laboratorio: agregados (AG) para mezclas asfálticas. IMT. Recuperado de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt551.pdf> . Fecha de consulta: 04/07/2023.
- BANACOL. 2016. *Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña.* Recuperado de <https://observatorioambientaluagr.org/download/guia-de-identificacion-y-manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-en-pina/> Fecha de consulta 20 de septiembre de 2022.
- Bartholomew, D.P., Paull, R.E. & Rohrbach, K.G. (2003). The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI, Wallingford. <https://doi.org/10.1079/9780851995038.0000>.
- Bautista, A., Cruz, G., y Rodríguez, M.N. 2015. Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(1), 217-222.
- Bocchi, S., & Castrignano, A. 2007. Identification of different potential production areas for corn in Italy through multitemporal yield map analysis. *Field Crops Research* 102 (3), 185 – 197. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.012>.
- Bonattii, J., Borge, C., Herrera, B., y Paaby, P. (2005). Efecto ecológico del cultivo de la piña en la cuenca media del Rio General- Terraba de Costa Rica. Informe Técnico No.4, Elaborado por SEDER para TNC, San Jose, Costa Rica. 254 pp.
- Cáceres, E. 2012. Manual de piña: Mejoramiento de la producción del cultivo de la piña mediante sistemas agroforestales en el distrito de Perene- Chanchamayo. https://www.academia.edu/11058699/Proyecto_Especial_Pichis_Palcaz%C3%BA_Manual_de_Pi%C3%B1a_Cap%C3%ADtulo_VIII_Plagas_y_Enfermedades_Plagas Fecha de consulta 20 de septiembre de 2022.

- Cardozo, A., El Mujtar, V., Álvarez, V., Sison, C.L., AER El bolsón., y IFAB. (2021). Manual para la elaboración de biofertilizantes a partir de desechos agropecuarios. Recuperado de https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16680_-_Producto_5.pdf Fecha de consulta: 01 de Octubre de 2022.
- Chica, D.F. (2018). Manejo agronómico del cultivo de piña (Ananas comosus), variedad MD-2 en el Ecuador (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). 2015. Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Guanajuato. México. Recuperado de <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/13016.pdf> Fecha de consulta 05 de Octubre de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21273_sg7.pdf Fecha de consulta 10 de Octubre de 2022.
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG). 2021. Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER): Cuadernillos municipales (1). Recuperado de http://ceieg.veracruz.gob.mx/wpcontent/uploads/sites/21/2021/06/ISLA_2021.pdf Fecha de consulta 29 de septiembre de 2023.
- Cordero, C.Y. 2016. *Determinación de Granulometría y Textura de Suelos de Matehuala, San Luis Potosí Contaminados con Arsénico* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Tabasco, México. https://www.academia.edu/29545820/Determinaci%C3%B3n_de_Granulometr%C3%ADa_y_Textura_de_Suelos_de_Matehuala_San_Luis_Potos%C3%AD_Contaminados_con_Ars%C3%A9nico. Fecha de consulta: 11 de Octubre de 2022.

- Cotrina, V. R., Alejos, I. W., Cotrina, G. G., Córdova, P., & Córdova, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa, Panao, Peru. *Centro de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 31–40. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>
- Cruz, Y.P., Alayón, J.A., y Morón, A. (2017). Efecto de la fertilización organica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche (México). *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 21(2), 41-53. Recuperado de <http://ww.ucol.mx/revaia/pdf/2017/mayo/3.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2016. Principales características del cultivo de la Piña (*Ananas comosus* L.). *Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*, (54), 1-5. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_dic_2016.pdf .Fecha de consulta: 10 de Octubre de 2022.
- Enríquez, A.S., & Cremona, M.V. 2014. Longterm grazing negatively affects nitrogen dynamics in Northern Patagonian wet meadows. *Journal of Arid Environment*, 109:1-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.04.012> .
- Figueroa, J.P. 2005. Muestreo y análisis de suelo: Una herramienta básica de la agricultura. *Revista de Recursos Naturales de Chile* (22) 30-35.
- Flórez, D.H., Gonzales, S.P., Ruiz, D.M., y Uribe, C.P. 2020. Generalidades del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia* (pp 23-29). Agrosavia.
- Organización para la Agricultura y la Alimentación (FOASTAT). 2020. Estadísticas agrícolas de la piña en el mundo. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI> Fecha de consulta 12 de Noviembre de 2022.
- Francisco, N., Uriza, D.E., Zetina, R., Toral, M.A., y Rebolledo, A. 2013. Acolchado plástico como practica para reducir la erosión hídrica en cambisoles cultivados con *Annas comosus* var. *Comosus* en México. En A.M, Barrón (Comps), *Memorial II Simposium Internacional en Producción Agroalimentaria y XXV*

- Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2013. Editorial INIFAP-CIR Golfo Centro.
- Garbanzo, G. y Vargas, M. 2014. Determinación fisicoquímica de diez mezclas de sustratos para producción de almácigos, Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. Volumen XV (30), pp.151-168.
- Garcidueña, J.A. 2013. *Caracterización morfológica y molecular de piña Ananas comosus (L) híbrido MD-2 y su establecimiento in vitro* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Garrido, J.J. y Licon, M.M. 2017. *Caracterización fisicoquímica de los suelos agrícolas del distrito de riego del municipio de Repelón, Atlántico* (Tesis de licenciatura). Universidad de la Costa, Colombia.
- Garrido, M.S. 1994. *Interpretación de análisis de suelo*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 93 (5), 1-39.
- Garro, J.E. 2016. El suelo y los abonos orgánicos (p.106). INTA. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>.
- Garzón, J.A. 2016. *Establecimiento y manejo de un cultivo de piña en la sede de la asociación de ingenieros agrónomos del llano en Villavincencio* (Tesis de licenciatura). Universidad de los Llanos, Colombia.
- Google (s.f.). 2022. [Mapa Google de Celaya, Guanajuato]. Fecha de consulta 2/12/22 <https://www.google.com.mx/maps/@20.5797026,-100.8188996,743m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>.
- Google (s.f.). 2022. [Mapa Google de las islas, Veracruz]. Fecha de consulta 2/12/22 <https://www.google.com.mx/maps/place/Isla,+Ver./@18.0306315,->
- Guido, M. 1983. *La piña*. Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria, Managua, Nicaragua: IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/15202>.
- Guzmán, G.I. y Alonso, A.M. 2015. Buenas Practicas en Producción Ecológica. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, (1-22 pp.). http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/bppe/Uso_de_Abonos_Verdes_tcm7-187426.pdf.

- Guzmán, J. 2018. *Reporte de investigación: Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México*. Recuperado de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/64%20Fertilizantes%20qu%C3%ADmicos%20y%20biofertilizantes%20en%20M%C3%A9xico..pdf> Fecha de consulta: 18 /11/2022.
- Hernández, B.E. 2017. *Producción y rendimiento de calabacita cultivada con diferentes dosis de Guano* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43088/Hern%C3%A1ndez%20Hern%C3%A1ndez%2c%20Br%C3%adgida%20Edith.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 2004. Guía de exportación para los mercados estadounidenses: Piña. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0527E/B0527E.PDF> Fecha de consulta 20 de Octubre de 2022.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2021. Conjunto de datos vectoriales de la carta topográfica y datos climáticos. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa> Fecha de recuperación 25/10/2022.
- Irías, O. 2004. *Manual práctico para la elaboración y aplicación del bocashi* (1ª ed.). SAG. <https://dicta.gob.hn/files/2004,-Manual-practico-de-bocashi,-G.pdf> . Fecha de consulta: 10/10/2022.
- Isidró, M.2007. Algunas consideraciones técnicas acerca del establecimiento y atenciones al cultivo de la piña. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itess/71283?page=10>.
- Joy, P.P. 2010. Benefits and uses of pineapple. Pineapple Research Station, Kerala Agricultural University, Kerala, India. Recuperado de <http://www.kau.edu/prsvkm/Html/BenefitsofPA.htm> Fecha de consulta: 15/07/2022.

- Lavao, A. y Yepes, Z.M. 2021. *Elaboración de abonos orgánicos derivados de los residuos sólidos aprovechables, procedentes del restaurante escolar en la Institución Educativa Rural Las Lajas de la Inspección de Yurayaco, del municipio de San José del Fragua* (Tesis de licenciatura). Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11371/4442>.
- León, J. 2000. *Botánica de los cultivos tropicales* (3ª Ed). IICA. San José, Costa Rica, 456p. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7228>.
- Norma Oficial Mexicano NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la federación, 31 de Diciembre de 2002.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2010. *Procedimientos operativos. Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña – Heredia, C.R.:* MAG, Servicio Fitosanitario del Estado (37-38). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9646.PDF>
- Márquez, R.W., y Márquez, R.J. 2009. Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 11(2),43-50. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49712336007> Fecha de consulta: 25/10/2022.
- Ministerio de Agricultura. 2011. *Instructivo técnico para el cultivo de piña*. Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Recuperado de <https://docplayer.es/43185767-Instructivo-tecnico-p-a-r-a-e-l-c-u-l-t-i-v-o-d-e-l-a-pi-na.html> Fecha de consulta: 04 de noviembre de 2022.
- Monge, M. 2018. Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. Recuperado de https://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-plagas-Pi%C3%B1a-CICA-08-10-20191_compressed.pdf Fecha de consulta: 25/10/2022.
- Morales, R. 2004. Desarrollo Pre y Post-siembra de diferentes categorías de semilla vegetativa en piña (*Ananas Comosus* L.) Merr, híbrido MD-2 en finca Apacona, Alajuela, Guatuso, San Carlos, CR. *Práctica de Especialidad. Bach. Ing. Agr. Guatuso, Alajuela, Inst. Tecn. de Costa Rica Sede Regional San Carlos*. 53p.

- Moreira, R., Fonfay, F., y Barzola, S.E. 2021. Diversidad de frutas tropicales. En Frutas tropicales diversidad, procesos y beneficios para la salud. Guayaquil, Ecuador (pp 1-93): Grupo Compas. https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2022/12/05/evidencia_articulo_202212516427_KLy8IFs.pdf.
- Moreno, A., Briceño, E.A., Valenzuela, L.M, y Hernández, J.A. 2020. Abonos orgánicos: una alternativa sustentable en la agricultura. En A. Moreno y J.L. Reyes (Ed 1). *Tópicos selectos de sustentabilidad, un reto permanente para el nuevo milenio* (pp.125-164). Ciudad de México, México: CLAVE EDITORIAL.
- Nakasone, H.K. & Paull, R.E. 1998. Tropical Fruits. CAB Internacional, Wallingford, pp 132-148.
- Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria (OIRSA) 2005. Manual técnico de fitosanidad en piña. San Salvador, El Salvador: OIRSA. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itess/35237?page=12>. Fecha de consulta: 05/07/23.
- Padilla, E.C. 2021. Caracterización socioeconómica y fitosanitario en sistemas de producción en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merrill) Ticuantepe, Managua, Nicaragua, 2018 (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/4418/1/tnf01p123a.pdf>.
- Parado, Q. y Rebeca, R. 2019. *Fertilización compuesta y mezcla en el cultivo de piña Ananas Comosus L. Gosden MD-2, en Bellavista Satipo* (Tesis licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6284/T010_47651869_TT.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Polak, G.A. 2019. *Respuesta a la fertilización nitrogenada en ambientes de diferente potencial productivo* (Tesis de maestría). Universidad de la Republica, Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29260/1/PolakVoscoboinikGustavoAriel.pdf>

- Py, c., Lacoeyuilhe, J.J., & Teisson, C. 1987. Botany and Physiology. En The pineapple: cultivation and uses. Editorial G.P. Maisonneuve & Larose. <http://hdl.handle.net/10524/55419>
- Ríos, L., Puentes, C.L., Trejos, A.M., Ramos, Y.P., Carabalí, A., Gómez, Y.C., y Saavedra, S. 2019. *Manual técnico para la producción de semilla de piña (Ananas comosus L. Merril) variedad MD-2*. Mosquera, Colombia: AGROSAVIA. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/39/33/507-1?inline=1>.
- Rodríguez, D., Pérez, M.I., y Menéndez, E. 2019. Los recursos Fitogeneticos de piña (*Ananas comosus var. Comosus (L.) Merr.*) en Cuba. Revista de Investigaciones ULCB. Volumen 6 (2), pp. 27-40. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2019v6n2.003>.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: realidad oculta. Roma, FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>. Fecha de consulta: 08/11/2022. Fecha de consulta: 12/09/2022.
- Saavedra, D., Murcia, V., Machado, L., Sánchez, J., Estrada, L.F., & Ordoñez, C.M. (2019). Propiedades físicas y químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio Campo alegre, Departamento del Huila, Colombia. *Biagro*. 31(2), 151-158.
- Sánchez, M.D. 2013. *Etiología y manejo de la pudrición de fruto de piña (Ananas comosus L.Merr) en postcosecha* (Tesis de maestría). Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, México. Recuperado de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2039/Sanchez_Aguirre_MD_MC_Fitopatologia_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sánchez, Y. 2016. *Caracterización química del guano de aves marinas de la Isla San Jerónimo, Baja California, México y su viabilidad como fertilizante agrícola* (Tesis de maestría). CICESE, México. Recuperado de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1319/1/245271.pdf>.

- Sandoval, I. A., y Torres, E. E. 2011. Guía técnica del cultivo de la piña. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"*. San Andrés, El Salvador. pp 11 Recuperado de <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-pina/>. Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022.
- Sarmiento, J., Amezcuita, M.A., y Mena, L.M.2019. Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scienciantia Agropecuaria*, 10(1), 55-61. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura, publicado en el Diario Oficial de la Federación, México. recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5509548&fecha=29/12/2017#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 13/09/2022.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 202A. Panorama Agroalimentario en México. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022. Fecha de consulta: 07/07/2023.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 1991. Manejo del cultivo. En *Cultivo de piña* (pp. 23-30). Recuperado de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5505/cultivo_de_pi?sequence=1 Fecha de consulta: 17/09/2022.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA). 2019. Fusariosis de la piña (*Fusarium guttiforme* Nirenberg & O'Donnell). Dirección General de Sanidad Vegetal - Sistema de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Ficha Técnica No. 39. 14 p.

- Shintani, M., Leblanc, H., y Tabora, P. 2000. Bokashi (Abono Orgánico Fermentado) Guía para uso práctico. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Humedad (EARTH), Limón, Costa Rica. Recuperado de <https://bocashi.files.wordpress.com/2010/10/bokashi-earth.pdf>.
- Tecnologías Alternativas para la Agricultura Sustentable (TAAS). 2017. Manual de abonos orgánicos (1^a Ed), pp. 9. Recuperado de <https://www.uv.mx/television/files/2015/10/abonos-organicos-09.pdf> Fecha de consulta: 03/10/2022.
- Tineo, A. (2014). Aplicación de roca fosfórica, diatomita incubadas en una solución de microorganismos y guano, en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). IIFCA, UNSCH 51p
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL. 2018. *Manual de abonamiento con guano de islas* (pp. 11-14). Ministerio de Agricultura y Riego. <https://dokumen.tips/download/link/manual-de-abonamiento-con-guano-de-las-islas-2019-06-11-cada-cultivo-tiene-sus.html>.
- Uriza, D.E., Torres, A., Aguilar, J., Santoyo, V.H., Zentina, R., y Rebolledo, A. 2018. La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACH. <http://ciestaam.edu.mx/publicaciones2018/libros/pinia-mexicana-frente-al-reto-de-la-innovacion.pdf>.
- Valero, J. 2012. Taller de elaboración de abonos orgánicos (Memoria). Sinaloa, México: INIFAP. Recuperado de <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/33-sustentabilidad?download=153:taller-de-elaboracion-de-abonos-organicos>. Fecha de consulta: 15/09/2022
- Vargas, V. 2009. Manejo técnico del cultivo de piña (Folleto). Lima, Perú: INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/180>.

- Vega, A.C., Cervantes, A., Prado, E. y Luna, A.E. 2021. Análisis del mercado para la comercialización de abono orgánico a partir de heces fecales en el cantón Machala. *Ciencias económicas y empresariales*, 7(5), 637-657. doi OI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i5.2273>.
- Vélez, A., Espinosa, J.A., Uresti, J., Rangel, J., Jolalpa, J.L., y Urestl, D. 2020. Estudio técnico-económico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 11(7), pp.1619-1632.
- Yépez, V.E. 2018. *Comportamiento agronómico de la piña (Ananas comosus L.) variedad perolera, en cuatro distancias de siembra, en el centro de producción y prácticas, Rio Verde de la UPSE en el Canton Santa Elena* (Tesis de licenciatura). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/handle/46000/4307>.

CAPÍTULO VII. ANEXOS.

Anexo 1. Análisis estadístico ANOVA.

| Información de los niveles de clases | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Clase | Niveles | Valores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamientos | 42 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Bloques | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acolchado | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agregado | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fertilización | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------------------------------------|-----|
| Numero de observaciones leídas | 126 |
| Numero de observaciones utilizadas | 126 |

Anexo 2. Análisis estadístico (variable materia orgánica).

| ANOVA materia organica | | | | | |
|------------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Modelo | 41 | 8.5 | 0.21 | 1.46 | 0.074 |
| Error | 84 | 11.9 | 0.14 | | |
| Total | 125 | 20.4 | | | |

| ANOVA Factores de estudio | | | | | |
|---------------------------|-----------------|----------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Anova SS | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Acolchado | 1 | 0.34 | 0.34 | 2.37 | 0.13 |
| Agregado | 2 | 0.37 | 0.18 | 1.29 | 0.28 |
| Fertilización | 6 | 2.45 | 0.41 | 2.87 | 0.01 |
| Acolchado x Agregado | 2 | 0.07 | 0.03 | 0.23 | 0.79 |
| Agregado x Fertilización | 12 | 1.17 | 0.10 | 0.68 | 0.76 |
| Acolchado x Fertilización | 6 | 2.92 | 0.49 | 3.42 | 0.00 |
| Acolch x Agrega xFertil | 12 | 1.18 | 0.10 | 0.69 | 0.75 |

Anexo 3. Análisis estadístico (variable carbón).

| ANOVA carbono | | | | | |
|---------------|-----------------|-------------------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Modelo | 41 | 2.85 | 0.07 | 1.45 | 0.08 |
| Error | 84 | 4.03 | 0.05 | | |
| Total | 125 | 6.88 | | | |

| ANOVA Factores de estudio | | | | | |
|---------------------------|-----------------|----------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Anova SS | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Acolchado | 1 | 0.11 | 0.11 | 2.33 | 0.13 |
| Agregado | 2 | 0.11 | 0.06 | 1.20 | 0.31 |
| Fertilización | 6 | 0.80 | 0.13 | 2.79 | 0.02 |
| Acolchado x Agregado | 2 | 0.02 | 0.01 | 0.24 | 0.78 |
| Agregado x Fertilización | 12 | 0.42 | 0.03 | 0.72 | 0.73 |
| Acolchado x Fertilización | 6 | 0.98 | 0.16 | 3.42 | 0.00 |
| Acolch x Agrega xFertil | 12 | 0.39 | 0.03 | 0.68 | 0.76 |

Anexo 4. Análisis estadístico (variable nitrógeno).

| ANOVA nitrogeno | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Modelo | 41 | 0.05 | 0.00 | 1.45 | 0.08 |
| Error | 84 | 0.07 | 0.00 | | |
| Total | 125 | 0.12 | | | |

| ANOVA Factores de estudio | | | | | |
|---------------------------|-----------------|----------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Anova SS | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Acolchado | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 0.35 |
| Agregado | 2 | 0.00 | 0.00 | 1.07 | 0.35 |
| Fertilización | 6 | 0.03 | 0.00 | 5.07 | 0.00 |
| Acolchado x Agregado | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.89 |
| Agregado x Fertilización | 12 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 1.00 |
| Acolchado x Fertilización | 6 | 0.02 | 0.00 | 3.65 | 0.00 |
| Acolch x Agrega xFertil | 12 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 1.00 |

Anexo 5. Análisis estadístico (variable carbono / nitrógeno).

| ANOVA carbono / nitrógeno | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-------------------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Modelo | 41 | 843.05 | 20.56 | 1.02 | 0.47 |
| Error | 84 | 1700.98 | 20.25 | | |
| Total | 125 | 2544.03 | | | |

| ANOVA Factores de estudio | | | | | |
|---------------------------|-----------------|----------|----------------|------------|--------|
| Source | Grados libertad | Anova SS | Cuadrado medio | F evaluada | Pr > F |
| Acolchado | 1 | 68.50 | 68.50 | 3.38 | 0.07 |
| Agregado | 2 | 11.37 | 5.69 | 0.28 | 0.76 |
| Fertilización | 6 | 285.70 | 47.62 | 2.35 | 0.04 |
| Acolchado x Agregado | 2 | 2.08 | 1.04 | 0.05 | 0.95 |
| Agregado x Fertilización | 12 | 154.87 | 12.91 | 0.64 | 0.80 |
| Acolchado x Fertilización | 6 | 240.94 | 40.16 | 1.98 | 0.08 |
| Acolch x Agrega xFertil | 12 | 79.58 | 6.63 | 0.33 | 0.98 |

Anexo 6. Análisis físico-químico del suelo.



Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos Y Nutrición Vegetal (Campo Experimental Bajío)

ANÁLISIS DE SUELO

| INFORMACION GENERAL | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|---------|---------|-----|---------|
| No. Registro : | SU- 19769 | Municipio : | Medellín | Cultivo Ant. : | | | | | | | | | |
| Fecha de Recepción: | 22/08/2022 | Estado : | Veracruz | Cultivo a Sem. : | | | | | | | | | |
| Fecha de Entrega : | 29/08/2022 | Lote : | 90 | Tipo de Análisis: | Análisis Completo | | | | | | | | |
| Propietario : | Nain Peralta Antonio | Prof. de Muestra: | cm | | | | | | | | | | |
| Rancho : | | Cliente : | | | | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO | | | | | | | REACCIÓN DEL SUELO | | | | | | |
| Arena: | 62.24 % | Arcilla: | 12.68 % | Limo: | 25.08 % | | pH (1:2 agua) | 3.83 | Ext. Acido | | | | |
| Tipo de Suelo : | Franco Arenoso | | | | | | pH (1:2 CaCl ₂) | N.D. | | | | | |
| Punto de Saturación : | 26.00 % | Mod. Bajo | | | | | Carbonatos Totales(%) | 2.06 | Mod. Bajo | | | | |
| Capacidad de Campo: | 19.50 % | | | | | | Requerimientos de Cal | | Ton ha ⁻¹ | | | | |
| Punto March. Perm. : | 10.20 | | | | | | Requerimientos de Yeso | No Req | Ton ha ⁻¹ | | | | |
| Cond. Hidráulica : | N.D. | cm/hr | | | | | | | | | | | |
| Densidad Aparente : | 1.43 | g/cm ³ | | | | | | | | | | | |
| FERTILIDAD | | | | | | | | | | | | | |
| Muy Alto | | | | | | | | | | | | | |
| Alto | | | | | | | | | | | | | |
| Mod. Alto | | | | | | | | | | | | | |
| Mediano | | | | | | | | | | | | | |
| Mod. Bajo | | | | | | | | | | | | | |
| Bajo | | | | | | | | | | | | | |
| Muy Bajo | | | | | | | | | | | | | |
| Determinación | MO | N-Inorg. | P-Bray | K | Ca | Mg | Na* | Fe | Zn | Mn | Cu | B | P-Olsen |
| Unidades | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | N.D | N.D |
| Resultados | 1.49 | 57.37 | 36.52 | 33.740 | 147.68 | 26.23 | 20.21 | 145.46 | 0.77 | 2.42 | 0.81 | | |
| EXTRACTO DE SATURACION (SALINIDAD - SODICIDAD) | | | | | | | RELACION DE BASES DE CAMBIO | | | | | | |
| CEc | 0.67 | dS/m | RAS | 1.50 | | | Muy Alto | | | | | | |
| pHe | 6.64 | | PSI | 145.61 | | | Alto | | | | | | |
| Cationes (meq/l) | | | | Aniones (meq/l) | | | Mod. Alto | | | | | | |
| Ca ⁺⁺ | 2.34 | | CO ₃ | 0.12 | | | Mediano | | | | | | |
| Mg ⁺⁺ | 0.11 | | HCO ₃ | 0.30 | | | Mod. Bajo | | | | | | |
| Na ⁺ | 1.66 | | Cl ⁻ | 3.26 | | | Bajo | | | | | | |
| K ⁺ | 0.57 | | SO ₄ | 2.99 | | | Muy Bajo | | | | | | |
| | | | | | | | Grado de | Sales | RAS | | | | |
| | | | | | | | Muy Alto | | | | | | |
| | | | | | | | Alto | | | | | | |
| | | | | | | | Mediano | | | | | | |
| | | | | | | | Bajo | | | | | | |
| | | | | | | | Muy Bajo | | | | | | |
| | | | | | | | Relación | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K | Ca/K | | |
| | | | | | | | Resultado | 3.43 | 2.49 | 11.05 | 8.56 | | |
| | | | | | | | Rango Medio | 2 - 6 | 2 - 3 | 20 - 30 | 10 - 15 | | |
| PORCENTAJE ACTUAL Y SUGERIDO DE LAS BASES DE CAMBIO | | | | | | | | | | | | | |
| | | | H ⁺ | Al ⁺⁺⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | | | | | |
| Resultado | meq/100 gr | | | | 0.740 | 0.220 | 0.090 | 0.090 | | | | | |
| | % Actual | | | | 65.49 | 19.07 | 7.65 | 7.79 | | | | | 1.14 |
| Sugerido | % Sugerido | | N.D | N.D | 65 - 75 | 10 - 20 | 3 - 7 | 0 - 5 | | | | | |