



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos bananeros
mediante manejo de arvenses con control químico y mecánico**

**MORA COELLO MATHEW ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos
bananeros mediante manejo de arvenses con control químico y
mecánico**

**MORA COELLO MATHEW ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos
bananeros mediante manejo de arvenses con control químico y
mecánico**

**MORA COELLO MATHEW ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO**

CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE

**MACHALA
2022**

VARIABILIDAD ESPACIAL DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS BANANEROS MEDIANTE MANEJO DE ARVENSES CON CONTROL QUÍMICO Y MECÁNICO.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

scielo.sld.cu

Fuente de Internet

1%

2

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

3

Marín Pérez, María, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Enginyeria Química, Biològica i Ambiental. "Del residuo al producto : recuperación de enzimas hidrolíticas producidas mediante fermentación en estado sólido y estrategias de residuo cero /", 2018

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

Dagoberto Durán Hernández, Olivia Tzintzun Camacho, Onécimo Grimaldo-Juárez, Daniel González-Mendoza et al. "Compendio Científico en Ciencias Agrícolas y

1%

Biotecnología (Vol 2)", Omnia Publisher SL,
2019

Publicación

6

LEONARD EDMOND QUENUM. "Comparación entre la producción ecológica e integrada de hortalizas en base a parámetros del cultivo y del suelo", Universitat Politecnica de Valencia, 2010

Publicación

1 %

7

Submitted to Gimnasio Campestre

Trabajo del estudiante

1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, MORA COELLO MATHEW ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos bananeros mediante manejo de arvenses con control químico y mecánico, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Mathew Mora

MORA COELLO MATHEW ALEXANDER

0706315355

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad a la vida, por la salud que me brinda todos los días y por la capacidad para siempre salir adelante y poder cumplir todas mis metas.

Con mucho amor a mis abuelos Rafael Nicomedes Coello Carrión y Teresa Magaly Porras Flores, quienes con firmeza y trabajo me brindaron su apoyo absoluto y la motivación necesaria para cumplir mis metas.

A mis padres Christian Nelson Mora Naula y Ana Celinda Coello Porras, quienes siempre me incentivaron a hacer lo correcto y a superarme ante toda adversidad que se presente en mi vida.

A tía Maritza Alexandra Mora Naula quien siempre fue una parte fundamental en el transcurso de toda mi vida, quien, como una madre y maestra, me ha brindado su apoyo durante todo mi transcurso académico.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecer a la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias por brindarme una increíble calidad de aprendizajes durante toda la carrera.

Al Ing. Julio Enrique Chabla Carrillo, PhD por ser un gran mentor durante todo el proceso del trabajo de investigación.

Al Ing. Miguel Bustamante y al Ing. Edison Cueva por brindarme los conocimientos e implementos necesarios para poder llevar a cabo el trabajo de investigación.

A mi prima Cristhel Paulette Mora Encalada y a mis compañeros los cuales me han brindado su apoyo durante todo el transcurso de la carrera, dándome alientos para nunca ceder ante las adversidades que se han presentado durante la misma.

RESUMEN

La variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos bananeros va de la mano con las actividades agrícolas desarrolladas dentro del predio, por esta razón se evaluó el efecto de dos tipos de control de arvenses (mecánico y químico) en la distribución espacial contenido de la materia orgánica, en una plantilla experimental de la granja Santa Inés, parroquia El Cambio de la ciudad de Machala. Para el diseño experimental se empleó bloques completos al azar, los tratamientos (mecánico y químico) fueron distribuidos dentro de 12 bloques, por cada tratamiento se tomaron cuatro muestras, se extrajo 5 cm de suelo por cada uno de ellas, a 1,50 m de distancia entre sí, procesando un total 24 muestras en 0.448 ha. El análisis del porcentaje de materia orgánica se lo realizó en el laboratorio de la Universidad Técnica de Machala. El análisis estadístico se realizó estadística descriptiva y una prueba T Student para la comparación de las medias de los datos, empleando el software IBM SPSS Estadistic 25 y Microsoft Excel 2019, se emplearon diagrama de caja y bigote que permitan apreciar de manera visual el comportamiento de la materia orgánica. En el análisis geoestadístico se usó el software ArcMap 10.3 para la determinación de semivariogramas, para la selección de un modelo (esférico, gaussiano y exponencial), el coeficiente de Nash y el coeficiente de determinación (R^2) fue cercano o igual a 1, y obtener los valores más bajo del error medio cuadrático (RMSE), siendo los más precisos y eficientes el modelo esférico y exponencial. Los parámetros obtenidos del semivariograma se utilizaron para la interpolación por el método de kriging con la finalidad de diseñar mapas de variabilidad espacial del contenido de materia orgánica. Los resultados evidenciaron dependencia espacial fuerte en el mes de febrero tanto para el tratamiento mecánico como químico, el mes de mayo se presentó una dependencia espacial moderada y débil respectivamente, en el mes de julio, en ambos tratamientos se obtuvo una dependencia espacial moderada. Los rangos o alcance determinados para el tratamiento mecánico son de 25 a 26 m, en cambio, el tratamiento químico es de 15 a 22 cm, lo cual indica que a esta distancia existe una dependencia espacial.

Palabras clave: Materia orgánica, variabilidad espacial, geoestadística, semivariograma, control de arvenses.

ABSTRACT

The spatial variability of organic matter content in banana soils goes hand in hand with the agricultural activities developed within the farm. For this reason, the effect of two types of weed control (mechanical and chemical) on the spatial distribution of organic matter content was evaluated in an experimental plot at the Santa Inés farm, El Cambio parish in the city of Machala. For the experimental design, randomized complete blocks were used, the treatments (mechanical and chemical) were distributed within 12 blocks, four samples were taken for each treatment, 5 cm of soil were extracted for each of them, 1.50 m apart, processing a total of 24 samples in 0.448 ha. The analysis of the percentage of organic matter was carried out in the laboratory of the Technical University of Machala. The statistical analysis was carried out using descriptive statistics and a T Student test for the comparison of the means of the data, using IBM SPSS Statistical 25 software and Microsoft Excel 2019, box and whisker diagrams were used to visually appreciate the behavior of the organic matter. In the geostatistical analysis, ArcMap 10.3 software was used for the determination of semivariograms, for the selection of a model (spherical, Gaussian and exponential), the Nash coefficient and the coefficient of determination (R^2) was close or equal to 1, and to obtain the lowest values of the root mean square error (RMSE), being the most accurate and efficient the spherical and exponential model. The parameters obtained from the semivariogram were used for interpolation by the kriging method in order to design maps of spatial variability of organic matter content. The results showed strong spatial dependence in February for both the mechanical and chemical treatments, moderate and weak spatial dependence in May, and moderate spatial dependence in July for both treatments. The ranges determined for the mechanical treatment are 25.3 to 26.4 m, while the chemical treatment is 15.3 to 22.4 cm, indicating that at this distance there is a spatial dependence.

Keywords: Organic matter, spatial variability, geostatistics, semivariogram, weed control.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivo Especifico	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1. Materia orgánica del suelo	4
2.2. Importancia de la materia orgánica	5
2.3. Transformación de la materia orgánica	5
2.4. Función de la materia orgánica	6
2.5. Rol de la materia orgánica en la consistencia del suelo	7
2.6. Relación del contenido de materia orgánica con la fertilidad del suelo	8
2.7. Arvenses como plagas en la agricultura	8
2.8. Necesidad del manejo de mejorado de arvenses	9
2.9. Tipos de control	10
2.9.1. Control Químico	10
2.9.2. Control Físico o mecánico	10
2.10. Valoración económica del manejo de arvenses	11
2.11. Variabilidad espacial del suelo	11
2.12. Geoestadística	11
2.12.1. Etapas del análisis geoestadístico	12
2.12.1.1. Análisis exploratorio de datos (AED)	12
2.12.1.2. Análisis estructural	12
2.12.1.3. Semivarianza	12
2.12.1.4. Semivariograma	13
2.12.2. Método de interpolación	16
2.12.2.1. Kriging	16
3. MATERIALES Y METODOS	17
3.1. Localización y caracterización del área de estudio	17
3.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio	17
3.3. Cronograma del experimento	18
3.4. Materiales y Equipos	18
3.4.1. Materiales	18
3.4.2. Equipos	18
3.5. Diseño experimental	19
3.5.1. Especificidades del diseño	19

3.5.2.	Tratamientos	19
3.5.2.1.	Control mecánico	20
3.5.2.2.	Control químico	20
3.6.	Croquis del experimento	21
3.7.	Variables a medir	22
3.8.	Procedimiento estadístico	25
3.8.1.	Análisis geoestadístico	25
3.8.2.	Coefficiente de Nash- Sutcliffe	25
3.8.3.	Coefficiente de determinación (R^2)	26
3.8.4.	Error cuadrático medio (RMSE)	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.	Análisis exploratorio del porcentaje de materia orgánica	27
4.2.	Análisis de estadística descriptiva	28
4.3.	Prueba T de Student	29
4.4.	Análisis de variabilidad espacial del suelo.	30
4.4.1.	Análisis estructural del porcentaje de materia orgánica del suelo.	30
4.4.2.	Creación de mapas temáticos del porcentaje de materia orgánica del suelo.	33
5.	CONCLUSIONES	35
6.	RECOMENDACIÓN	36
7.	BIBLIOGRAFIA	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los niveles de materia orgánica en el suelo -----	4
Tabla 2 Cronograma de control de arvenses mecánico y químico. -----	18
Tabla 3 Tratamientos aplicados en el estudio -----	19
Tabla 4 Prueba de normalidad de datos en función de la variable de estudio -----	28
Tabla 5 Estadístico descriptivo en función de la variable de estudio -----	29
Tabla 6 Prueba T de Student de muestras independiente -----	29
Tabla 7 Parámetros del variograma aplicando krigging ordinario para la variable de estudio -----	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del semivariograma -----	14
Figura 2. Ubicación del predio en estudio. -----	17
Figura 3. Empleo de motoguadaña, control mecánico. -----	20
Figura 4. Empleo de herbicida Explorer, control químico. -----	21
Figura 5. Croquis del experimento. -----	21
Figura 6. Mullido y tamizado de muestras. -----	22
Figura 7. Uso de balanza analítica para pesado de muestras. -----	23
Figura 8. Ingreso de las muestras en la mufla. -----	23
Figura 9. Colocación de muestras en el desecador. -----	24
Figura 10. Diagrama de caja y bigote del porcentaje de materia orgánica. -----	27
Figura 11. Diagrama de barras de prueba de T Student de muestras independientes. --	30
Figura 12. Semivariograma del mes de febrero, tratamiento mecánico. -----	31
Figura 13. Semivariograma del mes de febrero, tratamiento químico. -----	31
Figura 14. Semivariograma del mes de mayo, tratamiento mecánico. -----	31
Figura 15. Semivariograma del mes de mayo, tratamiento químico. -----	31
Figura 16. Semivariograma del mes de julio, tratamiento mecánico.-----	32
Figura 17. Semivariograma del mes de mayo, tratamiento químico.-----	32
Figura 18. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de febrero.-----	33
Figura 19. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de mayo.-----	34
Figura 20. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de julio.-----	34

1. INTRODUCCIÓN

El banano se cultiva en una amplia gama con distintos tipos de capacidad de uso y potencial productivo, lo que significa que existen marcadas diferencias en las propiedades físicas, químicas y la **calidad del suelo**. Por tanto, es necesario buscar estándares como criterios para comprender la estabilidad y **calidad del suelo** (Villarreal et al., 2013). En este sentido una de las propiedades del suelo que más llama la atención debido a su rol en la estructura y a la influencia en la dinámica de los solutos es la materia orgánica (MO) García et al., (2003).

La materia orgánica mejora la estructura de los suelos y le brinda mayor estabilidad a los agregados y a los procesos bioquímicos, además incide en el pH y en el balance agua-energía del suelo. Además, juega un papel importante en la retención del agua y en el cambio de los valores de la densidad aparente (DA).

Por otra parte, la MO cumple un rol importante en el equilibrio de los procesos de oxido-reducción de casi todos los elementos químicos tales como nitrógeno, fósforo, magnesio, entre otros, que están presentes en el suelo en el suelo. Además, es necesario señalar su incidencia en el transporte del agua y solutos, como la absorción-desorción de pesticidas y óxidos (Cedeño et al., 2022).

El contenido de MO es uno de los factores que influye en la absorción de los compuestos químicos y su análisis resulta necesario, se puede aplicar una metodología de caracterización, considerando que los suelos son heterogéneos y que varía en todas las direcciones, siendo importante considerar variabilidad espacial (Cedeño et al., 2022).

La variabilidad del suelo es una condición intrínseca del mismo, debido a que en su formación intervienen varios procesos, que a su vez están controlados por factores de formación (Jaramillo, 2002).

Las arvenses son plantas que se desarrollan espontáneamente en cualquier área del suelo, estas afectan directamente a todo tipo de cultivo, debido a la competencia por nutrientes, agua, entre otras, por esta razón es importante su control (Blanco, 2016). Los controles de arvenses, aportan con residuos vegetales que ayudan en el incremento del contenido de MO y por ende la fertilidad del suelo mejora.

De acuerdo a Galecio et al. (2020), en su estudio sobre la incidencia de las fuentes orgánicas en el rendimiento del cultivo de banano, señalan que la incorporación e incremento de la MO en el suelo, permite mejorar las propiedades físicas de los terrenos, lo que ayuda a obtener rendimientos óptimos de banano.

Asimismo, en estudio realizado por García et al. (2019), sobre el diagnóstico de fertilidad de los suelos en plantaciones de plátano, se demostró que es necesaria la aplicación de materia orgánica estabilizada para disminuir fuentes de hierro (Fe) y aluminio (Al) del suelo, además que contribuye a que aumente el pH, permitiendo una mayor disponibilidad de nutrientes y de microorganismos benéficos para el suelo.

En función de los antecedentes descritos anteriormente, este trabajo se ha planteado los siguientes objetivos:

1.1.Objetivo General

- Analizar variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en suelos mediante control mecánico y químico de arvenses.

1.2.Objetivo Especifico

- Determinar qué diferencia existe entre el uso de control químico y mecánico de arvenses en el contenido de materia orgánico del suelo.
- Establecer el comportamiento del contenido de materia orgánico empleando el krigiado con el propósito de desarrollar mapas que permitan una mejor comprensión de la distribución de la misma.

2. MARCO TEORICO

2.1.Materia orgánica del suelo

La MO del suelo comprende una mezcla variada de residuos provenientes de las plantas y animales en estado de descomposición o degradación, las cuales benefician las propiedades físicas, químicas y mineralógicas, siendo fundamental para la capacidad productiva de los suelos (Reis et al., 2019 ; Cevallos, 2020) .

En general se establece que los suelos están conformados por cuatro elementos fundamentales: mineral (45%), orgánico (5%), líquido (agua 25%) y gaseoso (25%), siendo la materia orgánica el componente que mayormente incide en las características físicas, químicas y biológicas del suelo; en este sentido, se infiere que su presencia incrementa la fertilidad y, por ende, el rendimiento de un cultivo, ya que contribuye a la proliferación de microorganismos benéficos para la oxidación y reducción de los nutrimentos, no obstante, la utilización de materia orgánica no estabilizada puede provocar la contaminación del suelo y zonas acuíferas (Trinidad-Santos & Velasco-Velasco, 2016) (Tabla 1).

Tabla 1 Clasificación de los niveles de materia orgánica en el suelo

Materia Orgánica (%)	Nivel
< 1.50	Muy Bajo
1.50 - 3.00	Bajo
3.10 – 5.00	Mediano
> 5.00	Alto

Fuente: (González et al., 2021)

2.2.Importancia de la materia orgánica

En la agricultura es indispensable el manejo de la fertilidad del suelo, por medio de técnicas fundamentadas en potenciar y estimular los terrenos en función del suministro apropiado de nutrientes, así como un correcto control de la MO, a fin de evitar carencias o deterioro de los suelos por déficit de agua y acumulación de sales; de esta forma, es importante en la práctica agrícola el manejo del contenido de MO, siendo uno de los parámetros de fertilidad del suelo a considerar para el desarrollo de los cultivos (González et al., 2021)

No obstante, la producción agrícola sufre anualmente el aumento de la **pérdida** de suelo, de nutrientes y materia orgánica presente en el mismo. En este contexto, el manejo de este recurso natural se convierte en un factor clave para la producción vegetal. Para la preservación de las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo es necesario adoptar sistema de labranza directa, a través de la rotación de cultivos, la cual promueve la estabilización de los agregados en el perfil del suelo por la acción de la materia orgánica producida por la masa vegetal del cultivo anterior, es decir, los residuos de cultivos producto del proceso de rotación de **cultivos**, proporciona el vigor de la materia orgánica en el suelo (Amador et al., 2019) y por ende mejora su calidad para los **cultivos**.

En consecuencia, mantener un suelo rico en materia orgánica es importante, ya que ésta tiene la función de contribuir como fuente de carbono y nitrógeno para los microorganismos, brindando estabilidad química y biológica para la transformación de la biomasa microbiana del suelo, ayudando además a la atenuación de los efectos adversos generados por la utilización de fertilizantes químicos, por tanto, conservar la materia orgánica, mediante la aplicación de fertilizantes de origen orgánico mejoran, potencia y restauran la estructura físico, química y biológica del suelo (Murillo et al., 2020).

2.3.Transformación de la materia orgánica

La transformación de la MO se produce en medios aeróbicos como anaeróbicos. En un medio aeróbico el proceso de descomposición ocurre por oxidación, debido a que todos los compuestos de residuos vegetales, conformados principalmente por carbono e

hidrógeno, que están presentes en el suelo se encuentran aireados o sujetos a oxidación. Esta acción de transformación se representa químicamente de la siguiente forma. Esta reacción es la responsable de la descomposición de la materia orgánica, la misma que está vinculada a otras reacciones laterales, dando como resultado: el agua, liberación de CO₂, energía y formación de biomasa. En reacciones laterales, la liberación y/o inmovilización de nutrientes esenciales de N, P y S (Corbella & Fernández, 2019).

En un medio anaeróbico, existe la obstrucción de los poros del suelo, lo que impiden la difusión del O₂ proveniente de la atmósfera; en consecuencia, los organismos aeróbicos se inhiben, mientras que los organismos anaeróbicos comienzan a predominar. Bajo condiciones de escasez de oxígeno, el proceso de descomposición se ralentiza ocasionando la acumulación de materia orgánica parcialmente descompuesta (Corbella & Fernández, 2019).

La transformación anaeróbica de la MO genera compuestos orgánicos parcialmente oxidados, tales como alcoholes, gas metano y ácidos orgánicos; además, libera muy poca energía, la cual se encuentra presente en el alcohol y metano en forma de combustible, adicionalmente estos productos general olores pestilentes y/o dificultan el desarrollo vegetal (Corbella & Fernández, 2019).

2.4.Función de la materia orgánica

De acuerdo a Cantú & Yañez (2018), las funciones de la materia orgánica en el suelo son: permite la retención del agua, contribuye a la infiltración de aire y agua, ayuda a la estabilidad de agregados, inciden en la modificación de la porosidad del suelo, beneficiando el desarrollo de las raíces y por ende el crecimiento de la planta, mejora el rendimiento de los cultivos ya sea de forma directa o indirecta, al reemplazar a los nutrimentos. La presencia de materia orgánica en el suelo es un indicador de calidad productiva, ambiental y económica en las operaciones agrícolas. Es una fuente de nutrimentos y energía por su composición en nitrógeno, carbono, fósforo y agua.

De acuerdo a lo expresado por Pérez et al. (2018) indican que la materia orgánica del suelo condiciona sustancialmente las propiedades básicas de los suelos y, en particular, importantes funciones hidrológicas y geomorfológicas, ya que favorece la agregación del

suelo. Permite la formación de complejos arcillo-húmicos que actúan como núcleo de los agregados del suelo, aumentando su porosidad y, por tanto, la infiltración y percolación de fluidos. En consecuencia, aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, mientras que disminuye el riesgo de escorrentía y erosión.

2.5. Rol de la materia orgánica en la consistencia del suelo

La consistencia del suelo es la resistencia del suelo a ser deformado o amasado, gobernada por las fuerzas físicas de adhesión y cohesión, las cuales dependen del contenido de humedad del material (Zambrano et al., 2021). La cantidad de MOS es una función de la cantidad de residuos de plantas que entran al suelo y de las tasas de descomposición de esos residuos; la estabilización de la MOS puede incrementar con el grado de humificación, por la asociación con la fase mineral y por la protección de la MOS dentro de los agregados (Espinoza, 2004).

Respecto a las propiedades mecánicas de los suelos, se han reportado relaciones entre la consistencia del suelo, contenido de MO y arcilla. Los límites de Atterberg [límite plástico inferior o límite plástico (LP) y límite plástico superior o límite líquido (LL)] se definen como un rango en el contenido de humedad en el que el suelo tiene una consistencia plástica. El suelo bajo un contenido de humedad por debajo del LP presenta un comportamiento frágil, mientras que, por encima de un contenido de humedad del LL, el suelo se comporta como un líquido y puede fluir. La diferencia entre el LL y LP se denomina índice de plasticidad (IP). Los límites de Atterberg son necesarios para evaluar los efectos a largo plazo del uso del suelo y el impacto de la labranza sobre el comportamiento mecánico del suelo (Hernández et al., 2019).

La MO del suelo promueve la infiltración y retención de agua, el intercambio gaseoso y el control de la erosión; consecuentemente, el contenido de materia orgánica es una variable importante en el fenómeno de compactación. La compactación del suelo se incrementa a medida que disminuye el contenido de materia orgánica; por lo que, los suelos con bajo contenido de MO, que no forman agregados gruesos, estables y fuertes, tienden a ser más susceptibles a la compactación. En cambio, los suelos con mayores niveles de materia orgánica, en general, tienen una mejor estructura y resisten mejor la compactación; por tanto, la materia orgánica es un buen acondicionador de las

propiedades físicas del suelo, ya que a medida que aumenta su contenido, se incrementa la porosidad y disminuye la resistencia a la penetración (Valarezo et al., 2020)

2.6.Relación del contenido de materia orgánica con la fertilidad del suelo

Las prácticas convencionales del sistema de labranza impactan no sólo en la pérdida de suelo, agua y nutrientes en el campo, sino que degradan el suelo con bajo contenido de materia orgánica y propician una frágil estructura física, lo que a su vez lleva a bajos rendimientos de cultivos. La agregación del suelo puede mejorarse mediante prácticas de manejo que disminuyen los disturbios del agroecosistema, mejoran la fertilidad del suelo, aumentan los insumos orgánicos, la cobertura vegetal y disminuyen la tasa de descomposición del carbono orgánico. La estabilidad de la estructura en suelos está fuertemente ligada a la protección física de la materia orgánica del suelo, la aplicación de prácticas de producción orgánica son procesos que benefician positivamente al suelo, incidiendo a su fertilidad (Ochoa et al., 2019).

De acuerdo a Santillano et al., (2019), el rendimiento de un cultivo en el aspecto de fertilidad está directamente relacionada con la cantidad de nitrógeno (N) y la concentración de materia orgánica (MO), lo que a su vez influenció la eficiencia agronómica del N.

2.7.Arvenses como plagas en la agricultura

Las arvenses son denominadas (malezas) o hierbas indeseables por los trabajadores del campo, crecen silvestremente de forma natural en potreros, cultivos, casi en cualquier lugar del campo. Se desarrollan de manera rápida, en cualquier clima o tipos de suelos, algunas son dominantes sobre otras, con fácil adaptación, propagación, desarrollando diferentes estrategias para competir por nutrientes, luz y espacio (González et al., 2020).

Actualmente el término control de malezas que se usa generalmente viene revaluado, siendo más conveniente hablar de manejo integrado de arvenses. Éstas son especies vegetales que conviven con los cultivos; algunas son muy agresivas y se las

conoce como malezas. Algunas especies presentan poco desarrollo aéreo y radicular, siendo su competencia por espacio y nutrientes mínimo, por lo cual son consideradas nobles. La mayoría de sistemas de cultivos son afectados por la presencia de arvenses que limitan su normal crecimiento y producción (Pinargote et al., 2021).

2.8.Necesidad del manejo de mejorado de arvenses

Las arvenses, aunque son capaces de ocasionar daños que restringen el desarrollo y productividad de las plantaciones, pueden llegar a interactuar directa o indirectamente con los cultivos, ofreciendo un gran espectro de funciones agronómicas y ecológicas. En este sentido, existen evidencias documentadas en la concepción teórica de la agricultura sostenible, donde las arvenses se muestran como un elemento clave a considerar y su manejo se encamina a mejorar o resolver problemas de erosión, cobertura y conservación de la fertilidad del suelo; además, de desempeñar un papel importante en la red trófica de los agroecosistemas complejos, ya que interactúan directa o indirectamente con otros de sus componentes y ofrecen un amplio espectro de funciones ecológicas y agronómicas, como la polinización y la regulación de plagas, al servir de refugio a los agentes naturales y biológicos de control (Cedeño et al., 2022).

Por tanto, es importante, tener presente que en un agroecosistema existe un conjunto de relaciones e interacciones entre suelos, climas, plantas cultivadas, organismos de distintos niveles tróficos, plantas adventicias y grupos humanos en determinados espacios físicos. Por ende, el conjunto de flora arvense se cataloga como un factor inherente a la diversidad de los ecosistemas.

Para algunos las arvenses han sido consideradas un factor restrictivo, por su interferencia directa en el desarrollo de los cultivos transitorios y perennes, dado su capacidad de aprovechar los recursos por los cuales compiten dentro de la cobertura del suelo como lo son, el agua, luz, los nutrientes y el espacio, adicional pueden incidir en la dinámica de insectos plaga y el desarrollo de enfermedades por los microclimas que se desarrollan con altas densidades; otros consideran que, de acuerdo a sus características morfológicas como la arquitectura del sistema radical, generan un elemento de estructuración y aireación dentro del suelo, así como de reserva de nutrientes y humedad

a largo plazo por la acumulación de biomasa y materia orgánica, dependiendo la cobertura de alguna familia particular (Cepeda et al., 2021).

2.9. Tipos de control

2.9.1. Control Químico

Este método de control está basado en el uso de herbicidas, los cuales poseen la capacidad de alterar la fisiología y de evitar el desarrollo normal de las arvenses hasta causar su muerte (Cedeño, 2020).

En los sistemas de producción modernos, las arvenses son una de las principales problemáticas en la producción de cultivos, además de presentarse como un desafío para la investigación científica moderna. En el transcurso de los años, los herbicidas han sido utilizados para el control de las malas hierbas en cultivos convencionales por su eficacia y facilidad de uso. Sin embargo, se ha comprobado que el uso continuo de estos productos conduce a una pérdida de eficacia en muchos casos, ya que algunas malas hierbas han desarrollado mecanismos de resistencia (Damiani, 2021).

La resistencia de las malas hierbas nace a partir del continuo uso de herbicidas que poseen un ingrediente activo en particular (Lanfranconi et al., 2013). Hasta los herbicidas diseñados para combatir las arvenses más resistentes, pierden su eficacia en solo cuatro a seis años de aplicación repetida, lo cual es alarmante debido a que la población de arvenses cada vez presenta una mayor dificultad en cuanto a su control (Papa & Tuesca, 2014).

2.9.2. Control Físico o mecánico

Este método de control se basa en el uso de herramientas de corte manuales o motorizadas, las cuales al ser manipuladas correctamente son muy ventajosas para el control de arvenses, a pesar de lo efectivo que puede ser el control con el uso estas herramientas, requieren de bastante esfuerzo y de tiempo, debido a que se la debe realizar algunas veces durante el ciclo de un cultivo (M. Cedeño, 2020; Luna Miuler, 2021).

2.10. Valoración económica del manejo de arvenses

Dependiendo la cantidad de terreno en la cual se desea realizar la labor de controlar las arvenses o malas hierbas se toma la decisión de que método aplicar. Al mismo tiempo se debe tener en cuenta el valor de la mano de obra, del herbicida que se decida aplicar, la cantidad y costos de combustible que se va a requerir para ejecutar esta labor.

2.11. Variabilidad espacial del suelo

Con el progreso de la teoría de las variables localizadas y su introducción en los estudios del suelo, se han desarrollado herramientas estadísticas que ayudan a estimar gran parte de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo. Los métodos más utilizados para estudiar la variación espacial de los suelos son el diseño anidado, la regresión y el análisis semivarianza (Jaramillo, 2012).

La variabilidad de los suelos no sólo depende del tipo de suelo, sino también de las propiedades químicas y físicas. Además, la variabilidad de las propiedades del suelo en estado natural es menor que cuando se somete al uso. Las propiedades más modificadas por la gestión del suelo son las que muestran una mayor variabilidad (Jaramillo et al., 2008).

2.12. Geoestadística

La geoestadística es una rama de la estadística aplicada especializada en el análisis y la modelización de la variabilidad espacial en las ciencias de la tierra. Los intereses de investigación incluyen el análisis y la predicción de fenómenos espaciales y temporales como el contenido de metales, la porosidad y las concentraciones de contaminantes (Díaz Viera, 2002)

La geoestadística se ha transformado en un instrumento útil para explicar los cambios de las alteraciones de propiedades en el espacio y últimamente se utiliza cada

vez más en el análisis de los hechos geográficos, sobre todo porque permite determinar el área de influencia de la propiedad, estimar el valor de las alteraciones de propiedades cuando no se dispone de datos y, por último, calcular los errores de las estimaciones (González et al., 2007).

2.12.1. Etapas del análisis geoestadístico

Según Dörner et al., (2016), los análisis geoestadísticos implican tres etapas:

- Análisis exploratorio de datos.
- Análisis estructural.
- Predicción espacial.

2.12.1.1. Análisis exploratorio de datos (AED)

Se define como un conjunto de métodos que describen y visualizan distribuciones espaciales, identifican datos atípicos, detectan patrones de asociación y sugieren estructuras en el espacio geográfico (Corso & Pinilla, 2017) .

2.12.1.2. Análisis estructural

Es el análisis sobre la continuidad espacial de una variable. Se calcula un variograma u otra función que explique la variabilidad espacial y se ajusta un variograma teórico (Moral, 2004).

2.12.1.3. Semivarianza

Semivarianza es una medida de la similitud que existe entre las observaciones a una distancia determinada. Para un análisis semivariado, el conjunto de datos debe tener una distribución normal y estacionariedad de segundo orden, o al menos mostrar simetría en la distribución y satisfacer una hipótesis intrínseca que sólo se viola cuando hay una tendencia clara en la variable de localización (Jaramillo, 2012).

1)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_{i+h})]^2$$

Fuente: (Jaramillo et al., 2008)

Donde:

$\gamma(h)$: Semivarianza.

$N(h)$: Número de pares en cada distancia

$Z(X_i)$: Valor de la variable en el sitio x

$Z(X_{i+h})$: Valor de la variable en un sitio ubicado a una distancia h del sitio x

Para analizar la semivarianza se debe de seguir el siguiente procedimiento:

- Se establecen las distancias de muestreo.
- Se deben de situar las muestras en el campo y georreferenciar a través de coordenadas (x,y) o (x,y,z), verdaderas o artificiales.
- Cuidadosamente se debe de crear una base de datos con los resultados obtenidos en la evaluación de las variables estudiadas.
- Al completar la base de datos se debe efectuar un análisis exploratorio de los datos con el fin de:
 - Comprobar la normalidad y asimetría de los datos.
 - Hallar datos anómalos o externos.
- Se obtiene el semivariograma y se analizan sus características.
- Se lleva a cabo un análisis complementario, según las aplicaciones que se hayan definido para la investigación.

2.12.1.4. Semivariograma

Un semivariograma es una representación gráfica de coordenadas cartesianas en la que el semivariograma se escribe en el eje vertical y el eje acimutal es un vector cuya dirección y módulo cambian en respuesta a la distancia de la muestra (J. González et al., 2007).

Cuando los valores de semivarianza se relacionan gráficamente con un determinado intervalo lag, el principal producto del análisis geoestadístico es un semivariograma (Jaramillo et al., 2008) (Figura 1).

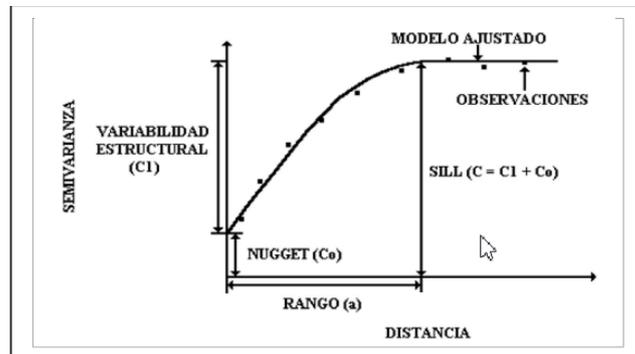


Figura 1. Componentes del semivariograma

Fuente: (Jaramillo et al., 2008).

a) Nugget (C_0)

Se trata de una semivarianza independiente de la distancia entre las muestras. Cuando es muy alto, la propiedad estimada tiene los efectos dominantes de los procesos a corto rango. También es posible encontrar variables cuya variación es completamente aleatoria, en cuyo caso un buen ajuste del modelo es una línea recta horizontal y el sill es igual al nugget en todas las distancias (Jaramillo, 2012).

b) Variabilidad estructural

Hace referencia a la variabilidad espacial de la variable, se la conoce como sill o meseta parcial, no representa el sill en su totalidad, es decir, es la diferencia entre un sill o meseta y el nugget (Oliver, 2010).

c) Sill, umbral o meseta ($C_0 + C$)

Es el valor de la semivarianza en el que se estabiliza el modelo; es la suma de la semivarianza estructural y la semivarianza aleatoria; toma un valor muy cercano al valor

de la varianza total de la variable cuando se respeta la estacionariedad de los datos (Jaramillo et al., 2008).

d) Rango o alcance

En términos prácticos, es la distancia a partir de la cual dos observaciones se vuelven independientes. El intervalo se interpreta como el área de influencia (Cardona, 2015).

El semivariograma genera una buena cantidad de información sobre el comportamiento espacial de una variable. No obstante, es necesario ajustar una función para cuantificar el grado y la magnitud de la variación espacial. Hay muchos modelos utilizados en geoestadística, siendo los más comunes el modelo esférico, el modelo exponencial, el modelo gaussiano y el modelo lineal (Gallardo, 2006).

Modelo exponencial: Se atribuye cuando la dependencia espacial tiene un crecimiento rápido con respecto a la distancia entre las observaciones. El valor del intervalo es igual a la distancia para la que el semivariograma asume un valor igual 95 % del sill (Cardona, 2015).

Modelo esférico: Tiene un rápido aumento cerca del origen, pero el aumento marginal disminuye a mayores distancias. En las distancias superiores al alcance, el aumento es nulo (Cueva, 2020).

Modelo Gaussino: Como en el modelo exponencial, la dependencia espacial desaparece sólo a una distancia que tiende al infinito. La principal característica de este modelo es su forma parabólica cerca del origen (Cardona, 2015).

Modelo Lineal: Modelo de independencia, indica que no hay relación espacial entre las observaciones de una variable (Cueva, 2020).

El grado de dependencia espacial varía mucho para las propiedades del suelo; determinando el porcentaje de variabilidad aleatoria de las propiedades en la variabilidad total, se puede estimar el grado de dependencia espacial (Cueva, 2020). Cambardella et

al., (1994) establecieron tres categorías para agrupar la importancia de la variabilidad espacial de acuerdo con dichos porcentajes se tiene.

- Fuerte dependencia espacial nugget < 25 % de sill
- Moderada dependencia espacial nugget entre 25 y 75 % de sill
- Débil dependencia espacial nugget > 75 % de sill

A partir de esta información se construyen mapas de contorno, utilizando la técnica de interpolación kriging ordinario (Cutillas et al., 2019).

2.12.2. Método de interpolación

2.12.2.1. Kriging

Se trata de un método de interpolación óptima que utiliza una combinación lineal de puntos conocidos para estimar los valores en puntos desconocidos (Acevedo et al., 2008).

2)

$$Z^* = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

Fuente: (Cueva, 2020)

Donde:

Z^* : Valor estimado o interpolado.

Z_i : Valores reales empleados en el cálculo.

W_i : Factor de ponderación.

La restricción de la clase de estimadores lineales es bastante natural, ya que significa que sólo es necesario el conocimiento de los momentos de segundo orden de una función aleatoria y normalmente se puede deducir de sus realizaciones en la práctica (Díaz Viera, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y caracterización del área de estudio

El trabajo de investigación se lo realizo en una plantilla experimental de banano de la granja Santa Inés ubicado en la Universidad Técnica de Machala, situada en la parroquia El Cambio de la ciudad de Machala, en la Av. Panamericana km 5 1/2 de la vía Machala-pasaje, provincia del Oro.

3.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Este trabajo experimental está situado en las siguientes coordenadas:

Latitud: 3°17'37.98"S

Longitud: 79°54'48.43"W

Altitud: 9,06 msnm.

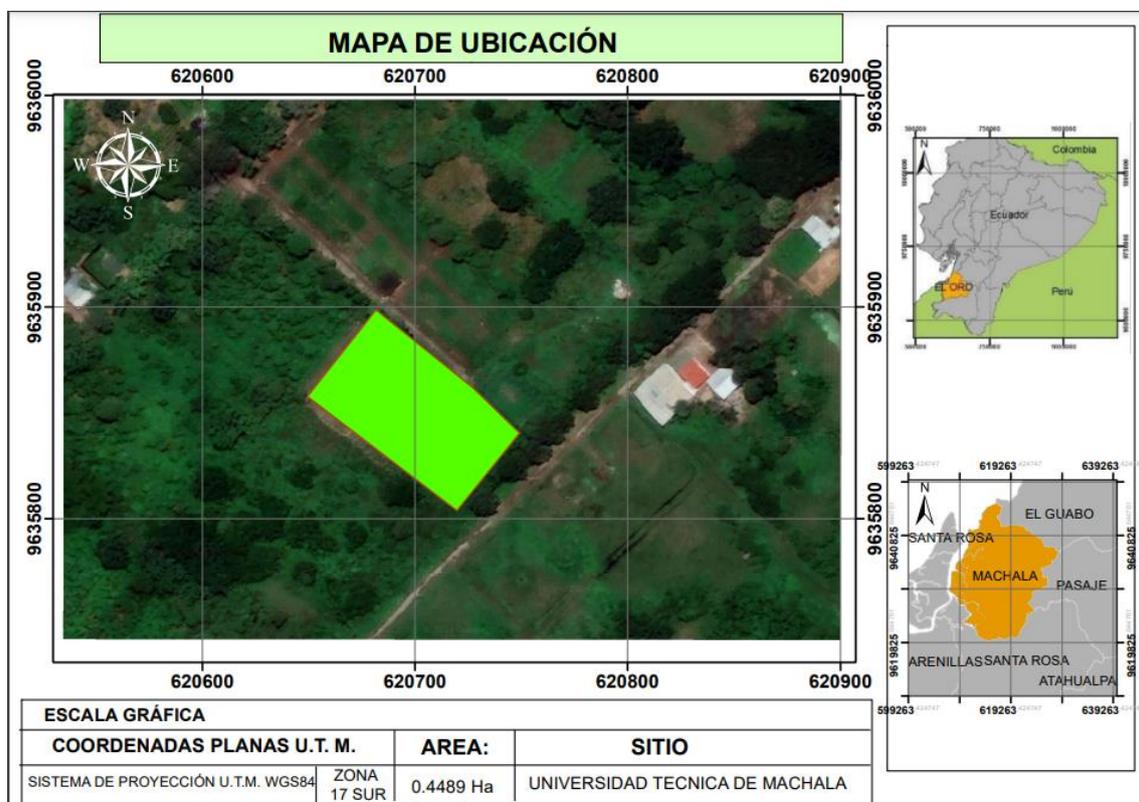


Figura 2. Ubicación del predio en estudio.

Fuente: Google Earth

3.3.Cronograma del experimento

Tabla 2 Cronograma de control de arvenses mecánico y químico.

Fecha	Control Mecánico	Control Químico
05/febrero/2022	X	X
07/marzo/2022	X	
06/abril/2022	X	X
06/mayo/2022	X	
05/junio/2022	X	X
05/julio/2022	X	

3.4.Materiales y Equipos

3.4.1. Materiales

Los materiales empleados en la realización del experimento fueron: GPS, el cual se empleó para tomar el punto donde fue tomada la muestra y para la realización del plano del terreno, cinta métrica con la cual se midió las distancias de cada una de las muestras tomas en campo, la pala metálica en la cual se le coloco una medida de 5 cm para una toma más exacta y las fundas las cuales fueron previamente marcadas que sirvieron para el transporte de la muestras tomadas en el área de estudio hasta el laboratorio de suelos de la UTMACH.

3.4.2. Equipos

Los equipos empleados en la realización del experimento fueron:

- Balanza de precisión
- Desecador
- Mufla
- Crisoles
- Bomba de mochila

- Motoguadaña

3.5. Diseño experimental

Se empleo un diseño de bloques completamente al azar con la finalidad de reducir el efecto de la variabilidad dentro de cada uno de los bloques del área experimental.

Se formaron los bloques de acuerdo a cada una de las filas de la plantilla experimental y en la parte interna de cada uno de ellos se asignarán los tratamientos de las unidades experimentales.

Se implemento dos tratamientos: T1 control mecánico y T2 control químico. Por cada tratamiento se realizaron 12 repeticiones.

- Control mecánico (Motoguadaña) se lo realizo mensualmente.
- Control químico (Herbicida agrícola, Explorer, ingrediente activo Glufosinate ammonium 200 g/l) se lo realizo cada dos meses.

3.5.1. Especificidades del diseño

Número de tratamientos: 2

Número de repeticiones: 12

Número de unidades experimentales: 24

Tamaño de la parcela total: 0.4489 h.

3.5.2. Tratamientos

Se utilizaron los siguientes tratamientos:

Tabla 3 Tratamientos aplicados en el estudio

Tratamientos	
T1	Control Mecánico
T2	Control Químico

3.5.2.1. Control mecánico

Este control se lo realizó mediante el uso de una motoguadaña, se realizó el corte lo más cercano al suelo, para retardar el crecimiento de malezas o arvenses. (Figura 3)



Figura 3. Empleo de motoguadaña, control mecánico.

3.5.2.2. Control químico

El producto químico y la concentración aplicada para este control fueron los siguientes: Explorer (Ingrediente activo de Glufosinate ammonium 200 g/l) con 200 cc en 20 litros de agua. (Figura 4)



Figura 4. Empleo de herbicida Explorer, control químico.

3.6. Croquis del experimento

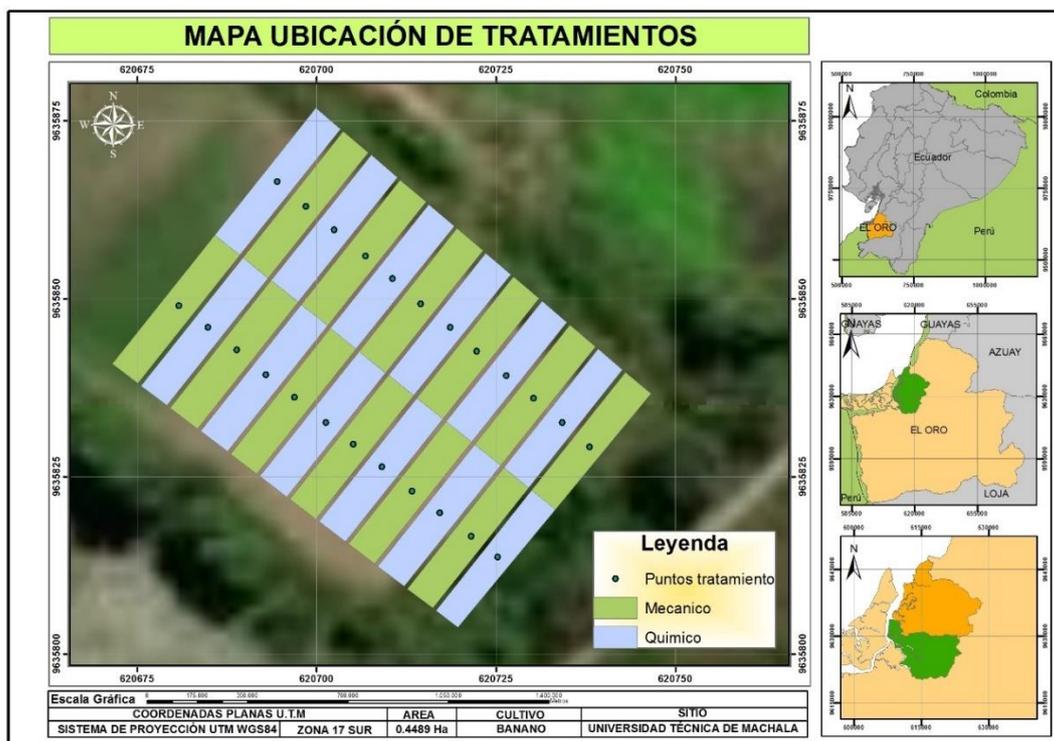


Figura 5. Croquis del experimento.

Para la toma de muestras del área experimental, donde por cada tratamiento se tomaron cuatro, a 1,50 m entre cada una de ellas. Se tomaron 5 cm de suelo por **cada uno de ellas**, luego se las coloco a todas en una funda negra previamente etiquetada.

3.7. Variables a medir

- Porcentaje de materia orgánica

Se implemento el método de ignición (Loi o gravimétrico) (Sandoval et al., 2011). Se realizó el siguiente procedimiento:

- Traídas las muestras tomadas en campo, se las coloco en bandejas plásticas y luego se las ubico dentro de la bodega del laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala el cual cuenta con un calefactor que cumple con la función de secar muestras de suelo, a una temperatura de (40 °C).
- Luego de 24 horas se procedió a moler y tamizar las muestras para de esta forma separar las partículas finas de las gruesas. (Figura 6)



Figura 6. Mullido y tamizado de muestras.

- Luego de tamizadas las muestras, se realizó el proceso de pesado de las mismas, primero se pesó en una balanza analítica el crisol previamente limpiado, secado y se lo identifico con un lápiz de grafito, luego se taro la balanza y se pesaron 10 gr de suelo. (Figura 7)



Figura 7. Uso de balanza analítica para pesado de muestras.

- Finalizado el pesado del crisol y los 10 gr del suelo, se colocó cada uno de los crisoles dentro de la Mufla durante una hora a una temperatura de 600 °C. (Figura 8)



Figura 8. Ingreso de las muestras en la mufla.

- Transcurrida una hora se retiran los crisoles de la mufla y se los coloca dentro del desecador hasta que disminuya la temperatura del mismo. (Figura 9)



Figura 9. Colocación de muestras en el desecador.

- Al disminuir la temperatura del crisol se procede nuevamente a pesar la muestra junto al crisol.
- Concluido todo el proceso metodológico se debe a aplicar la fórmula para la obtención del porcentaje de materia orgánica.

3)

$$\%MO = ((Pc + Pm) - Pmi) * 1.724$$

Donde:

%MO: Porcentaje de materia orgánica.

Pc: Peso del crisol

Pm: Peso de la muestra de suelo.

Pmi: Peso de la muestra de suelo sometida a ignición

3.8.Procedimiento estadístico

La variable estudiada en el laboratorio de suelos fue sometida al software IBM SPSS STATICS 25, donde se realizó un análisis descriptivo, pruebas de homogeneidad para verificar si los datos son normales y poder realizar una mejor predicción de los datos en el análisis geo estadístico para la creación de mapas, además se realizó una prueba T de muestras independiente para comprobar si existe diferencia entre los tratamientos de la variable estudiada.

3.8.1. Análisis geoestadístico

Se subió una base de datos en el software ArcMap 10.3 para determinar los semivariogramas experimentales de la variable estudiada en Excel, se obtuvo el error cuadrático medio de la variable y se validaron los métodos con los valores predichos por el software 10.3, con el que se establecieron los coeficientes de Pearson y Nash.

3.8.2. Coeficiente de Nash- Sutcliffe

Se trata de un método de normalización de la función de mínimos cuadrados. Determina la magnitud relativa de la varianza residual con respecto a la varianza de los datos medidos. Un ajuste negativo indica que el modelo es pobre y no se ajusta a los datos observados. Cuanto más se acerque este criterio estadístico a 1, mayor será el grado de cumplimiento (Albuja & Tenelanda, 2014).

4)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{o_i} - Q_{s_i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{o_i} - \bar{Q})^2}$$

Fuente: (Albuja & Tenelanda, 2014)

3.8.3. Coeficiente de determinación (R^2)

Se emplea como modelo de ajuste para todo el conjunto de datos. Esta medida es el coeficiente de determinación, que es el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, que da la proporción de la varianza de una variable (Y) que es explicada por una variable (X); estos valores explican si el modelo tiene un ajuste perfecto cuando es igual o cercano a 1, cuanto más se desvía de 1, más pierde su facultad predictiva (Martínez, 2005).

3.8.4. Error cuadrático medio (RMSE)

Efectúa la diferencia entre los valores calculados y los reales, estas diferencias se elevan al cuadrado y se promedian. Como su nombre indica, se calcula la raíz cuadrada de esta media. El RMSE mide el tamaño del error (Negrón, 2014).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis exploratorio del porcentaje de materia orgánica

Los gráficos de cajas y bigotes facilitan la comparación de las variaciones y distribuciones del porcentaje de materia orgánica en los diferentes tratamientos, de acuerdo a esto el porcentaje más alto de materia orgánica, se lo atribuye al tratamiento mecánica 4.05 % y el más bajo 2.44 % perteneciente al tratamiento mecánico. Al estudiar el control mecánico como una sola variable, presenta una mayor dispersión de datos, debido a la forma como fragmenta y dispersa los arvenses en el control mecánico, además de los diversos cambios de posicionamiento del operador durante la operación, mientras que en el químico se podría señalar como fija la descomposición de las malezas. (Figura 10)

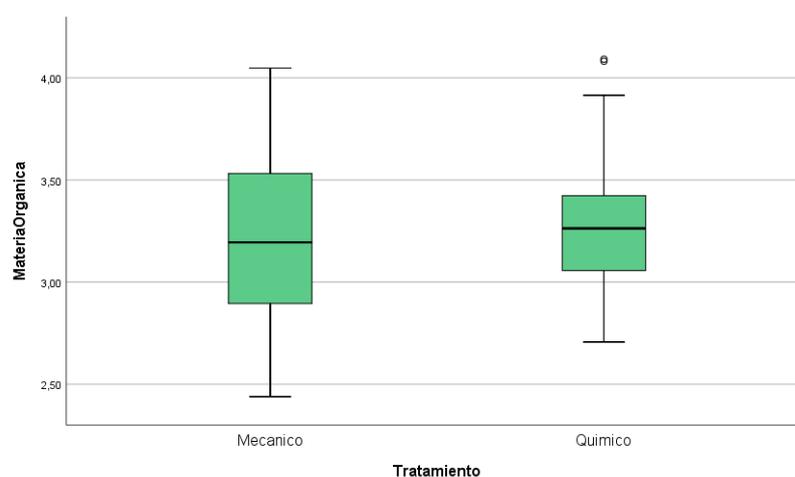


Figura 10. Diagrama de caja y bigote del porcentaje de materia orgánica.

En la tabla 4 se analizó la variable y se determinó la normalidad de los datos por Shapiro-Wilk por el tamaño de la muestra que son menores a 50. Los valores obtenidos en la prueba de normalidad de los tratamientos (mecánico y químico) son de 0.508 y 0.178 respectivamente. Los datos analizados coinciden con lo que manifiesta (Romero-Saldaña, 2016) el cual plantea que los datos al ser mayores a 0.05 significa que los datos poseen una distribución normal. Además, Dörner et al., (2016) menciona que al existir

normalidad en los datos proporcionara una mejor predicción de los datos en el análisis geo estadístico para la creación de mapas.

Tabla 4 Prueba de normalidad de datos en función de la variable de estudio

Prueba de normalidad		
Métodos de control de arvenses	Shapiro-Wilk	
Tratamientos	Estadístico	p-valor
Mecánico	0.973	0.508
Químico	0.957	0.178

4.2. Análisis de estadística descriptiva

En la tabla 5 muestra la estadística descriptiva de 72 datos de la variable estudiada, el control mecánico obtuvo una media de 3.22, un coeficiente de variación de 12 %, el valor mínimo de 2.44 y un máximo de 4.05, que en promedio se desvían los datos respecto a la media 0.40, una asimetría de 0.298 (Asimetría positiva), dando a entender que los valores de la media van a ser mayores que los de la mediana y una curtosis de -0.52 (Curtosis platicúrtica) entendiéndose así que existe una baja concentración de datos cercanos a la media. El control químico obtuvo una media de 3.28, un coeficiente de variación de 10 %, el valor mínimo de 2.71 y un máximo de 4.03, que en promedio se desvían los datos respecto a la media 0.36, una asimetría de 0.57 (Asimetría positiva), dando a entender que los valores de la media van a ser mayores que los de la mediana y una curtosis de -0.11 (Curtosis platicúrtica) entendiéndose así que existe una baja concentración de datos cercanos a la media. El aumento del contenido de materia orgánica se debe a la incorporación de los residuos vegetales proporcionados por los controles de arvenses (mecánico y químico), lo cual coincide con lo que manifiesta Cusack et al., (2009) que el aumento de la materia orgánica se debe a la incorporación de hojarasca, ramas y raíces finas.

Tabla 5 Estadístico descriptivo en función de la variable de estudio

Estadística Descriptiva								
Tratamiento	Media	Mediana	Desviación estándar	CV (%)	Mínimo	Máximo	Asimetría	Cutosis
Mecánico	3.22	3.20	0.40	12	2.44	4.05	0.298	-0.52
Químico	3.28	3.26	0.36	10	2.71	4.03	0.57	-0.11

4.3. Prueba T de Student

Se realizó una Prueba T de Student de muestras independiente tabla 6, donde la hipótesis nula fue aceptada, denotando así que los datos de la variable analizada no tuvieron diferencias significativas. Es así como se demostró estadísticamente que no hay diferencias significativas entre el control mecánico y el control químico.

Tabla 6 Prueba T de Student de muestras independiente

Pruebas de muestras independiente		
Muestreos	Tratamientos	P-valor
Muestreo 1 (Febrero)	Mecánico	0.965
	Químico	0.966
Muestreo 2 (Marzo)	Mecánico	0.531
	Químico	0.532
Muestreo 3 (Julio)	Mecánico	0.614
	Químico	0.614

En la figura 11 se denota que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (mecánico y químico), es decir que en cada uno de los muestreos realizados tuvieron una similar distribución de sus medias, en el muestreo 1, 2 y 3 se obtuvieron medias de 3.32, 3.31, 3.14, 3.22, 3.21 y 3.32 respectivamente, lo cual determino que ambos causarían el mismo efecto sobre la variable estudiada. Los datos analizados coinciden con lo que plantea Hernández, (2017) menciona que a pesar de que se use un control químico, manual o mecánico no existe diferencia entre ellos, en cuanto al incremento de la cantidad de materia orgánica y además menciona que el porcentaje de materia orgánica está altamente influenciado por factores como el clima, la temperatura, el viento, entre otros.

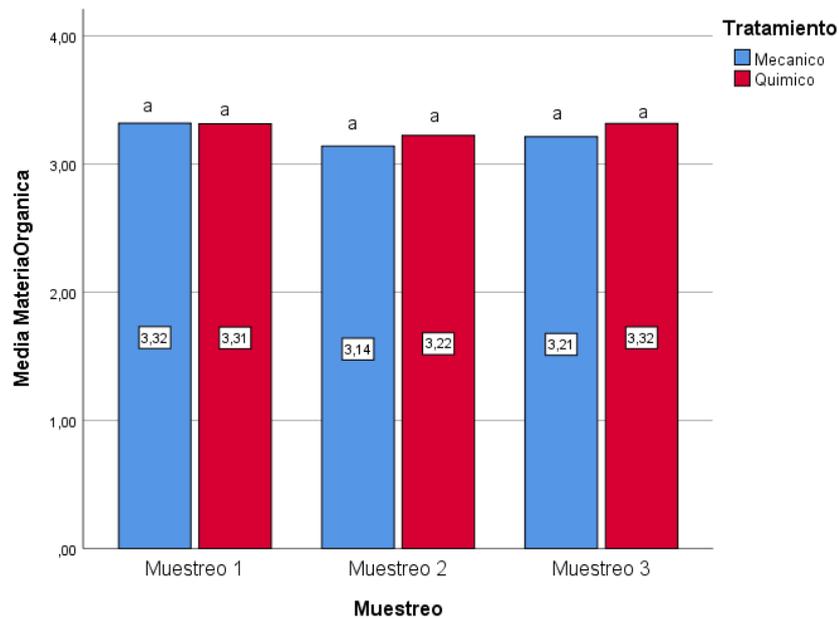


Figura 11. Diagrama de barras de prueba de T Student de muestras independientes.

4.4. Análisis de variabilidad espacial del suelo.

4.4.1. Análisis estructural del porcentaje de materia orgánica del suelo.

Se elaboraron los semivariogramas del porcentaje materia orgánica en el software Arcmap 10.3, es una gráfica que relaciona la semivarianza de los pares de puntos de muestreo en el eje de las (Y) que se encuentran separados a una distancia determinada eje de las (X). Se obtuvo varios gráficos de puntos conocido como semivariograma experimental a este semivariograma se le ajustó un modelo matemático denominado semivariograma teórico, los modelos más ajustados para cada tratamiento fueron: exponencial figura 12, 16 y esférico figura 13, 14, 15 y 17. Los parámetros del semivariograma según Jaramillo, (2012) son, el sill que es el valor máximo de la semivarianza, el rango es la distancia hasta donde se estabiliza la semivarianza y también indica que en todos los tratamientos la distancia hasta donde existe dependencia espacial, la cual fue para materia orgánica de 1.53 a 2.56 m, los valores de semivarianza que no parten de cero se conocen como nugget figura 12, 13, 14, 15, 16 y 17, estos valores se pueden atribuir a errores de la medición de la variable.

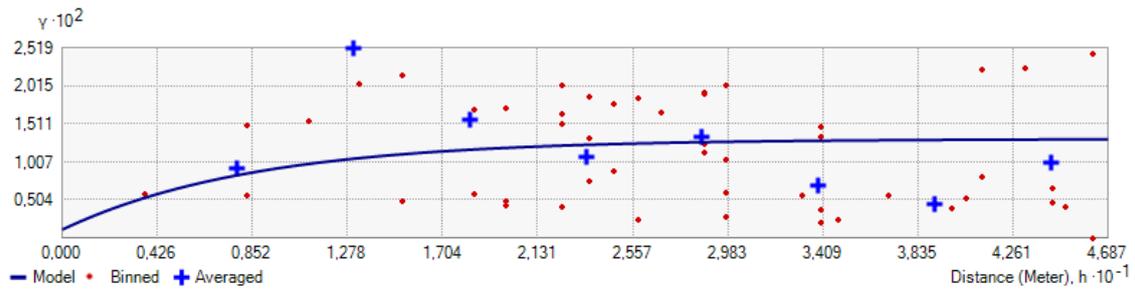


Figura 12. Semivariograma del mes de febrero, tratamiento mecánico.

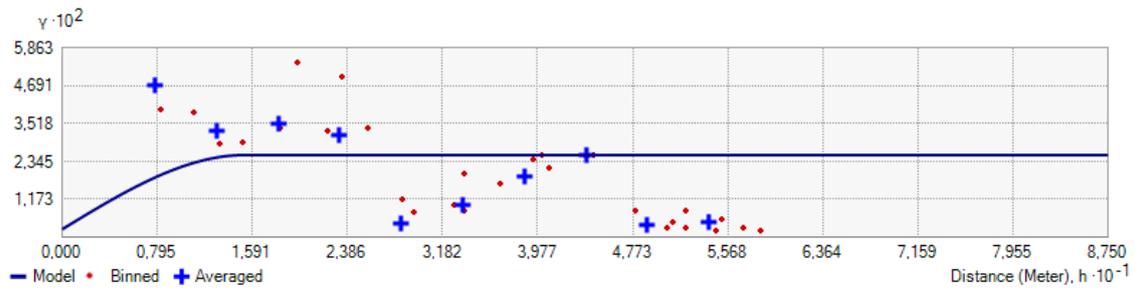


Figura 13. Semivariograma del mes de febrero, tratamiento químico.

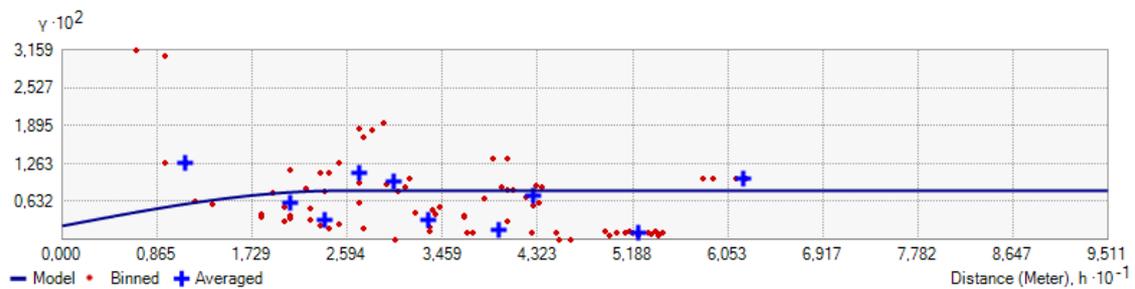


Figura 14. Semivariograma del mes de mayo, tratamiento mecánico.

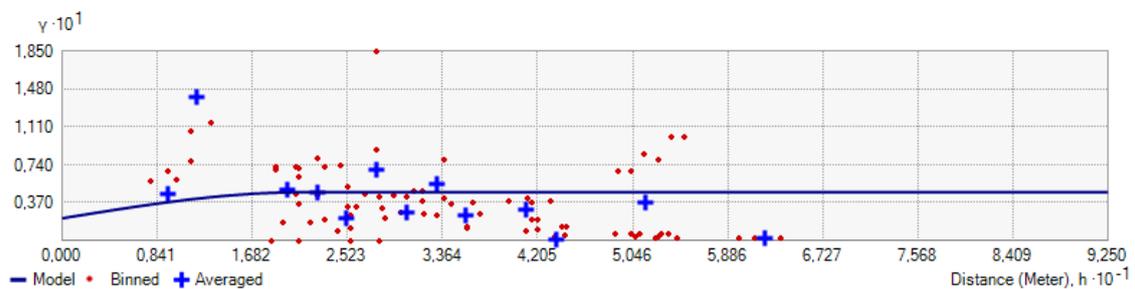


Figura 15. Semivariograma del mes de mayo, tratamiento químico.

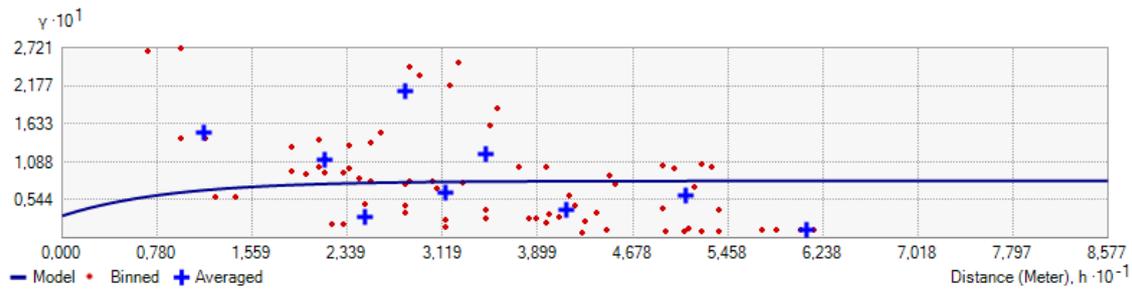


Figura 16. Semivariograma del mes de julio, tratamiento mecánico.

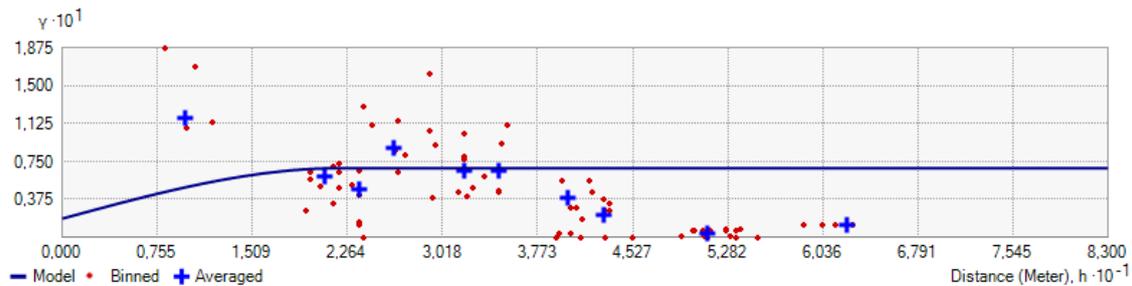


Figura 17. Semivariograma del mes de julio, tratamiento químico.

En la tabla 7 , se presentan los resultados del análisis estructural de la variable estudiada, para la determinación de los semivariogramas se utilizó el programa Arcmap 10.3, donde se ajustó modelos teóricos (gaussiano, esférico y exponencial) para los distintos tratamiento de control de arvenses (mecánico y químico), siendo los más precisos el modelo esférico y exponencial, lo cual se plantea debido a que Gallardo, (2006) menciona que para ajustar un modelo su un coeficiente nash y el coeficiente de determinación (R^2) deben ser cercanos a 1, y además los valores del error medio cuadrático (RMSE) deben de ser bajos.

Los resultados evidenciaron la existencia de la variabilidad espacial y el análisis estructural, de acuerdo a Cambardella et al., (1994), el cual establecido tres categorías de agrupación, se determinó una dependencia espacial fuerte en el mes de febrero tanto para el tratamiento mecánico como químico, para el mes de mayo se presentó una dependencia espacial moderada y débil respectivamente para el tratamiento mecánico y químico y para el mes de julio, en ambos tratamientos se obtuvo una dependencia espacial moderada.

Los rangos que explican la existencia de una dependencia espacial se encuentran entre 15 a 26 m.

Tabla 7 Parámetros del variograma aplicando kriging ordinario para la variable de estudio

Fecha	Tratamiento	Modelo	Nugget	Sill	Rango	R2	Nash	RMSE	De	
Febrero	Mecánico	Exponencial	0.001	0.012	25.6	0.999	0.995	0.023	8.33	Fuerte
	Químico	Esférico	0.002	0.022	15.3	0.999	0.989	0.021	9.09	Fuerte
Mayo	Mecánico	Esférico	0.002	0.005	25.3	0.982	0.918	0.072	40.00	Moderada
	Químico	Esférico	0.021	0.025	21.2	0.961	0.783	0.141	84.00	Débil
Julio	Mecánico	Exponencial	0.031	0.05	26.4	0.979	0.857	0.168	62.00	Moderada
	Químico	Esférico	0.018	0.05	22.1	0.983	0.949	0.09	36.00	Moderada

4.4.2. Creación de mapas temáticos del porcentaje de materia orgánica del suelo.

Para determinar el comportamiento espacial del porcentaje de materia orgánica para los diferentes tratamientos en el cual se determinó un rango para el tratamiento mecánico de 25.3 a 26.4 m y para el químico de 15.3 a 22.1 m, los cuales Cardona, (2015) menciona que son la distancia a partir de la cual dos observaciones se vuelven independientes, indicando que hasta esta distancia existe una dependencia espacial. El porcentaje de materia orgánica en la figura 18 y 19, en el tratamiento mecánico varía de 2 a 4% y el químico de 3 a 4%, para la figura 20, en ambos tratamientos varía de 2 a 4%.

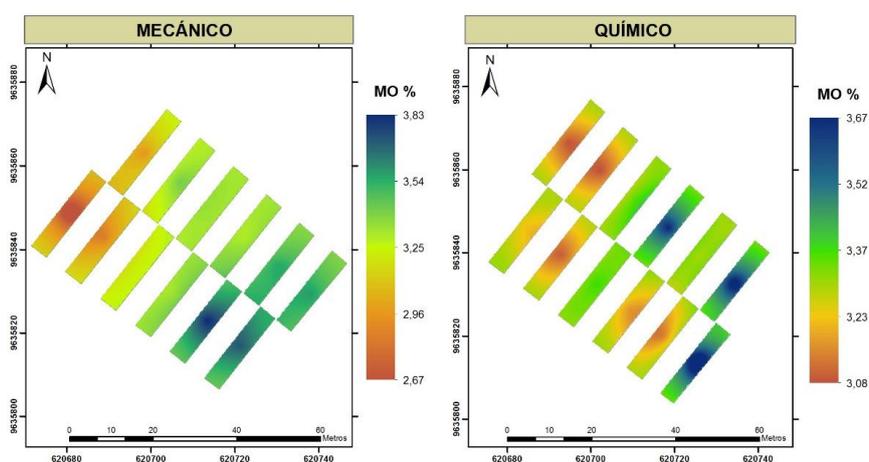


Figura 18. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de febrero.

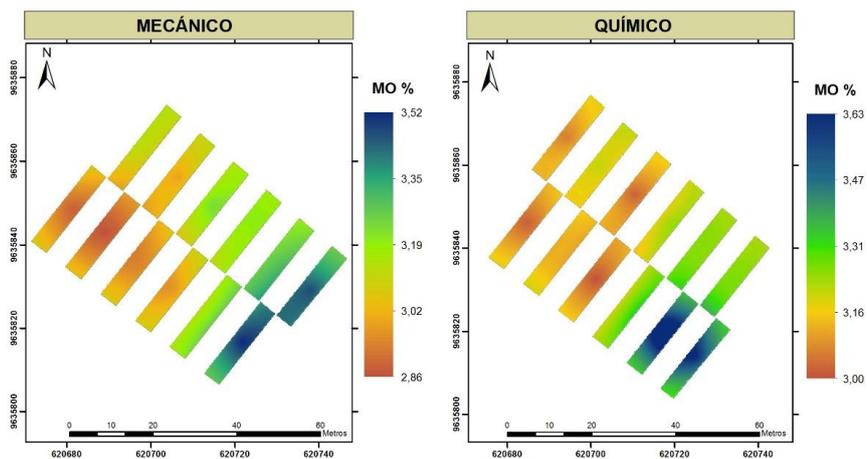


Figura 19. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de mayo.

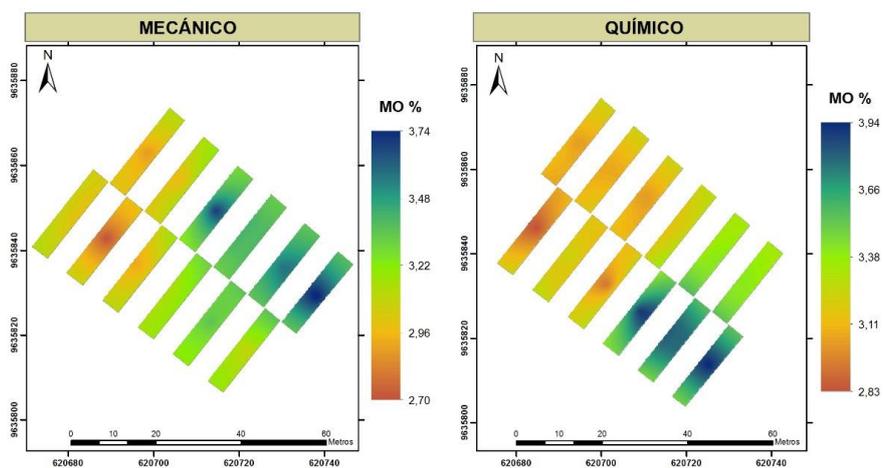


Figura 20. Distribución espacial del contenido de materia orgánica, muestreo mes de julio.

5. CONCLUSIONES

- El control de arvenses que mayor coeficiente de variación presentó fue el control mecánico con un 12%, en comparación al control químico que obtuvo un 10%.
- A través del análisis estadístico se logró observar un incremento en cuanto al porcentaje de materia orgánica empleando los tratamientos mecánico y químico, con un mínimo de 2.44, 2.71 y máximo de 4.05, 4.09 respectivamente, lo cual establece que ambos controles producen el mismo efecto en el contenido de materia orgánica.
- Los modelos que más se ajustaron a la variable estudiada fueron el esférico y exponencial ya que presentaron un coeficiente de Nash y un coeficiente de determinación (R^2) cercano o igual a 1, así mismo se obtuvieron los valores más bajos del error medio cuadrático (RMSE).
- Los semivariogramas que se elaboraron para el contenido de materia orgánica explican que existe una dependencia espacial para el tratamiento mecánico de 25.3 a 26.4 m y para el tratamiento químico de 15.3 a 22.1 m, a través de este análisis espacial se construyeron mapas temáticos.

6. RECOMENDACIÓN

- Que el presente trabajo de investigación sea repetido en otros meses del año, dado la variabilidad climática, que inciden en la mayor o menor descomposición de la materia orgánica.
- Al momento de preparar el herbicida tener en cuenta el pH del agua con el que se va a mezclar, para una mayor eficiencia del producto.
- Incluir un nuevo tratamiento (coberturas vegetales) para evaluar otros métodos de control que puedan influir en el contenido de materia orgánica.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, C., Álvarez, M., Hernández, E., Maldonado, R., Pérez, M., & Castro, R. (2008). Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en el diseño de experimentos. *Terra Latinoamericana*, 26(4), 317–324.
- Albuja, E., & Tenelanda, D. (2014). Desarrollo de un modelo conceptual de lluvia-esorrentía para interpretación de procesos hidrológicos en la cuenca altoandina del río Zhuruca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/19863>
- Amador, P., Kriebel, W., Amaral, A., & Esteves, A. (2019). A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. *Research, Society and Development*, 9(1), 1–21. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1870>
- Blanco, Y. (2016). El rol de la arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34–56. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000400003
- Cambardella, C. A., Moorman, T., Novak, J., Parkin, T., Karlen, D., Turco, R., & Konopka, A. (1994). Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501–1511. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- Cantú, I., & Yañez, M. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 122–151. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Cardona, J. (2015). Generación de superficies climáticas usando datos funcionales de temperatura y precipitación por medio de métodos geoestadísticos para el Valle del Río Cauca, Colombia.
- Cedeño, J., Jiménez, E., Bautista, P., Pinargote, J., Mestanza, C., & Díaz, A. (2022). Especies arvenses en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 27, 51–68.

<https://scholar.archive.org/work/17pfstpx6bf7jkcdbn32runpsi/access/wayback/https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/download/4045/4451>

- Cedeño, M. (2020). Incremento medio anual en tres tratamientos con control de arvenses en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* L.f. en las provincias de los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5978>
- Cepeda, M., Castellanos, L., & Hernández, B. (2021). Caracterización ecológica de la flora de arvenses del alto y bajo Ricaurte (Boyacá). *INGE CUC*, 17(1), 112–125.
<https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/3112>
- Cevallos, E. (2020). Elaboración de abonos orgánicos a partir de los residuos vegetales en la Finca Tóala León en la comunidad Joá-Jipijapa.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2386>
- Corbella, R., & Fernández, J. (2019). *Materia Orgánica del Suelo*.
<https://www.edafologia.org/app/download/7953479876/Materia+Organica+del+Suelo.pdf?t=1563476239>
- Corso, G., & Pinilla, M. (2017). Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 13(25), 92–104.
<https://revistacolombianadeenfermeria.unbosque.edu.co/index.php/cuaderlam/article/view/2417>
- Cueva, E. (2020). Análisis geoestadístico y multivariado de atributos físicos de un suelo en cultivo de banano finca Márquez La Peaña Cantón Pasaje.
- Cusack, D. F., Chou, W. W., Yang, W. H., Harmon, M. E., & Silver, W. L. (2009). Controls on long-term root and leaf litter decomposition in neotropical forests. *Global Change Biology*, 15(5), 1339–1355. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01781.x>
- Cutillas, P., Barberá, G., & Conesa, C. (2019). Evaluación de la erosionabilidad (Factor K) y su variabilidad espacial en relación con los usos del suelo. *GeoFocus*, 23, 71–96. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/593/476>

- Damiani, L. (2021). Planificación óptima del manejo integrado de malezas [Unidad Nacional Del Sur].
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5754/DAMIANI%20L.%20-%20TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Díaz Viera, M. A. (2002). Geoestadística aplicada. <http://www.esmg-mx.org/media/courses/geoestadistica/GeoEstadistica.pdf>
- Dörner, J., Salas, R., Ordóñez, I., Valle, S., López I, Dec, D., & Descalzi, C. (2016). Variación espacial de propiedades físicas de un suelo derivado de cenizas volcánicas sometido a distintas estrategias de mejoramiento de una pradera degradada. *Agro Sur*, 44(3), 29–40. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n3-04>
- Espinoza, Y. (2004). Calidad de la materia orgánica bajo diferentes practicas de manejo en un suelo ácido tropical. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 21(2), 126–140. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000200003
- Galecio, M., León, K. L., & Aguilar, R. (2020). Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (*Musa spp. L.*). *Manglar*, 17(4), 301–306. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.045>
- Gallardo, A. (2006). Geoestadística. *Ecosistemas*, 15(3), 48–58. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=431>
- García, D., Moreno, C., Atienza del Rey, J., & Marinero, P. (2003). Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en el suelo de una plantación de viñedo. *Estudios de La Zona No Saturada Del Suelo*, VI, 223–228. https://abe.ufl.edu/faculty/carpna/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v6/p223-228.pdf
- García, S., Bautista, L., & Bolaños, M. (2019). Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de cuatro municipios de Cundinamarca (Colombia) para la producción de plátano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1), 1–10. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1192/1729>
- González, D., Colás, A., Rodríguez, O., Álvarez, D., Gattorno, S., & Chacón, A. (2021a). Variabilidad espacial de la materia orgánica de suelos cultivados con *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Centro Agrícola*, 48(2), 5–13. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n2/0253-5785-cag-48-02-5.pdf>

- González, D., Colás, A., Rodríguez, O., Álvarez, D., Gattorno, S., & Chacón, A. (2021b). Variabilidad espacial de la materia orgánica de suelos cultivados con *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Centro Agrícola*, 48(2), 5–13.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n2/0253-5785-cag-48-02-5.pdf>
- González, D., Gómez, J., Madrid, D., & Chía, C. (2020). Arvenses Asociados a cultivos en Cimitarra Santander. *Revista CITECSA*, 12(18), 54–74.
<https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/210/224>
- González, J., Guerra, F., & Gómez, H. (2007). Conceptos básicos de geoestadística y ciencia de la tierra: manejo y aplicación. *Geoenseñanza*, 12(1), 81–90.
<https://www.redalyc.org/pdf/360/36014577008.pdf>
- Hernández, J., Figueroa, B., & Martínez, M. (2019). Propiedades físicas del suelo y su relación con la plasticidad en un sistema bajo labranza tradicional y no labranza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22, 53–61.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10nspe22/2007-0934-remexca-10-spe22-53.pdf>
- Hernández, P. (2017). Efecto de diferentes métodos de control de arvenses en las propiedades del suelo, en plantaciones de Teca, *Tectona grandis*(L.f.).
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9398/efecto_diferentes_métodos_control_arvenses_propiedades_sielo_plantaciones_teca_tectona_grandis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo.
- Jaramillo, D. (2012). Variabilidad espacial del suelo: bases para su estudio. *Revista de Facultad de Ciencias*, 1(1), 73–87.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/49004>
- Jaramillo, D., Gonzáles, H., & Álvarez, F. (2008). Variabilidad espacial de algunas propiedades físico - mecánicas de suelos de textura pesada. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 3(2), 10–19.
<https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428100001.pdf>
- Lanfranconi, L., Bragachini, M., Peiretti, J., & Sánchez, F. (2013). El avance de las malezas resistentes a herbicidas en los sistemas agrícolas ¿Podremos controlarlas?

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_lan-bra_-_malezas_resistentes__limpieza_de_sem.pdf

- Luna Miuler. (2021). Rendimientos y costos control de maleza a través del control químico y mecánico en una plantación de Guazuma crinita C. Mart. (Bolaina Blanca), Tingo María. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2018>
- Martínez, E. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 35, 315–331.
- Moral, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas*, 13(1), 78–86.
<http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/582>
- Murillo, S., Mendoza, A., & Fadul, C. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 56–68.
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/2503/3600>
- Negrón, P. (2014). Redes neuronales sigmoideal con algoritmo LM para pronostico de tendencia del precio de las acciones del IPSA. http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/uce5728_01.pdf
- Ochoa, M., Armenta, A., Moreno, S., Fernández, E., & Ochoa, A. (2019). Fertilización orgánica y su impacto en la calidad del suelo. *Biotecnia: Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, 21(1), 87–92.
<https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/817/305>
- Oliver, M. (2010). *Geostatistical Applications for Precision Agriculture*.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-9133-8#about-this-book>
- Papa, J. c., & Tuesca, D. (2014). El doble golpe como táctica para controlar malezas “difíciles” Características de una técnica poco comprendida.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/174-doble-golpe.pdf
- Pérez, P., Barberá, G., & Conesa, C. (2018). Effects of the texture and organic matter values in the estimation of the soil water content at a regional scale. *Cuadernos de*

- Investigación Geográfica, 44(2), 697–718.
<https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/3484>
- Pinargote, J., Palma, R., & Cedeño, J. (2021). Alternativas tecnológicas para manejo de arvenses en desarrollo y producción de *Coffea Arabica L.*, en el cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, 6(9), 948–998.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094575>
- Reis, A., Bomfim, T., Pinto, E., & Leal, R. (2019). Utilização da espectrorradiometria na caracterização do teor de matéria orgânica presente no solo. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 7(1), 86–95.
<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/28086/17955>
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 105–114.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>
- Sandoval, M., Dörner, J., Seguel, O., Cuevas, J., & Rivera, D. (2011). Métodos de análisis físicos de suelos. <https://www.researchgate.net/publication/312453440>
- Santillano, J., Guadalupe, L., Núñez, F., Grijalva, R., Robles, F., Macías, R., Escobosa, I., & Cárdenas, V. (2019). La fertilidad del suelo afecta el crecimiento, nutrición y rendimiento de algodón cultivado en dos sistemas de riego y diferentes dosis de nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 37, 7–14. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.304>
- Trinidad-Santos, A., & Velasco-Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52–58. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802/666>
- Valarezo, L., Valarezo, C., & Mancino, M. (2020). Producción agropecuaria sostenible en suelos arcillosos del piso temperado andino del sur del Ecuador. Caso Sistema de Riego Santiago.
- Villarreal, J., Pla, L., Agudo, L., Villaláz, J., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2013). Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 301–315. http://www.mag.go.cr/rev_mesov24n02_301.pdf

Zambrano, V., Ortiz, E., & Alcívar, W. (2021). Caracterización geotécnica de los suelos de la ciudad de Calceta en la provincia de Manabí. *Polo Del Conocimiento*, 6(8), 77–90. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i8.2926>