



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA

“PERFIL MICROBIOLÓGICO EN HUERTO DE AGUACATE, CON MANEJO CONVENCIONAL Y BIODINÁMICO EN ARIÑO DE ROSALES, MICH.”

Tesis

QUE PRESENTA:

RICARDO ENRIQUE CHAVEZ MONROY.

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

ASESOR INTERNO

ING. CÉSAR JAVIER LUMBRERAS ROMERO.

ASESOR EXTERNO

M.C. SERGIO URIEL CHÁVEZ ÁNGEL.

MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE 2022





ANEXO XXXIII. FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Morelia, Michoacán; a 12 de octubre del 2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. MARÍA ELENA GALLEGOS GARCÍA
JEFA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

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

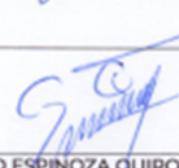
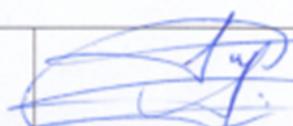
Nombre del estudiante y/o egresado:	Ricardo Enrique Chávez Monroy
Carrera:	Ingeniería en Agronomía
No. de control:	16850263
Nombre del proyecto:	"PERFIL MICROBIOLÓGICO EN HUERTO DE AGUACATE, CON MANEJO CONVENCIONAL Y BIODINÁMICO EN ARIO DE ROSALES, MICH."
Producto:	Tesis

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

ATENTAMENTE


ALEJANDRO ROMERO BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍAS



			
CESAR JAVIER LUMBRERAS ROMERO PRESIDENTE	GILBERTO ESPINOZA QUIROZ SECRETARIO	SERGIO URIEL CHÁVEZ ÁNGEL VOCAL	JOSÉ MORENO CLARO VOCAL SUPLENTE

* solo aplica para el caso de tesis o tesina
c.c.p.- Expediente.





AGRADECIMIENTO

Doy gracias a dios por permitirme concluir con mi carrera profesional ante todas las adversidades que han pasado, por las victorias y derrotas que nos hacen más fuertes cada día por todas las bendiciones que me ha otorgado por despejar mi mente y concentrarme en momentos complicados estoy agradecido con él.

Quiero agradecer de manera muy especial a mi madre que me brindo las herramientas necesarias para seguir adelante, por confiar en mi siempre y en cada momento a pesar de las adversidades por ser una pieza sumamente importante durante todo mi desarrollo académico, por estar hasta el último minuto apoyándome y motivándome a superarme y ha ser el mejor siempre, estoy y estaré eternamente agradecido.

A mi padre una persona humilde seria y de buen corazón que siempre estuvo ahí cuando más lo he necesitado el cual me ha forjado para ser un hombre de bien, le agradezco mucho de todo corazón todo el apoyo que me ha dado y que también forma parte de las personas que hicieron que este sueño se pudiera cumplir.

Ha mi esposa Fátima que amo tanto con la que he pasado los momentos más hermosos de mi vida a su lado y que estuvo ahí en los momentos que más la necesite y que ha sido un pilar muy importante en mi vida que ha estado conmigo en los mejores y peores momentos que a pesar de las grandes caídas me ha motivado y apoyado ha salir adelante y cumplir mis metas.





A mi hija Julieta que es mi más grande orgullo y mi motivación, libra mi mente de todas las adversidades que se presentan y que me impulsa cada día en la carrera de ofrecerte cada día lo mejor, sé que no es fácil, pero si no te tuviera no habría logrado tantas cosas y tal vez mi vida sería un desastre sin ti mi hermosa princesa mis logros y mis metas te las dedico a ti, TE AMO.

A mi tío quien desgraciadamente partió a su encuentro con Dios quien fue otra de las piezas claves para continuar con mis estudios y que siempre estuvo al pie del cañón apoyándome en todo momento siempre lo llevo y lo llevare en mi corazón y muchas gracias por todo.

A mi hermano Omar que siempre está ahí a mi lado motivándome y apoyándome en todo momento mi ejemplo a seguir, la persona con la que he aprendido muchísimo en todos los ámbitos y que nunca deja de sorprenderme, la persona en la que me inspire para estudiar una ingeniería y que hoy me siento muy orgulloso de haberla concluido.

A mi tía Josefina que me ha apoyado incondicionalmente cuando la he necesitado y que me ha apoyado facilitándome el tiempo en el trabajo para seguir superándome siempre estaré agradecido por todo lo que ha hecho por mí y por mi familia

Al M.C Sergio Uriel Chávez Angel por ser parte fundamental en mi formación académica por brindarme el conocimiento y las herramientas para ser siempre el mejor y por ser pieza clave en este proyecto estoy y estaré infinitamente agradecido toda la vida mi buen amigo, muchas gracias eres y serás el mejor.

ING. Cesar Javier Lumbreras Romero por ser parte fundamental en mi formación académica de la carrera de Agronomía y por formar parte de este proyecto, Muchas gracias.





Al Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, que me permitió formar parte de la familia “Castores”, por formar agrónomos capaces de enfrentar cualquier adversidad en campo, y por formar hombres capaces e íntegros y por brindarnos de sabiduría y conocimientos, Muchas gracias.





RESUMEN

Conocido como el “oro verde”, el aguacate Mexicano es un producto que se consume en 34 países del mundo; con una producción de un millón 644 mil toneladas, México es líder en su cultivo y exportación a nivel mundial, al respecto el estado de Michoacán concentra el 84.9 % del volumen de producción de aguacate en México, ya que produce más de un millón de toneladas. El aguacate es un fruto delicioso que enriquece el sabor, contenido, vista y placer con el consumo de muchos platillos. Muy benéfico para la salud humana, por ser rico en vitaminas y minerales y por tener propiedades contra el colesterol dañino, al aumentar las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reducir triglicéridos. Sin embargo, se detectó como caso problema en la zona aguacatera de Michoacán, las grandes deficiencias nutrimentales a causa del mal manejo nutrimental así como suelos totalmente compactados por excesos de cal agrícola al incorporar estiércol crudo, por tal motivo se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar el efecto de fertilizantes químicos y orgánicos así como en combinación con diferentes fases de la luna para medir el efecto ocasionado en la fase vegetativa así como en los frutos y rendimiento ha^{-1} , para esto se estableció un diseño experimental de bloques al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones como fuentes de fertilización se utilizó Urea, DAP, Sulfato de potasio, Nutripellet y Organodel. La fertilización se aplicó en la zona radicular del árbol, la dosis de cada fertilizante se fraccionó en tres partes. Cada árbol se dividió entre los 10 tratamientos y en tres bloques totalmente al azar. Las variables evaluadas fueron las fases lunares las cuales se estableció Luna Nueva en compañía de una fórmula química así como Luna Llena de igual manera en compañía de una fórmula química para el caso de Macronutrientes obtuvimos los siguientes resultados. En el caso del nitrógeno, el tratamiento que mejor promedio obtuvo fue el tratamiento 10, con la fórmula luna nueva sin aplicación al obtener un promedio de 0.103 % N, mientras que el tratamiento 6 con 0.020 N y el tratamiento 5 con un porcentaje de 0.040 N, fueron los que





menor efecto obtuvieron con el porcentaje de N muy por debajo del tratamiento 10 con resultados muy altos en comparacion del tratamiento 6 y tratamiento 5. Para el Fósforo, el Tratamiento más sobresaliente fue el 7, luna nueva + 15-4.4-28 con un resultado de 760.62 ppm de P, mientras que el tratamiento con menor resultado es el tratamiento 6 Luna Nueva + 23.6-15.2-007.3+ micros + AH con 60.27 ppm de P. La variable Potasio, el tratamiento con el mejor promedio o fue el 2 con la fórmula luna llena + 100-120-110 quien obtuvo la mayor concentración de Potasio (K), con un promedio de 1.873 (meq/100g) K, mientras que el tratamiento 4 con 0.0816 (meq/100g) K y el tratamiento 5 con un porcentaje de 0.993 (meq/100g) K, fueron los que menor efecto obtuvieron con un porcentaje de K muy por debajo de los rangos deseados para aguacate degun tapia. Sin embargo, el Tratamiento que más se acerco al requerimiento deseado propuesto por Tapia es el 10, con luna nueva sin aplicación con un resultado de 18.997 (me/100g) de Ca, mientras que el tratamiento con menor resultado fue el tratamiento 6 luna nueva + 23.6-15.2-007.3 + micros + AH con 7.790 (me/100g) de Ca. Para el los micronutrientes el tratamiento 10 (luna nueva sin aplicación) sobresalió con mayor concentración de Boro (B), (Cuadro 2), con 21.888 (ppm) de B así como también para. El perfil microbiológico nos muestra que los resultados obtenidos de las colonias microbianas de los analisis indican niveles muy bajos al de los rangos establecidos para el cultivo de aguacate (Chavez, 2020), debido a que algunos grupos no presentaron gran relevancia con respecto a los niveles deseados para este cultivo. En este sentido, las bacterias aerobias arrojaron un número bajo para el rango que se deseaba llegar de 1'000,000 – 100'000,000 UFC/g. (Chavez, Angel 2020). No obstante se logró registrar hasta 95 colonias (Cuadro 4), en el bloque tres con el tratamiento 6 que consistió en evaluar luna nueva 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + AH; por otra parte el tratamiento con menor número de colonias fue de 48 (Cuadro 4) en el bloque 2 con el tratamiento 8 y con la fórmula luna nueva Organodel 60 kg. Estos resultados se relacionan con la presencia del oxígeno en los suelos, para la producción agrícola, no porque sea útil en la nutrición de las plantas, sino porque es





necesaria su presencia al ocupar los espacios porosos para favorecer el desarrollo del sistema radicular. Por esta razón es sumamente importante implementar acciones que promuevan la formación de nuevos espacios porosos, para permitir el desarrollo de las raíces, la retención de agua y nutrientes y mejorar por ende, el rendimiento en los árboles de aguacate. Respecto a la relación de bacterias como bien se sabe, tienen un papel importante para las plantas, ya que al asociarse con ellas les permiten, por una parte, aumentar su crecimiento y desarrollo y, por otra, las protegen contra otros organismos del suelo que causan enfermedades. Pero en esta ocasión, muestra que el suelo se encuentra colonizado en su mayoría por bacterias anaerobias con respecto a las aerobias causando así el desarrollo de posibles microorganismos patógenos y limitaciones radiculares. Las *Pseudomonas* de igual manera no están dentro del rango deseable de 100,000 – 10'000,000 UFC/g. (Chaves, Angel 2020), en los tres bloques se observa grandes diferencias, respecto al bloque 1 con el tratamiento 7 y bloque 3 con el tratamiento 6, obteniendo los siguientes resultados en el bloque 3 con el tratamiento 6 y fórmula luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + obtuAH se cuantificó 53 colonias de *Pseudomonas* (Cuadro 4), el bloque 1 con el tratamiento 7 y la fórmula luna nueva 15-1-4.4-28 se obtuvo la colonia más baja con un total de 9 colonias de *Pseudomonas*. Para las bacterias promotoras del crecimiento vegetal *Azospirillum* igualmente se obtuvieron resultados bajos a los esperados y con resultados muy similares respecto a los tres bloques con una diferencia mínima entre cada uno de ellos siendo el más alto el bloque 3 con el tratamiento 6 y la fórmula luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + AH, con 33 colonias y el bloque 1 con el tratamiento 7 con la fórmula luna nueva 15-1-4.4-28, se cuantificó únicamente 15 colonias. En la mayor parte de microorganismos se observó mayor relevancia en el bloque 3 (Cuadro 4) con el tratamiento 6 y menor relevancia en el bloque 1 (Cuadro 4), con el tratamiento 7. Los microorganismos solubilizadores de nutrientes no se desarrollaron dentro del rango deseado ya que se encontraron un poco bajas las colonias 1,000 – 1'000,000 UFC/g.(Chavez, Angel 2020).





siendo más numerosos los solubilizadores de fósforo, de igual manera con mayor relevancia para el bloque 3 (Cuadro 4) y de menor relevancia para el bloque 1, seguidos de los solubilizadores de zinc siendo mayor relevancia para el bloque 3 y mucho menor para el bloque 1, para los oxidadores de azufre en los tres bloques los resultados arrojados son sumamente bajos con respecto a los rangos deseados los cuales son 1,000 – 1'000,000 UFC/g.(Chavez, Angel 2020). y a la par para los tres bloques siendo ligeramente superior el bloque 3 T6 e inferior el bloque 1, T7. Resultados que se atribuyen a los excesos de cal aplicados y al mal manejo nutricional y cultural que se ha llevado a cabo en los años anteriores, cantidades sin medida de pesticidas y de fertilizantes muy altos en sales. Con base a lo anterior es importante aplicar compostas así como estimular la flora microbiana con fertilizantes inoculados para recuperar esa vida microbiana que se ha ido perdiendo a través de los años. En cuanto a los hongos se evidenció un poco homogénea la cantidad para los rangos esperados en la huerta de aguacate ya que el rango para hongos es de 10,000 – 1'000,000 UFC/g. en los tres bloques analizados para el bloque 1 tratamiento 7 con 60 y para el bloque 3 tratamiento 6 se obtuvo 75, siendo más alta significativamente. Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición que mineralizan y reciclan los nutrientes de los árboles de aguacate; en el suelo, los hongos interactúan con una compleja comunidad microbiana que incluye: bacterias, actinomicetos (actinobacterias) y pequeños invertebrados. Respecto a la relación entre hongos y bacterias es muy baja ya que en los bloques B2 y B3 las cantidades son de 50 y 75 por debajo del rango el cual es 10,000 – 1'000,000 UFC/g y en bacterias de igual manera el B" con 48 (10-4) esto se debe a que nuestro suelo ha sido muy trabajado y explotado por diferentes factores y al no incorporar fertilizantes ricos en materia orgánica o ricos en microorganismos tenemos como resultado limitaciones en las relaciones hongos bacterias. para los tres bloques aun así destacando el B3T6 y siendo inferior el B1T7, resultados que se infieren a que el tratamiento 6 del bloque 3 se trabajó un tratamiento más complejo con luna nueva +





23.6-15.2-00-7.3 + micros +AH enriqueciendolo con micros y hacidos humicos; los ácidos húmicos estimulan biológicamente la planta y las actividades de los microorganismos; estimula las enzimas vegetales y aumenta su producción; actúa como catalizador orgánico en muchos procesos biológicos; estimulan el crecimiento y la proliferación de microorganismos deseables en el suelo (Humintech 2008).





ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. PROBLEMAS A RESOLVER.....	18
3. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	19
3.1 Objetivo general.....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
3.3 Hipótesis.....	20
4. JUSTIFICACIÓN.....	20
5. MARCO TEÓRICO.....	22
5.1 Importancia del cultivo.....	22
5.2 Origen.....	22
5.3 Características botánicas.....	25
5.4 Aspectos generales.....	25
5.5 Raíz.....	25
5.6 Tallo.....	26
5.7 Ramas.....	26
5.8 Hojas.....	26
5.9 Fases del aguacate.....	26
5.10 Flor.....	27
5.11 Floración.....	27
5.12 Fruto.....	27
5.13 Condiciones edáficas.....	28





5.14 Clima.....	28
5.15 Temperatura.....	29
5.16 Humedad.....	30
5.17 Clasificación de nutrientes.....	30
5.18 Función de nutrientes en aguacate.....	30
5.19 Bacterias aerobias.....	32
5.20 Bacterias anaerobias.....	32
5.21 <i>Pseudomonas</i>	34
5.22 <i>Azospirillum</i>	36
5.23 Fijadoras de nitrógeno.....	37
5.24 Solubilizadores de fósforo.....	38
5.25 Solubilizadores de potasio.....	42
5.26 Hongos.....	42
5.27 Actinomicetos.....	44
6. METODOS Y MATERIALES.....	45
6.1 Establecimiento del proyecto.....	45
6.2 Lugar donde se realizó el proyecto.....	45
6.3 Material.....	46
6.4 Metodología.....	46
6.5 Diseño experimental.....	47
6.6 Relación de tratamientos a evaluar.....	47
6.7 Modelo matemático.....	48
6.8 Variables evaluadas.....	49
6.9 Muestreo y preparación del suelo.....	51
6.10 Nitrógeno total del suelo.....	52
6.11 Fósforo.....	53





6.12 Azufre.....	53
6.13 Boro.....	53
6.14 Contenido de Zn, Mn, Cu y Fe.....	54
7. RESULTADOS.....	55
7.1 Nitrógeno.....	55
7.2 Fósforo.....	55
7.3 Potasio.....	56
7.4 Calcio.....	57
7.5 Magnesio.....	57
7.6 Azufre.....	58
7.7 Boro.....	58
7.8 Zinc.....	58
7.9 Manganeseo.....	59
7.10 Cobre.....	59
7.11 Hierro.....	60
7.12 Sodio.....	60
7.13 Perfil Microbiano del suelo.....	64
8. CONCLUSIONES.....	69
9. RECOMENDACIONES.....	70
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72
11. ANEXOS.....	78





ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

CUADRO

1. Relación de tratamientos evaluados con el efecto de la luna en aguacate	
cv Hass	45
2. Perfil microbiano del suelo.....	49
3. Efecto de la luna y los tratamientos evaluados en el contenido de macronutrientes en el suelo.....	60
4. Efecto de la luna y los tratamientos evaluados en el contenido de micronutrientes en el suelo.....	62
5. Perfil microbiano del suelo.....	67
6. Requerimiento de Nutrientes para aguacate.....	85

Cuadro anova

1. Análisis de varianza de N en suelo.....	80
2. Análisis de varianza de P en suelo.....	81
3. Análisis de varianza de K en suelo.....	81
4. Análisis de varianza de Ca en suelo.....	81
5. Análisis de varianza de Mg en suelo.....	82
6. Análisis de varianza de S en suelo.....	82
7. Análisis de varianza de Mn en suelo.....	82
8. Análisis de varianza de B en suelo.....	83
9. Análisis de varianza de Zn en suelo.....	83
10. Análisis de varianza de Cu en suelo.....	84
11. Análisis de varianza de Fe en suelo.....	84
12. Análisis de varianza de Na en suelo.....	84

14



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1. Ubicación geográfica del municipio de Ario de Rosales Mich.....	45
2. Distribucion de los tratamientos en campo.....	48
3. Fertilizante Organodel.....	78
4. Lombricomposta.....	78
5. Fertilizante Urea.....	78
6. Fertilizante DAP.....	78
7. Fertilizante MAP.....	78
8. Fertilizante Sulfato de Potasio.....	78
9. Muestra de perfil Microbiologico.....	79
10. Efecto de la Luna en las plantas.....	79
11. Etiquetas para Tratamiento.....	79
12. Toma de Muestra de análisis de Suelo.....	79





1. INTRODUCCIÓN

Con más de 10 mil años de historia y una fuerte presencia en diversas recetas culinarias, el aguacate es hoy uno de los frutos de mayor aprecio en las mesas del mundo, al ser utilizado para elaborar salsas, sopas y ensaladas, e incluso como ingrediente clave en tratamientos de belleza. Su nombre proviene del náhuatl “ahuacatl”, que significa “testículos del árbol” y su origen data de más de 10 mil años, de acuerdo con vestigios encontrados en una cueva de Coxcatlán, Puebla, donde se detectaron restos de la especie *Persea americana Mill.*

Al igual que muchos otros frutos y hortalizas Mexicanas, el aguacate fue introducido al mundo por los españoles durante la época de la Colonia, para convertirlo en uno de los alimentos básicos del planeta, además de constituirse en una de las botanas más tradicionales gracias a la salsa conocida como guacamole (SEMARNAT, 2021). Conocido como el “oro verde”, el aguacate mexicano es un producto que se consume en 34 países del mundo. Con una producción de un millón 644 mil toneladas, México es líder en su cultivo y exportación a nivel mundial. Michoacán concentra el 84.9 % del volumen de producción de aguacate en México, ya que produce más de un millón de toneladas (SENASICA, 2017).

El aguacate es un fruto delicioso que enriquece el sabor, contenido, vista y placer con el consumo de muchos platillos. Muy benéfico para la salud humana, por ser rico en vitaminas y minerales y por tener propiedades contra el colesterol dañino, al aumentar las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reducir triglicéridos (Téliz y Mora, 2019).

El gran crecimiento del aguacate en el mercado es cada vez mayor ya que se ha ido diversificando los productos a base de aguacate es por eso que las exigencias y la calidad del producto son cada vez más estrictas y los problemas edáficos y de nutrición cada vez





mas grandes al incorporar grandes cantidades de fertilizantes como de estiércoles crudos asi como la incorporación sin medida de cal ocasionando compactaciones de suelo, lo que ocasiona poca asimilación de nutrientes; ya que suelos compactados bloquean nutrientes y la planta no los puede asimilar; los suelos erosionados por las mismas causas de compactación y de uso excesivo de pesticidas. Ante esta situación, es momento de dar un salto con las nuevas tendencias y los nuevos mercados de la mano de una agricultura amigable con el planeta y cuidar a los suelos agrícolas, incorporando más materia orgánica y menos químicos para recuperar la flora microbiana como se encontraba en sus inicios de la agricultura.

Descripción de la empresa u organización del puesto, área de trabajo del estudiante.

Agro Angel Innovación es una empresa del sector privado ubicada en la ciudad de Ario de Rosales, comprometida con el medio ambiente; la empresa ofrece servicios integrales a los productores para sus cultivos, así como productos orgánicos y químicos de la mejor calidad. Dentro de sus principales actividades esta la asesoría técnica a productores de la región de Michoacán en cultivos de guayaba, caña, arándano, aguacate, fresa, zarzamora entre otros cultivos.

La empresa brinda a los productores el mejor servicio integral para sus cultivos, así como productos de mejor calidad con ellos, de las mejores certificaciones así como innovación tecnológica, manteniendo un espíritu de lealtad, honestidad y compromiso de la empresa con sus clientes proveedores y con la sociedad. Busca Consagrarse como una empresa innovadora en el uso de agroquímicos, especializados en la asesoría, desarrollo y





comercialización de productos de alta calidad a nivel nacional y mundial, a través de la capacitación de su personal técnico.

El área de investigación es un huerto de aguacate en donde se estableció el experimento y de igual manera se participó en el asesoramiento a productores principalmente en el área de nutrición para la obtención de alto rendimiento y de esta forma, alcanzar los objetivos propuestos en el presente proyecto de investigación.

2 PROBLEMAS A RESOLVER

Para un excelente programa de nutrición es necesario saber la demanda nutrimental que requiere el cultivo de aguacate, para aplicar solo lo que la planta requiere, con base a los análisis de suelo, herramienta que evidencia las deficiencias tanto de macro como de micronutrientes en la planta, para posteriormente determinar la dosis óptima fisiológica de los fertilizantes en las diferentes etapas fisiológicas del cultivo.

Uno de los problemas más frecuentes son las deficiencias nutrimentales en el aguacate ya que la fertilización solo se basa en el abonado convencional con estiércol “crudo” no composteado entre otros fertilizantes convencionales año con año, y que recurren a la misma aplicación de estos. Los huecos nutrimentales que se dejan son muy claros al tener un suelo muy compactado, bloqueados, explotado, así como también al no tener un programa nutrimental específico, es cada vez mayor el problema por el desgaste de energía que utiliza la planta para cada una de las etapas fisiológicas.





Los nutrientes que aporta el suelo, es una de las fuentes nutrimentales mas importantes al encontrar el 80 % de los nutrientes que proporcionan las necesidades que requiere la planta, y se conoce a través de los análisis de suelo, foliar y del agua utilizada para riego. El gran desgaste nutrimental que se genera en cada ciclo vegetativo-productivo, es bastante grande, lo que hace necesario recuperar los nutrientes que fueron absorbidos por la planta al igual de la flora microbiana del suelo que se ha ido perdiendo gracias al uso desmedido de cal y de pesticidas, tomando en consideración que el suelo es sumamente importante para la asimilación nutrimental de la planta y para la vida microbiana que vive en el.

El proyecto que se llevó a cabo en un huerto de aguacate cv. Hass (*Persea Americana Mill*) en Ario de Rosales Michoacán tiene como objetivo el poder trabajar el suelo y explotarlo al máximo de manera sustentable, así como recuperarlo con distintos fertilizantes orgánicos que ayudan a colonizar las raíces y a recuperar la materia orgánica (MO). También permite saber la cantidad, y el impacto fisiológico de cada uno de los nutrientes en la planta (brotes, hojas, flores, frutos, raíz).

3 OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1 Objetivo general

Conocer el efecto de la fertilización química y orgánica de NPK en el rendimiento y calidad de aguacate cv. Hass (*Persea Americana Mill*) en el Municipio Ario, Mich.





3.2 Objetivo específico

- Evaluar la cantidad de microorganismos solubilizadores del suelo a través del perfil microbiológico en el comportamiento vegetativo – productivo de aguacate en el municipio de Ario de Rosales, Mich.
- Determinar la fórmula nutrimental fisiológica y la económica más adecuada para el cultivo del aguacate cv. Hass (*Persea americana mil*) en la etapa vegetativa – productiva para el municipio de Ario de Rosales, Mich.
- Generar información básica en el manejo nutrimental del cultivo del aguacate cv. Hass para el municipio de Ario de Rosales.

3.3 HIPÓTESIS

Ho: Los tratamientos bajo en fertilizantes orgánicos y químicos muestra el mismo efecto, así como las fases lunares respecto a la nutrición, desarrollo vegetativo y calidad de fruto.

Ha: Un tratamiento tiene respuesta positiva en cuanto a la nutrición y rendimiento en el fruto de aguacate cv Hass (*Persea americana mil*) en la zona de Ario de Rosales en las distintas fases lunares.





4 JUSTIFICACIÓN

El aguacate, es parte fundamental de la alimentación humana ya que tiene gran cantidad de propiedades benéficas para el ser humano. Producir productos con sistemas de producción adecuados es de gran importancia para la calidad del producto y pueda llegar en buenas condiciones al consumidor.

Se requiere de tecnología de producción orgánica y química que vaya acorde a la conservación y recuperación de un medioambiente sano y a la alimentación saludable de las personas que consumen el producto. Para lograr mejores resultados se pueden combinar ambas técnicas, donde no exista un daño grave al medio ambiente. La investigación es de suma importancia, pues para realizarla no se requiere de grandes inversiones, si no solo de un espacio donde se pueda realizar un experimento e insumos los cuales son económicos, para la operación donde se llevará acabo la fertilización orgánica y química, para ofrecer al productor recomendaciones claras y concretas, para generar confianza en los productores.

En busca de desarrollar una técnica para la utilización de un sistema de producción orgánica donde se disminuyan los costos de la producción y mejore la calidad del producto, además se pretende obtener mayor información sobre la fertilización química con base a un análisis químico de suelo del predio, con el fin de lograr un producto de buena calidad que satisfaga los consumidores, y así mismo reducir el impacto ecológico que los sistemas utilizados de manera incorrecta y en grandes cantidades sin medida; quienes producen grandes daños en el medio ambiente (agua, suelo y atmósfera). Con la aplicación correcta y precisa de fertilizantes certificados es posible suministrar a la planta lo que requiere sin tener pérdidas económicas y de igual manera es posible ver los efectos que tiene en la planta. El proyecto





se realizó en Ario de Rosales Michoacán, con un enfoque cuantitativo, en donde la investigación se describió y explicó los resultados obtenidos.

5 MARCO TEÓRICO

Cultivar Hass La variedad o cultivar Hass, es particularmente importante por su alta comercialización y popularidad en el mercado internacional por las siguientes razones:

- Su pulpa es de excelente calidad, con un hueso pequeño y de alto contenido de aceites.
- Presenta una resistencia al manejo postcosecha y transportación.
- Es de amplio periodo de floración, no madura hasta su cosecha, lo que le permite a los productores planear su cosecha de acuerdo a la condiciones del mercado.
- Es la variedad que mejor se adoptó en cuanto a desarrollo, precocidad y resistencia de plagas y enfermedades.

Esta variedad se obtuvo en la Habra, Heights, cuando está maduro, su epidermis adquiere un tono oscuro, casi negro, al pasar de verde oscuro a verde purpurino; tiene un gran sabor a nuez y avellana, con textura suave-cremosa y una semilla de pequeña a mediana y está disponible durante todo el año (CEDRSSA, 2017).

5.1 Importancia del cultivo.

El aguacate es uno de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional. México es el principal proveedor del mercado internacional con una aportación de 45.95 % del valor de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2017).





5.2 Origen.

El aguacate *Persea americana* Mill., en México y Centroamérica está incorporado a la dieta de la población desde hace muchos siglos, y muy posteriormente a la colonización llegó a otros puntos fuera del continente, y en estos últimos años Europa y Asia empiezan a importar aguacate en forma creciente. El una especie que pertenece a la familia de las Lauraceae y en la actualidad el género *Persea* contiene alrededor de 85 especies, y la mayoría se encuentran desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica (*Persea borbonia*) hasta Chile (*Persea lingue*). Solo son las excepciones *Persea indica* que se encuentra en las Islas Canarias (España) y probablemente otras del sur de Asia que se piensa pertenecen a *Persea*.

La historia del aguacate en México, de acuerdo a los antecedentes se puede decir que en un inicio, en el México precolombino ya realizaban selección de frutos de aguacate encaminados a obtener los de mayor tamaño y de semilla pequeña; sin embargo, desde el descubrimiento de América permaneció desconocido hasta finales del siglo XIX, cuando se produjo el acontecimiento que marcó la expansión de la primera industria productora de aguacate con la introducción de la variedad Fuerte a California, en 1911, con material procedente de Atlixco Puebla, México (Bergh,1975). Desde entonces, ha estado lleno de obstáculos y sinsabores, mismos que motivaron a los productores mexicanos a seguir trabajando de frente y con carácter para el cambio, de manera tal que ahora que se ve y se disfruta un aguacate, se piensa que es el fruto del esfuerzo de todo un pueblo que ha estado trabajando para lograr y mantener esa calidad.

Con este trabajo se pretende hacer un reconocimiento a todos aquellos que cimentaron las esperanzas de lo que hoy es una realidad de tan grande cultivo y de este valioso fruto como alimento, que se comparte con todo el mundo y que ha dado como resultado colocar a





México como el líder en superficie cultivada, producción y consumo de aguacate. Por otra parte, también destacar que México es uno de los países con amplia diversidad de tipos de aguacate y existen en el país al menos 20 especies relacionadas con el aguacate. Esta gran variabilidad puede ser debida a diferentes condiciones ambientales presentes a lo largo y ancho del territorio nacional y a la naturaleza que le ha conferido al aguacate, mecanismos que hacen maximizar el cruzamiento con otros tipos, y por lo tanto incrementa la variabilidad genética y por ende amplia la adaptación a un mayor número de ambientes (Bergh, 1992).

Actualmente se reconocen tres razas de aguacate; Mexicana (*Persea americana var. drymifolia*), Guatemalteca (*Persea americana var. guatemalensis*) y antillana (*Persea americana var. americana*). La raza mexicana tiene como principal ventaja la resistencia al frío, así como su alto contenido de aceite. La raza guatemalteca presenta una epidermis bastante gruesa si se compara con las otras tres razas, lo que le permite resistencia al frito al transporte; sin embargo, como está formada por tejidos esclerificados son bastante duros y no permite saber con facilidad mediante el tacto, si los frutos ya están en madurez de consumo (Téliz y Mora, 2019).

Tipos de aguacate en el estado

Los tres tipos de aguacate más comunes en la región son: Hass, Criollo y Fuerte (APEAM, 2017). Cv. Hass. Es una variedad híbrida desarrollada por Rudolph Hass y es el más popular en el mercado internacional. Su epidermis es gruesa, rugosa y áspera, de color negro, tiene un ligero sabor a nuez y avellana, de textura suave y cremosa, con una semilla mediana.

Criollo. Es el aguacate que crece de forma natural, sin ser híbrido ni injerto. Tiene una epidermis muy delgada, lisa y de color negro; de hueso grande y pulpa color amarillo limón, con sabor ligeramente a anís; también se le conoce como aguacate mexicano.





Fuerte. Es un híbrido obtenido en Atlixco, su forma es similar a una pera alargada de tamaño mediano, su epidermis es gruesa y granulosa, de color verde, aun maduro, con pequeños puntos amarillos. La pulpa es de color verde pálido, cremosa, rica en grasa y de gran sabor.

5.3 Características botánicas.

Clasificación botánica

Clase	<i>Dicotiledónea.</i>
Subclase	<i>Diapétalas.</i>
Orden	<i>Renales.</i>
Familia	<i>Lauráceae.</i>
Genero	<i>Persea.</i>
Especie	<i>Americana.</i>
Nombre común	<i>Aguacate.</i>

5.4 Aspecto general.

Es una especie perenne de tallo aéreo (epigeo), con características leñosas, follaje siempre verde y raíz bastante superficial.

5.5 Raíz.

Las raíces son generalmente superficiales; la raíz principal es corta y débil como la mayoría de las especies arbóreas originarias de ambientes ricos en agua durante el periodo vegetativo (Calíbrese, 1992) Alcanza profundidades de 1.0 a 1.5 m, pero en terrenos más sueltos puede superar esta marca. El sistema radicular tiene un patrón de crecimiento horizontal que se concentra en los primeros 50 cm de profundidad del suelo.





Como las raíces poseen pocos pelos absorbentes, la absorción del agua y los nutrientes la realiza a través de los tejidos primarios de las puntas de las raíces. Esta característica del aguacate provoca susceptibilidad al encharcamiento porque la planta se asfixia con facilidad y es vulnerable al ataque de hongos en el tejido radicular (Godinez *et al.*, 2000) por ello debe cultivarse en suelos profundos y sin problemas de drenaje interno o texturas muy arcillosas.

5.6 Tallo.

Es cilíndrico y recto en las variedades criollas y ramificado en las variedades mejoradas. Es leñoso y tiene un gran crecimiento vegetativo; en árboles de 30 años se ha encontrado diámetros de un metro.

5.7 Ramas.

Son abundantes, delgadas y frágiles por lo que se pueden romper al cargar muchos frutos y por la acción del viento, son sensibles a los rayos solares.

5.8 Hojas.

Son simples y enteras, de forma elíptica-alargada y nervadura con figura de pluma. La inserción en el tallo es peciolada; cuando es joven presenta un color rojizo y una epidermis pubescente; en su madurez se tornan lisas, acartonadas y de un verde intenso y oscuro. Normalmente el árbol esta cubierto de hojas, cuando se presenta defoliación es por que la variedad no es apropiada para la zona.





5.9 Fases del aguacate

Los árboles de aguacate muestran diversas fases de desarrollo o fases fenológicas conforme pasan las estaciones del año, por ejemplo: iniciación y diferenciación floral, flujos de crecimiento vegetativo, amarre y caída de fruto, crecimiento y maduración del fruto, crecimiento de raíces, abscisión de hojas (Wolstenholme y Whiley, 1999).

5.10 Flor

La inflorescencia es una panícula axilar o terminal; las flores son hermafroditas, simétricas y se agrupan en racimos verde amarillento; presentan dicogamia, es decir los órganos masculino y femenino de una misma flor se abre en dos momentos distintos y separados, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B (Pérez, 1986). En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y solo el 0.1% se transforma en fruto, por la abscisión de numerosas flores y aborto de frutitos en desarrollo.

5.11 Floración

En Michoacán el cv. Hass puede presentar hasta cuatro flujos de floración: loca (agosto-septiembre), aventajada o adelantada (octubre diciembre), normal (diciembre-febrero) y marceña (febrero-marzo) (Rocha, 2011).





5.12 Fruto.

Es una baya que posee un pericarpio delgado y un mesocarpio carnoso y oleaginoso. De tamaño, formas y colores diferentes, según la variedad. Predominan las formas ovalada, cónica ovoide, redonda y periforme; el color dominante es el verde en diferentes tonalidades tales como el brillante, claro, oscuro y amarillento; la corteza puede ser de textura lisa o rugosa; cada fruto contiene en su cavidad central una semilla de forma variada, predominando la redonda y la cónica; su color se caracteriza por presentar diferentes tonalidades de café y negro.

5.13 Condiciones Edáficas.

Los mejores suelos para el aguacate son los de textura media y profundos ya que garantizan el desarrollo radicular del aguacate, entre más profundo es el suelo, mejor será el desarrollo, siendo necesario evitar los subsuelos rocosos y muy arcillosos. Es conveniente que el contenido de materia orgánica sea óptimo (de 2.5 a 5 %), para una buena estructura, que permita la porosidad y consecuentemente, las proporciones adecuadas de aire y agua en el perfil, además de un buen drenaje. Los niveles de salinidad en el suelo por debajo de 2 mmhos/cm se consideran normales ya que el aguacate es muy sensible a la salinidad, se desarrolla normalmente en concentraciones menores de 3 mmhos/cm, por arriba de este nivel, comienzan los efectos tóxicos de los cloruros de sodio y magnesio, produciendo quemaduras en las puntas y bordes de las hojas, y defoliaciones fuertes.

El rango de acides óptimo para el desarrollo de las plantas es el que se encuentra entre 5.5 a 6.5, esta acides permite una buena absorción de los principales nutrientes. Un PH por arriba de 7 disminuye la absorción de hierro, y si rebasa de 8, indica presencia de caliza y se producen severas clorosis; por el contrario, en suelos muy ácidos por abajo de 5.5 inician los efectos tóxicos ocasionados por aluminio, que es fácilmente absorbido (SADER, 2014).





5.14 Clima

La interacción de los factores climáticos, determina la factibilidad del cultivo de aguacate. Pese a su origen tropical, existen plantaciones de aguacates hasta los 43 ° C de latitud (Gaillard, op. cit.). Esta amplia adaptación puede explicarse principalmente merced a su diversidad genética, marcada a grandes rasgos por sus tres razas hortícolas: la antillana, que prefiere las zonas ecuatoriales y cuya utilidad en los subtrópicos queda reducida a su empleo como patrón en condiciones de elevada salinidad, la mexicana, que puede resistir hasta – 7 ° C por escasas horas, y la guatemalteca, intermedia entre ambas. La casi totalidad de las variedades comerciales de los subtrópicos son mexicanas, guatemaltecas o mejor aún híbridos mexicano x guatemalteco. En caso del aguacate cv. Hass prefieren regiones con periodos secos bien definidos.

5.15 Temperatura

Para las variedades antillanas las condiciones ideales son temperaturas diurnas en torno a los 25 a 30 ° C y nocturnas entre 15 y 20 ° C. Las temperaturas por encima de los 36 ° C causan serios daños, particularmente en la fecundación y el cuajado, siendo importante que ocurra un período frío (alrededor de 10 ° C) en invierno para estimular la inducción floral. Una primavera y verano no muy calurosos pueden alargar la fase de fructificación de algunos cultivares tardíos, lo que permite extender el período de recolección.

En general, se recomienda elegir, zonas libres de heladas. En el aguacate cv. Hass este factor incide directamente en la duración del periodo de flor a fruto, el cual se alarga a medida que la temperatura disminuye. En zonas frías este periodo dura hasta 10 a 14 meses, mientras que en las zonas cálidas únicamente de 5 a 8 meses. Esta variedad es sensible a las heladas extremas y calor excesivo principalmente en la etapa de floración y





fructificación. Las condiciones ideales para esta variedad son temperaturas medias anuales de 14 a 24 ° C con temperaturas diurnas entre 20 a 30 °C y nocturnas entre 10 a 20 °C, lo que permite el almacenaje por más tiempo del fruto en el árbol y extender el periodo de recolección. En lo que respecta a la temperatura, las variedades se comportan de acuerdo a la raza, la raza antillana es poco resistente al frío, al contrario que la guatemalteca o mexicana.

5.16 Humedad

El aguacate necesita encontrarse en lugares con un régimen de lluvias entre 1,000 a 2,000 mm de precipitación. Durante la época productiva, el riego localizado prolonga el periodo productivo, e incrementa los rendimientos en alrededor de 30 % mejorando las cualidades organolépticas de los frutos.

5.17 Clasificación de nutrientes.

Los elementos nutritivos más importantes para el crecimiento de las plantas se clasifican, según su concentración en: macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) Kyrby y Rómbeld (2011). En el caso del aguacate, los macronutrientes más importantes son el nitrógeno (N) y el potasio (K). Como nutrimentos secundarios el calcio (Ca) y magnesio (Mg) son los más limitantes. En suelo con contenido medio o alto de fósforo (P) sin problemas de pH u otros factores que puede disminuir la disponibilidad de P para la planta sólo se recomienda la aplicación de dosis de P que el cultivo extrae, es por ello la importancia del análisis del suelo y tejido vegetal (Tapia, 2012).

5.18 Función de nutrientes en aguacate.

El nitrógeno es un componente clave de enzimas, vitaminas, clorofila y otros constituyentes de las células, todos ellos esenciales para crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, este





macronutriente es uno de los más importantes para poder obtener una alta producción de aguacates. Una óptima respuesta a N varía de acuerdo con la edad del árbol; es necesario tener un programa anual de fertilización nitrogenada para asegurar productividad a largo plazo para reposición de nitrógeno que se remueve con la cosecha de los frutos. La cantidad de N se divide normalmente en 3 a 5 aplicaciones iguales durante la temporada de crecimiento de los aguacates y durante periodos de crecimiento activo de raíces, flores, y frutos. Las deficiencias de nitrógeno son raramente encontradas como el N se aplica en cantidades adecuadas en las mayoría de las huertas de aguacate. Las carencias aparecen cuando el contenido de N en las hojas cae por debajo de 2 % de la materia seca. Toda la hoja (incluyendo la superficie intervenal) toma un color verde-pálido a amarillo y luego caerá del árbol. En casos de deficiencia severa, el crecimiento es disparejo y atrofiado.

El fósforo en las plantas permanece como ion fosfato ya sea en forma libre o como compuesto orgánico, principalmente como éster fosfórico con grupos hidroxilo, o formando enlaces anhídridos ricos en energía (ATP y ADP). Estas características lo hacen indispensable para los procesos de respiración y en todo el metabolismo energético. La formación de ARN y ADN dependen del fósforo. Participa en la fotosíntesis, glicólisis, síntesis de proteínas y ácidos grasos. Las hojas carentes de P representan una coloración bronceada y son más pequeñas que lo normal; sin embargo, las hojas más viejas presentan necrosis en los márgenes y las puntas. Las ramas se vuelven débiles, la floración se reduce y el fruto tiene aspecto esponjoso y blando antes de madurar. La deficiencia de fósforo es raramente observada en árboles maduros, pero cuando se presenta, puede causar daños en la floración, algo que perjudica la producción y da frutos más pequeños con disminución en el rendimiento.





El potasio es un elemento fundamental en el cultivo de aguacate, la planta absorbe grandes cantidades de este macroelemento. Es un osmorregulador al ser requerido para la formación, apertura y cierre de células guarda de los estomas, lo que permite un uso eficiente del agua. El potasio es activador de más de 50 sistemas enzimáticos para la síntesis de proteínas y el metabolismo de carbohidratos. La deficiencia de potasio provoca un mal funcionamiento de los estomas, lo que trae consigo una reducción en la tasa fotosintética y una baja eficiencia en el uso del agua; los síntomas de deficiencia comienzan en hojas viejas y se caracterizan por una clorosis irregular e intervenal, que después torna a un amarillo brillante y posteriormente a un bronceado.

El calcio es uno de los elementos indispensables para mantener la integridad y estabilidad de la pared y membrana celular (Poovaiah, 1988). Por otra parte, se ha encontrado que la deficiencia de este elemento causa algunos desórdenes postcosecha en aguacate (Swarts, 1984). Sin embargo, el calcio es uno de los nutrimentos de baja movilidad en los tejidos vegetales, se hace necesario desarrollar métodos para incrementar su penetración en las hojas y su posterior transporte hacia el fruto, sin que las aspersiones foliares causen daños al follaje (Ginsberg, 1985). Árboles deficientes en calcio se quedan atrofiados por falta de desarrollo radicular, con follaje verde oscuro. Los principales impactos de deficiencia de calcio son sistemas radiculares que se vuelven más susceptibles a enfermedades y frutos más propensos a rajado y colapso de albedo.

5.19 Bacterias aerobias

Las bacterias anaerobias son microorganismos que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en ambientes que no tienen oxígeno.





5.20 Bacterias anaerobias

Las bacterias anaerobias cuentan con un metabolismo que genera su energía a partir de sustancias que carecen de oxígeno, lo hacen generalmente a través de procesos de fermentación, aunque en ocasiones, como en el caso de las que se encuentran en grietas hidrotermales marinas a grandes profundidades, que lo hacen mediante reacciones que emplean compuestos químicos inorgánicos. Estudios estiman que la vida se inició en el planeta hace unos 3800 millones de años; durante los primeros 2000 a 2500 millones de años estuvo poblado exclusivamente por comunidades bacterianas, que a través de su evolución lograron cambiar las condiciones de la tierra, favoreciendo así, la posterior aparición de formas de vida más complejas (Corrales *et al.*, 2015). Además, la diversificación evolutiva de las bacterias condujo a la aparición de las formas de nutrición que hoy existen. La actividad secuencial y acompasada de las bacterias fotosintéticas, heterótrofas, saprofitas y quimiosintéticas permitió y permite que la materia se recicle y pueda seguirse utilizando indefinidamente. El desarrollo de todas estas formas de nutrición tuvo, como consecuencia un hecho trascendental: se cerraron los ciclos biogeoquímicos del planeta, con lo que la vida pudo perpetuarse a expensas de la energía solar.

Muchos consideran a las bacterias como organismos insignificantes y carentes de interés, manejando un discurso referido a ver en ellas un conjunto de agentes infecciosos a los que hay que combatir porque hacen daño. Sin embargo, la comunidad científica ha comenzado a tener una mirada diferente acerca del mundo bacteriano, ya que se conocen los procesos metabólicos que desarrollan y las aplicaciones de estos para el beneficio de la sostenibilidad de la vida y finalmente se comprende que tienen mucho que enseñar, por algo son los habitantes más viejos de la Tierra. El hecho de que hayan sido capaces de sobrevivir a todas las grandes catástrofes planetarias, que han acarreado la extinción masiva de muchas





especies de mayor tamaño y, en apariencia, de mayor capacidad e importancia, hace volver sobre la grandeza y complejidad de estos seres tan pequeños.

La actividad metabólica de los diversos grupos bacterianos da lugar a la formación de distintos microambientes en los que cada grupo va a encontrar los más adecuados a sus necesidades y va a estar protegido de factores ambientales potencialmente tóxicos (altos niveles de oxígeno, alta intensidad de luz, exposición a la radiación ultravioleta, desecación, estrés osmótico entre otros. Estas asociaciones facilitan el intercambio de nutrientes, gases y metabolitos, y reflejan un estilo de vida mutualista y sinérgico, donde el crecimiento, la reproducción y los ciclos biogeoquímicos son llevados a cabo de forma más eficiente que en poblaciones aisladas. La vida en comunidad permite que los desechos, que genera un grupo de bacterias, se conviertan en nutrientes y posibilite condiciones ambientales aptas para el desarrollo de otros grupos bacterianos. Con frecuencia se observa que estas comunidades, que están en todos los espacios naturales, se disponen en láminas estratificadas, en las que las bacterias fotosintéticas, productoras de oxígeno y materia orgánica como las cianobacterias, se sitúan en la parte superior con mayor exposición a la luz solar; debajo de éstas se sitúan las bacterias heterotróficas aerobias, consumidoras de oxígeno y materia orgánica, y las bacterias quimioautotróficas, que necesitan oxígeno para oxidar los compuestos, como el amonio, de donde obtienen la energía necesaria para sintetizar su propia materia orgánica. La actividad de estas bacterias, que consumen oxígeno, origina condiciones anaerobias en las capas más profundas, donde van a residir los distintos grupos de bacterias anaerobias.

5.21 *Pseudomonas*

Los microorganismos pertenecientes al género *Pseudomonas* son un grupo muy diverso de bacterias Gram negativas en forma de varillas, con frecuencia móviles. Las *Pseudomonas*





se encuentran típicamente en las plantas y en el suelo, donde actúan como actores clave en eventos cruciales para el medio ambiente, como el ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno, la biodegradación y la descomposición. Se caracterizan por una gran diversidad metabólica y contienen información genética necesaria para la producción de vías enzimáticas responsables de utilizar una amplia gama de fuentes de carbono, incluidos los compuestos que otros organismos son capaces de degradar.

Además de su capacidad única para degradar una miríada de compuestos orgánicos, las *Pseudomonas* también son bien conocidas por su mayor tolerancia a condiciones ambientales desfavorables al crecimiento de muchas otras bacterias. Estos incluyen ambientes de salinidad moderada tales como agua marina, ambientes que contienen sustancias tóxicas tales como compuestos orgánicos volátiles (VOC) entre otros, e incluso condiciones de privación de nutrientes que son inadecuadas para la viabilidad de muchos microorganismos. La superioridad microbiana en el papel de la Biorremediación se atribuye a su tolerancia a los productos químicos y ambientes desfavorables.

Las *Pseudomonas* son mesófilos que crecen óptimamente bajo condiciones aerobias y de pH neutro. Sin embargo, estos organismos demuestran una actividad metabólica significativa en ambientes ligeramente ácidos y alcalinos y crecerán, aunque con menor rapidez, a temperaturas inferiores a 20 °C. Además de respirar aeróbicamente, muchas de ellas son capaces de utilizar un aceptor de electrones terminal alternativo tal como nitrato en ausencia de oxígeno. Su flexibilidad para adaptarse a diferentes rangos de condiciones físicas y químicas confirma aún más a este grupo de microorganismos como actores principales de la biodegradación y la Biorremediación.





Pseudomona putida y *Peudomona fluorescens* son dos tipo de clases que presentan muchas de las características descritas anteriormente. Estas especies bacterianas se consideran no patógenas y generalmente se reconocen como seguras en contraste con *Pseudomona aeruginosa*, un patógeno humano oportunista.

Putida: es una bacteria del suelo saprofítica omnipresente con un metabolismo extremadamente versátil. Algunas cepas contienen plásmidos extra-cromosómicos que contienen la información genética necesaria para degradar contaminantes ambientales tales como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), naftaleno y compuestos derivados, además de otros hidrocarburos.

Fluorescens: es también un habitante común del suelo y del agua que contiene información genética cromosómica para la degradación de una variedad de hidrocarburos y carbohidratos. Algunas cepas de *P. fluorescens* codifican enzimas de lipasa altamente activas que escinden ácidos grasos de la cadena principal de glicerol de los lípidos y posteriormente degradan a los productos finales naturales (CO₂ y agua) a través de la β-oxidación.

5.22 *Azospirillum*

Este género de bacterias fue descubierto por la Dra. Johana Dobereiner y ganó importancia en la década de los 70 por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. En razón de la aptitud de fijar nitrógeno en vida libre, esa bacteria fue denominada *Azospirillum*. Este género presenta una gran distribución geográfica, siendo encontrada en regiones de clima templado y tropical.





Las bacterias del género *Azospirillum* se clasifican como Gram-negativas de vida libre, con formato de bastón y movimiento activo, y poseen de 0.8 a 2 µm de diámetro entre y de 2 a 4 µm de longitud y gránulos intracelulares de poli-hidroxiburitrato. Según algunos autores, estas bacterias son estrictamente aerobias, cuando se les suministran fuentes nitrogenadas o microaerófilas cuando están en un ambiente libre de N₂, es decir, cuando necesitan realizar FBN. Sin embargo, estos autores observaron que para promover un ambiente microaerófilo las bacterias en medio semisólido producen una película delgada en forma de velo, con concentración de oxígeno esencial para la fijación del nitrógeno y para iniciar su crecimiento.

El *Azospirillum* posee un metabolismo de carbono y nitrógeno flexible que aumenta su capacidad de competir por la colonización de la rizósfera, además de que se les denominan diazótrofos endófitos facultativos por colonizar tanto el interior como la superficie de las raíces. La colonización ocurre principalmente en la zona de elongación y la zona de los pelos radicales. Cuando están presentes en la rizósfera, estas colonizan tanto la capa de mucigel alrededor de las raíces (colonización externa) como los espacios intercelulares de las raíces (colonización interna).

Esa bacteria se desarrolla bien en temperatura óptima entre 28 y 41°C y es altamente competitiva mientras que coloniza la rizósfera, haciendo el uso de diferentes fuentes de nitrógeno como amoníaco, nitrito, nitrato, nitrógeno molecular y aminoácidos, y fuentes de carbono como ácidos orgánicos (malato, piruvato, succinato y fructosa), para el mantenimiento de su metabolismo.





5.23 Fijadoras de nitrógeno

Entre los seres vivos, los únicos capaces de llevar a cabo la fijación de N son organismos procariontes. Estos organismos fijadores de N o diazotrofos llevan a cabo este proceso gracias al complejo enzimático nitrogenasa que se encuentra exclusivamente en organismos procariontes. Este complejo enzimático es muy sensible al oxígeno. Sin embargo, muchos de estos organismos presentan adaptaciones que les permiten fijar N en condiciones muy diversas. En primer lugar se debe distinguir entre organismos capaces de llevar a cabo la fijación de N en vida libre y aquellos que establecen asociaciones simbióticas para llevar a cabo este proceso.

Dentro de los organismos fijadores en vida libre se pueden encontrar bacterias anaerobias estrictas, como *Clostridium*, y facultativas, como *Klebsiella*, pero también aerobias como *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Azospirillum*. Se encuentran también en este grupo, arqueobacterias como *Methanosarcina* y *Methanococcus*, bacterias fotosintéticas como *Rhodospirillum* y *Chromatium* y cianobacterias con (*Oscillatoria* y *Gloeotheca*) y sin heterocistos (*Nostoc* y *Anabaena*) (Aparicio et al., 2008). Entre los organismos fijadores en simbiosis, destacan por su importancia agronómica, los organismos que forman simbiosis con plantas leguminosas. Estos organismos pertenecen al subgrupo de las proteobacterias en el que se incluyen los géneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* y *Sinorhizobium* (recientemente incluido en *Ensifer*) y se denominan genéricamente rizobios. También existen algunas simbiosis fijadoras de nitrógeno entre algunos géneros de plantas no leguminosas y otros organismos procariontes como el actinomiceto *Frankia* y las cianobacterias *Nostoc* y *Anabaena*.





5.24 Solubilizadores de fósforo

La acción de los microorganismos solubilizadores de fosfato es esencial para facilitar la adquisición del nutriente por parte de las plantas; Algunas bacterias solubilizan el fósforo inorgánico a través de la producción de ácidos orgánicos, como ácido glucónico el cual libera fosfatos y cationes al suelo que son fácilmente asimilables. Las principales formas del fósforo orgánico son el fosfato de inositol, los ácidos nucleicos y fosfolípidos, son algunos de los interrogantes que la presente revisión quiere abordar.

Bacillus es el género más representativo del grupo de solubilizadores de fosfato, se encuentra presente en el suelo, agua, vegetales y aire, poseen diversos mecanismos de supervivencia como la formación de esporas centroméricas ante situaciones adversas, hasta encontrar las condiciones favorables para su crecimiento, con una gran capacidad metabólica que conlleva a que su colonización en la rizósfera sea exitosa. Son bacterias Gram positivas pertenecientes a la familia Bacillaceae, tienen forma de bastón y su tamaño varía de 0.5 x 1.2 a 2.5 x 10 µm con terminaciones cuadradas que se disponen en largas cadenas, aerobios o anaerobios facultativos, móviles con flagelos laterales, saprofitos, la mayoría de las especies presentan catalasa positiva, su crecimiento se desarrolla favorablemente en ambientes con pH ácido y básico entre un rango de (5.5 - 8.5) y a diferentes temperaturas (-5 °C hasta 75°C), en agar sangre se observa hemólisis variable, sus características fenotípicas son colonias grandes, con bordes irregulares de color blanco a grisáceo. Entre las especies potencialmente solubilizadoras se encuentran: *Bacillus licheniformes*, *B. pumilus*, *B. subtilis* y *B. brevis*. Algunas bacterias pertenecientes a este género hacen parte de la flora normal de humanos y animales y otras son patógenas causando generalmente intoxicaciones alimentarias. El género *Bacillus sp.* La solubilización de fosfato se da como resultado de la acidificación del espacio periplásmico por los ácidos





producidos de la DO de la glucosa y otros azúcares aldosa reductasa por la glucosa deshidrogenasa. Entre los ácidos que se producen por esta vía se encuentran: ácido acético, láctico, málico, succínico, tartárico, oxálico y ácido cítrico, siendo los más fuertes los ácidos glucónico y 2-cetoglucónico capaces de actuar como quelantes de Ca^{+2} en condiciones apropiadas y acidifican el medio, necesario para la disolución de fosfatos de calcio (Fosfato tricálcico o hidroxiapatita), además de ser importante en el metabolismo intracelular de las bacterias, entre las que se destacan *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas* y *Serratia* (Corrales *et al.*, 2014).

Se conoce que en la revisión documental realizada por Rodríguez en el año 2006 se demuestra la importancia sobre la inserción de genes codificantes para la mineralización del fósforo, mediante ADN recombinante en microorganismos que no poseen esta capacidad, encontrando esta información genética en diferentes bacterias implicadas en el proceso de solubilización de fosfatos y la relación de ésta función con la secreción de ácidos orgánicos, entre las cuales están: *Erwinia herbicola*, *Morganella morganii*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas sp.*, *Enterobacter sp.*, *Serratia marcescens*, *Burkholderia cepacia*. En el estudio realizado se transfirieron plásmidos de estas bacterias a cepas de *E.coli* proporcionándole la actividad solubilizadora, y permitiendo abrir nuevas perspectivas sobre la manipulación de estos genes así como su uso efectivo para aumentar la producción agrícola (Rodríguez *et al.*, 2006). Son algunos de los interrogantes que la presente revisión quiere abordar. Algunos microorganismos, especialmente los asociados con las raíces, tienen la habilidad de incrementar el crecimiento de las plantas y su productividad; estos son reconocidos como PGPM por sus siglas en inglés (Plant growth promoting microorganisms) (Rosas *et al.*, 2006). Los microorganismos solubilizadores de fosfato (MSF) constituyen un grupo importante de PGPM, pues están involucrados en un amplio





rango de procesos que afectan la transformación del fósforo, siendo componentes integrales del ciclo edáfico de este nutriente (Fankem *et al.*, 2006).

En ambientes naturales, la rizósfera de diferentes especies de plantas es afectada por los PGPM, incluidos los MSF; estos últimos microorganismos movilizan fosfato inorgánico insoluble desde la matriz mineral hasta el suelo donde puede ser absorbido por las raíces, y las plantas les suministran compuestos carbonados que son metabolizados para el crecimiento microbiano (Pérez *et al.*, 2007). El papel de los MSF en la solubilización de fosfatos inorgánicos se conoció hacia 1903 (Kucey, 1983) y desde entonces han sido extensivos los estudios. La solubilización natural de fosfatos es un fenotipo natural que exhiben muchos microorganismos del suelo; los MSF se encuentran en todos los suelos y su número varía de uno a otro (De Freitas *et al.*, 1997); en la rizósfera se ha encontrado una concentración más alta y eficaz de MSF en comparación con los encontrados en el suelo no rizosférico (Rodríguez *et al.*, 1999; Paul *et al.*, 1971). En general, parece existir un efecto rizosférico sobre dichos organismos (Gómez *et al.*, 2001), debido a que los exudados radicales y detritus vegetales proporcionan el sustrato energético para que sea posible la actividad microbiológica solubilizadora de fosfato (Valero, 2003). En esta zona de interacción se encuentran cepas aeróbicas y anaeróbicas, con prevalencia de cepas aeróbicas (Rodríguez *et al.*, 1999).

Las bacterias son los microorganismos predominantes que solubilizan fosfato mineral en los suelos si se comparan con los hongos y los actinomicetos (Kucey, 1983; Guang-Can *et al.*, 2008). En el suelo, las bacterias solubilizadoras de fosfato constituyen del 1 % al 50 % y los hongos con dicha actividad de 0,1 % a 0,5 % del total de la población respectiva. En general, las bacterias solubilizadoras superan en número a los hongos de 2 a 150 veces (Banik y Day, 1983; Kucey *et al.*, 1989; Gyaneshwar *et al.*, 2002). Por otra parte, la mayoría





de los microorganismos solubilizadores pueden solubilizar complejos de fosfato de calcio y sólo algunos pueden solubilizar fosfato de aluminio o hierro (Banik y Day, 1983; Gyaneshwar *et al.*, 2002).

Estos microorganismos del suelo están implicados en la liberación de P desde fuentes inorgánicas por medio de la solubilización y desde fuentes orgánicas a través de la mineralización (Fankem *et al.*, 2006).

5.25 Solubilizadores de Potasio

Existe un importante número de microorganismos con capacidad solubilizadora de fósforo, incluyendo bacterias, hongos, actinomicetos e incluso algas (Sharma *et al.*, 2013). Además de *Bacillus* y *Pseudomonas*, se han reportado otras bacterias y hongos que no pierden su capacidad solubilizadora al transferirlos repetidamente de un medio de cultivo a otro (Kucey, 1983). Venkateswarlu *et al.* (1984), determinaron que los hongos solubilizadores de fósforo producen una mayor proporción de ácidos que las bacterias y consecuentemente exhiben una mayor capacidad para solubilizar nutrientes.

5.26 Hongos

Los hongos son componentes importantes de la biota del suelo, su abundancia depende de la profundidad del suelo y de las condiciones nutricionales (Chakraborty *et al.*, 2010). *Trichoderma* es un hongo que se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas y otros tipos de medios. Pertenece a la subdivisión Deuteromicetes, la cual se caracteriza por no poseer, o no presentar un estado sexual determinado. De este microorganismo existen más de 30 especies, todas con efecto benéfico para la agricultura y otras ramas. La especie más utilizada en la agricultura es *T. harzianum*. Otras especies





reportadas como fitobeneficas son: *hamatum*, *lignorum*, *virens*, *viride* y *koningii* (Tellez y Guerrero, 2011).

El hongo *Trichoderma* se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, y se presenta en diferentes zonas y hábitats, especialmente aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos, especialmente aquellos que son atacados por otros hongos. Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, al ser colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales y sustratos confieren a *Trichoderma* la posibilidad de ser utilizada en diferentes climas, suelos y cultivos. *Trichoderma* tiene diversas ventajas como agente de control biológico, pues posee un rápido crecimiento y desarrollo; producen una gran cantidad de enzimas, que se desarrollan con la presencia de hongos fitopatógenos. Además, puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, al facilitar su producción masiva para el uso en la agricultura.

Mecanismos de acción el *Trichoderma* posee varios mecanismos de acción: antibiosis, parasitismo y competencia.

Antibiosis. Significa que el hongo antagonista (*Trichoderma*), destruye o inhibe al patógeno a través de la producción de moléculas tóxicas, volátiles y enzimas hidrolíticas, quienes disuelven o dañan estructuras patogénicas. A mayor cantidad de metabolitos producidos por el hongo, mayor poder antibiótico contra los patógenos Baker y Griffin, (1995).

Competencia. Se da por nutrientes y espacio entre los microorganismos presentes, y cuando *Trichoderma* se reproduce primero, el patógeno muere por inanición.





Parasitismo. *Trichoderma* parasita atacando directamente al micoparásito (patógeno) [Baker 1987].

Control de patógenos con *Trichoderma* Se ha demostrado que la aplicación de biopreparados de *Trichoderma spp.* previene y controla patógenos como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium*, tanto en cultivos extensivos como hortalizas Guerrero y Téllez (2011). importante considerar la interacción entre los diferentes microorganismos, especialmente entre aquellos que benefician a las plantas y pueden mejorar la productividad agrícola, se debe incluir a los hongos formadores de micorrizas arbusculares. La mayoría de las especies de plantas silvestres y cultivadas forman micorrizas, siendo las llamadas micorrizas arbusculares las más comunes y, concretamente, las que forman las plantas de interés agronómico, entre ellas cereales, leguminosas, hortícolas y frutales. Debido a los efectos de las MA, enfocados hacia la biofertilización, fitoestimulación y bioprotección de los cultivos, se acepta que el (manejo apropiado de esta simbiosis puede permitir una reducción significativa de fertilizantes y fungicidas químicos, aspectos claves en una producción sostenible en agricultura, con los consiguientes beneficios ecológicos y económicos Guerrero y Téllez (2011).

Las levaduras del suelo forman parte de la comunidad de microorganismos descomponedores y juegan un papel importante en la agregación del suelo y los ciclos de los nutrientes.

5.27 Actinomicetos

Los actinomicetos representan un grupo ubicuo de microorganismos ampliamente distribuido en ecosistemas naturales y tienen gran importancia en la participación de la degradación de materia orgánica, además de ciertas propiedades fisiológicas que los hacen





particulares (Ghanem *et al.*, 2000). En un principio los actinomicetos se incluyeron entre los hongos porque su morfología y desarrollo presentaban gran similitud, dotados de un micelio verdadero; debido a esto se les denominó "hongos radiados". Sin embargo, hoy en día, y dado su carácter procariótico, se sustenta muy bien su clasificación como bacterias (Koneman, 2001).

Estos microorganismos resultan ser abundantes en suelos, tanto o más que las mixobacterias (Ben-Omar *et al.*, 1997); sin embargo, también se encuentran en ambientes acuáticos, dulces y marinos (Leiva *et al.* 2004). Dentro de sus características particulares presentan un olor típico a suelo húmedo por la producción de un metabolito llamado geosmina, adicionalmente presentan una actividad metabólica alta, producen terpenoides, pigmentos y enzimas extracelulares con las que son capaces de degradar la materia orgánica de origen vegetal y animal (Ezziyani *et al.*, 2004). Como la gran mayoría de bacterias que son abundantes en suelo, presentan un importante papel ecológico en el mismo (Ben *et al.*, 1997; Franco, 2009).

sobre los actinomicetos, bacterias conocidas por desarrollar diversas actividades en el ecosistema, tales como el mejoramiento de la estructura del suelo y producción de compuestos bioactivos con actividad antagonista contra microorganismos patógenos, siendo los principales productores de antibióticos. Particularmente, se han descrito actividades que pueden catalogar a los actinomicetos como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: PGPR (del inglés *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*).

6 MATERIALES Y MÉTODOS





6.1 Establecimiento del proyecto.

Se busco una huerta con las condiciones y características necesarias para establecer el proyecto de investigación, es decir, con una buena superficie, así como las condiciones de suelo apropiadas para el cultivo del aguacate, y sobre todo que el huerto contará con agua disponible.

6.2 Lugar donde se realizó el proyecto.

El proyecto fue realizado en un huerto que se encuentra en la comunidad de la sandia en “Huerta del campo” de 30 años de edad en el municipio de Ario de Rosales, Michoacán. Se localiza en el centro del estado, en las coordenadas 19°15´14” de latitud norte y en los 101° 40’ de longitud oeste, a una altura de 2190 msnm (Figura 1). Limita al norte con salvador Escalante, al Este con Turicato y Tacámbaro, al sur con la Huacana y al Oeste con Nuevo Urecho y Tareatan. Su distancia a la capital del estado es de 107 km.

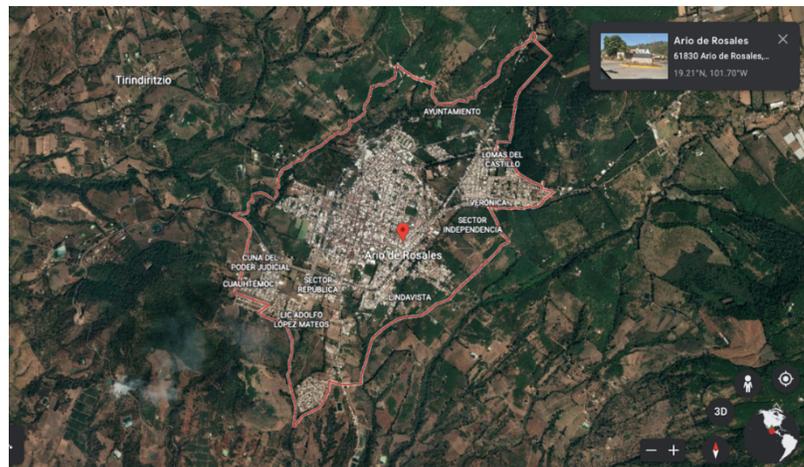




Figura 1. ubicación geográfica del municipio de Ario de Rosales Mich. (Google Earth Pro 2022).

6.3 Material utilizado en el experimento.

- 30 árboles de Aguacate cv Hass, de 30 años de edad.
- Fertilizantes Químicos: 23.6-15.2-00-7.8 + micros + ácidos húmicos y 15.1-4.4-28
- Fertilizantes Orgánicos: Lombricomposta y Organodel
- Brújula, altímetro y lazo.
- Etiquetas con tratamientos y bloques.
- Cinta métrica
- Mezclas químicas compuesta.

6.4 Metodología.

Se realizó un análisis de suelo con la finalidad de observar y conocer la cantidad de nutrientes que aporta el suelo y el pH, por la importancia que tiene para una correcta asimilación de nutrientes por la planta. Posteriormente se realizó la fertilización química, orgánica y biodinámica de aguacate (cv. Hass *Persea Americana* Mill.) en los bloques y tratamientos establecidos, en la localidad de la sandía en Ario de Rosales Michoacán, en agosto del 2019. Se estudiaron las fórmulas químicas compuestas y fertilizantes orgánicos y el fertilizante organodel en dosis de 30 y 60 kg/árbol lombricomposta en dosis de 60 kg por árbol además de analizar el efecto de la luna en diferentes fases; los fertilizantes químicos, 23.6-15.2-07.3 + micros + ácidos húmicos y 15.1-4.4-28 fueron fraccionados en tres aplicaciones; la primera se aplicó en agosto de 2021, la segunda en octubre de 2021 y la tercera en noviembre de 2021 como fuente de fertilizante fueron mencionados anteriormente.





6.5 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental con un arreglo de bloques completamente al azar, con fertilizantes químicos y abonos orgánicos, se estudio 10 tratamientos con 3 repeticiones.

Cuadro 1. Relación de tratamientos evaluados con el efecto de la luna en aguacate cv Hass.

Trat.	Dosis
1	Luna llena 21.9-20.8-00-7.8 + micros + AH
2	Luna llena + 100-120-110
3	Luna llena + Organodel 60 Kg
4	Luna llena + Lombricomposta 60 kg
5	Luna llena sin aplicación
6	Luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + micros +AH
7	Luna nueva + 15-1-4.4-28
8	Luna nueva + Organodel 60 kg
9	Luna nueva + Lombricomposta 60 kg
10	Luna nueva sin aplicación

Bloques	Tratamientos										
I	5	7	10	3	8	1	2	6	9	4	
II	6	9	2	4	5	8	1	3	10	7	
III	2	8	6	4	7	9	1	10	3	5	





Figura 2. Distribución de los tratamientos en campo

6.6 Modelo Matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable dependiente

μ = efecto de la media

α_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} = efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, i$ -ésimo tratamiento

$j = 1, 2, \dots, j$ -ésimo bloque

6.7 Variables evaluadas.

Se determino a través de un análisis de suelo los macro y micronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Azufre, Boro, Zinc, Manganeso y Cobre). La metodología utilizada se describe a continuación.

Perfil microbiológico

Procedimiento:

Primero se recolectaron los datos de cada muestra y se asignó el código interno de identificación, despues se pesó en balanza analítica un volumen conocido de cada una de las muestras, previamente homogeneizadas, y se procedió a realizar diluciones seriadas en tubos de ensaye con solución bufferizante y tween 20 que permiten la conservación y





adecuada suspensión de los microorganismos en cada dilución.

De los tubos diluidos (-5, -4, -3,-2 y -1) se tomaron alícuotas para inocular cajas Petri que contenían medios de cultivo específicos: (se realizaron tres repeticiones por dilución; dextrosa: 20 g L⁻¹; agar: 18 g L⁻¹. Fijadoras de Nitrógeno, Agar Ashby. La composición del medio fue ajustado a un pH: de 5.8: y se utilizó sacarosa 5 g L⁻¹; glucosa: 5 g L⁻¹; KH₂PO₄: 0.2 g L⁻¹; MgSO₄: 0.2 g L⁻¹; NaCl: 0.2 g L⁻¹; CaSO₄: 0.2 g L⁻¹; CaCO₃: 5 g L⁻¹; agar: 15 g L⁻¹. Solubilizadores de Potasio – Agar Pikovskaya Modificado (contiene nitrato de potasio), y se requiere por litro: 0.5 g de extracto de levadura, 10 g de glucosa, 0.5 g de nitrato de potasio, 0.5 g de sulfato de amonio, 0.2 g de cloruro de potasio, 0.1 g de sulfato de magnesio, 0.0001 g de sulfato de manganeso, 0.0001 g de sulfato de hierro, 0.002 g de azul de bromocresol. Estos reactivos se disolvieron en 500 mL de agua destilada, una vez ajustado el pH a 7.2 se agregaron 15 g de agar, se aforó el medio a 1 L. El cambio de coloración en el medio de color azul a amarillo indicó resultado positivo en la solubilización de potasio.

Solubilizadores de zinc - medio Pikovskaya suplementado con óxido de zinc (Komal & Kalavati, 2018; Tagele *et al.*, 2019). Se preparó a partir de 1 g de glucosa, 0.05 g de extracto de levadura, 0.05 g de sulfato de amonio, 0.02 g de cloruro de potasio, 0.01 g de sulfato de magnesio heptahidratado, 0.00001 g de sulfato de manganeso, 0.00001 g de sulfato de hierro, 1.2 g de óxido de zinc y 0.25 g azul de bromotimol (0.025 %). Antes de aforar a un litro se ajustó el pH a 7 y posteriormente el medio fue esterilizado a 120° C y 15 Lb de presión por 15 minutos; el cambio de color en el medio, de azul a amarillo indica resultado positivo.





Oxidadores de azufre - Medio base 2 a un pH de 7.0. K_2HPO_4 2 g L⁻¹, NH_4Cl 0,4 g L⁻¹, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 0,2 g L⁻¹, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,01 g L⁻¹, S azufre elemental 20 g L⁻¹, peptona 2 g L⁻¹, agua destilada 1000 mL (Cho *et al.*, 1992). Cada una de las cajas se homogeneizó posteriormente con perlas de vidrio estériles para un desarrollo uniforme. Los conteos se llevaron a cabo por duplicado para cada una de las diluciones.

Las cajas se dejaron en incubación a 30°C, por 24 a 48 h, para realizar la cuantificación de bacterias; y posterior al conteo, continuaron en incubación hasta cinco días para verificar si había crecimiento de hongos que solubilizaran los nutrientes. En el caso del crecimiento anaerobio se uso la técnica de pack en jarra. Una vez realizado el conteo, se seleccionaron bacterias que mostraron actividad biológica, y se procedió a la purificación en medios selectivos, para verificar el género de cada una de ellas. Para la purificación, se tomó un asa bacteriológica para obtener una muestra de cada colonia bacteriana por separado, y se cultivó por la técnica de estriado en placa en cajas petri con medios selectivos.

Cuadro 2. Perfil microbiano del suelo. Cuantificación de solubilizadores.





	B1	B2	B3
Bacterias aerobias	64 (10-4)	48(10-4)	95 (10-4)
Bacterias anaerobias	129 (10-4)	26(10-4)	75 (10-4)
Pseudomonas	9 (10-3)	33 (10-4)	58(10-4)
Azospirillum	15(10-4)	20(10-4)	33 (10-4)
Fijadoras de nitrógeno	25 (10-4)	85(10-4)	99(10-4)
Solubilizadores de fosforo	13(10-4)	38(10-4)	55(10-4)
Solubilizadores de potasio	9(10-1)	19(10-1)	22(10-1)
Solubilizadores de zinc	22 (10-2)	25(10-2)	38(10-3)
Oxidadores de azufre	6(10-2)	9 (10-1)	10(10-2)
Hongos	60 (10-2)	50(10-2)	75(10-2)
Levaduras	31(10-1)	51(10-1)	29 (10-1)
Actinomicetos	nd	nd	6 (10-1)

Para la conversión se usó la formula: $ufc = \frac{\text{número de colonias} \times \text{número de dilución}}{1 \text{ ml}}$

6.8 Muestreo y preparación de suelo

Las determinaciones de suelo se realizaron bajo los procedimientos recomendados en el Diario Oficial de la Federación (octubre, 2000). Para hacer el muestreo de suelo, se realizó con base a los parámetros que marca la norma, por lo que en frutales se recomienda hacer un muestreo a intervalos de 30 cm, de preferencia en la zona de goteo donde hay más densidad de raíces, ocurre la máxima actividad radical; los muestreos se realizaron en mayo del 2017, para posteriormente hacer los procedimientos de las propiedades físicas, químicas y metagenómicas del suelo, las muestras se tomaron en los 30 árboles por sitio.





Una vez extraídas las muestras del huerto, se aplicó el método de preparación del suelo con la finalidad de almacenarlo para su análisis; en el laboratorio del Colegio de Postgraduados se procedió al registro de los tratamientos para facilitar la identificación de los datos de cada uno de ellos, posteriormente fueron sometidas al secado, molienda, tamizado, homogeneizado y almacenado en bolsas de poli papel para su conservación; con el propósito de evitar contaminación de las muestras de suelo y asegurar una mayor precisión y exactitud en el resultado del análisis, se realizó esta operación en un lugar apropiado, techado y limpio, antes de empezar a procesar la muestras en laboratorio de génesis de suelo (Chávez, 2018).

6.9 Nitrógeno total de suelo

Método para la determinación de nitrógeno total del suelo, se llevó acabo con el procedimiento micro-Kjeldahl. Su referencia como índice de las reservas orgánicas, en la estratificación de sistemas productivos y en los balances en el suelo, este procedimiento ha mostrado una alta correlación con la respuesta de la planta en estudios de correlación de métodos químicos. Esta determinación es la propuesta por Bremner y Keene (1996); también en la norma lo plasma y consiste en la extracción del amonio intercambiable por equilibrio de las muestras del suelo con KCl 2N, este este procedimiento involucra dos pasos: (a) digestión de la muestra para convertir el nitrógeno, y (b) la determinación del digestado y posteriormente por la destilación por arrastre de vapor en presencia de MgO, seguida de la adición de ácido sulfámico para finalmente hacer leídas por la titulación que permite ver la determinación de nitratos y nitritos (Chávez, 2018).

6.10 Fósforo





Se llevó a cabo con el método de Olsen para la determinación del fósforo disponible en el suelo, es decir, aquel susceptible de ser absorbido por la planta. Se utiliza como método predilecto en suelos calcáreos, particularmente aquellos con menos más del 2% de CaCO_3 carbonato de calcio, pero se ha demostrado en algunas investigaciones ser razonablemente eficaz para suelos ácidos. Este método se basa en el uso de una solución NaHCO_3 , 0.5 M, para disminuir las concentraciones de solución Ca_2^+ soluble por precipitación del CaCO_3 , por lo tanto, la solubilidad del P, las cargas superficiales negativas mayores y/o la disminución del número de sitios de absorción en las superficies en donde el pH mientras más elevado se mejora la desorción de P disponible en la solución (Chávez, 2018).

6.11 Azufre

Es un elemento esencial para las plantas, sin el cual no se pueden sintetizarse ciertos aminoácidos. Su necesidad es mayor en suelos lavados, la Interpretación de la cantidad de azufre disponible en el suelo para la planta es complicada debido a que existen otras fuentes, además del suelo, que pueden proporcionar azufre a la planta. Está determinación fue extraída por la técnica de saturación de pasta y fue leída por el método espectrofotometría de emisión de plasma de inducción acoplada (AES-ICP, modelo Liberty II Secuencial).

6.12 Boro

Para la determinación de Boro se trabajó por el método de extracción con agua caliente de Berger y Truog (1939). El método está basado en la adaptación de Mahier *et al.*, (1984). Está adaptación del método de Berger y Truog hace que no haya pérdida de agua de la muestra y que la fuente de calor sea más uniforme para su extracción y fuera leída por el método espectrofotometría de emisión de plasma de inducción acoplada (AES-ICP, modelo Liberty II Secuencial).





6.13 Contenido de Zn, Mn, Cu y Fe

Para la solución extractora simultánea para disolver o extraer la forma química de los metales presentes en el suelo, para esta determinación de micronutrientes y metales contaminantes en el suelo, y en este caso particular en los elementos como cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe) y zinc (Zn), se utilizó la sustancia DTPA y EDTA, que son soluciones muy complejas y tienen como finalidad de recuperar elementos metálicos que se encuentran en la forma intercambiable, está ligado a la materia orgánica, para el desarrollo de la lectura de las 30 muestras a través de la metodología de ICP en suelos (Benton, 1991).





7 RESULTADOS

7.1 Nitrógeno

La variable N, no se encontró diferencia estadística (Cuadro 1A); sin embargo, el tratamiento que mejor promedio obtuvo fue el 10 (Cuadro 2), con la fórmula luna nueva sin aplicacion quien presentó la mayor concentración de Nitrogeno (N), con un promedio de 0.103 % N, mientras que el tratamiento 6 con 0.020 N y el tratamiento 5 con un porcentaje de 0.040 % N, fueron los que menor efecto obtuvieron con el porcentaje de N muy por debajo de lo requerido de 600 – 700 ppm con base a los requerimientos para N en el suelo para cultivo de aguacate (Tapia, 2012).

El nitrógeno (N) aportado por estos fertilizantes, es el principal elemento mineral absorbido por las plantas e interviene en procesos fisiológicos esenciales para su crecimiento y desarrollo. Algunas plantas pueden utilizar el nitrógeno atmosférico, a través de su asociación con microorganismos procariotes o diazotróficos, pero la mayoría de los cultivos depende del suministro externo de N vía mineralización de la materia orgánica y adición de fertilizantes, para completar su ciclo de crecimiento (Cárdenas *et al.*, 2004).

7.2 Fósforo

Para Fósforo (P), estadísticamente no se encontró diferencia significativa (Cuadro 2A). Sin embargo, el tratamiento más sobresaliente es el 7 (Cuadro 2), luna nueva + 15-4.4-28 con un contenido de 760.62 ppm de P los cual nos muestra que esta dentro del rango deseado para el cultivo del aguacate propuesto por (Tapia, 2012). mientras que el tratamiento con menor resultado es el tratamiento 6 luna nueva + 23.6-15.2-007.3+ micros + AH al registrar 60.27 ppm de P en el suelo.





La cantidad total de fósforo en la capa arable varia ampliamente, dependiendo sobre todo del tipo de roca madre; generalmente es más alto en suelos calcáreos y bajo en suelos altamente intemperizados provenientes de rocas ácidas. Las cantidades van de 0.01 a 0.15 % (200 a 3000 Kg ha⁻¹, con un promedio de cerca de 0.06 % (1.200 Kg ha⁻¹), (Corey, 1968).

El fósforo juega un papel fundamental en la vida de las plantas; es constituyente de ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos, fitina y además es indispensable en procesos donde hay transformaciones de energía lo que induce a un trastorno fisiológico en la planta cuando hay deficiencias de este macronutriente (https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29022/26415_12872.pdf?sequence=1).

7.3 Potasio

Para la variable contenido de K en el suelo, no se encontró diferencia estadística (Cuadro 3A); no obstante, el tratamiento que mejor promedio obtuvo fue el 2 (Cuadro 2), con la fórmula luna llena + 100-120-110 quien presentó el mayor número de Potasio (K), con un promedio de 1.873 (meq/100 g) de K, mientras que el tratamiento 4 con 0.0816 (meq/100 g) K y el tratamiento 5 con un total de 0.993 (meq/100 g) K, fueron los que menor efecto obtuvieron con el porcentaje de K muy por abajo al que necesitamos en nuestro suelo 2500-3000 para el cultivo de aguacate (Cuadro 13) (Tapia, 2012).

Una deficiencia de este macro nutrimento en la planta puede afectar en la fisiología de la planta considerando que es un elemento activador de enzimas por excelencia, requerido por más de 50 de ellas para aumentar la celeridad de reacción, a la vez que interviene en la síntesis de proteínas, en la fotosíntesis y en el cierre y apertura de estomas (Salisbury y Ross, 1992).





El contenido de K en la litosfera es del orden del 1.58 %, pero existen variaciones según la clase de rocas presentes. En los suelos, el contenido de K está estrechamente relacionado con el tipo de material parental y la pedogénesis (Mengel y Rahmatullah, 1994). Varias investigaciones confirmaron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de K que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de K en el suelo (Sardi y Debreczeni, 1992; Buhman, 1993).

7.4 Calcio

Calcio (Ca), estadísticamente no se encontró diferencia significativa (Cuadro 4A). Sin embargo, el Tratamiento 10 fue el más sobresaliente (Cuadro 2), en luna nueva sin aplicación, con un resultado de 18.997 me/100 g de Ca, mientras que el tratamiento con menor contenido de este macronutriente fue el 6 luna Nueva + 23.6-15.2-007.3+ micros + AH con 7.790 (me/100 g) de Ca. En este sentido, el Calcio (Ca) es fundamental para la permeabilidad de la membrana y la absorción de elementos nutritivos; forma parte de la estructura de las paredes y membranas de las células, se le considera responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas en la forma de pectato de calcio (Sanchez, 2017).

7.5 Magnesio

En el experimento analizado, magnesio (Mg), no mostró diferencias estadísticas (Cuadro 5A), pero fue evidente que el tratamiento más sobresaliente fue el tratamiento 10 (Cuadro 2), al registrar hasta 8.520 me/100 g de Mg, por otra parte, el resultado de menor relevancia fue en el tratamiento 5 luna llena sin aplicación con un resultado de 5.760 de (me/100 g) de Mg. Es importante resaltar que este macronutriente, es el átomo central de la molécula de clorofila, es el responsable del color verde de los tejidos vegetales, interviene en la síntesis





y formación de proteínas ya que, por ejemplo, los carotenos y xantofilas de las plantas necesitan magnesio para cumplir determinados metabolismos básicos de la planta, reduce la transferencia de carbohidratos de las hojas y tallos de la raíz (Álvaro, 2020).

7.6 Azufre

En el contenido de S en el suelo, no registró diferencia estadística entre los tratamientos evaluados (Cuadro 6A); sin embargo, el tratamiento que mejor promedio obtuvo fue el 4 (Cuadro 2), el de fórmula luna llena + Lombricomposta 60 k quien presentó el mayor número de Azufre (S), con un promedio de 25.364 ppm de S, mientras que el tratamiento 1 se obtuvo únicamente 7.528 ppm de S seguido del tratamiento 5 con un total de 8.322 ppm de S, fueron los que menor efecto obtuvieron con el porcentaje de S.

7.7 Boro

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para boro (B) (Cuadro 8A). Sin embargo, el tratamiento que más sobresale fue el 10 (Cuadro 2), en luna nueva sin aplicación con un contenido de este micronutriente de 21.888 ppm de B, mientras que el tratamiento con menor resultado fue el tratamiento 6 luna nueva + 23.6-15.2-007.3+ micros + AH al obtener 6.267 ppm de B.

7.8 Zinc

Para la variable Zn, no se encontró diferencia significativas al hacer la comparación de medias por tukey $\alpha = 0.05$ (Cuadro 9A); sin embargo, el tratamiento con mayor contenido de este micronutriente se registró en el 7 (Cuadro 2), el de la fórmula luna nueva + 15-14.4-28 quien presentó el mayor contenido de Zinc (Zn), con 0.596 ppm, mientras que el tratamiento 1 (Cuadro 2) con luna llena 21.9-20.8-00-7.8+ micros + AH se obtuvo un total de 0.118 ppm de Zn, fue el que menor efecto presentó entre los tratamientos evaluados lo





que representa un nivel en el suelo de Zn muy bajo de acuerdo con La deficiencia de zinc en aguacate puede remediarse con el suministro al suelo de ZnSO₄, aunque esto es eficaz sólo aportando grandes cantidades. Según Calabrese (1992), en árboles adultos no debe emplearse menos de 2 kg de ZnSO₄, pero si se utilizan quelatos sería suficiente con 500 g·año⁻¹, o incluso cada dos años (Calabrese, 1992).

7.9 Manganeso

La variable Mn, no se encontró diferencia estadística en el (Cuadro 7A); sin embargo, el tratamiento que mejor promedio obtuvo fue el 8 (Cuadro 2), con la fórmula luna nueva + Organodel 60 kg quien presentó el mayor número de Manganeso (Mn), con un promedio de 15.872 ppm de Mn. El magnesio se encuentra clasificado como un Micronutriente en relacion en el suelo. El calcio se encuentra en concentraciones en hojas con un alto rango > 0.80 % de Magnesio (Tapia, 2012). mientras que el tratamiento 6 (Cuadro 2) con luna nueva 23.6-15.2-00-7.3 + micros + AH registró un porcentaje de 1.831 Mn, fue el que menor efecto obtuvo con un porcentaje de Mn por lo que se clasifica como muy bajo. El magnesio tiene movilidad en las plantas, así que los síntomas de su deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas ya que se tornan amarillas con venas verdes.

7.10 Cobre

Para el Cobre (Cu), de acuerdo con la comparación de medias por tukey a $\alpha = 0.05$ de significancia no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 10A); pero el tratamiento con mayor contenido de este micronutriente se obtuvo en el 10 (Cuadro 2), el de fórmula luna nueva sin aplicación, con un promedio de 21.200 ppm de Cu, mientras que el tratamiento 6 (Cuadro 2) con luna nueva 23.6-15.2-00-7.3+ micros + AH registró un total de 4.136 ppm Cu. En cuanto al rango deseado de Cu en el suelo para el cultivo de aguacate no se encuentra en la literatura pero de igual forma es sumamente importante El cobre





ayuda a formar lignina en las paredes celulares, que proporcionan soporte para mantener las plantas en posición vertical. Es particularmente importante para la formación de polen viable, la formación de semillas y la resistencia al estrés (Intagri, 2011).

7.11 hierro

El Hierro (Fe), no demostró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 11A). Sin embargo, se observa que el tratamiento con mayor relevancia es el tratamiento 7 (Cuadro 2), al registrar 26.823 (ppm) de Fe, por otra parte, el resultado de menor relevancia es el tratamiento 1 luna llena 21.9-20.8-00-7.8 + Micros + AH con un resultado de 20.059 de ppm de Fe. De acuerdo con los requerimientos establecidos para el cultivo de aguacate según tapia (2012) señala que de 50 a 200 ppm de Fe es el rango óptimo en el que debe de encontrarse para que este disponible en el cultivo (Tapia, 2012).

7.12 Sodio

No obstante que para la variable sodio (Na), no se encontró diferencia estadística en el (Cuadro 12A); se observó, que el tratamiento con mayor contenido de este micronutriente fue en el 8 (Cuadro 2), con la fórmula luna nueva Organodel 60 kg con un promedio de 0.246 (meq/100 g) de Na, mientras que el tratamiento 6 (Cuadro 2) con luna nueva 23.6-15.2-00-7.3+ micros + AH con un total de 0.113 meq/100 g. En este contexto, en la actualidad se carece de informacion relacionados con los requerimientos de sodio en la planta. Sin embargo se sabe que no se encuentra en estado elemental debido a que reacciona rápidamente con los no metales. Es un nutriente que aunque no cumple funciones de relativa importancia en las plantas, es necesario para un correcto desarrollo y crecimiento de éstas; puede ser utilizado por las plantas en pequeñas cantidades, al igual que los micronutrientes, como auxiliar para el metabolismo y la síntesis de la clorofila. En algunas plantas, se puede utilizar como un sustituto parcial de potasio y, además, es útil en la





apertura y el cierre de estomas, lo que ayuda a regular el equilibrio interno de agua pero, en pequeñas cantidades ya que su exceso provoca grandes problemas (Álvaro, 2020).

La luna nueva influye directamente en el flujo de la savia, el flujo desciende de la parte aérea al sistema radicular de los árboles de aguacate, como se sabe, la savia es la encargada del transporte de microelementos y macroelementos a las hojas para que pueda realizar la fotosíntesis y así llevar el alimento a todas las partes de la planta es por eso que los tratamientos con luna nueva fueron asimilados rápidamente ya que la savia asimiló y transportó las dosis aplicadas de fertilizantes químicos y orgánicos. Para la luna llena el flujo de la savia asciende y se encuentra en la parte superior (tallo, Ramas, Hojas y Frutos) mostrando resultados mas lentos pero aun asi notorios y ecenciales para frutales (Elorza, 2016).

Cuadro 3. Efecto de la luna y los tratamientos evaluados en el contenido de macronutrimientos en el suelo.

Tratamiento	N (%)	P (ppm)	K (me/100 g)	Ca (me/100 g)	Mg (me/100 g)	S (ppm)
1. Luna llena 21.9-20.8-00-7.8 + micros + AH	0.043 A	259.033 A	1.567 A	12.136 A	8.230 A	7.528 A
2. Luna llena + 100-120-110	0.070 A	604.227 A	1.873 A^Z	7.973 A	5.823 A	13.744 A
3. Luna llena + Organodel 60Kg	0.047 A	186.106 A	1.343 A	11.720 A	8.370 A	9.014 A





4. Luna llena + Lombricomposta 60kg	0.053 A	190.900 A	0.816 A	9.083 A	7.093 A	25.364 A^z
5. Luna llena sin aplicación	0.040 A	456.260 A	0.993 A	10.676 A	5.760 A	8.322 A
6. Luna Nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + micros +AH	0.020 A	60.276 A	1.093 A	7.790 A	7.887 A	11.915 A
7. Luna Nueva + 15-1-4.4-28	0.040 A	760.626 A^z	1.573 A	8.850 A	8.260 A	15.193 A
8. Luna Nueva + Organodel 60kg	0.036 A	551.033 A	1.136 A	10.296 A	8.440 A	13.541 A
9. Luna Nueva + Lombricomposta 60kg	0.053 A	202.493 A	1.400 A	10.073 A	8.233 A	13.958 A
10. Luna Nueva sin aplicación	0.103 A^z	527.996 A	1.473 A	18.997 A^z	8.520 A^z	24.264 A
DSH ₀₁	0.0537	1074.1961	1.7993	17.6130	8.8440	26.4312

Los minerales que la planta requiere en mayor cantidad para el crecimiento de las plantas son los macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio); mientras que los macronutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes u oligoelementos (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno), la planta los requiere en menor cantidad además de que generalmente están presentes en el suelo en inferiores a 0.05% en peso





seco, no obstante, a pesar de estar en bajas concentraciones, los micronutrientes poseen la misma importancia que los macronutrientes en la nutrición vegetal y las plantas los requiere para sus procesos y funciones fisiológicas en cantidades pequeñas. Con base a lo anterior el buen crecimiento y desarrollo del cultivo del aguacate, dependerá de la contenido nutricional que aporta el suelo. Sin embargo, se deben de considerar otros factores como el clima local, la estructura física del suelo, la existencia de cultivos previos y presentes, actividad microbiológica, entre otros. En este contexto, después de una evaluación técnica y económica, es posible elegir la dosis adecuada de fertilizante a añadir (Infoagro, 2017).

Cuadro 4. Efecto de la luna y los tratamientos evaluados en el contenido de micronutrientes en el suelo.

Tratamiento	B (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Na (meq/100g)
1. Luna llena 21.9-20.8-00-7.8 + micros + AH	11.284 A	0.118 A	5.016 A	11.029 A	20.059 A	0.193 A
2. Luna llena + 100-120-110	10.152 A	0.353 A	10.956 A	8.476 A	20.621 A	0.170 A
3. Luna llena + Organodel 60Kg	16.635 A	0.176 A	5.705 A	13.597 A	25.888 A	0.210 A
4. Luna llena + Lombricomposta 60kg	13.070 A	0.175 A	5.824 A	14.592 A	21.516 A	0.126 A





5. Luna llena sin aplicación	13.050 A	0.198 A	8.577 A	10.346 A	21.205 A	0.123 A
6. Luna Nueva + 23.6-15.2-00-7.3 micros +AH	6.267 A	0.240 A	1.831 A	4.136	18.452 A	0.113 A
7. Luna Nueva + 15-1-4.4-28	17.699 A	0.596 AZ	8.615A	14.031 A	26.823 AZ	0.120 A
8. Luna Nueva + Organodel 60kg	16.511 A	0.385 A	15.872 AZ	14.833 A	22.980 A	0.246 AZ
9. Luna Nueva + Lombricomposta 60kg	9.955 A	0.217 A	4.775 A	10.402 A	20.772 A	0.143 A
10. Luna Nueva sin aplicación	21.888 AZ	0.335 A	5.918 A	21.200 AZ	24.493 A	0.210 A
DSH ₀₂	26.4312	0.9082	18.2820	15.8561	14.3670	0.2272

Los micronutrientes son los elementos que se requieren en menores cantidades por los cultivos, pero esto no significa que son menos importantes que el resto de los elementos; llevan a cabo funciones trascendentales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas de aguacate, y cualquier deficiencia, sin duda ocasiona un decremento en la productividad del cultivo (Rodríguez, 2014).

7.13 Perfil microbiano del suelo

Interpretación:





Los resultados obtenidos de las colonias microbianas de los analisis indican niveles muy bajos al del los rangos establecidos para el cultivo de aguacate (Chavez, 2020), debido a que algunos grupos no presentaron gran relevancia con respecto a los niveles deseados para este cultivo.

Los resultados que se presentan a continuación.

Se expresan los promedios (3rp) de las placas mas representativas en el conteo, entre paréntesis se indica el número de dilución .

En este sentido, las bacterias aerobias arrojaron un número bajo para el rango que se deseaba llegar de 1'000,000 – 100'000,000 UFC/g. (Chavez, Angel 2020). no obstante se logró registrar hasta 95 colonias (Cuadro 4), en el bloque tres con el tratamiento 6 que consistió en evaluar luna nueva 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + AH; por otra parte el tratamiento con menor número de colonias fue de 48 (Cuadro 4) en el bloque 2 con el tratamiento 8 y con la fórmula luna nueva Organodel 60 kg. Estos resultados se relacionan con la presencia del oxígeno en los suelos, para la producción agrícola, no porque sea útil en la nutrición de las plantas, sino porque es necesaria su presencia al ocupar los espacios porosos para favorecer el desarrollo del sistema radicular. Por esta razon es sumamente importante implementar acciones que promuevan la formación de nuevos espacios porosos, para permitir el desarrollo de las raíces, la retención de agua y nutrientes y mejorar por ende, el rendimiento en los árboles de aguacate.

Respecto a la relación de bacterias como bien se sabe, tienen un papel importante para las plantas, ya que al asociarse con ellas les permiten, por una parte, aumentar su crecimiento y desarrollo y, por otra, las protegen contra otros organismos del suelo que causan enfermedades. Pero en esta ocasión, muestra que el suelo se encuentra colonizado en su mayoría por bacterias anaerobias con respecto a las aerobias causando asi el desarrollo de posibles microorganismos patogenos y limitaciones radiculares.





Las *Pseudomonas* de igual manera no estan dentro del rango deseable de 100,000 – 10'000,000 UFC/g. (Chaves, Angel 2020), en los tres bloques se observa grandes diferencias, respecto al bloque 1 con el tratamiento 7 y bloque 3 con el tratamiento 6, obteniendo los siguientes resultados en el bloque 3 con el tratamiento 6 y fórmula luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + obtuAH se cuantificó 53 colonias de *Pseudomonas* (Cuadro 4), el bloque 1 con el tratamiento 7 y la fórmula luna nueva 15-1-4.4-28 se obtubo la colonia mas baja con un total de 9 colonias de *Pseudomonas*.

Para las bacterias promotoras del crecimiento vegetal *Azospirillum* igualmente se obtuvieron resultados bajos a los esperados y con resultados muy similares respecto a los tres bloques con una diferencia minima entre cada uno de ellos siendo el mas alto el bloque 3 con el tratamiento 6 y la fórmula luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + Micros + AH, con 33 colonias y el bloque 1 con el tratamiento 7 con la fórmula luna nueva 15-1-4.4-28, se cuantificó unicamente 15 colonias.

En la mayor parte de microorganismos se observó mayor relevancia en el bloque 3 (Cuadro 4) con el tratamiento 6 y menor relevancia en el bloque 1 (Cuadro 4), con el tratamiento 7.

Los microorganismos solubilizadores de nutrientes no se desarrollaron dentro del rango deseado ya que se encontraron un poco bajos las colonias 1,000 – 1'000,000 UFC/g.(Chavez, Angel 2020). siendo más numerosos los solubilizadores de fósforo, de igual manera con mayor relevancia para el bloque 3 (Cuadro 4) y de menor relevancia para el bloque 1, seguidos de los solubilizadores de zinc siendo mayor relevancia para el bloque 3 y mucho menor para el bloque 1, para los oxidadores de azufre en los tres bloques los resultados arrojados son sumamente bajos con respecto a los rangos deseados los cuales





son 1,000 – 1'000,000 UFC/g.(Chávez, 2018). y a la par para los tres bloques siendo ligeramente superior el bloque 3 T6 e inferior el bloque 1, T7.

Resultados que se atribuyen a los excesos de cal aplicados y al mal manejo nutricional y cultural que se ha llevado a cabo en los años anteriores, cantidades sin medida de pesticidas y de fertilizantes muy altos en sales. Con base a lo anterior es importante aplicar compostas así como estimular la flora microbiana con fertilizantes inoculados para recuperar esa vida microbiana que se ha ido perdiendo a través de los años.

En cuanto a los hongos se evidenció un poco homogénea la cantidad para los rangos esperados en la huerta de aguacate ya que el rango para hongos es de 10,000 – 1'000,000 UFC/g. en los tres bloques analizados para el bloque 1 tratamiento 7 con 60 y para el bloque 3 tratamiento 6 se obtuvo 75, siendo más alta significativamente. Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición que mineralizan y reciclan los nutrientes de los árboles de aguacate; en el suelo, los hongos interactúan con una compleja comunidad microbiana que incluye: bacterias, actinomicetos (actinobacterias) y pequeños invertebrados. Respecto a la relación entre hongos y bacterias es muy baja ya que en los bloques B2 y B3 las cantidades son de 50 y 75 por debajo del rango el cual es 10,000 – 1'000,000 UFC/g y en bacterias de igual manera el B" con 48 (10⁻⁴) esto se debe a que nuestro suelo ha sido muy trabajado y explotado por diferentes factores y al no incorporar fertilizantes ricos en materia orgánica o ricos en microorganismos tenemos como resultado limitaciones en las relaciones hongos bacterias para los tres bloques aun así destacando el B3T6 y siendo inferior el B1T7, resultados que se infieren a que el tratamiento 6 del bloque 3 se trabajó un tratamiento más complejo con luna nueva + 23.6-15.2-00-7.3 + micros +AH enriqueciéndolo con micros y ácidos húmicos; los ácidos húmicos estimulan biológicamente la planta y las actividades de los microorganismos; estimula las enzimas vegetales y aumenta su producción; actúa como catalizador orgánico en muchos procesos





biológicos; estimulan el crecimiento y la proliferación de microorganismos deseables en el suelo (Humintech 2008). En relación a los actinomicetos, el resultado muestran la ausencia de estos microorganismos en la huerta de aguacate. En este tenor, la ausencia de los microorganismos se atribuye al uso excesivo de fertilizantes o el mal manejo de estos, lo que ocasionó limitaciones para el desarrollo de microorganismos benéficos en la huerta.

Cuadro 5. Perfil microbiano del suelo. Cuantificación de solubilizadores.

	B1	B2	B3
Bacterias aerobias	64 (10-4)	48(10-4)	95 (10-4)
Bacterias anaerobias	129 (10-4)	26(10-4)	75 (10-4)
Pseudomonas	9 (10-3)	33 (10-4)	58(10-4)
Azospirillum	15(10-4)	20(10-4)	33 (10-4)
Fijadoras de nitrógeno	25 (10-4)	85(10-4)	99(10-4)
Solubilizadores de fosforo	13(10-4)	38(10-4)	55(10-4)
Solubilizadores de potasio	9(10-1)	19(10-1)	22(10-1)
Solubilizadores de zinc	22 (10-2)	25(10-2)	38(10-3)
Oxidadores de azufre	6(10-2)	9 (10-1)	10(10-2)
Hongos	60 (10-2)	50(10-2)	75(10-2)
Levaduras	31(10-1)	51(10-1)	29 (10-1)
Actinomicetos	nd	nd	6 (10-1)

Para la conversión se usó la formula:

$$ufc = \frac{\text{número de colonias} \times \text{número de dilución}}{1 \text{ ml}}$$





8 CONCLUSIONES

Los tratamiento que mejor resultado mostraron en cuanto a macronutrientes fueron los de las fórmulas químicas. Sin embargo, no es absoluto que no se mejoren las características con la aplicación continua de abonos organicos. De igual manera para el caso de los micronutrientes disminuyeron mas los fertilizantes organicos respecto a los quimicos mostrando que en combinacion se puede generar buenos resultados y efectividad nutrimental, ya que en el análisis del perfil muestra esa gran carencia de microorganismos que benefician y que son sumamente indispensables para los suelos, lo que se puede obtener con abonos y fertilizantes organicos.

Es importante mencionar que la fertilización química es decir, tratamientos diseñados con fórmulas compuestas, muestra un incremento importante en la parte vegetativa de la planta gracias al flujo de savia de las plantas influenciado por la etapa lunar en la que se encontraba y a los tratamientos con fórmulas químicas diseñadas ya que son elementos que las plantas necesitan en grandes cantidades para crementar el desarrollo y produccion, con elementos esenciales; por el contrario sucede en el caso de los microelementos quienes estaban presentes en los testigos, lo que indica que la fertilizacion organica beneficia bastante con la ayuda de la materia orgánica y sobre todo evidencia los elementos que la planta necesita en menores cantidades.

Para entender y comprender a las plantas es importante conocer los árboles de aguacate, es decir, como adquieren y asimilan los nutrientes, para promover su desarrollo y crecimiento y poder aplicar los requerimientos fisiológicos que se van a ver reflejado en el rendimiento y calidad de aguacate. Por otro lado el testigo demostró gran afinidad en microelementos esenciales para las plantas.





De igual manera de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el analisis de perfil microbiano, muestra que los microorganismos del suelo fueron altamente limitados por el mal uso de los fertilizantes agricolas, asi mismo por el mal manejo con dosis muy altas de fertilizantes, lo que ocasiona una degradar de la flora microbiana presente en la huerta de aguacate.





9 RECOMENDACIONES.

Se recomienda dejar de aplicar grandes cantidades de estiércol ya que no cubre esas necesidades nutrimentales de los árboles de aguacate por completo, el dejar también de usar las exageradas cantidades de cal ya que compactan los suelos causando graves consecuencias como se observó en el transcurso del experimento, gracias a la compactación de suelos se pierde la materia orgánica de la capa arable así como el suelo queda vulnerable a patógenos y a limitaciones de raíz al no existir esos microorganismos beneficiosos.

En cuanto al perfil microbiano se recomienda la aplicación de ácidos húmicos y fulvicos así como también la incorporación de materia orgánica en forma de fertilizante inoculados con microorganismos y enriquecidos con materia orgánica, los bajos niveles de microorganismos que colonizaban el suelo, la materia orgánica es recomendada para este tipo de suelos con deficiencias ya que así es como se alimentan los microorganismos de igual manera con la ayuda de fertilizantes inoculados se puede ayudar a los suelos y al cultivo del aguacate, a incrementar la cantidad de nuestra materia orgánica. De acuerdo con los resultados obtenidos la aplicación desmedida de sales químicas y sales minerales, así como la cal y el yeso desmedido son factores que van degradando los suelos ocasionando así, estas limitaciones que fueron evidenciadas en el análisis del perfil microbiano.

Es de sabios entender y comprender las necesidades y requerimientos del suelo y de los árboles de aguacate, es por eso que se recomienda el uso combinado de fertilizantes químicos y orgánicos, el químico como se mencionó anteriormente, cubre ese desgaste que la planta realizó para generar esas producciones y de igual manera, generar recetas





diseñadas a la medida de las necesidades que el árbol de aguacate requiere con la ayuda de un análisis de suelo, foliar, agua y de perfil microbiológico para conocer la flora microbiana del suelo, de igual manera también la parte de fertilizantes orgánicos, ya que gracias a los avances tecnológicos que se han descubierto, se puede encontrar a la venta fertilizantes orgánicos que ayudan a mantener con vida los suelos en una simbiosis con la planta y ayuda a no desgastarlos con tantos químicos si no lo contrario, favorecer la reproducción de los microorganismos benéficos, al colonizar los suelos con hongos y bacterias benéficas y se de la simbiosis microorganismo-planta de aguacate, obteniendo como resultado un incremento en el rendimiento y calidad de aguacate.

Se recomienda realizar enmiendas con medida así como analizar el suelo año con año para poder destinar los nutrientes necesarios y no desperdiciar fertilizantes que no se requieren, de esta forma se abaratan los costos de producción, se cuida el suelo y se le devuelve lo que tanto da, así como trabajar y promover una agricultura regenerativa y amigable con el planeta sin descuidar el cultivo.

En relación con las fases de la luna se sugiere seguir trabajando más arduamente puesto que un año no se comprueba exactamente los efectos que se puede obtener solo se usaron dos fases como lo fue luna llena y luna nueva, también tendríamos que considerar las otras dos fases para ver en cuál encontramos mayor efecto.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aguirre, E., *et al*, D., & V. K. (2018). El aguacate: el gran oro verde. Zamora. Universidad del valle de Atemajac: 2 pp.





Alcántara Gonzales, G., Trejo téllez, L. I.& Gómez Merino, F. C., 2016. Nutricion de cultivos. Segunda ed. Mexico: Colegio de posgraduados.

Andrés *et. al*, 2011. “Sistemas de produccion vegetal II. Universidad del campo. No.1,pp. 20 ed. s.l:s.n .

Amórtegui Ferro, I., 2001. Gia tecnica del cultivo del aguacate. No.1 ed. s.l: prohaciendo.

Bernal. E. J. A.; Díaz, D. C. A. 2008. Generalidades del Cultivo. En Bernal, E. J. A.; Díaz, D. C. A (comp.). Tecnología para el Cultivo del Aguacate (15 p.). CORPOICA. Antioquia, Colombia.

N. M.L. Merroun, J.M. Arias Peñalver & M.T. Gonzalez Muñoz. 1997. Comparative heavy metal biosorption study of Brewery yeast and *Myxococcus xanthus biomass*. Chemosphere. 35(10):2217-2283

Beltrán. M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. Boyacá, Colombia: Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 102-104 pp.

CEDRSSA, (2017). “Caso de exportacion: el aguacate”: Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberania alimentaria.

Chávez Angel, S. U. (2013). Evaluacion nutrimental química y orgánica en el cultivo de aguacate (persea americana Mill) En Ario de Rosales, Mich. Morelia: Instituto Tecnologico Del Valle De Morelia.





Chávez Angel, S. U. (2018). Perfil microbiológico de un andosol, en aguacate, con manejo orgánico, biodinámico y convencional, Estado de Mexico. Colegio de Postgraduados.

Corrales, L. C., et all, A. D., & B. J., & C. A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Colombia. Universidad Colegio mayor de cundinamarca, vol. 13, no. 2.

Cossio, L. E., et all, S. S., & G. I., & M. R. (2008). Fenología del aguacate “has” en el clima semicalido de nayarit, mexico. Nayarit: Universidad autonoma de nayarit; pp 320.

Dominguez, C., et all, C. U., T. T., M. D., G. S. (2019). Azospirillum spp. en gramíneas y forrajeras. Revista Mexicana en ciencias pecuarias. 225 p.

Ezziyyani M., C. Pérez, M. Requena, et al. 2004. Evaluación del biocontrol de Phytophthora capsici en pimiento (Capsicum annum L.) por tratamiento con Burkholderia cepacia. Anales de Biología 26:61-68

Franco Correa, M. (2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización, Bogotá Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.

Ghanem N.B., S.A. Sabry, Z.M. El-sherif, et al. (2000). Isolation and Enumeration of marine Actinomycetes from seawater and sediments in Alexandria. Applied and Environmental Microbiology. 46:105-111





Gutierrez, N. (2014). "Aguacate". Agricultura y desarrollo rural.

Gonzalez, B., & Ochoa, E. (2015). Caracterización fenológica y ecofisiologica del cultivo de aguacate (persea americana mill.) en fase vegetativa (estado de plántula) bajo condiciones de campo del municipio de pasca, cundinamarca. Pasca.Universidad de cundinamarca; pag 7.

INIA. (2011). Asfixia radicular en huertos de Paltos, manejo del riego y suelo. Instituto de Investigaciones Pecuarias. Chile.

Jose, A. A. B. (2008). Manual Técnico del cultivo de Aguacate Hass. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola FHIA. Honduras. 51 p.

Koneman E.W. (2001). Diagnóstico Microbiológico: Texto y Atlas a Color. Quinta Edición. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. pp. 10-16, 75-82.

Larios, A., Tapia, V.L.M. y Vidales, F.I. (2008). Establecimiento de huertos. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. INIFAP. 43 p.

Leiva S., M. Yáñez, L. Zaror, et al. (2004). Actividad Antimicrobiana de actinomicetes aislados desde ambientes acuáticos del sur de Chile. Revista médica de Chile.132:151-159

Reyes, J. C., et all, M. R., & U.E., & A.S., & M.J (2015). Fenología del aguacate Hass, una herramienta para la planificacion del cultivo en el estado de México. Manejo de tecnicas y de cultivo. VIII congreso mundial de la palta, Lima Perú.





Perez *et. al*, (2015). “El aguacatero (Persea americana Mill) Cultivos tropicales, vol. 36, no.2, pp. 111-123.

Rocha, J., Salazar, S., Bárcenas, A., González, I., Cossio, L. (2011). Fenología del aguacate 'hass' en michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 2, núm. 3, mayo-junio, pp. 303-316 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México.

SAGARPA, (2017). “Aguacate mexicano”: Secretaria de agricultura y ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentacion.

Sanchez *et. al*, (2001). “Historia del aguacate en mexico”. [Tesis ingenieria en agronomia, Universidad Chapingo].

Sánchez, P. J. L. (1999). Recursos Genéticos de Aguacate (Persea americana Mill.) y Especies Afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura.

SEMARNAT, (2021). “Aguacate, un delicioso fruto con mas de 10 años de historia”: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales

Tapia, V., L., M. (2012). Nutrición orgánica y convencional de aguacate en Michoacán. Curso online INTAGRI.

Universidad y ciencia. (2012). Efecto de azospirillum brasilense en el rendimiento del maíz en el norte de tamaulipas, méxico





[Folleto].

Referencias electronicas:

<https://www.cultifort.com/fructificacion-y-brotacion-del-aguacate/#:~:text=El%20aguacate%20exhibe%20un%20crecimiento,pueden%20ser%20vegetativos%20o%20reproductivos.>

<http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/54Exportaci%C3%B3n%20aguacate.pdf>

https://www.fira.gob.mx/Nd/AGUACATE_Michoacan_-_Rentabilidad_2006-2007_Costos_2007-2008.pdf

https://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/organismos_fijadores_L.htm#:~:text=Estos%20organismos%20pertenecen%20al%20subgrupo,y%20se%20denominan%20gen%C3%A9ricamente%20rizobios.

<http://www.labamerex.com/novedad027.htm>

http://www.avocadosource.com/wac8/section_07/velazquezgurrolaa2015.pdf

<https://www.hortalizas.com/cultivos/chiles-pimientos/hongos-beneficos-controlan-patogenos-y-promueven-crecimiento/>



11. ANEXOS



Figura 3. Fertilizante Organodel.



Figura 4. Lombricomposta.



Figura 5. Fertilizante urea.



Figura 6. Fertilizante DAP.



Figura 7. Fertilizante MAP



Figura 8. Fertilizante Sulfato de Potasio.



Figura 9. Muestra de perfil de suelo.

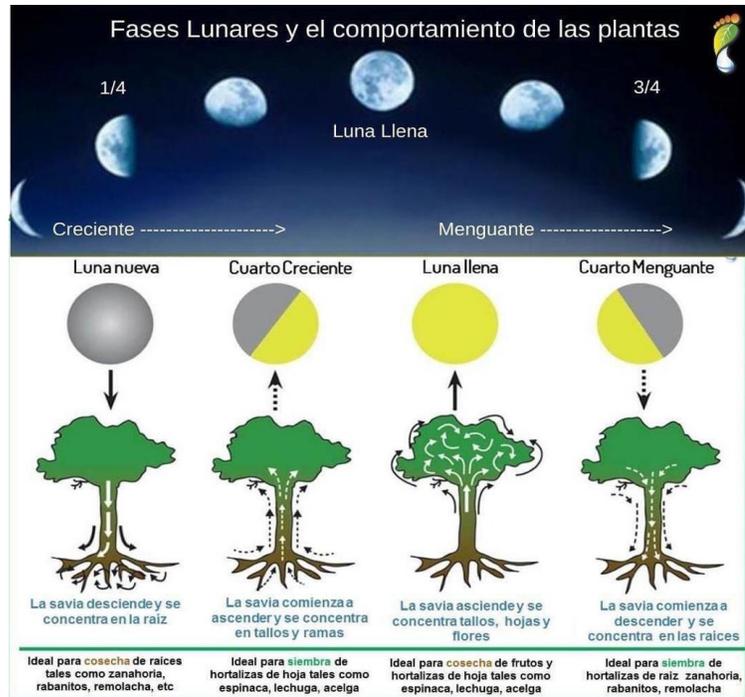


Figura 10. Efecto de la luna en las plantas.



Figura 11. Etiquetas para los tratamientos.



Figura 12. Toma de muestra para Análisis de suelo.



Figura 12. Toma de muestra del perfil microbiano.



Figura 13. Datos de la ubicación del huerto

FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL		FOLIO: SU-151982																																																																																																																																																												
<p>Proveniente de: Franco</p> <table border="1"> <tr><td>Clase Textural</td><td>51.0</td><td>%</td><td>Alto</td></tr> <tr><td>Punto de Saturación</td><td>27.2</td><td>%</td><td>Alto</td></tr> <tr><td>Capacidad de Campo</td><td>16.2</td><td>%</td><td>Alto</td></tr> <tr><td>Punto March. Perm.</td><td>2.90</td><td>cm/hr</td><td>Mod. Bajo</td></tr> <tr><td>Cond. Hidráulica</td><td>0.95</td><td>g/cm³</td><td></td></tr> <tr><td>Dens. Aparente</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				Clase Textural	51.0	%	Alto	Punto de Saturación	27.2	%	Alto	Capacidad de Campo	16.2	%	Alto	Punto March. Perm.	2.90	cm/hr	Mod. Bajo	Cond. Hidráulica	0.95	g/cm ³		Dens. Aparente																																																																																																																																						
Clase Textural	51.0	%	Alto																																																																																																																																																											
Punto de Saturación	27.2	%	Alto																																																																																																																																																											
Capacidad de Campo	16.2	%	Alto																																																																																																																																																											
Punto March. Perm.	2.90	cm/hr	Mod. Bajo																																																																																																																																																											
Cond. Hidráulica	0.95	g/cm ³																																																																																																																																																												
Dens. Aparente																																																																																																																																																														
<p>Localización: De Rosales, Ato, Michoacán</p> <p>Coordenadas: ND, ND</p> <p>Predio / ID: La Sandía / Huerta del Campo</p> <p>Emisión: 20210507</p>		<p>Tipo de agricultura: Temporal</p> <p>Cultivo Anterior: Ninguno</p> <p>Cultivo a Establecer: Na</p> <p>Manejo de Residuos: 0-30 cm</p> <p>Prof. Muestra:</p>																																																																																																																																																												
<p>pH (1:2 agua): 7.04 Mod. alcalino</p> <p>pH Buffer: NA</p> <p>Carbonatos Totales (%): 8.10 % Mod. Bajo</p> <p>Salinidad (CE Extracto): 0.85 dS/m Bajo</p> <p>Requerimiento de Nitrógeno: No Requiere</p> <p>Requerimiento de Calcio: No Requiere</p>		<p>Calones Intercambiables</p> <p>Porcentaje de saturación de bases:</p> <table border="1"> <tr><td>% Sat</td><td>73.4</td><td>12.2</td><td>13.6</td><td>0.68</td><td>NA</td><td>NA</td><td>---</td></tr> <tr><td>me/100g</td><td>15.2</td><td>2.53</td><td>2.82</td><td>0.12</td><td>NA</td><td>NA</td><td>20.7</td></tr> <tr><td>Cañón</td><td>Ca</td><td>Mg</td><td>K</td><td>Na*</td><td>Al*</td><td>H*</td><td>CIC</td></tr> </table>		% Sat	73.4	12.2	13.6	0.68	NA	NA	---	me/100g	15.2	2.53	2.82	0.12	NA	NA	20.7	Cañón	Ca	Mg	K	Na*	Al*	H*	CIC																																																																																																																																			
% Sat	73.4	12.2	13.6	0.68	NA	NA	---																																																																																																																																																							
me/100g	15.2	2.53	2.82	0.12	NA	NA	20.7																																																																																																																																																							
Cañón	Ca	Mg	K	Na*	Al*	H*	CIC																																																																																																																																																							
<p>Fertilidad del Suelo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Det.</th> <th>Result.</th> <th>Unidad</th> <th>Muy Bajo</th> <th>Bajo</th> <th>Mod. Bajo</th> <th>Med.</th> <th>Mod. Alto</th> <th>Alto</th> <th>Muy Alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MO</td><td>4.47</td><td>%</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P-Oxal</td><td>219</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>K</td><td>1108</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ca</td><td>3043</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mg</td><td>307</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Na*</td><td>27.7</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fe</td><td>19.0</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Zn</td><td>26.3</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mn</td><td>10.4</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cu</td><td>8.70</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>2.77</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>S</td><td>38.1</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N-NO₃</td><td>27.8</td><td>ppm</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto	MO	4.47	%								P-Oxal	219	ppm								K	1108	ppm								Ca	3043	ppm								Mg	307	ppm								Na*	27.7	ppm								Fe	19.0	ppm								Zn	26.3	ppm								Mn	10.4	ppm								Cu	8.70	ppm								B	2.77	ppm								S	38.1	ppm								N-NO ₃	27.8	ppm								<p>Relación entre cationes (Basadas en me/100g)</p> <table border="1"> <tr><td>Relación</td><td>Ca/K</td><td>My/K</td><td>Ca+My/K</td><td>Ca/Mg</td></tr> <tr><td>Resultados</td><td>5.39</td><td>0.90</td><td>6.29</td><td>6.01</td></tr> <tr><td>Interpretación</td><td>Bajo</td><td>Muy Bajo</td><td>Muy Bajo</td><td>Alto</td></tr> </table>		Relación	Ca/K	My/K	Ca+My/K	Ca/Mg	Resultados	5.39	0.90	6.29	6.01	Interpretación	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto
Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto																																																																																																																																																					
MO	4.47	%																																																																																																																																																												
P-Oxal	219	ppm																																																																																																																																																												
K	1108	ppm																																																																																																																																																												
Ca	3043	ppm																																																																																																																																																												
Mg	307	ppm																																																																																																																																																												
Na*	27.7	ppm																																																																																																																																																												
Fe	19.0	ppm																																																																																																																																																												
Zn	26.3	ppm																																																																																																																																																												
Mn	10.4	ppm																																																																																																																																																												
Cu	8.70	ppm																																																																																																																																																												
B	2.77	ppm																																																																																																																																																												
S	38.1	ppm																																																																																																																																																												
N-NO ₃	27.8	ppm																																																																																																																																																												
Relación	Ca/K	My/K	Ca+My/K	Ca/Mg																																																																																																																																																										
Resultados	5.39	0.90	6.29	6.01																																																																																																																																																										
Interpretación	Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Alto																																																																																																																																																										

Figura 14. Resultados de Análisis de suelo.



CRUADROS ANOVA (SUELO).

Cuadro 1A. Análisis de varianza de N en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	0.01579333	0.00143576	4.17	0.0037
Bloq	2	0.00200667	0.00100333	2.92	0.0800
A	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
B	4	0.00545333	0.00136333	3.96	0.0177
A*B	4	0.00833333	0.00208333	6.05	0.0029
EE	18	0.00619333	0.00034407		
Total	29	0.02198667			

CV = 36.61033 %

Cuadro 2A. Análisis de varianza de P en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	3568680.841	324425.531	2.41	0.0473
Bloq	2	2147151.404	1073575.702	7.97	0.0033
A	1	49426.443	49426.443	0.37	0.5522
B	4	1117903.638	279475.910	2.08	0.1265
A*B	4	254199.356	63549.839	0.47	0.7557
EE	18	2424069.061	134670.503		
Total	29	5992749.902			

CV = 96.59892%

Cuadro 3A. Análisis de varianza de K en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	4.51809000	0.41073545	1.09	0.4223
Bloq	2	1.79946000	0.89973000	2.38	0.1209
A	1	0.00208333	0.00208333	0.01	0.9416





B	4	1.32748000	0.33187000	0.01	0.4963
A*B	4	1.38906667	0.34726667	0.92	0.4743
EE	18	6.80114000	0.37784111		
Total	29	11.31923000			

CV = 46.32161%

Cuadro 4A. Análisis de varianza de Ca en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	585.976157	53.270560	1.47	0.2255
Bloq	2	302.7811267	151.3905633	4.18	0.0322
A	1	5.8520833	5.8520833	0.16	0.6924
B	4	145.3593800	36.3398450	1.00	0.4314
A*B	4	131.9835667	32.9958917	0.91	0.4784
EE	18	651.698940	36.205497		
Total	29	1237.675097			

CV = 55.92274%

Cuadro 5A. Análisis de varianza de Mg en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	110.1184967	10.0107724	1.10	0.4161
Bloq	2	79.45394667	39.72697333	4.35	0.0287
A	1	11.02920333	11.02920333	0.16	0.2862
B	4	8.19856667	2.04964167	1.21	0.9211
A*B	4	11.43678000	2.85919500	0.31	0.8654
EE	18	164.3163200	9.1286844		
Total	29	274.4348167			

CV = 39.43491%

Cuadro 6A. Análisis de varianza de S en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1439.418555	130.856232	1.60	0.1800
Bloq	2	423.2973182	211.6486591	2.60	0.1022
A	1	66.5970401	66.5970401	0.82	0.3781
B	4	377.0022939	94.2505735	1.16	0.3627





A*B	4	572.5219032	143.1304758	1.76	0.1819
EE	18	1467.615238	81.534180		
Total	29	2907.033793			

CV = 63.21233 %

Cuadro 7A. Análisis de varianza de Mn en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1439.418555	130.856232	1.60	0.1800
Bloq	2	423.2973182	211.6486591	2.60	0.1022
A	1	66.5970401	66.5970401	0.82	0.3781
B	4	377.0022939	94.2505735	1.16	0.3627
A*B	4	572.5219032	143.1304758	1.76	0.1819
EE	18	1467.615238	81.534180		
Total	29	2907.033793			

CV = 63.21233 %

Cuadro 8A. Análisis de varianza de B en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1.07696110	0.09790555	1.02	0.4703
Bloq	2	0.53976080	0.26988040	2.80	0.0871
A	1	0.16950083	0.16950083	1.76	0.2011
B	4	0.33049647	0.08262412	0.86	0.5074
A*B	4	0.03720300	0.00930075	0.10	0.9822
EE	18	1.73281720	0.09626762		
Total	29	2.80977830			

CV = 110.9297%

Cuadro 9A. Análisis de varianza de Zn en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1218.796579	110.799689	2.84	0.0240
Bloq	2	803.7695898	401.8847949	10.30	0.0010
A	1	0.2613333	0.2613333	0.01	0.9357





B	4	224.2719651	56.0679913	1.44	0.2623
A*B	4	190.4936910	47.6234227	1.22	0.3367
EE	18	702.148482	39.008249		
Total	29	1920.945061			

CV = 85.44928%

Cuadro 10A. Análisis de varianza de Cu en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	1065.420035	96.856367	3.30	0.0121
Bloq	2	507.8272058	253.9136029	8.65	0.0023
A	1	12.9192656	12.9192656	0.44	0.5154
B	4	234.6919893	58.6729973	2.00	0.1378
A*B	4	309.9815739	77.4953935	2.64	0.0678
EE	18	528.169783	29.342766		
Total	29	1593.589818			

CV = 44.16728%

Cuadro 11A. Análisis de varianza de Fe en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	509.3008686	46.3000790	1.92	0.1054
Bloq	2	313.1232338	156.5616169	6.50	0.0075
A	1	5.3712545	5.3712545	0.22	0.6425
B	4	104.8755305	26.2188826	1.09	0.3919
A*B	4	85.9308498	21.4827124	0.89	0.4890
EE	18	433.6236102	24.0902006		
Total	29	942.9244788			

CV = 22.02833%

Cuadro 12A. Análisis de varianza de Na en suelo.

FV	gl	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	11	0.06022333	0.00547485	0.91	0.5518
Bloq	2	0.00048667	0.00024333	0.04	0.9605
A	1	0.00003000	0.00003000	0.00	0.9445





B	4	0.03268667	0.00817167	1.36	0.2883
A*B	4	0.02702000	0.00675500	1.12	0.3777
EE	18	0.10851333	0.00602852		
Total	29	0.16873667			

CV = 46.86732%

Cuadro 6. Requerimiento de nutrientes para aguacate

Elemento	Óptimo (ppm)	Bajo (ppm)	Alto (ppm)
Nitrógeno	600-700	<600	>700
Fósforo	8-10	<8	>10
Potasio	2500-300	<2500	>3000

(Tapia, 2012)

