



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

**“EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS
SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE
(*Persea americana*).”**

QUE PRESENTAN:

**JUAN CARLOS ALAMILLA ROSALES
GUSTAVO BARAJAS RODRIGUEZ
MARIA DE JESUS CARDENAS GUZMAN**

ASESOR:

ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ

REVISORES:

**ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIEROS EN AGRONOMIA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. FEBRERO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **07/febrero/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/260/2023
ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización

C. JUAN CARLOS ALAMILLA ROSALES
C. GUSTAVO BARAJAS RODRIGUEZ
C. MARIA DE JESUS CARDENAS GUZMAN
PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea americana*)."** y determinó que dan cumplimiento con los requisitos establecidos, se les notifica que tienen la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/AIBR/ALCC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **03/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/048/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	JUAN CARLOS ALAMILLA ROSALES
NO. DE CONTROL:	18940131
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)."

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro

ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
DEPARTAMENTO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

 ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del asesor	 ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES Nombre y firma del revisor	 MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO Nombre y firma del revisor
---	---	---

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **03/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/046/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	GUSTAVO BARAJAS RODRIGUEZ
NO. DE CONTROL:	18940339
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)."

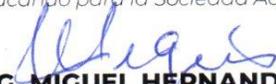
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

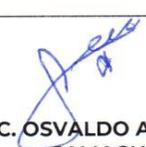
ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
DEPARTAMENTO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS


ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

 ING. FAUSTINO RAMÍREZ RAMÍREZ Nombre y firma del asesor	 ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES Nombre y firma del revisor	 MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO Nombre y firma del revisor
--	--	--

C.c.p.- Expediente.
PYC/mjhc*





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **03/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/047/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	MARIA DE JESUS CARDENAS GUZMAN
NO. DE CONTROL:	18940117
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EFECTO DE MEJORADORES FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS SOBRE LA COMPACTACION DE SUELOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)."

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro



Miguel Hernandez Flores
ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

<i>Faustino Ramirez Ramirez</i> ING. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del asesor	<i>Miguel Hernandez Flores</i> ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES Nombre y firma del revisor	<i>Oswaldo Amador Camacho</i> MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO Nombre y firma del revisor
--	---	--

C.c.p.- Expediente.
PYC/mjhc*



AGRADECIMIENTOS.

Al MC. Faustino Ramírez por ser nuestro profesor, asesor y amigo, por apoyarme en la realización de este estudio.

A los ing. Gustavo montes y José Carlos Pérez, asesores y amigos por compartir sus conocimientos y brindarnos su tiempo.

A la empresa agrícola avocats la cual nos brindó su confianza y los recursos necesarios para realizar este estudio de investigación.

A nuestras familias que nos brindaron su fortaleza, recursos, valores y confianza durante el proceso de nuestra formación académica.

A los compañeros y amigos que estuvieron presentes durante el trayecto de nuestra estancia académica en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco y me brindaron su confianza, conocimientos y fortaleza a lo largo de todo este tiempo.

A los profesores del Instituto Tecnológico de Tlajomulco por habernos brindado sus conocimientos, que nos permiten hoy ser unos profesionales capaces y preparados para afrontar los retos en la producción de alimentos.

Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*)

F. Ramírez-Ramírez¹, Juan Carlos Alamilla Rosales¹, Gustavo Barajas Rodriguez¹,
María De Jesús Cárdenas Guzman¹.

¹Tecnologico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Km. 10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640. Tel (33) 3772-4426 y 3772-4427.

E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

I.RESUMEN.

La compactación es considerada como una forma oculta de degradación del suelo, llamada también como “el enemigo oculto del agricultor”, es causa del deterioro del suelo, ya que provoca la pérdida de porosidad y el endurecimiento de los horizontes superficiales. Los mejoradores de suelo son materiales de diferente naturaleza y entre sus principales beneficios se encuentra el mejorar las condiciones relacionadas con el mismo, es decir, ayudan a desempeñar de una manera más eficientemente sus funciones como el anclaje de las plantas, así como también el suministro de nutrimentos y oxígeno a las raíces y la capacidad de retener por más tiempo la humedad presente en el suelo. Con la finalidad de revertir la compactación y mejorar los suelos en el cultivo de Aguacate se evaluó el efecto de 4 mejoradores de suelo físicos, químicos y biológicos. El presente estudio se desarrolló en un predio a campo abierto, donde se realizó el reconocimiento y manejo de la aplicación de descompactadores durante la floración, amarre y desarrollo vegetativo en aguacate variedad Méndez, en las cuales se utilizó un diseño de bloques al azar. Se hicieron 3 bloques con 3 repeticiones, en cada uno se establecieron 4 tratamientos y un testigo, donde se evaluó el efecto de mejoradores de suelos sobre la compactación en el cultivo de aguacate de 4 diferentes tipos de mejoradores donde los resultados obtenidos arrojaron que el tratamiento 2 a base de trifosfato penta sódico dónde se obtuvo una media menor en 2 fechas el que mejores resultados alcanzo, seguido de los tratamientos 1, 3 y 4 a base de ácidos húmicos, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos y microorganismos.

Palabras clave: Mejoradores, compactación.

Effect of physical, chemical and biological improvers on soil compaction in avocado (*Persea americana*) cultivation.

F. Ramírez-Ramírez¹, Juan Carlos Alamilla Rosales¹, Gustavo Barajas Rodríguez¹,
María De Jesús Cárdenas Guzman¹.

¹Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Department of Agricultural Sciences.. Km. 10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco. CP 45640. Tel (33) 3772-4426 y 3772-4427.

E-mail: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

ABSTRACT

Compaction is considered a hidden form of soil degradation, also called "the hidden enemy of the farmer", it is the cause of soil deterioration, since it causes the loss of porosity and the hardening of the surface horizons. Soil improvers are materials of a different nature and among their main benefits is improving the conditions related to it, that is, they help to perform their functions more efficiently as the anchorage of plants, as well as the supply of nutrients and oxygen to the roots and the ability to retain the moisture present in the soil for a longer time. In order to reverse compaction and improve soils in Avocado cultivation, the effect of 4 physical, chemical and biological soil improvers was evaluated. The present study was carried out in an open field property, where the recognition and management of the application of decompactors during flowering, mooring and vegetative development in avocado variety Méndez was carried out, in which a randomized block design was used. 3 blocks with 3 repetitions were made, in each one 4 treatments and a control were established, where the effect of soil improvers on compaction in the avocado crop of 4 different types of improvers was evaluated where the results obtained showed that the treatment 2 based on sodium penta triphosphate where a lower average was obtained in 2 dates, the one that achieved the best results, followed by treatments 1, 3 and 4 based on humic acids, carboxylic acids and phosphoric acids and microorganisms.

Keywords: Improvers, compaction.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.	III
I.RESUMEN.	IV
ABSTRACT	V
INDICE DE CUADROS.	IX
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE GRAFICAS	XI
INDICE DE ANEXOS	XII
II.INTRODUCCION.	1
III. OBJETIVOS.	3
3.1.- General.	3
3.2.- Particulares.	3
IV.- HIPOTESIS.	3
V. ANTECEDENTES.	4
5.1. Generalidades del aguacate.	4
5.1.1 Origen.	4
5.2 Características botánicas.	4
5.2.1. Descripción Botánica.	4
5.2.2 Raíz.	4
5.2.3 Semilla.	5
5.2.4 Hojas.	5
5.2.5 Flor.	5
5.2.6 Tronco y ramas.	6
5.2.7 Fruto.	6
5.3 Requerimientos Edafológicos y Climáticos.	7
5.3.1 Altitud.	7
5.3.2 Temperatura.	7
5.3.3 Precipitación.	8
5.3.4 Suelo.	9
5.4. Propiedades físicas del suelo.	10
5.4.1 La textura del suelo.	12
5.4.2 Estructura.	13

5.4.3	Materia orgánica en el suelo.	14
5.4.4	Densidad del suelo.	15
5.4.5	Porosidad del suelo.	15
5.5.	La compactación del suelo	16
5.5.1.	Factores que inciden en la compactación	17
5.5.2.	compactación superficial y profunda	18
5.5.3	Efectos en el suelo debido a la compactación.	19
5.5.4	Efectos en el cultivo debido a la compactación	19
5.6.	Resistencia mecánica a la penetración.	20
5.6.1	La compactación sobre la biodiversidad del suelo.	21
5.7.	Contenido de agua en el suelo.	21
5.8.	Mejoradores de suelo	22
5.8.1.	Mejoradores físicos	22
5.8.2.	Mejoradores químicos	23
5.8.3.	Mejorados biológicos	25
VI.	MATERIALES Y METODOS	28
6.1	Localización del experimento.	28
6.2	Materiales utilizados	28
6.3	Selección de cultivo, variedad y estado fenológico.	34
6.4	Manejo Agronómico.	35
6.4.1.	Preparación de suelo	35
6.4.2.	Manejo de descompactadores de suelo en aguacate	35
6.4.3.	Riegos del aguacate	35
6.5	Variable de estudio.	35
6.6	Aplicación de los tratamientos evaluados.	36
6.7	Monitoreo.	36
6.8	Diseño experimental.	36
6.9	Distribución de los tratamientos	37
7.0	Análisis estadístico	37
7.1	Comparación de medias y diferencia mínima de Tukey	37
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION.	37
7.1.	Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Primera fecha.	38

7.2. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Segunda fecha.	43
7.3. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Tercera fecha.	48
7.4. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Cuarta fecha.	52
7.5. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Quinta fecha.	56
7.6. Comparativa de analisis de fertilidad y extraccion .	60
VIII. CONCLUSIONES.	64
IX LITERATURA CITADA.	66
X. ANEXOS.	77

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1 Descripción del producto REGENSOIL - WP	29
Cuadro 2 Descripción del producto AQUATEY	30
Cuadro 3 Descripción del producto ARRECIFE	30
Cuadro 4 Descripción del producto Melaza de caña.....	31
Cuadro 5 Descripción del producto MILINI.....	32
Cuadro 6 Descripción del producto Nutri complex I	33
Cuadro 7 Descripción del producto H-HEALTH I	34
Cuadro 8 Aplicación de los tratamientos I	36
Cuadro 9 Distribución de los tratamientos.....	37
Cuadro 10 Comparativa de análisis de extracto	60
Cuadro 11 Comparativa de análisis de extracto de microelementos expresados en ppm.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha.....	38
Tabla 2 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha.....	39
Tabla 3 Procedimientos de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivos de Aguacate segunda fecha.	43
Tabla 4 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha.....	45
Tabla 5 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha.....	48
Tabla 6 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Tercera fecha.....	49
Tabla 7 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate cuarta fecha.....	53
Tabla 8 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivos de Aguacate cuarta fecha.....	54
Tabla 9 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Quinta fecha.....	57
Tabla 10 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate quinta fecha.....	58

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha.....	42
Grafica 2 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha.	47
Grafica 3 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate tercera fecha.	52
Grafica 4 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate cuarta fecha.....	55
Grafica 5 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate quinta fecha.	60
Grafica 6 Comparativa de analisis de extracto de macrolementos expresados en meq/L.....	62
Grafica 7 Comparativa de analisis de extracto de microelementos expresados en ppm.....	64

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Obtención de muestra de suelo para ser analizada antes de la aplicación de los tratamientos	77
Anexo 2 Toma de datos de compactación en el terreno a evaluar antes de la aplicación de los tratamientos	77
Anexo 3 Primera toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados.	78
Anexo 4 Segunda toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados.....	78
Anexo 5 Tercera toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados.	79
Anexo 6 Cuarta toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados..	79
Anexo 7 Quinta toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados... ..	80
Anexo 8 Toma de muestra de los tratamientos aplicados para su evaluación en laboratorio.....	80
Anexo 9 Realización de calicatas después de la aplicación de los tratamientos evaluados.	81
Anexo 10 Toma de datos de las calicatas en los tratamientos evaluados.	81
Anexo 11 Sistema de riego presurizado donde se aplicaron los tratamientos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate.....	82
Anexo 12 Forma de la raíz a causa de la compactación de suelo.....	82
Anexo 13 análisis de fertilidad.	83
Anexo 14 análisis de agua.	84
Anexo 15 análisis de extracto saturado.	85
Anexo 16 análisis de extracto saturado tratamiento 1.....	86
Anexo 17 análisis de extracto saturado tratamiento 2.	87
Anexo 18 análisis de extracto saturado tratamiento 3.....	88
Anexo 19 análisis de extracto saturado tratamiento 4.....	89
Anexo 20 análisis de extracto saturado tratamiento 5.....	90

II.INTRODUCCION.

El suelo se considera un recurso vivo y dinámico compuesto por partículas minerales (arena, arcilla y limo), materia orgánica, agua, gases y numerosas especies de macro y microorganismos morfológica y fisiológicamente distintos como las lombrices, artrópodos y bacterias (Doran y Parkin, 1994). Es un sistema clave en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres donde se llevan a cabo procesos vitales controlados principalmente por los organismos del suelo como la descomposición de materiales orgánicos y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Fragoso et al., 2001). La compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*) ocurre cuando a los agregados del suelo se les comprime haciendo que los espacios entre los poros se achiquen. Generalmente, esto ocurre debido al peso de maquinaria pesada tales como tractores que pasan sobre el suelo, especialmente si los suelos están mojados.

La compactación del suelo implica alteraciones de varias características cuyas consecuencias en la producción de cultivos y en procesos degradativos del suelo son ampliamente conocidas (Soane y Van Ouwerkerk, 1994).

El estudio de las propiedades físicas del suelo tiene un papel preponderante en la caracterización de su productividad. En particular, la compactación afecta negativamente tanto en forma directa como indirecta diversas propiedades del suelo como la estructura, la dinámica del agua y el aire, así como procesos de oxidación reducción y poblaciones de organismos, por citar solo algunos ejemplos.

La compactación del suelo es un empaquetamiento de las partículas que constituyen la fracción sólida, lo que se traduce en una disminución del espacio poroso total y consecuentemente, en un aumento de la densidad aparente.

Al ocurrir esto, también se restringe el desarrollo radical, aspecto que fue reportado en trabajos como los de Veihmeyer y Hendrickson (1948) y Bengough y Mullins (1991), quienes establecieron la relación directa que existe entre la penetración de raíces con la densidad del suelo y la resistencia a la penetración. El crecimiento de las raíces y de la fauna del suelo también se reduce. Las principales causas de la degradación de la estructura del suelo son las fuerzas de las ruedas de la maquinaria especialmente cuando el suelo está húmedo o saturado, momento en que el suelo es más propenso a la deformación.

Una solución a las bajas capacidades de sostener rendimientos agrícolas es el enriquecimiento de los materiales orgánicos sólidos con fuentes nutrimentales, tal como sucede en la técnica de la amonificación, que mejora la calidad nutritiva de los materiales orgánicos, es de fácil aplicación y no tiene efectos negativos en el ambiente (Conrad y Pastrana, 1990). Aunado a ello, la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, potencian la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Ferrera y Alarcón, 2001; Loredó-Ostí et al., 2004). Con base a la información anterior, en el presente estudio se evaluaron los efectos que producen la aplicación de mejoradores de suelos, más de la inoculación de microorganismos que participan en el incremento de la disponibilidad de nutrimentos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de aguacate (*Persea americana*).

III. OBJETIVOS.

3.1.- General.

Evaluar el efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).

3.2.- Particulares.

- Analizar la efectividad del trifosfato penta sódico (fosforo asimilable) sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).
- Analizar la efectividad de ácidos húmicos sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).
- Analizar la efectividad de los ácidos carboxílicos y ácido fosfórico sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).
- Analizar la efectividad de microorganismos biológicos sobre la compactación de suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).
- Evaluar la efectividad de los diferentes mejoradores de suelo y encontrar el más eficiente.

IV.- HIPOTESIS.

La aplicación de mejoradores de suelo físicos, químicos y biológicos revertirá la compactación protegiendo y enriqueciendo los suelos en el cultivo de aguacate (*Persea americana*).

V. ANTECEDENTES.

5.1. Generalidades del aguacate.

5.1.1 Origen.

El aguacate es originario de un área que se extiende del sur de México y el norte del centro de América hasta el norte de Sudáfrica. Mesoamérica ha sido foco de domesticación convirtiéndose en el origen de la diversidad genética de América prueba de ello son los restos fósiles de aguacate encontrados en el valle de Tehuacán en el estado de Puebla, México, tienen una antigüedad de 8 mil años. Baiza (2003).

5.2 Características botánicas.

El aguacate pertenece a la familia Lauraceae y al género *Persea*, es una planta dicotiledónea su nombre botánico es *Persea americana* y en la actualidad contiene alrededor de 85 especies; sus flores son hermafroditas por sus características estructurales las flores se consideran completas, a diferencia de otras especies frutales, su fecundación es dicogamia, en este caso cada flor abre dos veces y se cierra en el intermedio, la primera vez funciona como femenina, la segunda como masculina (Caballero, 2007).

5.2.1. Descripción Botánica.

Familia: Lauraceae

Subfamilia: Lauroideae

Tribu: Perseae

Subtribu: Perseineae

Género: *Persea*

Subgénero: *Persea*

Especie: *Americana*

Subespecies: *Drymifolia*, *Guatemalensis*, *Americana*.

5.2.2 Raíz.

Orduz y Rangel (2002) reportan que la raíz principal es corta y débil, está comprendida en los primeros 50 centímetros de suelo. El sistema radical está constituido por una raíz columnar primaria, notablemente ramificada en haces secundarios y terciarios. La raíz es el órgano que sirve para fijar la planta al suelo y así absorber las sustancias nutritivas y el agua.

5.2.3 Semilla.

La semilla es ovalada, la semilla de grupo racial antillano posee una cubierta mediana a gruesa y membranosa en otros grupos raciales es delgada el endocarpio o semilla es importante en la relación fruto-semilla. (Vladimir, 2003)

5.2.4 Hojas.

Son simples, enteras alternas, de forma oblonga-lanceolada, nervadura pinnada y ápices agudos; la inserción en el tallo es peciolada. Cuando son jóvenes son de color rojizo, con epidermis pubescente y que al llegar a la madurez se tornan lisas coriáceas y de color verde oscuro brillante en el haz, mientras que el envés tiene un color claro desprovisto de brillo. “La hoja es un órgano muy dinámico, en el que la concentración de nutrimentos está cambiando continuamente, influenciada por diferentes factores. La edad de la hoja y etapa fenológica tiene una influencia muy marcada sobre su composición.” (Financiera rural, 2009).

5.2.5 Flor.

Las flores son, de color amarillo verdoso y de un diámetro 1-1.3 cm las flores son hermafroditas primero como femeninas, después cierran y vuelven a

abrir como masculinas; cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0.1 % se transforman en fruto.

5.2.6 Tronco y ramas.

El tronco tiende a seguir una línea recta si se le pone un tutor durante los primeros meses de crecimiento, el tronco y las ramificaciones del aguacate presentan un crecimiento rápido, las ramas jóvenes son verdes y lisas, conforme se van desarrollando las lenticelas empiezan a ser más abundantes. El tronco y la rama proporcionan un soporte mecánico y hacen que las hojas se yergan para facilitar la fotosíntesis. Sostienen también flores y frutos, sirven como conducto de desplazamiento de agua y nutrientes. (Toerien ,2007)

5.2.7 Fruto.

Ryugo y Rodríguez (1994) mencionan que el fruto que es una baya carnosa, (no tiene endocarpio lignificado o endurecido) puede ser de superficie lisa o rugosa, su forma va desde elipsoide, obovado a obovoide. Su color es verde, oscureciéndose en la madurez y tomando un color violáceo a negro al madurar. el peso es diferente según el tipo ecológico, que va desde 50 gramos a 2.5 kg.

5.3 Requerimientos Edafológicos y Climáticos.

5.3.1 Altitud.

El aguacate tiene un amplio rango de adaptación, a diferentes altitudes dependiendo de la raza, la Antillana prospera desde el nivel del mar hasta 80m; la guatemalteca hasta los 1200 y la raza Mexicana de 950 a 2,225 metros. A través del tiempo el aguacate se ha introducido a ambientes diferentes a los de su habitad natural, adaptándose en general bien. (Sánchez, Alcantar, y Coria, 2000). Las localidades productoras en Michoacán presentan una gran variación en altitudes ya que se ubican desde los 1,500 hasta los 2,225 metros sobre el nivel del mar (msnm). (Gallegos, 1983).

5.3.2 Temperatura.

El clima de la región donde se desarrolla espontáneamente y donde se originó el cultivo del aguacate, sur de México y Centro América, es el de la Zona tropical, comprendida aproximadamente entre los 10-30° de latitud Norte y Sur; en líneas generales se caracteriza por una oscilación anual de las medias diarias de temperaturas perceptible, pero no exagerada, y que permite diferenciar una estación cálida de otra que, aunque no se pueda llamar fría, es fresca o menos cálida. (Ibar, 1986).

La fluctuación de la temperatura es responsable de la mayor parte de la variabilidad en la producción del aguacate, los requerimientos térmicos varían de acuerdo a la raza, así se tiene que la Antillana requiere una temperatura optima entre 24 y 26°C y una mínima invernal no menor de 0°; en cuanto a la raza guatemalteca, ésta se desarrolla en un rango de

temperaturas medias que oscila de 22-25°C y la temperatura invernal no descienda de los -2°. (Sánchez et al., 2000).

La raza Mexicana requiere de una temperatura media optima de 20° y una mínima invernal no menor de -4°C. Varias fuentes reportan que el aguacate se desarrolla mejor en rangos de temperatura mínima de 10°C y una máxima de 33 a 35°C, registros superiores a estos valores tienen un efecto negativo sobre el proceso de polinización y aumento de polen estéril. Por otra parte, temperaturas inferiores a 10°C retardan la floración y fructificación, requieren temperaturas mínimas de 12-17°C y máximas de 28-30°C para la sucesión de las etapas de floración y fructificación. (Sánchez et al., 2000).

5.3.3 Precipitación.

Las precipitaciones deben fluctuar entre los 1800 y 2000mm anuales, que, distribuidas bastante uniformemente en todos los meses del año, corresponden más al clima de la zona ecuatorial que al del tropical. (Ibar, 1986). De acuerdo a la raza y origen de la misma, los requerimientos de lluvia para la Antillana son de 1,100 –3350mm, para la guatemalteca de 800-3,400mm, mientras que la Mexicana requiere de 650-2,200mm. En general se puede decir que el aguacate de manera natural no prospera con en ambientes con isoyetas menores a 650mm, por lo que al introducirlo en ambientes más secos necesariamente se requerirá de irrigación. (Sánchez et al., 2000,).

5.3.4 Suelo.

El aguacate es bastante adaptable a los diversos tipos de suelos desde los arenosos y sueltos hasta los francamente limosos y compactos; pero las condiciones óptimas se tendrán en un suelo básicamente permeable y bien drenado, de tierras francas, se considera media, humitas ricas en materia orgánica y reacción ligeramente ácida. (Ibar, 1986).

La capacidad de retención de la humedad, que debe ser la necesaria para el normal desarrollo de la planta, es muy importante, pues un suelo demasiado cremoso o granuloso, al ser poco retenido, ocasionaría daños por sequedad; en cambio, un suelo limoso demasiado coloidal, al producir encharcamientos, puede ser un buen medio para el desarrollo de enfermedades criptogámicas y causa de asfixia de las raíces, al evitar la aireación del suelo.

Para conseguir un buen drenaje que elimine los encharcamientos, debe procurarse que la capa freática sea profunda, al menos 75cm del nivel del suelo. Estos suelos deben recibir durante todo el año una precipitación acuosa de 900mm por lo menos, la cual, de no conseguirse, debe ser sustituido por los riegos. La reacción del suelo debe ser neutra o ligeramente ácida (de pH entre 6 y 7.5); relacionada con la reacción está la presencia del carbonato cálcico activo y pH superior a 7.5, que produce alcalinidad del suelo. Al ser el aguacate bastante calcífugo, no se puede cultivar en terrenos demasiados calizos, siendo suficientes con los que tienen un 40% de caliza. La carencia de hierro, tanto por falta o por su insolubilización en terrenos demasiado calizos, le ocasiona la clorosis de las hojas. Un exceso de sodio también es perjudicial al aguacate por lo que la salinidad del suelo no debe pasar de 0.5 mmhos/cm.

Las distintas razas requieren suelos similares, quizás un poco más ácidos (pH 6-7) las variedades antillana y guatemalteca. (Ibar, 1986).

5.4. Propiedades físicas del suelo.

El primer paso para evaluar los suelos para la producción de aguacate es la determinación de las propiedades químicas, físicas y biológicas. Un suelo ideal debe tener una estructura física que promueva el crecimiento de raíces y que pueda proveer los niveles de agua y oxígeno suficientes a los árboles. Las propiedades químicas y físicas en su mayoría son predeterminadas por la textura del suelo, que se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla (las clases de partículas por tamaño). La pérdida de calidad física del suelo puede ser evaluada por la alteración de algunas de las más importantes características físicas, como la densidad, la porosidad, la distribución del tamaño de poros, la estructura y la tasa de infiltración del agua en el suelo (FAO, 2000).

Los suelos poseen naturalmente diferentes densidades debido a variaciones de la textura, de la porosidad y del contenido de materia orgánica; además, es un buen indicador del nivel de compactación (FAO, 2000; Gutiérrez et al., 1987). La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del mismo, la aireación, la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración por las raíces (FAO, 2000). Las propiedades físicas del suelo determinan en gran capacidad el uso de indicadores físicos para optar una mejor calidad de suelo en proporción al desarrollo de las plantas que ayudan a crear un ambiente adecuado que resulte de beneficio al crecimiento de las raíces y a la adecuada disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

Las propiedades físicas del suelo se ven influenciadas del material que los componen (partículas y coloides) y la microfauna que habita en ella y a las variables y/o efectos que ejercen en ella como la textura, densidad aparente, porosidad, materia orgánica. La infiltración del agua en el suelo está relacionada con la estructura del mismo y su estabilidad (Fiorin, 2008).

Uson et al. (2010) concluyeron que la porosidad es uno de los parámetros más útiles para evaluar el estado de compactación de un suelo. Cuando es muy baja afecta negativamente la aireación, la penetración radicular, la capacidad de infiltración del agua y el drenaje, manteniendo valores de 35-50% a 40-60% para suelos de textura arenosos a arcillosos, respectivamente. Es importante señalar que la densidad y porosidad varían en función del uso y manejo del suelo. El suelo óptimo para las raíces debe tener alrededor de un 50% de espacio poroso, esencial para la difusión de gases en el suelo, para la infiltración y para proveer el espacio para el crecimiento de raíces.

En este sentido suelos francos y ricos en materia orgánica representan la mejor opción para el crecimiento de aguacates, los suelos arcillosos no se recomiendan por su deficiente drenaje, y los arenosos requieren programas de riego más intensivos además que afecta negativamente la penetración de raíces (Coria, 2008). Si se decide producir en suelos con textura arcillosa es necesario trabajar con yeso agrícola y lavados que desplacen el sodio en el suelo, el calcio divalente del yeso agrícola provoca que las partículas de arcilla floculen en grumos, forma agregados y promueve el drenaje.

5.4.1 La textura del suelo.

La compactación es influenciada directamente con la textura, como un indicador de la susceptibilidad del suelo a ella, por ejemplo, la arcilla existente en muchos suelos tiene muchas propiedades coloidales que ayudan a la retención del agua y mejoran su estructura, los suelos franco limoso con bajos contenidos coloidales son más susceptibles, mientras que los suelos arenosos sufren una ligera compactación (Horn, Doma, & y Sowiska, 1995). Cuando un suelo franco fue sometido diferentes presiones y contenidos de humedad, se comportó de forma totalmente diferente de un arenoso franco, el primero era resistente a la compactación cuando se seca y susceptible a la compactación en húmedo, mientras que el segundo muestra sólo pequeños aumentos en la compactación al aumentar el contenido de humedad (Smith & y Ellies, 2000), según García (2013) Los suelos de granos finos necesitan más agua para alcanzar la compactación óptima que los suelos de granos gruesos como por ejemplo suelos franco arenosos y arenosos francos son altamente susceptibles a la compactación sobre todo en las capa superiores , proceso del cual se ve influenciado por la humedad y energía compactante producto de mecanismo energizantes.

Para conocer el perfil de suelo, es importante realizar una calicata necesaria para el establecimiento de cualquier huerta. La sección mínima recomendada es de 0.80 a 1.00 metros, esto nos permitirá reconocer los horizontes más importantes. Las raíces de aguacate encargadas de tomar agua y nutrientes las encontramos en los primeros 30 cm del perfil y hasta el metro se encuentran las raíces de anclaje, la planta no necesariamente necesita de un suelo profundo para producir, para una buena producción se necesitan al menos 40 cm de suelo, pero se busca siempre suelos profundos con condiciones favorables para la retención de humedad y

nutrientes (Coria, 2008). El perfil del suelo o corte vertical permite describir y analizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de las diferentes capas u horizontes de este, mediante una calicata (palabra del latín, *calare* “penetrar”, “atravesar” y del griego, *cata* “hacia abajo” (Gardi et al., 2014), en agricultura y antes de establecer el cultivo, debe ser una práctica necesaria, con el fin de conocer y obtener información valiosa, antes de la siembra de un cultivo.

5.4.2 Estructura.

La estructura del suelo es la aglomeración de las partículas y coloides del suelo que se aglutinan en agregados llamados *peds* que incide directamente a la disponibilidad de nutrientes, agua y oxígeno del suelo influenciada de manera notoria por las propiedades físicas del suelo. La estructura del suelo proporciona un armazón tridimensional ocupado por sólidos que dejan números espacios vacíos llamados poros. Las fuerzas que unen las partículas primarias dentro de los agregados son de naturaleza bastante débil, con lo cual pueden destruirse con relativa facilidad (Olalla, 1993).

Fernández (1997) infiere que la estabilidad estructural es la capacidad del suelo para mantener el espacio poroso y su permanencia en el tiempo determina una estabilidad a la resistencia de la deformación, por acción de una carga externa y una estabilidad al agua, por efectos de la lluvia o de los sistemas de riego. Otro de los aspectos que caracteriza la estructura es la resistencia mecánica, que depende de muchos procesos como la fragmentación de elementos estructurales debido a los periodos secos y

húmedos, la compactación, la germinación de semillas y la exploración del suelo por las raíces. Al aumentar la humedad y el contenido en partículas coloidales (arcilla y humus), se originan fuerzas de cohesión mineral-mineral, mineral-orgánico, pudiendo ser por precipitaciones sílice, carbonatos de calcio, hidróxidos de Al y Fe.

Para tener en cuenta el efecto de la estructura sobre la compactación es necesario analizar las variables cuantitativas que caracterizan a los elementos estructurales o a los horizontes: densidad, volumen del espacio poroso, distribución y tamaño de poros, fisuras por unidad de superficie; y las variables cualitativas, que permiten describir la heterogeneidad del perfil y de su morfología. Aunque no sea considerada un factor de crecimiento para las plantas, la estructura del suelo ejerce influencia en el aporte de agua y de aire a las raíces, en la disponibilidad de nutrientes, en la penetración y desarrollo de la macrofauna del suelo. Una buena calidad de la estructura significa buena calidad del espacio poroso, lo que permite la infiltración del agua y una buena distribución de raíces.

5.4.3 Materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica es la fracción del suelo que incluye los residuos y procesos biológicos de plantas y animales, el humus del suelo es bastante resistente a las altas densidades. En la compactación del suelo la eliminación de los residuos vegetales de la superficie dio como resultado aumentos en la densidad, las investigaciones concluyen que el mantenimiento y aumento de la materia orgánica reducen la compactabilidad del suelo (Muhammad, 2012).

5.4.4 Densidad del suelo.

Duval y Galantini (2015), describen que la densidad aparente es una propiedad física que se utiliza a menudo para analizar la compactación de los suelos. Es un fundamental indicador en la resistencia mecánica de los suelos para el crecimiento de las raíces, en suelos de textura fina los valores adecuados de densidad aparente varían de 0.9 a 1.2 gr.cm³, ya que valores encima de 1.2 restringen el desarrollo de las mismas y reducen la aireación total del suelo.

La densidad del suelo es importante debido a su efecto directo sobre las propiedades tales como la porosidad, la disponibilidad de humedad del suelo y la hidráulica.

5.4.5 Porosidad del suelo.

Duval y Galantini (2015), describe que la porosidad del suelo emplea un papel importante en los mecanismos biológicos de los suelos agrícolas. Evaluaciones de esta propiedad física se utilizan permanentemente para estimar las alteraciones estructurales del suelo después de las actividades agrícolas, ya que el volumen total de poros, su distribución, tamaño, conectividad, determinan la entrada, movimiento y retención del agua, las reservas de oxígeno y la resistencia mecánica del suelo a la penetración de las raíces entre otros factores, dando como conclusión que la insuficiencia de poros provoca una disminución de la producción y aumento de la densidad del suelo haciendo que incremente su compactación.

5.5. La compactación del suelo

Muhammad (2012), menciona que el suelo es una forma física de la degradación del suelo que altera la estructura del suelo, agua y aire que limita la infiltración y reduce la penetración de raíces.

Según Mon (2008) la compactación es considerada como una forma oculta de degradación del suelo, llamada también como “el enemigo oculto del agricultor”, siendo la superficial más fácilmente controlable ya que la compactación en el subsuelo, especialmente si son arcillosos, es más persistente. Es mejor prevenir la degradación de la estructura del suelo que recuperarla posteriormente.

Reyes (2010) utilizó la metodología Proctor estándar ASTM, con el propósito de estimar el grado de susceptibilidad de los suelos a compactarse; así mismo estimaron relaciones entre las variables de la curva de compactación, humedad crítica y densidad aparente máxima, con las propiedades del suelo; distribución de tamaño de partículas y materia orgánica y determinaron que mayores contenidos de partículas gruesas y bajos contenidos de materia orgánica, originaron mayores niveles de densidad a menores contenidos de humedad, mientras que el predominio de partículas finas y altos contenidos de materia orgánica, produjeron menores niveles de densidad a mayores contenidos de humedad. Mueller, Schindler y Mirschel, (2010) que la estructura de suelo es vulnerable a los cambios por la compactación. Para evaluar la compactación se incluyen muchos parámetros físicos como la porosidad, la densidad aparente, la infiltración, y la resistencia a la penetración. La condición de humedad es otro factor determinante de la capacidad de carga de un suelo: cuando está seco es abrasivo y a medida que se humedece va aumentando su capacidad de desplazamiento y

reagrupamiento de los agregados del suelo, disminuyendo la resistencia del mismo a la compactación.

5.5.1. Factores que inciden en la compactación

Fernández (1997) indica que los factores que condicionan la compactación del suelo son la intensidad de la fuerza aplicada y la estructura de la zona que se compacta. En razón de que uno de estos factores depende del estado físico del suelo y el otro de la forma de compactación, los dos interactúan.

La fuerza necesaria para compactar disminuye potencialmente con el contenido de humedad del suelo y la densidad aumenta exponencialmente al aumentar la fuerza aplicada (Baver, 1991).

Valadão (2014) señala que los efectos negativos de la compactación sobre el desarrollo y producción de los cultivos parecen estar relacionados con las condiciones de aireación y resistencia mecánica, junto al ambiente radicular. A medida que el grado de compactación aumenta, disminuye el contenido de humedad. La porosidad de aireación es considerada como crítica cuando su valor es menor del 10%. Por otra parte, cuando el grado de compactación aumenta, el contenido de humedad baja y la resistencia a la penetración se torna superior a 2 MPa, normalmente considerada como crítica.

De lo expuesto surge otro término derivado del estudio de los factores físicos internos del suelo, que determina el grado de compactación de los mismos, denominado Intervalo Hídrico Óptimo (IHO) que según Damiano y Moschini (2011) es el rango de agua del suelo dentro del cual el

crecimiento de la planta está menos limitado por el potencial de agua, la aireación y la resistencia del suelo a la penetración de las raíces.

5.5.2. compactación superficial y profunda

Uson (2010) define la compactación del suelo como un incremento de la densidad aparente, un empaquetamiento más denso de las partículas y una disminución de la porosidad, especialmente la macroporosidad. Becerra et al. (2005) señalan que la compactación es un fenómeno natural que expresa la respuesta del plasma del suelo a las fuerzas dispersivas del agua, acelerado con el uso y manejo de los suelos y según Lowry et al. (1970), citado en FAO (2000), la capa compactada tiene efectos más negativos a 10 cm que a 20 o 30cm de profundidad.

Por su parte, en el trabajo de Reyes (2010) se demuestra que la compactación caracterizada por la reducción del tamaño, continuidad y cantidad de poros se origina por dos vías: la primera en forma pedogénica, debido a ciclos de humedecimiento, el efecto del tamaño de las gotas de lluvia sobre los agregados de baja estabilidad, lixiviación de partículas finas y transformación de óxidos y secado del suelo. La segunda vía es la antrópica, mediante el uso excesivo de equipos y maquinarias, manejo del cultivo, intensidad del uso del suelo e inadecuado manejo de los sistemas de riego y un elevado coeficiente de pérdida de materia orgánica, constituyéndose potencialmente la mayor amenaza para la productividad agrícola.

Melani (2013) apunta que un elevado porcentaje de sodio intercambiable (PSI), conduce a un reordenamiento poroso, aumentando los microporos con sus consecuencias en la circulación de agua y gases, así como la impedancia mecánica derivada de la pérdida de estructura.

5.5.3 Efectos en el suelo debido a la compactación.

La compactación del suelo es un problema muy grande para el crecimiento de las raíces de las plantas. Cuando la compactación incrementa las raíces en el suelo deben ejercer mayor fuerza para poder penetrar la capa compactada (University of Minnesota Extention, 2001).

Los efectos más importantes en el suelo debido a la compactación son: reducción de la aireación e infiltración de agua, alteración de la temperatura y la disponibilidad de nutrientes (Camargo et al, 1997). En esta investigación se discutirá el efecto de los mejoradores de suelo y la resistencia a la penetración.

El poco oxígeno suministrado debido a la compactación restringe la resistencia a la penetración de las raíces (USDA, 2003). En suelos de "alta resistencia" los esfuerzos necesarios para agrandar los poros debe ser mayor para permitir la fácil penetración de las raíces (Barley, 1954).

5.5.4 Efectos en el cultivo debido a la compactación

Los efectos de la compactación producen un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que repercute en una menor producción.

La disminución de la macro porosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del suelo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se agrava cuando se riega en forma excesiva, o bien en su ausencia llegando a producirse la muerte de las raíces. (Baver et al, 1972).

5.6. Resistencia mecánica a la penetración.

Zerpa y Sosa (2013) establecen un cuadro cuyos valores de resistencia a la penetración (RP) indican advertencias sobre los niveles que no causa restricciones para el desarrollo de las raíces.

La resistencia a la penetración es, junto con la porosidad, la variable más importante en los estudios sobre la compactación del suelo en relación con el enraizamiento se ha señalado que la principal ventaja de la penetrometría es la rapidez en la obtención de datos; esta característica le permite ser una herramienta de diagnóstico inicial sobre la condición física del suelo. (Breune, Nolin, & Caron, 1996). Vásquez (1991), demostró valores de resistencia a la penetración que oscilaron entre 130 Kpa en los primeros 5 cm de suelo utilizando un roturador de 15 cm de profundidad por otra parte Nevens (2003) detalla que a los 30 cm de perfil de suelo la resistencia a la penetración es mayor y aumenta conforme avanza en su profundidad en un suelo franco arenoso y de acuerdo a la aplicación de subsoladores la resistencia se redujo por debajo de 1mpa.

(Nevens & Reheul, 2003), Henríquez y Ortiz (2011) señalan valores altos de coeficientes de variación de 42.18 %. Menciona que la resistencia crítica del suelo la cual las raíces no crecen es afectada directamente por la humedad del suelo en cualquier etapa de desarrollo de la planta

5.6.1 La compactación sobre la biodiversidad del suelo.

Los parámetros físicos, químicos y biológicos de un suelo modificado nos permiten determinar el efecto de la compactación en las propiedades físicas y químicas del suelo y en última instancia la biodiversidad de este, según los estudios informan que la influencia negativa de la compactación del suelo sobre la biomasa microbiana y la mineralización está por encima 23 de una densidad aparente efectiva de 1,7 g / cm³ (Beylich, Oberholzer, & y Schrader, 2010).

García y Ramírez (2012) mencionan que las propiedades biológicas se relacionan directamente con las físicas y con las químicas.

5.7. Contenido de agua en el suelo.

El proceso de compactación del suelo está muy influenciada por el contenido de agua del suelo, ya que afecta la capacidad de resistencia a la penetración y la presión máxima permisible de tierra en el suelo, la vulnerabilidad de un suelo a la compactación en una humedad dada y el nivel de energía depende también de su contenido de arcilla y las características mineralógicas, que generalmente un suelo con muy bajo contenido de humedad es menos vulnerable a la compactación que un suelo con alto contenido de humedad (Muhammad, 2012).

Sin embargo, cuando el contenido de humedad es alto todos los poros del suelo se llenan con agua, el suelo se vuelve menos compresible, utilizando la densidad como el indicador a los aumentos de compactación conforme aumenta el contenido de agua hasta un límite (densidad crítica) después del cual disminuye con el contenido de agua creciente (Ishaq, Hassan, & Saeed, 2001).

5.8. Mejoradores de suelo

5.8.1. Mejoradores físicos

Para contrarrestar los problemas de compactación, debido a los aspectos ya señalados se podría utilizar enmiendas orgánicas y minerales, reducir las labores mecánicas, elegir adecuadamente los sistemas de riego o efectuar roturaciones al suelo (herculizada). Por su parte Suárez (2012) indica que la remoción con tres pases del Hércules (roturador) en media luna realizados en el cultivo de aguacate incrementa la porosidad y porcentaje de raíces vivas y, con esto, la actividad de los microorganismos del suelo, ligados a la mineralización de la materia orgánica y liberación del nitrógeno, que produce las mejores relaciones suelo-planta. Esta práctica debe efectuarse en suelo seco para su ruptura y disgregación, de lo contrario solo se efectuaría un corte vertical. Estévez y Eugenio (2006) afirman que, de acuerdo a las investigaciones, se conoce que la labor de roturación aporta resultados más favorables cuando se incorpora materia orgánica.

Mon (2007), utilizando subsolado en suelos franco limoso y franco-arcillo-
limosos en un cultivo de algodón, donde había una compactación
subsuperficial, aplicó una mezcla de cal con muriato de potasio en las
hendiduras a tres niveles de profundidad.

5.8.2. Mejoradores químicos

Mon (2008) con dosis de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de 600 kg. ha^{-1} , tuvo una
respuesta en el crecimiento, desarrollo y en los parámetros morfológicos
del cultivo y, a los 40 meses, se observaron los efectos físicos y químicos
positivos de la enmienda.

Aplicaciones de yeso de 5 Mg. Ha^{-1} mezcladas en suelo compacto,
determinaron una disminución de la compactación por debajo de los 5 cm
y la resistencia a la penetración nunca excedió de 2,5 Mpa (Mon, 2008). La
aplicación del yeso reduce las concentraciones de aluminio y/o
manganeso a niveles no tóxicos y, por lo tanto, estimula un enraizamiento
más profundo, mientras que la cal, siendo poco soluble, es efectiva en
capas superficiales.

(Sumner et al., 1986; Mon, 2008), menciona que el encalado tiene efectos
directos e indirectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas.
Dentro de los efectos directos cabe destacar que mejora la capacidad de
infiltración del agua en el suelo y como efecto indirecto, la aplicación de
yeso en un suelo compactado y ácido en profundidad logra disminuir el
efecto del aluminio soluble aumentando el calcio soluble lo que mejora la
resistencia a la penetración favoreciendo, además, el agrietamiento y, por
lo tanto, la aireación del suelo.

Steed et al. (1987) mencionan que la enmienda calcárea en profundidad mejora la sortividad del suelo y la capacidad de absorber el agua, disminuye la resistencia a la penetración y aumenta la productividad. Según FAO (s.f.) el limitado enraizamiento puede deberse a la presencia de concentraciones de niveles tóxicos de Al^{3+} y Mn^{2+} , alta salinidad o severa deficiencia nutricional, especialmente del fósforo o la ausencia de oxígeno por las variaciones del nivel freático.

El rompimiento de estas capas por medios mecánicos crea espacios porosos más grandes que facilitan el desarrollo radicular y, por ende, un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo y nutrientes de las capas más profundas. Además, sugiere que, aplicando cal, con o sin yeso, se mejora la estructura del suelo y se reduce la concentración de aluminio y manganeso a niveles no tóxicos, lo que estimula un mejor enraizamiento profundo; en cambio la aplicación solo de cal poco soluble es más efectiva en la capa superficial del suelo. Castellanos (2000), señala que en muchas regiones húmedas y semiáridas los suelos tienen una estructura inestable y tiende a dispersarse y formar una suspensión estable de partículas en el agua, desarrollando una estructura más compacta en la superficie del suelo. La dispersión de las arcillas es causada por la repulsión mutua entre las partículas de arcilla que resulta de la presencia de campos eléctricos negativos que la rodea; en cambio, la floculación es el proceso inverso, en la que la doble capa eléctrica, está suficientemente comprimida para que las fuerzas atractivas permitan la coagulación de las partículas de arcilla individuales en microagregados.

Dontsova et al. (2005) señalan que la aplicación de yeso puede reducir la dispersión y promover la floculación de los suelos, siendo esta necesaria para la formación y estabilización de la estructura del suelo, mejorando, por lo tanto, la infiltración y percolación del agua.

Por otra parte, el yeso ayuda a reducir la dispersión de las arcillas que conlleva a la formación de costras que dificulta la infiltración del agua y provoca escorrentías, mitiga la acidez y la toxicidad del aluminio, favoreciendo el enraizamiento y la capacidad de las plantas para absorber adecuadamente agua y nutrientes.

El calcio presente en el yeso puede intercambiarse con el sodio, conduciendo a la floculación de las partículas del suelo. El sodio es un elemento nocivo para el suelo, provoca la defloculación de las arcillas y el colapso de los agregados que conduce a la compactación de los suelos, a la pérdida de la infiltración y a severas limitaciones en la conducción vertical de los gases que dificulta la respiración de las raíces.

Chen y Dick (2011) añaden que la dispersión del suelo es causada principalmente por iones altamente hidratados, tales como Na^+ y Mg^{2+} atraídos a la superficie de las partículas de arcilla. La adición de Ca^{2+} soluble, puede superar los efectos de la dispersión de los iones de Na^+ y Mg^{2+} y ayudar a promover la floculación y desarrollo de una mejor estructura del suelo.

5.8.3. Mejorados biológicos

Goss (1991) indica que alrededor del 20% del carbono fijado por las plantas pasa al sistema de raíces y un quinto del mismo pasa directamente al suelo durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El resto contribuye a la materia orgánica del suelo cuando decae o muere, lo que promueve la estabilidad estructural y la disponibilidad de nutrientes. La cobertura vegetal que intercepta las gotas de lluvia y reduce la escorrentía, mejora la estructura y porosidad del suelo, aumenta la actividad biológica y la

capacidad de almacenaje de agua del mismo. Valadão (2014) indica que la inserción de plantas de cobertura en un sistema de rotación y sucesión de cultivos tiende a provocar una disminución en la compactación de los suelos.

Con una rotación de dos años con trigo y dos años con avena, se logró un incremento de los poros de tamaño medio (0.19 a 8.81 μm); sin embargo, los efectos benéficos de las plantas de cobertura sobre las propiedades físicas como infiltración del agua, conductividad hidráulica y resistencia a la penetración, no han sido comprobados, existen agentes físicos, químicos y biológicos que actúan en el desarrollo de las uniones que forman los agregados, siendo necesario la presencia de coloides floculados, que actúan como cemento en las partículas primarias con un alto potencial iónico, como por ejemplo el calcio.

FAO (s.f.) señala que el uso de cobertura vegetal actúa como un subsolador biológico, que penetra en los horizontes densos; además, se señala que los bioporos creados por las raíces son más estables que los formados por acción mecánica, en razón de la liberación de sustancias orgánicas, entre otros, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, que crean estabilidad en las superficies internas de los canales. La muerte de las raíces sufre una contracción dejando poros de diversos diámetros que permiten que el sistema radicular penetre y se desarrolle normalmente. Existen especies promisorias de cultivo de cobertura que han dado muestra de ser potenciales subsoladores biológicos. Uno de ellos es el pasto Bahia (*Paspalum notatum*) ya que cuando sus raíces se descomponen aportan bioporos, por lo que se convierte en una herramienta biológica de descompactación del suelo, así como la Festuca elatior, el pasto Guinea (*Panicum maximum*), la alfalfa (*Medicago sativa*), el gandul (*Cajanus cajan*), el caupi (*Vigna unguiculata*) y los árboles fijadores del nitrógeno como (*Tephrosia vogelii*).

(FAO, s.f.). Esta práctica de cobertura vegetal está siendo utilizada en plantaciones bananeras orgánicas, como el Kudzu (*Pueraria phaseoloide*) que, además de incorporar materia orgánica al suelo, posee un sistema radicular de más de 50 cm de longitud que sobrepasa la zona compactada, favoreciendo la formación de macroporos y mejorando la estructura del suelo.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización del experimento.

El proyecto se realizó en el potrero denominado Agosto, en la Comunidad de Agosto, perteneciente al municipio de Tuxpan Jalisco. El predio es propiedad de la empresa AGRICOLA AVOCAT, S S.P.R DE R.L. La superficie utilizada para este estudio consistió veinte tres hectáreas con plantación de aguacate.



Imagen 1.-Ubicación del área experimental.

6.2 Materiales utilizados

- Predio establecido con aguacate
- Mejoradores de suelo
- Sistema de riego automatizado
- Libreta de anotaciones
- Cinta métrica
- Cinta de seguridad para delimitar los espacios de los tratamientos

- Cámara fotográfica
- Lentes de seguridad
- Botas de plástico
- Mascarilla para aplicación de mejoradores
- Overol
- Guantes
- Pala
- Penetrómetro

Cuadro 1 Descripción del producto REGENSOIL - WP

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
REGENSOIL -WP	REGENSOIL-WP	Derivado de Trifosfato penta sódico. (Fósforo asimilable)	55.4%	

Fuente: SUMMIT AGRO MEXICO.

Cuadro 2 Descripción del producto AQUATEY

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
AQUATEY	Acondicionador de suelos y aguas duras.	Acido carboxílico Ácido fosfórico	28.26% 38.26%	20 L

Fuente: AGROTEY.

Cuadro 3 Descripción del producto ARRECIFE

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
ARRECIFE	NEMATICIDA BIOLÓGICO	Paecilomyces lilacinus Bacillus firmus	3x10 ⁹ UFC/g 5x10 ⁸ UFC/g	3.4% 2.6%

Fuente: QUIMICA AGRONOMICA DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.

Cuadro 4 Descripción del producto Melaza de caña

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
MELAZA DE CAÑA.	MELAZA DE CAÑA.	pH C. E. (mS/cm) DENSIDAD (Kg/l) HUMEDAD (%) CENIZAS MATERIA ORGÁNICA (%) EXTRACTO HUMICO TOTAL (%) NITRÓGENO TOTAL (%N) FOSFORO TOTAL (% P2O5) POTASIO TOTAL (% K2O)	5.0 31.5 1.4 26.0 (a 110°C) 12.30 61.7 56.5 1.3 0.5 4.0	

Fuente: C+E Analítica.

Cuadro 5 Descripción del producto MILINI

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
MILINI	BEAUVERIA BASSIANA/ INSECTICIDA BIOLÓGICO	Beauveria bassiana	(Equivalente a 14 g/kg con una concentración de 3x10 ⁹ conidios/g)	1.4%

Fuente: AMVAC MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.

Cuadro 6 Descripción del producto Nutrí complex I

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
NUTRI COMPLEX.	Micronutrientes	abezetacid	2.5 %	
	Quelatado	(Moléculas Orgánicas Balanceadas	2.5 %	
		Balanceadas de Alta Solubilidad	3.0 %	
		“MOBAS”) Agente Quelatante	2.0 %	
		Hierro (Fe)	3.0 %	
		Magnesio (Mg)		
		Zinc (Zn)		

Fuente: JJ humus S.A de C.V.

Cuadro 7 Descripción del producto H-HEALTH I

Nombre comercial	Nombre común	Formulación	Concentración	Peso
H-HEALTH	Ácidos húmicos		Fuente líquida	

Fuente: VIDANTA AGRICULTURE.

6.3 Selección de cultivo, variedad y estado fenológico.

El presente estudio se desarrolló en un predio a campo abierto, donde se realizó el reconocimiento y manejo de la aplicación de descompactadores durante la floración, amarre y desarrollo vegetativo en aguacate variedad Méndez.

6.4 Manejo Agronómico.

6.4.1. Preparación de suelo

Para el presente estudio no se realizó la preparación del suelo en el predio ya que el cultivo ya se encontraba establecido con aguacate.

6.4.2. Manejo de descompactadores de suelo en aguacate

La aplicación de descompactadores se aplicó directamente en riegos presurizados. Con emisores a una distancia de un metro del tallo del aguacate.

6.4.3. Riegos del aguacate

El aguacate es muy exigente en agua durante todo su desarrollo. El riego se aplicó mediante un sistema presurizado de microaspersión con la finalidad de tener un riego controlado. Este sistema de riego de microaspersión presentó múltiples ventajas: la aplicación del producto en el área deseada, y una uniformidad en todo el bloque al momento de las aplicaciones de los descompactadores.

6.5 Variable de estudio.

La variable del estudio fue la evaluación de la compactación en el suelo.

6.6 Aplicación de los tratamientos evaluados.

Cuadro 8 Aplicación de los tratamientos I

Tratamiento	Producto	Dosis	Aplicaciones
1	Ácidos húmicos	7.5 litros/Ha	20
2	Trifosfato penta sódico	2 litros/Ha	20
3	Ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos	2.5 litros/Ha	20
4	Microorganismos	25 litros/Ha	20
Testigo			

Fuente: elaboración propia a partir de trabajo de investigación

6.7 Monitoreo.

Los mejoradores de suelos fueron aplicados a los 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 112, 120 y 128 días. Las dosis utilizadas se determinaron en función de las recomendaciones del asesor técnico. Posterior a esto se realizaron análisis de pasta saturada en laboratorio. (Anexos)

6.8 Diseño experimental.

Los datos experimentales se consideraron como un bloque completamente al azar y para su análisis estadístico se empleó el modelo:

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

donde:

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del tratamiento

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ε_{ij} = Valor aleatorio, error experimental de la unidad experimental ij

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

6.9 Distribución de los tratamientos

En el cuadro 9 se puede observar cómo fue la distribución de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 9 Distribución de los tratamientos

<i>Bloques completamente al azar</i>		
<i>Distribución de tratamientos</i>		
<i>Bloque I</i>	<i>Bloque II</i>	<i>Boque III</i>
<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>
<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
<i>T5</i>	<i>T4</i>	<i>T3</i>
<i>T4</i>	<i>T3</i>	<i>T5</i>
<i>T3</i>	<i>T5</i>	<i>T4</i>

7.0 Análisis estadístico

7.1 Comparación de medias y diferencia mínima de Tukey

Para el análisis de variables cuantitativas, se utilizó el paquete estadístico SAS, el cual al ingresar la información obtenida analiza mediante análisis de varianza, si en este análisis se registra que existe diferencia mínima significativa, se lleva a cabo la comparación de medias y diferencia mínima de Tukey con una confiabilidad del 95%.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

7.1. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Primera fecha.

La variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo presento un efecto positivo y diferencias estadísticas homogéneas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de efecto en la compactación al utilizar el T2 a base de trifosfato penta sódico con una media menor de 250.00 psi siendo el que mejor efecto obtuvo en comparación con el testigo que tiene una media mayor de 487.78 psi (Grafica 1)

Tabla 1 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha.

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C30PSI

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	332444.4444	55407.4074	7.65	<.0001
Error	38	275346.6667	7245.9649		
Total corregido	44	607791.1111			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de C30PSI
0.546972	25.00356	85.12323	340.4444

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	4	325480.0000	81370.0000	11.23	<.0001
BLO	2	6964.4444	3482.2222	0.48	0.6221

Fuente: SAS Institute Inc. Software Versión Studio.

En esta variable la prueba ANOVA (tabla 1) mostro diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en el tratamiento 2 en comparación con el testigo. Los resultados arrojados mostraron homogeneidad en los

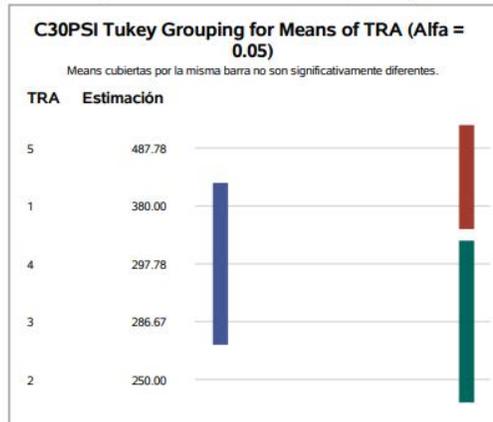
tratamientos en el mejorador a base de trifosfato penta sódico en comparación con el testigo. Se puede observar que el valor de la probabilidad es menor a 0.05 lo que indica que existe diferencia entre los tratamientos por lo tanto el uso de mejoradores de suelos a base de trifosfato penta sódico si ejerció un efecto en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate primera fecha. Mueller, Schindler y Mirschel, (2010) que la estructura de suelo es vulnerable a los cambios por la compactación. Para evaluar la compactación se incluyen muchos parámetros físicos como la porosidad, la densidad aparente, la infiltración, y la resistencia a la penetración.

Tabla 2 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha.

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para C30PSI

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	38
Error de cuadrado medio	7245.965
Valor crítico del rango estudentizado	4.04898
Diferencia significativa mínima	114.89



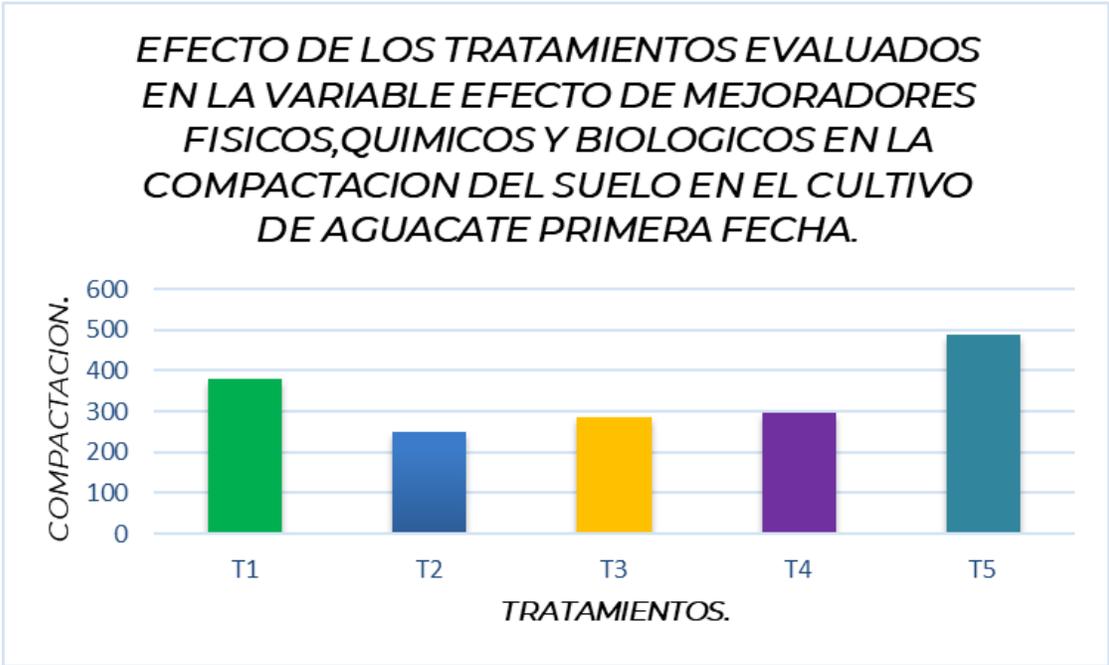
Fuente: SAS Institute Inc. Software Versión Studio.

En el procedimiento de Tukey (tabla 2) para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en

el cultivo de aguacate primera fecha dividió los grupos en 3 grupos. En el grupo barra azul se encuentran los tratamientos T1, T3 Y T4 el cual corresponden a los mejoradores a base de ácidos húmicos, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos y microorganismos con una media de 380.00 psi, 286.67 psi y 297.78 psi, en el grupo barra roja se encuentra el T5 el cual corresponde al testigo con una media mayor de 487.78 psi siendo este con el que menos resultados se obtuvieron, el grupo barra verde se encuentra el tratamiento T2 el cual corresponde al mejorador a base de trifosfato penta sódico con una media menor de 250.00 psi siendo este con el que mejor efecto sobre la compactación del suelo se obtuvo. Fernández (1997) indica que los factores que condicionan la compactación del suelo son la intensidad de la fuerza aplicada y la estructura de la zona que se compacta. En razón de que uno de estos factores depende del estado físico del suelo y el otro de la forma de compactación, los dos interactúan.

Al observar los resultados obtenidos en la variable evaluada podemos observar en la gráfica 1 que, existen diferencias homogéneas entre los tratamientos siendo el tratamiento 2 mejorador a base trifosfato penta sódico el que muestra un mejor comportamiento con relación al efecto sobre la compactación del suelo en el cultivo de aguacate en comparación con el testigo.

Grafica 1 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate primera fecha



Fuente: SAS Institute Inc. Software Versión Studio.

7.2. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Segunda fecha.

La variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo presento un efecto positivo y diferencias estadísticas homogéneas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de efecto en la compactación al utilizar el T2 a base de trifosfato penta sódico con una media menor de 267.78 psi siendo el que mejor efecto obtuvo en comparación con el testigo que tiene una media mayor de 466.67 psi (Grafica 2)

Tabla 3 Procedimientos de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivos de Aguacate segunda fecha.

Procedimiento ANOVA					
Variable dependiente: C30PSI					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	260928.8889	43488.1481	3.85	0.0043
Error	38	429702.2222	11307.9532		
Total corregido	44	690631.1111			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de C30PSI
0.377812	28.16509	106.3389	377.5556

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	4	240164.4444	60041.1111	5.31	0.0017
BLO	2	20764.4444	10382.2222	0.92	0.4079

Fuente: SAS Institute Inc. Software Versión Studio.

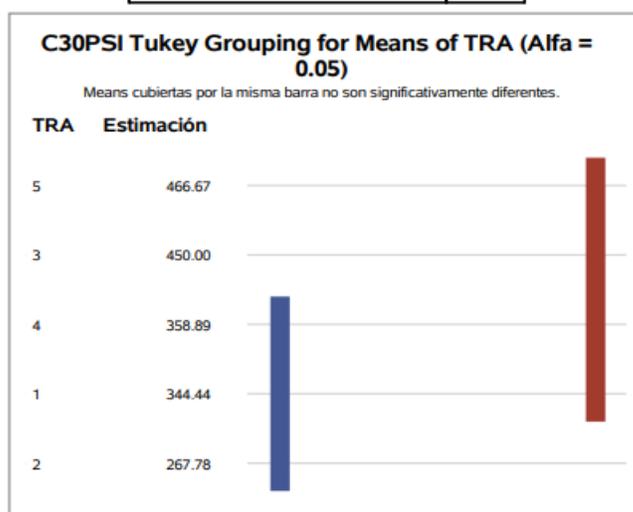
En esta variable la prueba ANOVA (tabla 3) mostro diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en el tratamiento 2 en comparación con el testigo. Los resultados arrojados mostraron homogeneidad en los tratamientos en el mejorador a base de trifosfato penta sódico en comparación con el testigo. Se puede observar que el valor de la probabilidad es menor a 0.05 lo que indica que existe diferencia entre los tratamientos por lo tanto el uso de mejoradores de suelos a base de trifosfato penta sódico si ejerció un efecto en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate segunda fecha. Mon (2008) con dosis de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de 600 kg. ha^{-1} , tuvo una respuesta en el crecimiento, desarrollo y en los parámetros morfológicos del cultivo y, a los 40 meses, se observaron los efectos físicos y químicos positivos de la enmienda.

Tabla 4 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para C30PSI

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	38
Error de cuadrado medio	11307.95
Valor crítico del rango estudentizado	4.04898
Diferencia significativa mínima	143.52

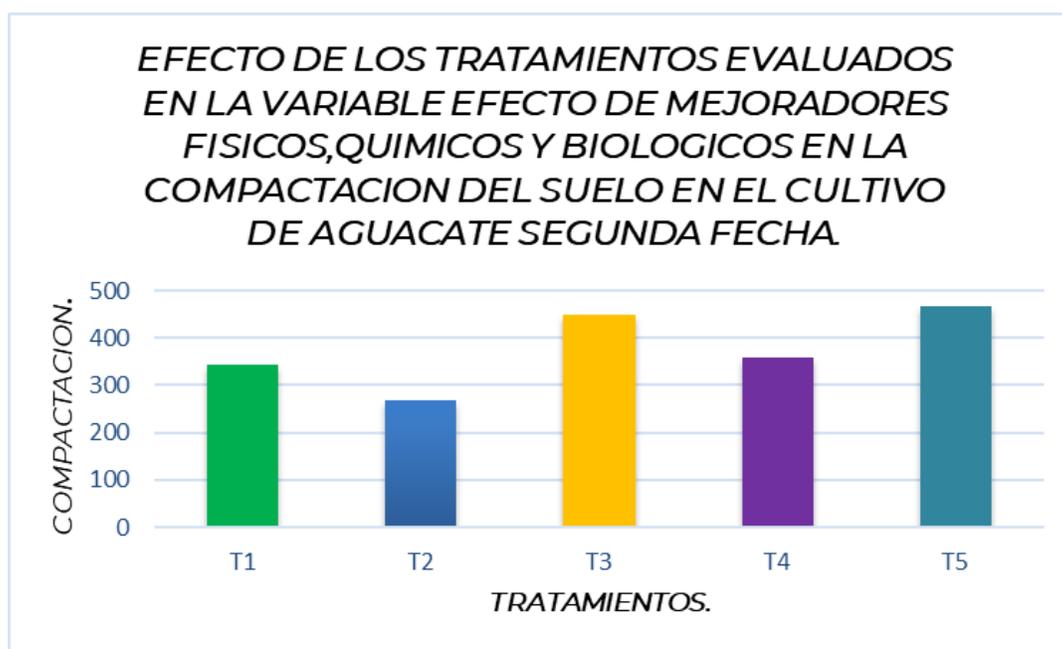


Fuente: SAS Institute Inc. Software Versión Studio.

En el procedimiento de Tukey (tabla 4) para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate segunda fecha dividió los grupos en 2 grupos. En el grupo barra azul se encuentran los tratamientos T1, T3, T4 Y T5 los cual corresponden a los mejoradores a base de ácidos húmicos, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos, microorganismos y testigo con una media mayor de 344.44 psi, 450.00 psi, 358.89 psi y 466.67 psi siendo estos con el que menores resultados se obtuvieron, el grupo barra roja se encuentra el tratamiento T2 el cual corresponde al mejorador a base de trifosfato penta sódico con una media menor de 267.78 psi siendo este con el que mejor efecto sobre la compactación del suelo se obtuvo. Dontsova et al. (2005) señalan que la aplicación de yeso puede reducir la dispersión y promover la floculación de los suelos, siendo esta necesaria para la formación y estabilización de la estructura del suelo, mejorando, por lo tanto, la infiltración y percolación del agua. Por otra parte, el yeso ayuda a reducir la dispersión de las arcillas que conlleva a la formación de costras que dificulta la infiltración del agua y provoca escorrentías, mitiga la acidez y la toxicidad del aluminio, favoreciendo el enraizamiento y la capacidad de las plantas para absorber adecuadamente agua y nutrientes.

Al observar los resultados obtenidos en la variable evaluada podemos observar en la gráfica 2 que, existen diferencias homogéneas entre los tratamientos siendo el tratamiento 2 el mejorador a base de trifosfato penta sódico el que muestra un mejor comportamiento con relación al efecto sobre la compactación del suelo en el cultivo de aguacate en comparación con el testigo.

Grafica 2 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

7.3. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Tercera fecha.

La variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo presento un efecto positivo y diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de efecto en la compactación al utilizar el T4 a base de microorganismos con una media menor de 376.67 psi siendo el que mejor efecto obtuvo en comparación con el T2 que tiene una media mayor de 518.89 (Grafica 3)

Tabla 5 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate segunda fecha

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C30PSI

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	131315.5556	21885.9259	3.22	0.0117
Error	38	258204.4444	6794.8538		
Total corregido	44	389520.0000			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de C30PSI
0.337121	19.22960	82.43090	428.6667

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	4	109142.2222	27285.5556	4.02	0.0082
BLO	2	22173.3333	11086.6667	1.63	0.2090

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

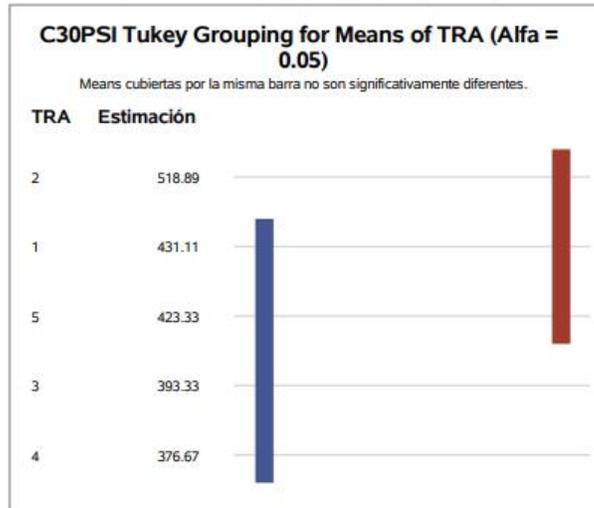
En esta variable la prueba ANOVA (tabla 5) mostro diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el tratamiento 4 en comparación con el T2. Los resultados arrojados mostraron resultados significativos en los tratamientos en el mejorador a base de microorganismos en comparación con el T2. Se puede observar que el valor de la probabilidad es menor a 0.05 lo que indica que existe diferencia entre los tratamientos por lo tanto el uso de microorganismos si ejerció un efecto en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate tercera fecha. Steed et al. (1987) mencionan que la enmienda calcárea en profundidad mejora la sortividad del suelo y la capacidad de absorber el agua, disminuye la resistencia a la penetración y aumenta la productividad. Según FAO (s.f.) el limitado enraizamiento puede deberse a la presencia de concentraciones de niveles tóxicos de Al^{3+} y Mn^{2+} , alta salinidad o severa deficiencia nutricional, especialmente del fósforo o la ausencia de oxígeno por las variaciones del nivel freático.

Tabla 6 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Tercera fecha

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para C30PSI

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	38
Error de cuadrado medio	6794.854
Valor crítico del rango estudentizado	4.04898
Diferencia significativa mínima	111.25



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

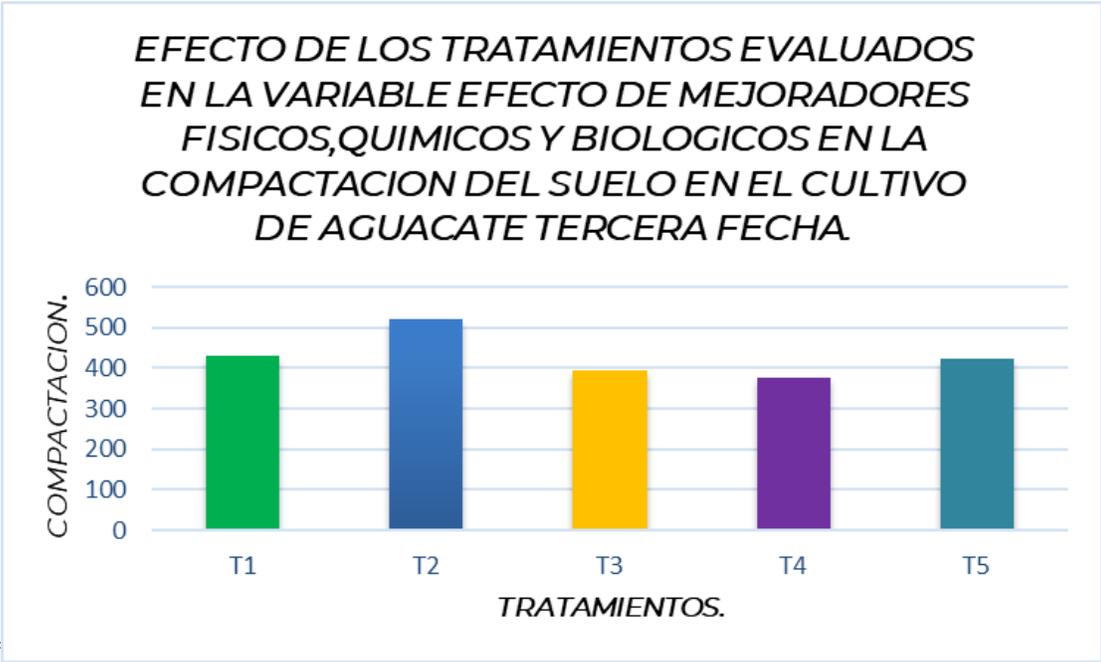
En el procedimiento de Tukey (tabla 6) para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en

el cultivo de aguacate tercera fecha dividió los grupos en 2 grupos. En el grupo barra azul se encuentran los tratamientos T1, T3, T4 Y T5 el cual corresponde a los mejoradores a base de ácidos húmicos, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos, microorganismos y testigo con una media menor de 431.11 psi, 393.33 psi, 376.67 psi y 423.33 psi siendo estos con el que mejores resultados se obtuvieron, el grupo barra roja se encuentra el tratamiento T2 el cual corresponde al mejorador a base de trifosfato penta sódico con una media mayor de 518.89 psi siendo este con el que menor efecto sobre la compactación del suelo se obtuvo. Castellanos (2000), señala que en muchas regiones húmedas y semiáridas los suelos tienen una estructura inestable y tiende a dispersarse y formar una suspensión estable de partículas en el agua, desarrollando una estructura más compacta en la superficie del suelo. La dispersión de las arcillas es causada por la repulsión mutua entre las partículas de arcilla que resulta de la presencia de campos eléctricos negativos que la rodea; en cambio, la floculación es el proceso inverso, en la que la doble capa eléctrica, está suficientemente comprimida para que las fuerzas atractivas permitan la coagulación de las partículas de arcilla individuales en microagregados.

Al observar los resultados obtenidos en la variable evaluada podemos observar en la gráfica 3 que, existen diferencias significativas entre los

tratamientos siendo el tratamiento 4 a base del mejorador microorganismos el que muestra un mejor comportamiento con relación al efecto sobre la compactación del suelo en el cultivo de aguacate en comparación con el T2.

Grafica 3 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate tercera fecha.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

7.4. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Cuarta fecha.

La variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo presento diferencias estadísticas homogéneas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de efecto en la compactación al utilizar el T1 a base de ácidos húmicos con una media menor de 416.67 psi siendo el que mejor efecto obtuvo en comparación con el T3 que tiene una media mayor de 538.89 psi (Grafica 4)

Tabla 7 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate cuarta fecha

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: C30PSI

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	139693.3333	23282.2222	1.58	0.1788
Error	38	558831.1111	14706.0819		
Total corregido	44	698524.4444			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de C30PSI
0.199983	25.00957	121.2686	484.8889

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	4	102968.8889	25742.2222	1.75	0.1591
BLO	2	36724.4444	18362.2222	1.25	0.2984

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

En esta variable la prueba ANOVA (tabla 7) no mostro diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el tratamiento 1,2,3, 4 y 5. Los resultados arrojados mostraron homogeneidad en los tratamientos evaluados en los diferentes mejoradores en comparación con el testigo.

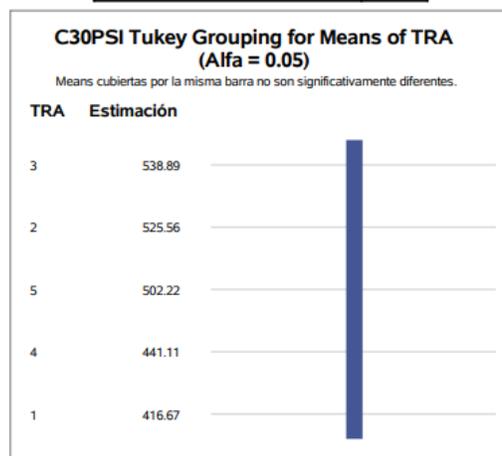
Se puede observar que la F calculada es menor que la F de tablas por lo tanto se puede constatar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate cuarta fecha. Valadão (2014) indica que la inserción de plantas de cobertura en un sistema de rotación y sucesión de cultivos tiende a provocar una disminución en la compactación de los suelos.

Tabla 8 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivos de Aguacate cuarta fecha

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para C30PSI

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	38
Error de cuadrado medio	14706.08
Valor crítico del rango estudentizado	4.04898
Diferencia significativa mínima	163.67



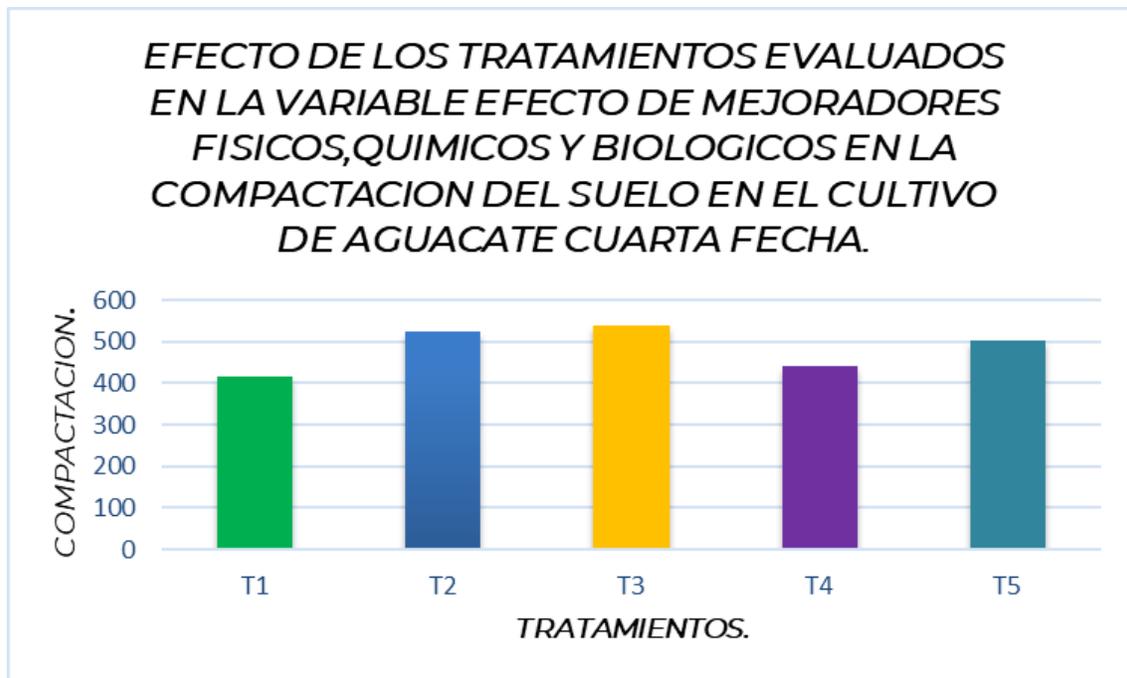
Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

En el procedimiento de Tukey (tabla 8) para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en

el cultivo de aguacate cuarta fecha dividió los grupos en una sola barra, por lo tanto, las diferencias entre las medias que comparten una misma barra no son estadísticamente significativas. En el T3 arrojó una media mayor de 538.89 psi el cual corresponde al mejorador ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos, siendo este con el que menores resultados se obtuvieron, en comparación con el T1 el cual corresponden al mejorador a base de ácidos húmicos con una media menor de 416.67 psi siendo este con el que mejor efecto sobre la compactación del suelo se obtuvo. Suárez (2012) indica que la remoción con tres pases del Hércules (roturador) en media luna realizados en el cultivo de aguacate incrementa la porosidad y porcentaje de raíces vivas y, con esto, la actividad de los microorganismos del suelo, ligados a la mineralización de la materia orgánica y liberación del nitrógeno, que produce las mejores relaciones suelo-planta. Esta práctica debe efectuarse en suelo seco para su ruptura y disgregación, de lo contrario solo se efectuaría un corte vertical.

Al observar los resultados obtenidos en la variable evaluada podemos observar en la gráfica 4 que, no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Grafica 4 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate cuarta fecha.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

7.5. Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Quinta fecha.

La variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo obtuvo un efecto positivo y diferencias estadísticas homogéneas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de efecto en la compactación al utilizar el T3 a base de ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos con una media menor de 377.78 psi siendo el que mejor efecto obtuvo en comparación con el testigo que tiene una media mayor de 547.78 psi (Grafica 5)

Tabla 9 Procedimiento de ANOVA para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate Quinta fecha

Procedimiento ANOVA
Variable dependiente: C30PSI

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	225164.4444	37527.4074	5.19	0.0006
Error	38	275026.6667	7237.5439		
Total corregido	44	500191.1111			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de C30PSI
0.450157	18.51218	85.07376	459.5556

Origen	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
TRA	4	198146.6667	49536.6667	6.84	0.0003
BLO	2	27017.7778	13508.8889	1.87	0.1686

Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

En esta variable la prueba ANOVA (tabla 9) arrojo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el tratamiento 3 en comparación con

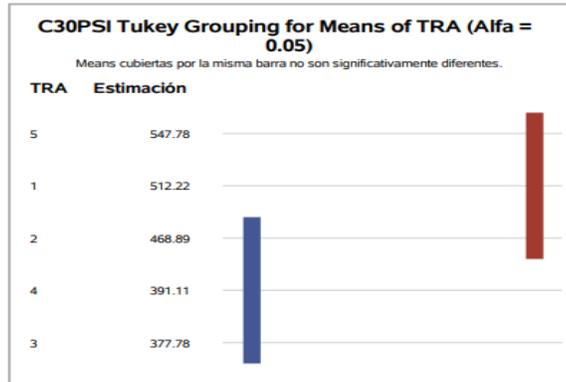
el testigo. Se puede observar que el valor de la probabilidad es menor a 0.05 lo que indica que existe diferencia entre los tratamientos por lo tanto el uso de ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos si ejerció un efecto en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate quinta fecha. Goss (1991) indica que alrededor del 20% del carbono fijado por las plantas pasa al sistema de raíces y un quinto del mismo pasa directamente al suelo durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El resto contribuye a la materia orgánica del suelo cuando decae o muere, lo que promueve la estabilidad estructural y la disponibilidad de nutrientes. La cobertura vegetal que intercepta las gotas de lluvia y reduce la escorrentía, mejora la estructura y porosidad del suelo, aumenta la actividad biológica y la capacidad de almacenaje de agua del mismo.

Tabla 10 Procedimiento de Tukey para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate quinta fecha

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para C30PSI

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	38
Error de cuadrado medio	7237.544
Valor crítico del rango estudentizado	4.04898
Diferencia significativa mínima	114.82



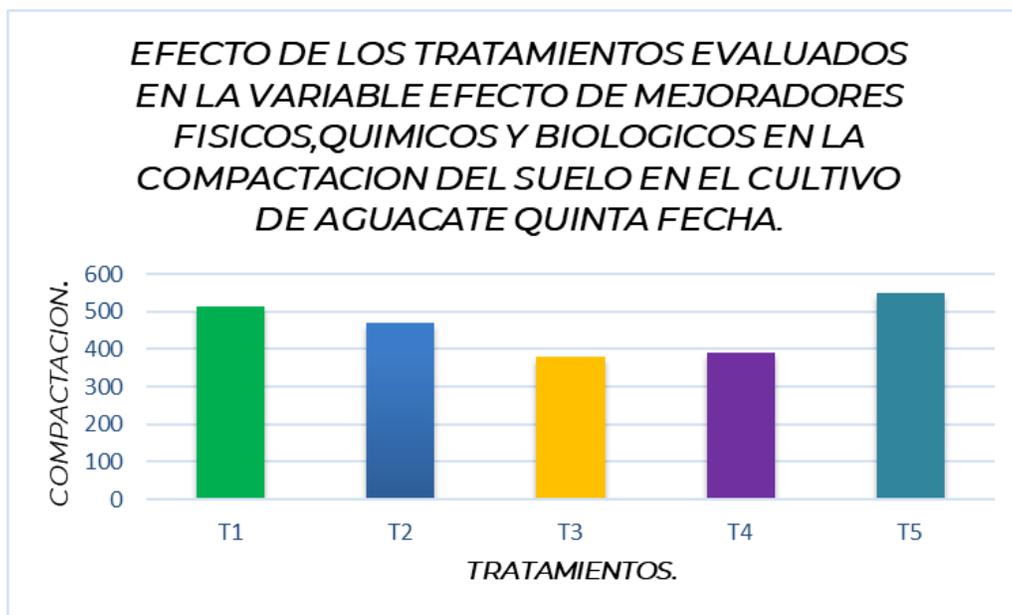
Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

En el procedimiento de Tukey (tabla 10) para la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de aguacate quinta fecha dividió los grupos en 2 grupos. En el grupo barra azul se encuentran los tratamientos 2,3 y 4 el cual corresponden a los mejoradores a base de trifosfato penta sódico, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos y microorganismos con una media menor de 468.89 psi 377.78 psi y 391.11 psi siendo estos con el que mejores resultados se obtuvieron, en el grupo barra roja se encuentran los tratamientos T1 Y T5 el cual corresponden al mejorador a base de ácidos húmicos y al testigo con una media de mayor 512.22 psi y 547.78 psi siendo este con el que menor efecto sobre la compactación del suelo se obtuvo. Valadão (2014) indica que la inserción de plantas de cobertura en un

sistema de rotación y sucesión de cultivos tiende a provocar una disminución en la compactación de los suelos.

Al observar los resultados obtenidos en la variable evaluada podemos observar en la gráfica 5 que si existen diferencias significativas entre los tratamientos siendo el tratamiento 3 el mejorador a base de ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos el que muestra un mejor comportamiento con relación al efecto sobre la compactación del suelo en el cultivo de aguacate en comparación con el testigo.

Grafica 5 Efecto de los tratamientos en la variable efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate quinta fecha.



Fuente: SAS Institute Inc. Software Version Studio.

7.6. Comparativa de análisis de fertilidad y extracción.

Cuadro 10 Comparativa de análisis de extracto

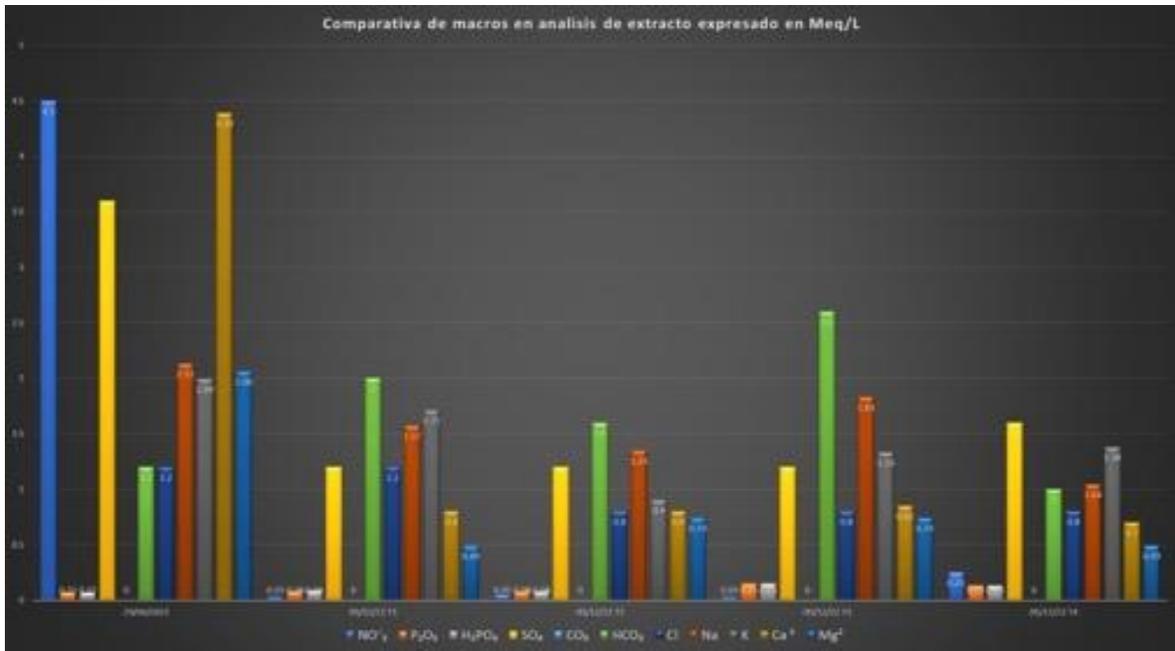
Comparativa de analisis de extracto																						
	Meq/L											ppm					RAS	Sales nocivas en Meq/L	Sales nutriente en Meq/L	Producto evaluado	Costo por tratamiento	CE
FECHA DE EMISION	NO ₃	P ₂ O ₅	H ₂ PO ₄	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Cl	Na	K	Ca ²	Mg ²	Fe ²	Zn ²	Cu ²	Mn ⁴	B ³						
29/06/2022	4.5	0.07	0.07	3.6	0	1.2	1.2	2.13	1.99	4.39	2.06	39.4	7.9	9	2.5	0.8	3 < 1.18	4.53	16.68091	Testigo		1.41
05/12/22 T1	0.03	0.08	0.09	1.2	0	2	1.2	1.57	1.71	0.8	0.49	23.3	9.5	10.2	2.7	0.58	3 < 1.96	4.77	4.40079	H-health	\$157,440	0.61
05/12/22 T2	0.05	0.08	0.08	1.2	0	1.6	0.8	1.35	0.9	0.8	0.74	35.3	6.3	9	2.8	0.41	3 < 1.55	3.75	3.85087	Regensoil-wp	\$90,938.09	0.5
05/12/22 T3	0.03	0.15	0.15	1.2	0	2.6	0.8	1.83	1.33	0.85	0.74	10.3	7.6	11.7	5	0.57	3 < 2.05	5.23	4.45064	Aquatey	\$ 30,729.45	0.64
05/12/22 T4	0.25	0.13	0.13	1.6	0	1	0.8	1.04	1.38	0.7	0.49	45.6	8.5	8.4	5.4	0.77	3 < 1.35	2.84	4.68116	Microorganismos	\$262,807	0.5

Fuente : elaboracion propia apartir del trabajo de investigacion.

En el cuadro anterior se puede observar la comparativa de los analisis de extracto saturado en cada uno de los diferentes tratamientos tomando en cuenta la primer fecha que fue antes de la aplicación de los productos mejoradores de suelo, en donde se puede observar los macro y micro nutrientes expresados en Meq/L y ppm.

Asi mismo se integro la relacion absorcion sodio (RAS), sales nurientes, sales nocivas, los diferentes productos evaluados, costo por tratamiento y la conductividad electrica (CE).

Grafica 6 Comparativa de análisis de extracto de macroelementos expresados en meq/L..



Fuente : elaboracion propia apartir del trabajo de investigacion

En la grafica anterior se puede observar la comparativa de los analisis de extracto saturado en cada uno de los diferentes tratamientos tomando en cuenta la primer fecha que fue antes de la aplicación de los productos mejoradores de suelo en donde se puede observar los macronutrientes expresados en Meq/L.

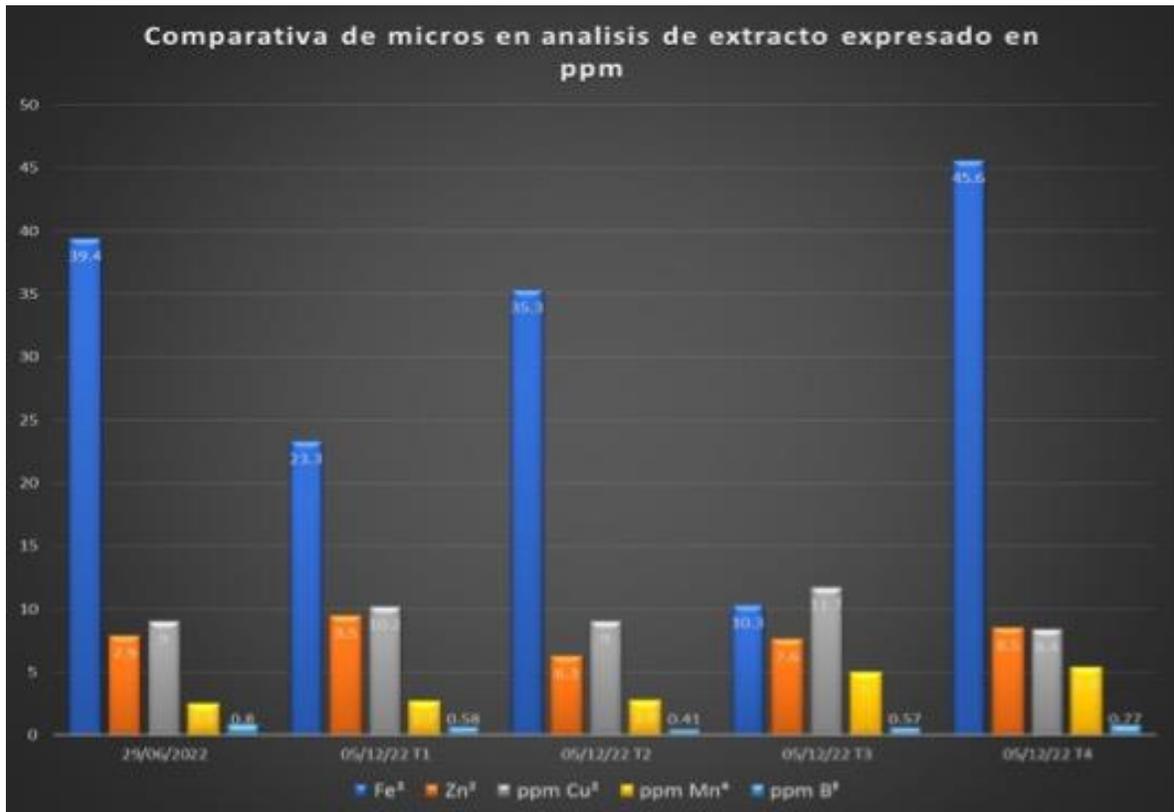
Cuadro 11 Comparativa de análisis de extracto de microelementos expresados en ppm.

	Ppm				
FECHA DE EMISION	Fe²	Zn²	Cu²	Mn⁴	B³
29/06/2022	39.4	7.9	9	2.5	0.8
05/12/22 T1	23.3	9.5	10.2	2.7	0.58
05/12/22 T2	35.3	6.3	9	2.8	0.41
05/12/22 T3	10.3	7.6	11.7	5	0.57
05/12/22 T4	45.6	8.5	8.4	5.4	0.77

Fuente : elaboracion propia apartir del trabajo de investigacion

En el cuadro anterior se puede observar la comparativa de los analisis de extracto saturado en cada uno de los diferentes tratamientos tomando en cuenta la primer fecha que fue antes de la aplicación de los productos mejoradores de suelo, en donde se puede observar los micronutrientes expresados en ppm.

Grafica 7 Comparativa de análisis de extracto de microelementos expresados en ppm



Fuente : elaboracion propia apartir del trabajo de investigacion

En la grafica anterior se puede observar la comparativa de los analisis de extracto saturado en cada uno de los diferentes tratamientos tomando en cuenta la primer fecha que fue antes de la aplicación de los productos mejoradores de suelo, en donde se puede observar los micronutrientes expresados en ppm.

VIII. CONCLUSIONES.

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un importante cultivo tropical originario de Mesoamérica; actualmente esta especie está distribuida por todo el mundo y México es el principal productor. El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, es por eso que surge la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico. La compactación, considerada como el enemigo oculto del agricultor, es causa del deterioro del suelo, ya que provoca la pérdida de porosidad y el endurecimiento de los horizontes superficiales. Los mejoradores de suelos son productos que se añaden al suelo para influir de manera positiva en disminuir la resistencia mecánica del suelo velocidad de infiltración y la aireación.

Los resultados obtenidos en la variable evaluada en las diferentes fechas mostraron que el uso de mejoradores físicos, químicos y biológicos en el suelo del cultivo de aguacate durante la floración, amarre y desarrollo vegetativo tuvieron resultados positivos siendo el tratamiento 2 a base de trifosfato penta sódico donde se obtuvo una media menor en 2 fechas el que mejores resultados presento con medias menores de 250.00 psi, 267.78 psi seguido de los tratamientos 1, 3 y 4 a base de ácidos húmicos, ácidos carboxílicos y ácidos fosfóricos y microorganismos con medias menores de 376.67 psi, 416.67 psi y 377.78 psi por lo tanto los mejoradores disminuyen la resistencia mecánica a la penetración del suelo y por lo tanto disminuye la compactación de suelos en el cultivo de aguacate.

IX LITERATURA CITADA.

(IIEGA, 2020). Instituto internacional de ecología.

(IIEGA, 2020). Instituto internacional de ecología.

(SIAP 2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

(SIAP 2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Aguilera, J. and S. Salazar. 1991. The avocado industry in Michoacán, México.
South African Avocado Growers' Association Yearbook 14:94-97.

ALVARADO A., FORSYTHE W. 2005. Variación de la densidad aparente en
órdenes de suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(1):85-
94.

Barley, K. (1954). Effect of root growth and decay on the permeability of a
synthetic sandy loam. SoilSci 78, 205-211.

Barrientos-Priego, A. F., López-López, L. (2000). Historia y genética del
aguacate. El aguacate y su manejo integrado. Mundi-Prensa, Distrito
Federal, México, 19-31.

Baver, L., Gardner, W., & Gardner, W. (1972). física de suelos. México: Centro
Regional de Ayuda Técnica.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H.; GADNER, W.R. (1991). Física de Suelos.
Limusa, México: 529pp.

BECERRA, C.; MADERO, E.; HERRERA, O.; AMÉZQUITA, E. (2005).
Caracterización espacial de la compactación en terrenos agrícolas

de CIAT, Colombia. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 8(16): 33-39.

BENGOUGH A.G., MULLINS C.E. 1991. Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in two Sandy soils. Plant and Soil. 131(1):59-66.

Betancourt, G. A. (Sin fecha). Buenas Prácticas Agrícolas para el Cultivo de Plátano. Manejo del Suelo.

Beylich, A., Oberholzer, H., & y Schrader, S. (2010). Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. Soil Till Res, 109(133).

Breune, I., Nolin, J., & y Caron, S. (1996). La pénétrometrie et son utilisation dans la caractérisation de la qualité des sols. Agrosol, 9(2).

Busscher, W. y J. Lipiec. 1993. Early growth of maize in compacted soil with fine and coarse structure. International Agrophysics 7: 77-83.

Camargo, O. A., & Alleoni, L. R. (1997). Compactando do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Degaspar.

CASTELLANOS, J.Z. (2000). Manual de interpretación de Análisis de suelo y Aguas. Segunda edición. Intagri. S.c. Guanajuato. México. 226p.

CHEN, K.; DICK, W. (2011). Gypsum as an Agricultural Amendment, General Use Guidelines. The Ohio State University. 36pp.

Coral E, D., Lozano, M., & Moreno C, D. (Julio de 2011). Prácticas Culturales y de Manejo de Suelos ante los Efectos de la Variabilidad Climática desde la Finca del Productor. 52. Bogotá, Colombia: Produmedios.

- Coria, A. (2008). Tecnología para la Producción de Aguacate en México. 2da. Edición. Uruapan, Michoacán: INIFAP.
- Coria, A. (2008). Tecnología para la Producción de Aguacate en México. 2da. Edición. Uruapan, Michoacán: INIFAP.
- Craul, P.J. 1994. The nature of urban soils: their problems and future. *Arboricultural J.* 18: 275-287.
- DAMIANO F. MOSCHINI R.C. (2011). Intervalo Hídrico Óptimo en suelos Argiudoles plantados con *Eucalyptus dunnii* MAIDEN Cl. *Suelo (Argentina)* 29: 1-11.
- DONSOVA, K.; LEE, Y.B.; SLATER, B.K.; BIGHAN, J.M. (2005). Gypsum for agricultura Use in Ohi- Sources and Quality of available products. The Ohi State University. 5pp.
- Duval, E., Galantini, J., & y Martínez, J. (Junio de 2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región Pampeana: efecto de las prácticas de manejo. *Ciencias Agropecuarias*, 15(25).
- Duval, E., Galantini, J., & y Martínez, J. (Junio de 2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región Pampeana: efecto de las prácticas de manejo. *Ciencias Agropecuarias*, 15(25).
- ESTEVEZ, G.; EUGENIO, A. (2006). Guía sobre la herculización. CABANA. Machala.
- FAO (2000) (s.f). Soluciones para la compactación del suelo. Degradación de la estructura del suelo. Material/cd 27.
- FAO (2000) (s.f). Soluciones para la compactación del suelo. Degradación de la estructura del suelo. Material/cd 27.

- FAO (s.f). Soluciones para la compactación del suelo. Degradación de la estructura del suelo. Material/cd 27.
- FAO (s.f). Soluciones para la compactación del suelo. Degradación de la estructura del suelo. Material/cd 27.
- FERNANDEZ, M.J. (1997). Características físicas- mecánicas de suelos de cultivo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad da Coruña 278p.
- FERNANDEZ, M.J. (1997). Características físicas- mecánicas de suelos de cultivo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad da Coruña 278p.
- Ferrero, A.F. 1994. Soil physical characteristics of hillslope pastures under repeated animal and machinery traffic. International Agrophysics 8: 47-51.
- Ferreyra, E., R.; Sellés, van Sch. (ed.) 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p.
- Ferreyra, E., R.; Sellés, van Sch. (ed.) 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p
- Ferreyra, E., R.; Sellés, van Sch. (ed.) 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 160. 120 p
- FIORIN T. (2008). Estimativa da Infiltração de agua no solo a partir de pedofunções. Universidades Federal de Santa María. Centro de Ciencias. Rurais. Tese de Doctorado: 8- 18.

- FORSYTHE W. 1986. Manual de laboratorio. Física de suelos. IICA. San José, Costa Rica. 212 p
- García, H., & Ramírez, W. (2012). Indicadores de la calidad de suelos, una nueva manera de evaluar este recurso pastos y forrajes. Scielo, 125 - 138
- García, R. (2015). Efecto de sistemas de labranzas en propiedades físicas del suelo y desarrollo radicular del cultivo de quinua. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEQ), 109-113.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I., Vargas, R., & Olmedo, G. F. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.2788/37334>
- Grant, C.A. y G.P. Lafond. 1993. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. Can. J. of Soil Sci. 73: 223-232.
- Gross, J. (1991). Chlorophylls and Carotenoids. En Pigments and vegetables (págs. pp 3-7).
- GUTIERREZ, E.M.; GALAVIZ S.A.; CASTRO, D.A. (1987). Variación de la textura, densidad, porosidad y otras propiedades físicas de los sedimentos del talud continental al SW de la península Baja California. Instituto de ciencias del Mar y Limnología, México.
- Helyar, K.R 1994. Edaphic constraints to perennial grasses: change the plant to suit the soil or viceversa New Zealand J. of Agric. Res. 37: 391-397.

HENRÍQUEZ C., CABALCETA G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola. ACCS. 1 ed. San José, Costa Rica. 111 p

HENRÍQUEZ C., CABALCETA G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola. ACCS. 1 ed. San José, Costa Rica. 111 p

Henríquez, C., & Ortiz, O. (2011). Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 175-184.

Horn, R., Doma, H., & y Sowiska, A. (1995). Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil Till Res*, 35(23–36).

HORN; SMUCKER (2005). Structure formation and its consequences for gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. *Soil Till Res*. 82: 5-14.

Ishaq, M., Hassan, A., & Saeed, M. (2001). Subsoil compaction effects on crops in Punjab. Soil physical properties and crop yield. *Soil Till Res*, 59(57).

Legaz, F., Primo-Millo, E. (1988). Absorption and distribution of nitrogen-15 applied to young orange trees. *Proc 6th Int Citrus Congr Tel Aviv, Israel* 2 643–661.

Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science* 1:276-294

LOWERY B.; MORRISON, J.E. (2002). Soil Penetrometers and Penetrability. In: Dane, J.H.; Clarke G. (eds). *Methods of Soil Analysis Part. 4. Physical*

Methods. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 363-388.

MELANI E. (2013). Alteración de las propiedades mecánicas de suelos irrigados con agua de altas concentraciones de sodio. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral.

MON, R. (2008). Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda. Tesis Doctoral. universidad de Coruña, 14- 32.

MON, R. (2008). Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda. Tesis Doctoral. Universidade de Coruña, 14- 32.

MON, R. (2008). Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda. Tesis Doctoral. Universidade de Coruña, 14- 32.

Mon, R. (marzo de 2007). AMPLIACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS EROSIONADOS. Coruña: Tesis Doctoral.

Mueller, L., Schindler, U., & Mirschel, W. (2010). Assessing the productivity function of soils. *Agron Sustain Dev*, 30(601–614).

Mueller, L., Schindler, U., & Mirschel, W. (2010). Assessing the productivity function of soils. *Agron Sustain Dev*, 30(601–614).

Muhammad, N. (January de 2012). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2).
Plantamiento del problema

Muhammad, N. (January de 2012). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2).

Muhammad, N. (January de 2012). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2).

Muhammad, N. (January de 2012). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2).

Muhammad, N. (January de 2012). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2).

Nevens, F., & Reheul, D. (2003). The consequences at wheel - induced soil compaction subsoling for silage maize on a sandy loam soil in Blegium. *Soil and Tillage Reseach*, 70(2) 175 - 184.

Nevens, F., & Reheul, D. (2003). The consequences at wheel - induced soil compaction subsoling for silage maize on a sandy loam soil in Blegium. *Soil and Tillage Reseach*, 70(2) 175 - 184.

OLALLA F.M.; VALERO, J.A. (1993). *Agronomía del Riego*. Universidad de Castilla La Mancha. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid: 23- 64, 615- 675.

Pierret A, Doussan C, Capowiez Y, Bastardie F, Pages L (2007) Root functional architecture: A framework for modeling the interplay between roots and soil. *Vadose Zone Journal* 6 (2):269- 281.

REYES, W. (2010). Evaluación de la susceptibilidad a la compactación en cuatro series de suelo bajo uso agrícola en Venezuela. *Bioagro* 22 (1): 29-36.

REYES, W. (2010). Evaluación de la susceptibilidad a la compactación en cuatro series de suelo bajo uso agrícola en Venezuela. *Bioagro* 22 (1): 29-36.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2017). Planeación nacional agrícola 2017-2030. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/planeacion-agricola-nacional-2017-2030-126813>
<https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/planeacion-agricola-nacional-2017-2030-126813>

Shepperd, W.D. 1993. The effect of harvesting activities on soil compaction, root damage, and suckering in Colorado aspen. *Western J. of Applied Forestry* 8: 62-66.

Smith, R., & y Ellies, A. (2000). Modified Boussinesq's equations for nonuniform tire loading. *J Terramechanics* (37:207–222).

Soane, B.D. y C. Van Ouwerkerk. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. pp. 2-21. In: *Soil compaction in crop production*. Soane, B.D. y C. van Ouwerkerk (eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.

SOIL SURVEY STAFF. 2010. *Keys of soil taxonomy*. Eleventh edition. United States Department of Agriculture. 338 p.

STEED, G.R.; REEVES, T.G.; WILLATT, S.T. (1987). Effects of deep ripping and liming on soil water deficits, sorptivity and penetrometer resistance. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 27(5): 701-705.

SUÁREZ, L. (2012). Efectos de la herculización frente a los aireadores en banano. Tesis para la obtención del título de ingeniero agrónomo. Universidad Técnica de Machala: 35p.

University of Minnesota Extention. (2001). Recuperado el 14 de 11 de 2011, de *Soil compaction: causes, efect and control*:

<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/components/3115s01.html>

USDA. (2003). Soil compaction. Detection, Prevention and Alleviation. Soil Quality Institute. Agronomy Technical Note, No 17.

USON, A. et al. (2010). Tecnología de suelos: estudio de casos. Primera. España: Prensas Universidad de Zaragoza. p 515.

USON, A. et al. (2010). Tecnología de suelos: estudio de casos. Primera. España: Prensas Universidad de Zaragoza. p 515.

VALADÃO, S.E. (2014). Intervalo Hídrico Óptimo de suelo y estado de humedad de las plantas en sistema integrado de producción agrícola y pecuaria en el subtrópico de Brasil. universidad Federal de Rio Grande Do Sul: 34- 45.

VALADÃO, S.E. (2014). Intervalo Hídrico Óptimo de suelo y estado de humedad de las plantas en sistema integrado de producción agrícola y pecuaria en el subtrópico de Brasil. Universidade Federal de Rio Grande Do Sul: 34- 45.

Vasquez, L., Myhre, D., & Hanlon, E. (1991). Soil penetromet resistance and bulk density relationships after long-term no tillage. Soil Science & Plant Analysis, 22 (19-20).

VEIHMEYER F.J., HENDRICKSON A.H. 1948. Soil density and root penetration. Soil science 65:487- 493.

Wairiu, M., C.E. Mullins y C.D. Campbell. 1993. Soil physical factors affecting the growth of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) in a silvopastoral system on a stony upland soil in North East Scotland. Agroforestry Systems 24: 295-306.

Wu L, Feng G, Letey J, Ferguson L, Mitchell J, McCullough-Sanden B, Markegard G. 2003. Soil management effects on the nonlimiting water range. *Geoderma* 114 (3-4):401-414.

Yu, J. Q., Huang, L. F., Hu, W. H., Zhou, Y. H., Mao, W. H., Ye, S. F., & Nogués, S. (2004). A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental Botany*, 55(399), 1135-1143.

Zerpa, G., & Sosa, O. (abril de 2013). La resistencia mecánica a la penetración en pasturas. *Agro mensajes*, 3(p 64 - 68)

X. ANEXOS.



Anexo 1 Obtención de muestra de suelo para ser analizada antes de la aplicación de los tratamientos



Anexo 2 Toma de datos de compactación en el terreno a evaluar antes de la aplicación de los tratamientos



Anexo 3 Primera toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados.



Anexo 4 Segunda toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados..



Anexo 5 Tercera toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados.



Anexo 6 Cuarta toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados..



Anexo 7 Quinta toma de datos después de aplicar los tratamientos evaluados...



Anexo 8 Toma de muestra de los tratamientos aplicados para su evaluación en laboratorio..



Anexo 9 Realización de calicatas después de la aplicación de los tratamientos evaluados.



Anexo 10 Toma de datos de las calicatas en los tratamientos evaluados.



Anexo 11 Sistema de riego presurizado donde se aplicaron los tratamientos en la compactación del suelo en el cultivo de Aguacate.



Anexo 12 Forma de la raíz a causa de la compactación de suelo.

Fecha de emisión: 07/07/2022 Folio Informe: 015348

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCATS SPR DE RL		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	JOSE CARLOS PEREZ	carlosp.vqz@gmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande, Jalisco
Folio Servicio:	22070102		Fecha Recepción:	05/07/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22070102-0336	Fecha Toma de Muestra	30/06/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
CULTIVO	AGUACATE		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH 1:1(H ₂ O)	6.06			6-7.5
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	1.14			1.5-2.5 mS/cm
Materia Orgánica (%), Mét. Walkley-Black	0.60			
Textura (Triangulo de Texturas)	Franco - Arenosa			
Arcilla (%)	7.00			
Arena (%)	77.00			
Limo (%)	16.00			
Aniones (-)	ppm			Nivel
Nitrogeno Nitrico N-NO ₃ (Brusina)	15.20			20-40 ppm
Fosforo de Fosfatos P-PO ₄ (Bray)	80.00			20-30 ppm
Azufre de Sulfatos S-SO ₄ ²⁻ (Turbidimetrico)	6.67			60-100 ppm
Cationes (+)	ppm	Meq/100 gr.	% Base Saturada	Niveles
Sodio Na ⁺ (Ac.NH4 pH 7.0)	260.00	1.13	12.49	<150 ppm
Potasio K ⁺ (Ac.NH4 pH 7.0)	750.00	1.92	21.19	100-250 ppm
Calcio Ca ²⁺ (Ac.NH4 pH 7.0)	930.00	4.65	51.37	1500-3500 ppm
Magnesio Mg ²⁺ (Ac.NH4 pH 7.0)	170.00	1.35	14.95	200-500 ppm
Capacidad de Intercambio Cationico	9.05			
Microelementos	ppm			Nivel
Hierro Fe ²⁺ (DTPA)	41.30			5-30 ppm
Zinc Zn ²⁺ (DTPA)	9.60			3-10 ppm
Cobre Cu ²⁺ (DTPA)	10.20			0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺ (DTPA)	2.70			5-15 ppm
Boro B ³⁺ (Azometina-H)	0.80			0.3-1.5 ppm

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Datos del Cliente					
Nombre:	AGRICOLA AVOCATS SPR DE RL		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL	
Solicitado por:	JOSE CARLOS PEREZ		Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande,Jalisco	
Folio Servicio:	20050090	Folio Solicitud:	45434	Fecha Recepción:	24/06/22
				Fecha Entrega:	29/06/22

Identificación de la muestra				
Folio de Muestra	NT-20050090-0248		Tipo de Muestra	AGUA
LOTE	AGOSTO 3			

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciométrico)	7.91			6.5 - 8.0
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.21			0.2 - 2.0 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.00			< 5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.21			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (Brusina)	2.13	0.03	0.03	
Fosforo de fosfatos	0.48	0.02		0.0 ppm
Fosfato Diácido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	1.50	0.02	0.02	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimétrico)	28.82	0.60	0.30	< 5 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	< 0.1 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	109.82	1.80	1.80	0.5 - 3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	14.18	0.40	0.40	< 5.0 Meq/L
SUMA DE ANIONES		2.85		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	21.00	0.91	0.91	< 5.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	8.00	0.20	0.20	0.2 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	17.00	0.85	0.42	5.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	10.00	0.82	0.41	4.0 Meq/L
SUMA DE CATIONES		2.79		
Microelementos	ppm		µmol/L	Niveles
Hierro Fe ⁺² (L.C.H. Fe -A. Atómica)	0.00		0.00	0.5 ppm
Zinc Zn ⁺ (L.C.H. Zn-A. Atómica)	0.00		0.00	1.0 ppm
Cobre Cu ⁺² (L.C.H. Cu-A. Atómica)	0.01		0.16	0.2 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (L.C.H. Mn -A. Atómica)	0.06		1.09	0.2 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.09		8.33	1.0 ppm

Q.F.B. EMMANUEL CAZAREZ QUIROZ
 Responsable de Laboratorio

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.



Circuito San Eduardo No. 87 Col. San Juan de Ocotán, Zapopan, Jalisco CP. 45019
Tel. 01(333)109-31-79



Página: 1

Anexo 14 análisis de agua.

Fecha de emisión: 29/06/2022 Folio Informe: 014802

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCATS SPR DE RL		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticola@nevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande,Jalisco
Folio Servicio:	22061198		Fecha Recepción:	24/06/2022

Identificación de la muestra				
Folio de Muestra	NT-22061198-3787		Fecha Toma de Muestra	23/06/2022
Tipo de Muestra	SUELO		LOTE	RANCHO AGOSTO
CULTIVO	AGUACATE			

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.74			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	1.09			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.19			<5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.25			
Porcentaje de Saturación (%)	41.60			
Capacidad de Campo	22.13			
Punto de Marchitez Permanente	13.17			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (UV)	279.00	4.50	4.50	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	2.16	0.07	0.07	3-5 ppm
Fosfato Diaxido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	6.76	0.07	0.07	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimetrico)	172.91	3.60	1.80	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	73.21	1.20	1.20	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	42.54	1.20	1.20	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		10.57		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	49.00	2.13	2.13	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	78.00	1.99	1.99	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	88.00	4.39	2.20	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	25.00	2.06	1.03	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		10.57		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ⁺² (DTPA)	33.40	598.14		5-30 ppm
Zinc Zn ⁺² (DTPA)	7.90	120.80		3-10 ppm
Cobre Cu ⁺² (DTPA)	9.00	141.64		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (DTPA)	2.50	45.51		5-15 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.80	74.01		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ /K ⁺	2.26			1.5 -2.5 -
K ⁺ /Ca ⁺⁺	0.45			0.3 - 0.5 -
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	2.13			2.0 - 2.5 -
K ⁺ /Mg ⁺⁺	0.97			0.5 - 0.75 -

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Anexo 15 análisis de extracto saturado.

Fecha de emisión: 05/12/2022 Folio Informe: 026108

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCAT,S		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticolaelnevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande,Jalisco
Folio Servicio:	22120021		Fecha Recepción:	01/12/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22120021-0057	Fecha Toma de Muestra	30/11/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
SECTOR	TRATAMIENTO 1-AGO3	CULTIVO	AGUACATE
PROFUNDIDAD (cm)	0-30		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.48			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.44			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.95			<5
Porciento Sodio Intercambiable (%)	0.41			
Porcentaje de Saturación (%)	34.40			
Capacidad de Campo	18.22			
Punto de Marchitez Permanente	10.84			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ (Brusina)	2.13	0.03	0.03	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	2.64	0.08	0.08	3-5 ppm
Fosfato Diácido H ₂ PO ₄ (Morgan)	8.26	0.09	0.09	
Sulfatos SO ₄ ²⁻ (Turbidimétrico)	57.64	1.20	0.60	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ²⁻ (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	122.02	2.00	2.00	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	42.54	1.20	1.20	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		4.52		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	36.00	1.57	1.57	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	67.00	1.71	1.71	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ²⁺ (Soluble A. Atómica)	16.00	0.80	0.40	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ²⁺ (Soluble A. Atómica)	6.00	0.49	0.25	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		4.57		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ²⁺ (DTPA)	23.30	417.26		5-30 ppm
Zinc Zn ²⁺ (DTPA)	9.50	145.26		3-10 ppm
Cobre Cu ²⁺ (DTPA)	10.20	160.53		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ²⁺ (DTPA)	2.70	49.15		5-15 ppm
Boro B ³⁺ (Azometina-H)	0.58	53.65		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ /K+	0.02			1.5 -2.5 -
K+/Ca++	2.15			0.3 - 0.5 -
Ca++/Mg++	1.62			2.0 - 2.5 -
K+/Mg++	3.47			0.5 - 0.75 -
Observaciones	Verificado conc. de NO3.			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



ANALISIS DE EXTRACTO SATURADO

Fecha de emisión: 05/12/2022 Folio Informe: 026108

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCAT,S		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticolaelnevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotán el Grande, Jalisco
Folio Servicio:	22120021		Fecha Recepción:	01/12/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22120021-0058	Fecha Toma de Muestra	30/11/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
SECTOR	TRATAMIENTO 2-AGO3	CULTIVO	AGUACATE
PROFUNDIDAD (cm)	0-30		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.91			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.35			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.54			<5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.32			
Porcentaje de Saturación (%)	32.76			
Capacidad de Campo	17.32			
Punto de Marchitez Permanente	10.31			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (Brusina)	3.19	0.05	0.05	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	2.56	0.08	0.08	3-5 ppm
Fosfato Diacido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	8.01	0.08	0.08	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimetrico)	57.64	1.20	0.60	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	97.62	1.60	1.60	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	28.36	0.80	0.80	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		3.73		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	31.00	1.35	1.35	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	35.00	0.90	0.90	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	16.00	0.80	0.40	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	9.00	0.74	0.37	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		3.78		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ⁺² (DTPA)	35.30	632.16		5-30 ppm
Zinc Zn ⁺² (DTPA)	6.30	96.33		3-10 ppm
Cobre Cu ⁺² (DTPA)	9.00	141.64		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (DTPA)	2.80	50.97		5-15 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.41	37.93		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ ⁻ /K ⁺	0.06			1.5 -2.5 -
K ⁺ /Ca ⁺⁺	1.12			0.3 - 0.5 -
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	1.08			2.0 - 2.5 -
K ⁺ /Mg ⁺⁺	1.21			0.5 - 0.75 -
Observaciones	Verificado conc. de NO3.			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Anexo 17 análisis de extracto saturado tratamiento 2.

ANALISIS DE EXTRACTO SATURADO

Fecha de emisión: 05/12/2022 Folio Informe: 026108

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCAT,S		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticolaelnevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande,Jalisco
Folio Servicio:	22120021		Fecha Recepción:	01/12/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22120021-0059	Fecha Toma de Muestra	30/11/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
SECTOR	TRATAMIENTO 3-AGO1	CULTIVO	AGUACATE
PROFUNDIDAD (cm)	0-30		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.90			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.46			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	2.05			<5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.43			
Porcentaje de Saturación (%)	34.40			
Capacidad de Campo	18.22			
Punto de Marchitez Permanente	10.84			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (Brusina)	1.77	0.03	0.03	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	4.72	0.15	0.15	3-5 ppm
Fosfato Diacido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	14.77	0.15	0.15	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimetrico)	57.64	1.20	0.60	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	158.63	2.60	2.60	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	28.36	0.80	0.80	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		4.78		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	42.00	1.83	1.83	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	52.00	1.33	1.33	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	17.00	0.85	0.42	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	9.00	0.74	0.37	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		4.75		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ⁺² (DTPA)	10.30	184.46		5-30 ppm
Zinc Zn ⁺² (DTPA)	7.60	116.21		3-10 ppm
Cobre Cu ⁺² (DTPA)	11.70	184.14		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (DTPA)	5.00	91.02		5-15 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.57	52.73		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ ⁻ /K ⁺	0.02			1.5 -2.5 -
K ⁺ /Ca ⁺⁺	1.57			0.3 - 0.5 -
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	1.15			2.0 - 2.5 -
K ⁺ /Mg ⁺⁺	1.80			0.5 - 0.75 -
Observaciones	Verificado conc. de NO3.			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Anexo 18 análisis de extracto saturado tratamiento 3.

ANALISIS DE EXTRACTO SATURADO

Fecha de emisión: 05/12/2022 Folio Informe: 026108

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCAT,S		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticola@elnevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotlán el Grande, Jalisco
Folio Servicio:	22120021		Fecha Recepción:	01/12/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22120021-0060	Fecha Toma de Muestra	30/11/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
SECTOR	TRATAMIENTO 4-AGO3	CULTIVO	AGUACATE
PROFUNDIDAD (cm)	0-30		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.23			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.36			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.35			<5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.28			
Porcentaje de Saturación (%)	35.20			
Capacidad de Campo	18.65			
Punto de Marchitez Permanente	11.10			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (Brusina)	15.59	0.25	0.25	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	4.08	0.13	0.13	3-5 ppm
Fosfato Diacido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	12.77	0.13	0.13	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimetrico)	76.85	1.60	0.80	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	61.01	1.00	1.00	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	28.36	0.80	0.80	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		3.78		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	24.00	1.04	1.04	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	54.00	1.38	1.38	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	14.00	0.70	0.35	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	6.00	0.49	0.25	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		3.62		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ⁺² (DTPA)	45.60	816.62		5-30 ppm
Zinc Zn ⁺² (DTPA)	8.50	129.97		3-10 ppm
Cobre Cu ⁺² (DTPA)	8.40	132.20		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (DTPA)	5.40	98.31		5-15 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.77	71.23		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ ⁻ /K ⁺	0.18			1.5 -2.5 -
K ⁺ /Ca ⁺⁺	1.98			0.3 - 0.5 -
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	1.42			2.0 - 2.5 -
K ⁺ /Mg ⁺⁺	2.80			0.5 - 0.75 -
Observaciones	Verificado conc. de NO ₃ .			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Anexo 19 análisis de extracto saturado tratamiento 4.

ANALISIS DE EXTRACTO SATURADO

Fecha de emisión: 05/12/2022 Folio Informe: 026108

Datos del Cliente				
Cliente:	AGRICOLA AVOCAT,S		Zona de Muestreo:	AGRICOLA AVOCAT,S SPR DE RL
Solicitado por:	LIC MARTHA ELVIA PALAFOX LOPEZ	facturas_fruticolaelnevado@hotmail.com	Ubicación:	CD GUZMAN Zapotán el Grande,Jalisco
Folio Servicio:	22120021		Fecha Recepción:	01/12/2022

Identificación de la muestra			
Folio de Muestra	NT-22120021-0061	Fecha Toma de Muestra	30/11/2022
Tipo de Muestra	SUELO	LOTE	RANCHO AGOSTO
SECTOR	TRATAMIENTO 5-AGO4	CULTIVO	AGUACATE
PROFUNDIDAD (cm)	0-30		

Resultados				
Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.44			6.0-7.5
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.59			1.5-2.5 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	1.61			<5
Porcentaje Sodio Intercambiable (%)	0.34			
Porcentaje de Saturación (%)	34.29			
Capacidad de Campo	18.15			
Punto de Marchitez Permanente	10.80			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO ₃ ⁻ (Brusina)	2.83	0.05	0.05	3-8 Meq/L
Fosforo de fosfatos	2.40	0.08	0.08	3-5 ppm
Fosfato Diacido H ₂ PO ₄ ⁻ (Morgan)	7.51	0.08	0.08	
Sulfatos SO ₄ ⁻² (Turbidimetrico)	67.24	1.40	0.70	3-6 Meq/L
Carbonatos CO ₃ ⁻² (Titulación)	0.00	0.00	0.00	0 Meq/L
Bicarbonatos HCO ₃ ⁻ (Titulación)	122.02	2.00	2.00	0.5-3.0 Meq/L
Cloruros Cl ⁻ (Mohr)	63.81	1.80	1.80	<10.0 Meq/L
Suma de Aniones		5.32		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na ⁺ (Soluble A. Atómica)	43.00	1.87	1.87	<10.0 Meq/L
Potasio K ⁺ (Soluble A. Atómica)	56.00	1.43	1.43	1.5-3.0 Meq/L
Calcio Ca ⁺² (Soluble A. Atómica)	34.00	1.70	0.85	4.0-10.0 Meq/L
Magnesio Mg ⁺² (Soluble A. Atómica)	12.00	0.99	0.49	2.0-5.0 Meq/L
Suma de Cationes		5.99		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe ⁺² (DTPA)	17.60	315.19		5-30 ppm
Zinc Zn ⁺² (DTPA)	5.70	87.16		3-10 ppm
Cobre Cu ⁺² (DTPA)	10.90	171.55		0.8-3 ppm
Manganeso Mn ⁺⁴ (DTPA)	7.00	127.43		5-15 ppm
Boro B ⁺³ (Azometina-H)	0.43	39.78		0.3-1.5 ppm
Relacion Nutricional	Meq/L			Nivel
NO ₃ ⁻ /K ⁺	0.03			1.5 -2.5 -
K ⁺ /Ca ⁺⁺	0.84			0.3 - 0.5 -
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	1.72			2.0 - 2.5 -
K ⁺ /Mg ⁺⁺	1.45			0.5 - 0.75 -
Observaciones	Verificado conc. de NO3.			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.


BIOL. ATHZIRI NOEMÍ BELTRÁN GAYTÁN
Responsable de Laboratorio



Anexo 20 análisis de extracto saturado tratamiento 5.