



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**ELABORACIÓN DE UN CILINDRO Y PORTACILINDRO PARA
MEDIR LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO EN LA
GRANJA DE LA UTE.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AGROPECUARIA**

FUSTILLOS BURGOS ANA LUCIA

DIRECTOR: ING. SAQUICELA ROJAS RODRIGO ALBERTO, MSc.

Santo Domingo, Enero 2019

© Universidad UTE. 2019
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2300244692
APELLIDO Y NOMBRES:	Fustillos Burgos Ana Lucia
DIRECCIÓN:	Rosales 3 etapa
EMAIL:	analu_fustillos96@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2746-206
TELÉFONO MÓVIL:	0980146788

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Elaboración de un cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente del suelo en la granja de la UTE.
AUTORA:	Fustillos Burgos Ana Lucia
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	10 de enero de 2019
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Rodrigo Alberto Saquicela Rojas
PROGRAMA	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
RESUMEN:	El objetivo de este trabajo fue la construcción de un cilindro y portacilindro mejorado para tomar muestras de suelo a mayor profundidad (20 cm) en la granja de la UTE, para medir la densidad aparente, lo cual se comparó con los métodos del terrón parafinado y el cilindro estándar. El cilindro mejorado se construyó de acero y se compuso de las siguientes partes: cilindro (20 cm), portacilindro (28 cm), tapa (1.1 kg) y anillos de corte (3 cm), con un volumen total constante de 1005,31 cm ³ . El cilindro estándar tuvo 4,6 cm de diámetro y de largo 5 cm que se usó para muestrear consecutivamente hasta los 20 cm de profundidad, con un volumen total constante de 332,8 cm ³ , los métodos para medir la

	<p>densidad aparente se probaron en los cultivos: plátano barraganete (<i>Musa paradisiaca</i>, <i>m. balbisiana</i>, AAB), cacao nacional (<i>Theobroma cacao</i>) y pasto (<i>Brachiaria Decumbens</i>). Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los métodos de medir la densidad aparente. El método del terrón parafinado $1,31 \text{ g/cm}^3$ (IC 95: 1,24; 1,36), tuvo mayor densidad que los otros dos métodos, además el método mejorado $0,88 \text{ g/cm}^3$ (IC 95: 0,86; 0,91) tuvo mayor densidad que el método estándar $0,75 \text{ g/cm}^3$ (IC 95: 0,71; 0,79). El método del cilindro mejorado tuvo la menor variación para medir la densidad aparente que los otros dos métodos. El terrón parafinado tuvo mayor densidad porque no mide los espacios porosos entre agregados mientras que el método mejorado y estándar mide los espacios indicados. El cilindro estándar tiene dificultad a tomar la muestra a 20 cm de profundidad por su tamaño, además existen errores porque se necesita aparejar los extremos. Por lo tanto el método mejorado sería el más adecuado para medir la densidad aparente por su facilidad de manejo, poca variación en la medición y porque evalúa indirectamente los espacios porosos entre los agregados</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Cilindro estándar, porta cilindro, densidad aparente, terrón parafinado, textura del suelo, plátano, cacao, pasto.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____
FUSTILLOS BURGOS ANA LUCIA
 C.I. 2300244692

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **FUSTILLOS BURGOS ANA LUCIA**, CI 2300244692 autora del proyecto de titulación: **Elaboración de un cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente del suelo en la granja de la UTE**, previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO EN INGENIERA AGROPECUARIA** en la universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 10 de enero de 2019



f: _____
FUSTILLOS BURGOS ANA LUCIA
C.I. 2300244692

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título “**Elaboración de un cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente del suelo en la granja de la UTE**”, para aspirar al título **DE GRADO ACADÉMICO DE INGENIERA AGROPECUARIA** fue desarrollada por **FUSTILLOS BURGOS ANA LUCIA**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Saquicela Rojas Rodrigo Alberto, MsC.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 17166446289

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios por ser mi guía en todo momento y darme fuerzas para culminar uno de mis sueños más deseados.

A mis padres Marcos Neptalí Fustillos Camelo y María Lucia Burgos Bedón que me enseñaron que con optimismo, responsabilidad y amor todo es posible, por su apoyo incondicional durante todo este proceso y por sus sabios consejos que me han formado como persona y profesional.

A mis hermanos por estar siempre conmigo, por su cariño y apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cada una de sus bendiciones y por ser mi fortaleza en todo momento.

A mis padres: Marcos y Lucia, por ser mis promotores, por su amor, paciencia, esfuerzo, por confiar y creer siempre en mí.

A mis hermanos: Viviana, Jazmín y Marcos por estar dispuestos a escucharme y ayudarme siempre.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi Director de tesis el Ing. Rodrigo Saquicela quien con enseñanzas de sus valiosos conocimientos, paciencia y rectitud como docente me han guiado al desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 MARCO REFERENCIAL	2
2 METODOLOGÍA	4
2.1 LOCALIZACIÓN.	4
2.2 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA	4
2.3 DISEÑO DEL CILINDRO	5
2.4 DETERMINACIÓN DE CULTIVOS	7
2.5 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	7
2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	7
2.6.1 MÉTODO DEL CILINDRO MEJORADO	7
2.6.1.1 Toma de la muestra de suelo	7
2.6.1.2 Secado de la muestra.....	7
2.6.1.3 Cálculo de la densidad aparente	8
2.6.2 MÉTODO DEL CILINDRO ESTÁNDAR	8
2.6.2.1 Toma de la muestra de suelo	8
2.6.2.2 Secado de la muestra.....	8
2.6.3 MÉTODO DE LA PARAFINA	8
2.6.3.1 Toma de la muestra de suelo	8
2.6.3.2 Secado de la muestra.....	9
2.6.3.3 Aplicación de parafina al terrón	9
2.6.3.4 Cálculo de la densidad aparente	9
2.7 PRUEBAS TÉCNICAS.....	10
2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO	10
2.9 MANUAL DEL USUARIO.....	10
2.9.1 ENSAMBLAJE DEL EQUIPO.....	10
2.9.2 TOMA DE MUESTRA CON EL EQUIPO	11
2.9.3 MEDICIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE	11
2.9.4 LIMPIEZA DEL EQUIPO	11
2.9.5 ARREGLO DEL EQUIPO.....	11
2.9.6 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	11

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1	DENSIDAD SEGÚN LOS MÉTODOS Y CULTIVOS	12
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
4.1	CONCLUSIONES	15
4.2	RECOMENDACIONES	15
	BIBLIOGRAFÍAS	16
	ANEXOS	19

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria.....	4
Tabla 2. Parámetros para la construcción del cilindro y portacilindro.....	5
Tabla 3. Análisis económico para el proyecto técnico.....	10
Tabla 4. Promedios del contenido de arena, limo, arcilla y clase textural.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Diseño del cilindro y portacilindro mejorado.....	6
Figura 2. Varilla extractora, tapa del portacilindro y cilindro.....	6
Figura 3. Diseño de la tapa del cilindro.	6
Figura 4. Media de la densidad aparente del suelo de varios cultivos.	12
Figura 5. Media de la densidad aparente con los métodos.....	13

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. RECOLECCIÓN DE MUESTRA EN LA GRANJA DE LA UTE, SANTO DOMINGO ECUADOR.....	18
ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE LA TOMA DE MUESTRA CON EL CILINDRO Y PORTA CILINDRO MEJORADO	19
ANEXO 3. CORTE DEL ANILLO SUPERIOR E INFERIOR	20
ANEXO 4. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS CON EL MÉTODO DEL CILINDRO ESTÁNDAR	21
ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS DE MUESTREO A TRAVÉS DEL MÉTODO DEL TERRÓN PARAFINADO.....	22
ANEXO 6. ANÁLISIS EN EL LABORATORIO, PESOS DE LAS MUESTRAS	23

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la construcción de un cilindro y portacilindro mejorado para tomar muestras de suelo a mayor profundidad (20 cm) en la granja de la UTE, para medir la densidad aparente, comparar con los métodos del terrón parafinado y el cilindro estándar. El cilindro mejorado se construyó de acero y se compuso de las siguientes partes: cilindro (20 cm de largo), portacilindro (28 cm de largo), tapa (1.1 kg), varilla extractora (100 cm), martillo (2,3 kg) y anillos de corte (3 cm de diámetro) con un volumen total constante de 1005,31 cm³. El cilindro estándar tuvo 4,6 cm de diámetro y 5 cm de largo y se usó para muestrear consecutivamente hasta los 20 cm de profundidad, con un volumen total constante de 332,8 cm³. Los métodos para medir la densidad aparente se probaron en los cultivos: plátano barraganete (*Musa paradisiaca*, *m. balbisiana*, AAB), cacao nacional (*Theobroma cacao*) y pasto (*Brachiaria Decumbens*). Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los métodos de medir la densidad aparente. El método del terrón parafinado 1,31 g/cm³ (IC 95: 1,24; 1,36), tuvo mayor densidad que los otros dos métodos, además el método mejorado 0,88 g/cm³ (IC 95: 0,86; 0,91) tuvo mayor densidad que el método estándar 0,75 g/cm³ (IC 95: 0,71; 0,79). El método del cilindro mejorado tuvo la menor variación para medir la densidad aparente que los otros dos métodos. El terrón parafinado tuvo mayor densidad porque no mide los espacios porosos entre agregados mientras que el método mejorado y estándar mide los espacios indicados. El cilindro estándar tiene dificultad a tomar la muestra a 20 cm de profundidad por su tamaño, además existen errores porque se necesita aparejar los extremos. Por lo tanto el método mejorado sería el más adecuado para medir la densidad aparente por su facilidad de manejo, poca variación en la medición y porque evalúa indirectamente los espacios porosos entre los agregados.

Palabras Clave: cilindro estándar, porta cilindro, densidad aparente, terrón parafinado, textura del suelo, plátano, cacao, pasto.

1. INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay muchas formas para medir la densidad aparente, seleccionar un equipo adecuado y garantizar un muestreo preciso ya que la misma es un indicador de las condiciones que afectan al crecimiento de las plantas (Cedeño & Hossne, 2012).

En Ecuador existen 5,39 millones de hectáreas sembradas en labor agrícola (INEC, 2016). La densidad aparente es una de las características más importantes para determinar la productividad de los cultivos, su importancia radica en evaluar la resistencia que contiene el suelo (Jiménez , 2005).

Los cambios físicos en un suelo pueden causar problemas en las propiedades tales como: grado de aireación, porosidad, capacidad de infiltración, manejo de suelo y compactación (Rubio, 2010).

Uno de los métodos más usados para obtener muestras de suelo es el método del cilindro (Poblete , 2000). Con el cual se puede analizar a poca profundidad, es por ello que se diseñó un equipo que permita observar la densidad aparente a mayor profundidad, sea más accesible al público para que el agricultor tenga facilidad, exactitud para con ello tener un mejor aprovechamiento y producción de los cultivos (Hodgson, 1987).

El objetivo de este estudio fue elaborar un cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente del suelo en la granja de la UTE en los diferentes cultivos ya establecidos donde se efectuaron las respectivas comparaciones con los métodos existentes, terrón parafinado y cilindro estándar.

Además como objetivo específico de este trabajo fue demostrar las diferencias que existen entre los métodos del cilindro estándar, terrón parafinado con el método del cilindro y portacilindro mejorado.

1.1 MARCO REFERENCIAL

La densidad aparente nos permite conocer la relación que existe entre la masa del suelo seco y el volumen del mismo (Troeh, 2002). Existen varios métodos como los siguientes: el cilindro y portacilindro mejorado, el cilindro estándar, el terrón parafinado, el hoyo en el campo, entre otros (Smith, Sims, & O'Neil, 1994).

El método del cilindro y portacilindro es similar al del cilindro estándar con la diferencia que tiene un cilindro que facilita la extracción del suelo, se utiliza para obtener muestras a mayor profundidad, con un diámetro superior al del

cilindro estándar para evitar la compactación del suelo que provoca que la masa se comprima (Blanco, 2009). La determinación de la densidad aparente es similar al método del cilindro estándar. Este método se adecua a tipo de suelos blandos y no pedregosos (Forsythe, 1985).

El método del cilindro estándar es uno de los más accesibles para los agricultores y su uso es específico para ciertos tipos de suelo que son de textura blanda y cohesiva. Tiene como finalidad introducir al suelo el cilindro metálico de volumen conocido (83.1 cm³) para tomar la muestra, se seca en la estufa para determinar el peso seco y finalmente se divide para el volumen del suelo dado por el cilindro (Monterrubbianesi et al., 2014).

El método del terrón parafinado permite medir la densidad en suelos con altos contenidos de materiales gruesos y agregados. Consiste en calcular de la mitad de un terrón la masa y de la otra parte el volumen en el cual se va a cubrir al terrón con parafina y a través del desplazamiento de un líquido se relaciona la masa y el volumen (Gómez, 2013).

El método del hoyo en el campo se usa en tipos de suelo heterogéneos, con rocas y grietas. Consiste en realizar un hoyo en el suelo para determinar la masa la cual debe estar seca, para obtener el volumen se coloca agua dentro del hoyo forrado previamente con un plástico y finalmente se relaciona la masa seca con el volumen para determinar la densidad aparente (Gómez, 2013).

2. METODOLOGÍA

2 METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN.

El presente proyecto técnico para medir la densidad aparente del suelo se realizó en la granja de la UTE, ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

La región donde se tomaron las muestras para el análisis presentan dos épocas definidas: la época seca (Julio-Diciembre) y la lluviosa (Enero-Junio) la zona de vida según Holdridge se clasifica como bosque húmedo tropical, la temperatura promedio anual fue de 24,1°C y la precipitación anual 2774,3 mm año-1 (INAMHI, 2016).

2.2 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA

Como una solución para incrementar el uso de análisis de suelo, se elaboró un cilindro y portacilindro de forma anillo volumétrico, estándar y mejorado que sea más accesible para medir la densidad aparente del suelo con mayor facilidad y profundidad. Con base en dichas observaciones se midió la densidad aparente y la textura del suelo para comprobar la efectividad del cilindro y portacilindro (Tabla 1).

Tabla 1. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2015.

Análisis de suelo realizados 2015	Casos	
	Absoluto	Relativo
Nunca	9.756	80,18%
Hace 1 a 2 años	1.221	10,04%
Hace menos de 1 año	1.190	9,78%
Total	12.167	100,00%

(INEC, 2015)

Los parámetros del cilindro y portacilindro son los siguientes (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros para la construcción del cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente en la granja de la UTE Santo Domingo, Ecuador.

Parámetros	Valor
Diámetro	8 cm
Profundidad	20 cm
Capacidad de uso	889 g
Diseño	Larga vida
Productos a obtenerse	Muestras de suelo para calcular la densidad aparente
Volumen	1005,31 cm ³
Material	Acero

Se elaboró el cilindro y portacilindro que cálculo la densidad aparente del suelo en cultivos ya establecidos pasto, cacao y plátano, se recolectó 27 muestras de suelo en una unidad de observación de 1m² y se analizaron en el laboratorio de la UTE Santo Domingo, la textura y densidad aparente del suelo.

2.3 DISEÑO DEL CILINDRO

El diseño del cilindro tiene las siguientes partes con sus respectivas medidas las cuales fueron probadas mediante prueba-error realizando varios tubos de diferentes tamaños y diámetros para verificar su eficacia y el resultado que produce de los cuales obtuvimos resultados favorables con los siguientes: cilindro, portacilindro, martillo, tapa de portacilindro, anillos de corte y varilla extractora.

Cilindro.- está construido de acero inoxidable, con las siguientes dimensiones: 8 cm de diámetro, 20 cm de altura y el cual estará inmerso en el portacilindro y cumple la función de recibir la muestra del suelo a 20 cm de profundidad.

Portacilindro.- fue elaborado de acero inoxidable, y posee 9,4 cm de diámetro, 28 cm de altura y tiene como objetivo servir de soporte al cilindro para introducirlo en la tierra.

Martillo.- es de hierro fundido con un peso de 2,3 kg y sirve para introducir el portacilindro al suelo mediante golpes.

Tapa de portacilindro.- es de arista helicoidal que permite acoplarse al portacilindro, está construida de acero inoxidable con las siguientes dimensiones: 11,3 cm ancho y con un 1.1 kg de peso. Tiene como función cerrar el portacilindro, recibir los golpes del martillo para introducirlo al suelo y evitar que se derrame la muestra.

Varilla extractora.- se elaboró de acero inoxidable y cuyas dimensiones son las siguientes: 100 cm de largo, 1,5 cm diámetro y con un 2.03 kg de peso.

Tiene como objetivo extraer el portacilindro hacia la superficie una vez que es introducido a la tierra.

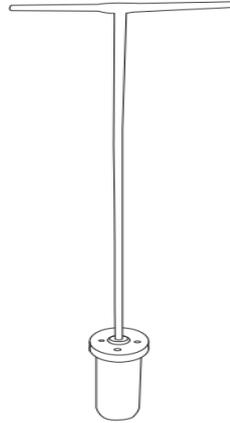


Figura 1. Diseño del cilindro y portacilindro mejorado.



Figura 2. Varilla extractora, tapa del portacilindro y cilindro.

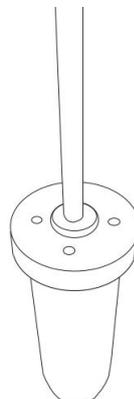


Figura 3. Diseño de la tapa del cilindro.

2.4 DETERMINACIÓN DE CULTIVOS

Debido a la importancia agrícola de la zona y para efectuar el equipo construido se eligieron los siguientes cultivos: plátano, cacao y pasto.

En Santo Domingo de los Tsáchilas el plátano barraganete (*Musa paradisiaca*, *m. balbisiana*, AAB) cuenta con una extensión de superficie sembrada de 14.249 ha (INEC, 2011), el cacao nacional (*Theobroma cacao*) sostiene 21.587 ha (INEC, 2016) y el Pasto (*Brachiaria Decumbens*) 113.813 ha (INEC, 2016) .

2.5 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

La recolección de muestras fue llevada a cabo en la granja de la UTE, donde se obtuvieron 27 muestras, 9 con cada método respectivamente en los cultivos indicados, cada una con tres unidades de observación de 1 m², dentro de aquellas se tomaron las muestras para medir la densidad aparente con los métodos del cilindro estándar, terrón parafinado, cilindro y portacilindro mejorado. El tipo de muestreo que se realizó para la obtención de las muestras fue en zigzag (Bejarano E., 1989). Entre las unidades de observación de cada cultivo hubo una separación de 30 m.

2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Una vez obtenidas las muestras con cada uno de los métodos, se tomaron los siguientes datos en el laboratorio: peso húmedo y peso seco de los métodos del cilindro estándar y mejorado (Poirée & Ollier, 1986).

Con el método del terrón parafinado que es más extenso, primero se secó una cierta cantidad de muestra en la estufa a 105°C, se tomaron los pesos y el volumen. Con base de los datos obtenidos, se aplicaron varias fórmulas para obtener la densidad aparente (Valderrama, 2002).

2.6.1 MÉTODO DEL CILINDRO MEJORADO

2.6.1.1 Toma de la muestra de suelo

La toma de la muestra del cilindro mejorado se hace como se indica en la sección 2.5.

2.6.1.2 Secado de la muestra

Se extrajo el tubo interior y dicha muestra se secó en la estufa a 105°C por 72 horas y se pesó la muestra seca.

2.6.1.3 Cálculo de la densidad aparente

La densidad aparente se calculó con la masa del suelo secada en la estufa y el volumen total constante del cilindro (1005,31 cm³) (Fórmula 1) (Huertas, 1975).

$$da = \frac{m}{v} \quad [1]$$

Donde:

da: densidad aparente

m: masa

v: volumen

2.6.2 MÉTODO DEL CILINDRO ESTÁNDAR

2.6.2.1 Toma de la muestra de suelo

La toma de la muestra del cilindro se hizo en 4 capas de 5 cm cada una consecutivamente desde la superficie del suelo.

Se introdujo el cilindro en la primera capa totalmente y se extrajo con pan de tierra para aparejar el borde inferior, superior y se guardó la muestra (Andrades et al., 2015).

2.6.2.2 Secado de la muestra

Es el mismo que se aplica en el método del cilindro y portacilindro mejorado más el cálculo de la densidad aparente.

El peso total de las 4 capas se sumó y el volumen total de los 4 cilindros finalmente se aplicó la fórmula 1.

2.6.3 MÉTODO DE LA PARAFINA

2.6.3.1 Toma de la muestra de suelo

Se tomó 1 trozo de tierra de 20 cm de profundidad de la cual se eligió dos trozos aproximadamente de 5 cm uno al inicio y otro al final de terrón para con ello evaluar la muestra a los 20 cm. Resultó difícil tomar más terrones porque la tierra se desintegraba rápidamente.

La muestra no se tomó exactamente al inicio ni al final sino con una variación de unos 5 cm de ambos lados.

2.6.3.2 Secado de la muestra

Se dividió la muestra en dos partes, la muestra uno se pesó en húmedo a 105°C y se calculó la cantidad de peso seco de la muestra uno.

2.6.3.3 Aplicación de parafina al terrón

Se pesó un terrón en fresco, se lo cubrió con parafina el mismo que fue pesado, se amarró al terrón con hilo para introducirlo en un vaso de precipitación con agua y con un volumen conocido donde se introdujo el terrón.

2.6.3.4 Cálculo de la densidad aparente

Para el cálculo se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$mp = mcp - msp \quad [2]$$

Donde:

mp: masa de la parafina

mcp: masa de la muestra con parafina

msp: masa de la muestra sin parafina

$$vp = mp / dp \quad [3]$$

Donde:

vp: volumen de la parafina

mp: masa de la parafina

dp: densidad de la parafina con un valor constante de 0,80 cm³

$$vm = vad - vp \quad [4]$$

Donde:

vm: volumen de la muestra

vad: volumen del agua desplazada

vp: volumen de la parafina

$$mss = \frac{ps * phmsp}{100} \quad [5]$$

Donde:

mss: masa de suelo seco

ps: peso seco

phmsp: peso húmedo de la muestra sin parafina

Para obtener el cálculo final de la densidad aparente se aplica la fórmula 1.

2.7 PRUEBAS TÉCNICAS

Finalmente construido el cilindro y portacilindro se calcula la densidad aparente y la textura del suelo. La densidad aparente se tomó con el cilindro y portacilindro, cilindro estándar y el terrón parafinado. Los datos se analizaron con intervalos de confianza calculados con la t de Student para los para las mediciones con cada uno de los métodos (Rienzo et al., 2018).

2.8 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el desarrollo del presente proyecto técnico se usaron los siguientes recursos (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis económico para el proyecto técnico “elaboración de un cilindro y portacilindro para medir la densidad aparente del suelo en la granja de la UTE.

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CONSTRUCCIÓN			
Cilindro	1	20	20
Portacilindro	1	20	20
Mano de obra	1	160	160
Otros	1	15	15
OPERACIÓN			
Martillo	1	8,26	8,26
Recipientes	27	0,50	1,50
Fundas de plástico	10	0,03	0,30
MANTENIMIENTO			
Lima para afilar	1	10	10
Cilindro	1	20	20
TOTAL			235,06

2.9 MANUAL DEL USUARIO

2.9.1 ENSAMBLAJE DEL EQUIPO

El equipo contiene las siguientes partes: cilindro, portacilindro, martillo, tapa de portacilindro, una varilla extractora, anillos de corte y por último contara con un instructivo didáctico el cual permitirá indicar de manera correcta y fácil el ensamblaje y toma de muestra del equipo.

El ensamblaje consiste en introducir el portacilindro en el cilindro y colocar la tapa para poder penetrar en el suelo mediante golpes con el martillo y finalmente se atornilla la varilla en la misma tapa para extracción del portacilindro.

2.9.2 TOMA DE MUESTRA CON EL EQUIPO

Para tomar la muestra se limpia muy bien el lugar en el cultivo ya establecido (1 m^2) en un suelo sin piedras, ni raíces de más de medio centímetro de diámetro del cual queremos obtener la densidad aparente, una vez culminada la limpieza se introduce el cilindro metálico en el suelo (28 cm) de los cuales 20 cm de profundidad son de muestreo efectivo, esto se hará mediante golpes que se darán con el martillo.

Se extrae el cilindro y se enrasa la muestra en la unión del cilindro principal (20 cm) con los extremos del mismo, se identifica la muestra correctamente con los siguientes datos: ubicación, tipo de cultivo, nombre del propietario, profundidad de muestreo y manejo del suelo.

2.9.3 MEDICIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE

Los cilindros enrasados con las muestras de suelo se llevan a la estufa para ser secados a una temperatura de 105°C por 72 horas para obtener un peso sin agua. Una vez secada la muestra se divide la masa del suelo seco para el volumen constante del cilindro. La densidad aparente se manifiesta en las unidades equivalentes g/cm^3 (Casanova, 2005).

2.9.4 LIMPIEZA DEL EQUIPO

Para realizar la respectiva limpieza del equipo se desarmara cada una de las partes para hacerlo de manera individual, mediante la ayuda de aceite y una franela; consiste en hacer movimientos en cada una de las partes para extraer los residuos no deseados.

2.9.5 ARREGLO DEL EQUIPO

En caso de existir alguna falla por una de las partes del equipo, se cambiará la pieza.

2.9.6 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Es importante conocer cada una de las partes fundamentales del equipo para que funcione de manera eficiente y evitar la descomposición del mismo. Es necesario revisar el manual de reparación para conocer el fallo del equipo y que parte necesita mantenimiento.

Se revisa de manera minuciosa que todas las partes trabajen correctamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DENSIDAD SEGÚN LOS MÉTODOS Y CULTIVOS

Se observó que el método del terrón parafinado produjo mayores ($p < 0,05$) densidades aparentes que el método del cilindro estándar y cilindro mejorado según los intervalos de confianza. El método del cilindro estándar no tuvo diferencias con el cilindro mejorado para el cultivo de cacao mientras que para los cultivos de plátano y pasto si hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) según los intervalos de confianza (Figura 4).

No hubo diferencias ($p < 0,05$) en la densidad aparente del suelo entre los cultivos (Figura 4).

Los métodos de cilindro estándar y terrón parafinado miden diferente densidades que el cilindro mejorado en los cultivos probados.

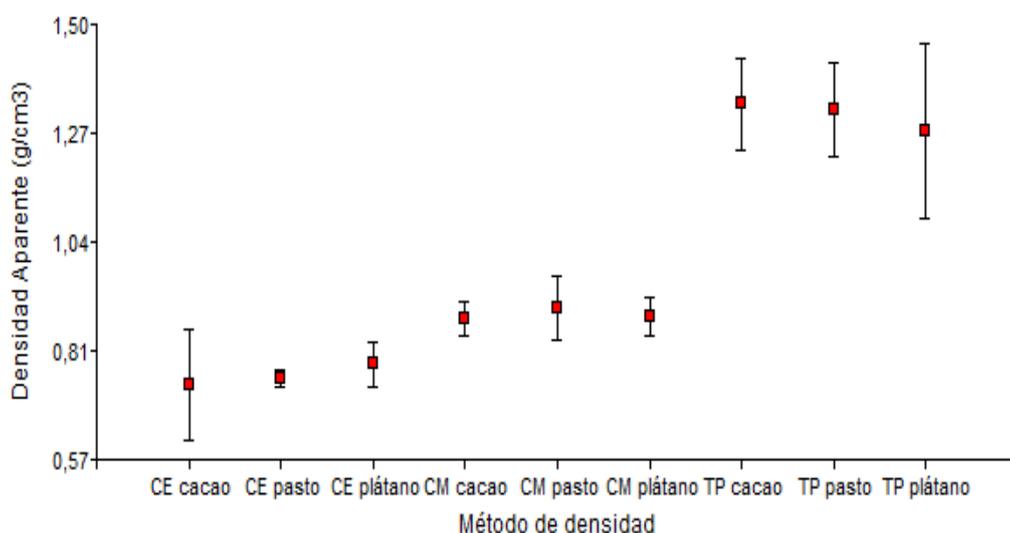


Figura 4. Media de la densidad aparente del suelo de varios cultivos medidos con los métodos cilindro estándar (CE), cilindro mejorado (CM) y terrón parafinado (TP). Las líneas verticales indican el intervalo de confianza al 95%. (Di Rienzo et al, 2018)

En promedio los tres métodos de medir la densidad aparente tuvieron diferencias significativas según el intervalo de confianza. Con el método del terrón parafinado se obtuvo mayor densidad aparente, de 1,31 g/cm³ (IC 95: 1,24; 1,36), que con el cilindro mejorado, de 0,88 g/cm³ (IC 95: 0,86; 0,91) y el cilindro estándar, de 0,75 g/cm³ (IC 95: 0,71; 0,79). Sin embargo el método del cilindro mejorado tuvo menor variación de los datos según el intervalo de confianza, el terrón parafinado tuvo la mayor variación y el cilindro estándar tuvo una variación intermedia entre los dos métodos (Figura 5).

Se puede observar que en general el método del cilindro mejorado es más consistente para medir la densidad aparente del suelo porque presenta menor variación de la media según el intervalo de confianza.

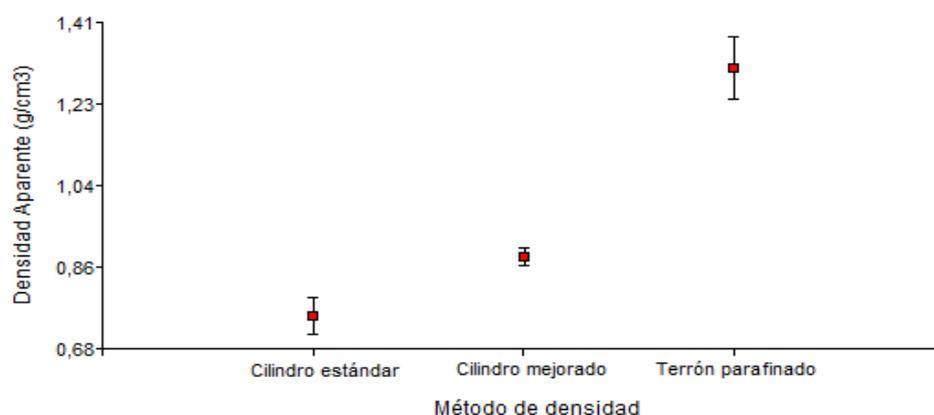


Figura 5. Media de la densidad aparente con los métodos: cilindro estándar, cilindro mejorado y terrón parafinado en promedio de los cultivos de plátano, cacao y pasto, Santo Domingo, Ecuador. (Di Rienzo et al, 2018)

La densidad aparente fue alta (1,3 a 1,6 g/cm³) al ser medida con el terrón parafinado, mientras que con el método del cilindro mejorado y cilindro estándar fue baja (0,7 a 0,9 g/cm³) (Núñez, 1996).

Se pudo observar que las densidades aparentes difieren en su valoración al ser medidas con el terrón parafinado y los métodos de los cilindros. La textura de los suelos donde se valoró la densidad aparente fue franco arenoso para los tres cultivos (Tabla 4).

La densidad aparente fue igual ($p > 0,05$), según el intervalo de confianza, entre cultivos y existió variación entre los métodos empleados. La igualdad entre la densidad de cultivos se debería a que todos tenían la misma clase textural (franco- arenoso). Además los métodos que miden baja densidad aparente del suelo tendrían el efecto de la materia orgánica del mismo por su contenido de poros (Romero, García, & Hernández, 2015).

Tabla 4. Promedios del contenido de arena, limo, arcilla y clase textural de los diferentes cultivos evaluados con los métodos para medir la densidad aparente, el número entre paréntesis indican el límite inferior y superior según el intervalo de confianza al 95% Santo Domingo, Ecuador.

Cultivo	CONTENIDO (%)			
	Arena	Arcilla	Limo	Clase textural
Cacao	62 (59; 66)	9 (8; 10)	29 (27; 32)	Franco arenoso
Plátano	61 (60; 62)	9 (8; 10)	30 (29; 31)	Franco arenoso
Pasto	61 (58; 62)	9 (8; 10)	30 (26; 33)	Franco arenoso
Promedio	62 (60; 63)	9 (8; 10)	30 (28; 31)	Franco arenoso

La mayor densidad aparente obtenida con la parafina se debería a que el método del cilindro mejorado y el cilindro estándar incluyen el espacio poroso entre macro agregados; mientras que con el terrón parafinado se tomó terrones separados de lo demás para su análisis, que no incluyen los espacios porosos, por tanto el método del terrón parafinado tendría una muestra más pesada porque tiene menos poros y con ello resultaría con mayor densidad aparente que los métodos del cilindro (Letelier & Ferreyra, 1990).

El diámetro del cilindro mejorado de la presente investigación es de 8 cm mientras que Letelier & Ferreyra (1990) probó un cilindro de al menos 7,5 cm, con el fin de evitar la compactación del suelo al introducir el cilindro bajo presión. Por lo tanto se da validez al diámetro del cilindro mejorado ya que se hicieron varias comparaciones creando cilindros de diferentes diámetros (4,5 cm; 5 cm y 6,5 cm); con los que no se pudo tomar la muestra de manera precisa porque existió compactación en la parte inferior del cilindro.

El método del cilindro mejorado mide los espacios entre agregados y es útil para evaluar indirectamente la capacidad de la retención de humedad por el suelo; mientras que el método del terrón parafinado no estaría valorando esta propiedad física (Álvarez et al., 2006).

La mayor densidad aparente obtenida con el cilindro mejorado que con el cilindro estándar, se debería a que el último solo evalúa capas de 5 cm a la vez y provoca variaciones en el peso de la muestra y profundidad porque se pierde la continuidad del muestreo de los 20 cm. Se podría estar muestreando un poco más de profundidad porque el cilindro debe ser aparejado en sus extremos para eliminar la muestra no deseada del extremo inferior del cilindro.

Por tanto, el cilindro estándar de 5 cm tendría errores de muestreo a profundidades de 20 cm.

Se puede observar que el método del cilindro mejorado arrojó resultados favorables porque facilita la extracción íntegra de una muestra de suelo de 20 cm de profundidad, mide el espacio poroso entre los agregados, tuvo menor variación de la densidad aparente que los métodos del cilindro estándar y el terrón parafinado, y no tiene los errores de extracción de muestra del cilindro estándar. Estos resultados afirman que el método del cilindro mejorado es el más adecuado para tomar muestras de 20 cm de profundidad y medir la densidad aparente del suelo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con los métodos del cilindro estándar, cilindro mejorado y terrón parafinado tuvieron diferencias significativas en la estimación de la densidad aparente. Fue mayor la del terrón parafinado seguido del cilindro y portacilindro mejorado y por último el cilindro estándar, debido a la imprecisión del método del cilindro estándar por su longitud de 5 cm tomado a cuatro capas y la falta de medición del espacio poroso entre macro agregados del método del terrón parafinado.

Se concluye que el cilindro y porta cilindro mejorado se elaboró adecuadamente y permitió medir con mayor facilidad la densidad aparente del suelo a 20 cm de profundidad, que los otros métodos probados.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda probar el método del cilindro mejorado para medir la densidad aparente en suelos que tengan diferentes texturas al franco-arenoso.

Se recomienda evaluar la porosidad de la muestra tomada por el equipo para relacionar con los resultados de la densidad aparente del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍAS

- Álvarez et al. (2006). *Descompactación de suelos en siembra directa: efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz*. Buenos Aires: Cienc. suelo v.24.
- Andrades et al. (2015). *Edafología, Guía de Practicas, Departamento de Suelos UNALM*. Logroño: Universidad dd la Rioja, servicio de publicaciones.
- Bejarano E., W. (1989). Como tomar muestras de suelos para su análisis químico. *EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Suelos y Fertilizantes*, 5.
- Blanco, R. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agrociencia*.
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Cedeño, C. H., & Hossne, G. A. (2012). Comparación de tres métodos para determinar la densidad aparente y solidez en tres suelos franco arenosos de sabana. *UDO*, 861-872.
- Di Rienzo et al. (2018). *Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba*. Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>
- Forsythe, W. (1985). *Física de suelos*. San José, Costa Rica: IICA.
- Gómez, J. C. (2013). *Manual de Prácticas de campo y del laboratorio de suelos*. Espinal-Tolima.
- Hodgson, J. (1987). *MUESTREO Y DESCRIPCIÓN DE SUELOS*. España: REVERTÉ S.A.
- Huertas, A. (1975). Efecto de la resistencia mecánica del suelo sobre la producción del frijol (. *Instituto Interamericano de las Ciencias Agrícolas*, 30.
- INAMHI. (2016). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA*. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_a nu.pdf
- INEC. (Agosto de 2011). Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf
- INEC. (2015). Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec
- INEC. (2016). Obtenido de TABLA 14. SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS, SEGÚN REGIÓN Y PROVINCIA: www.ecuadorencifras.gob.ec/...inec/.../Indice%20de%20publicacion%20ESPAC%20201
- INEC. (2016). *Encuesta de superficie y producción*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf

- Jiménez , A. S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 381-397.
- Letelier & Ferreyra, E. R. (1990). Comparación de tres métodos de medir la densidad aparente del suelo. *Agricultura Técnica Chile* 50(2) , 125-129.
- Monterrubbianesi et al. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*.
- Núñez, J. (1996). *Manual de laboratorio de Edafología*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Poblete , H. (2000). *BOSQUE*. Chile: Facultad de ciencias Forestales.
- Poirée & Ollier, M. C. (1986). *Saneamiento agrícola*. Barcelona: Técnicos Asociados S.A.
- Rienzo et al. (2018). *C.W. InfoStat versión 2018*. Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>
- Romero, C., García, E., & Hernández, E. (2015). Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, México.
- Rubio, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales*. Sevilla.
- Smith, D., Sims, B., & O'Neil, D. H. (1994). *Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas* . Roma, Italia.
- Troeh, L. T. (2002). *Los suelos y su fertilidad* . España: REVERTE S.A.
- Valderrama, J. (2002). *Información Tecnológica*. Chile: Centro de información tecnológica.

ANEXOS

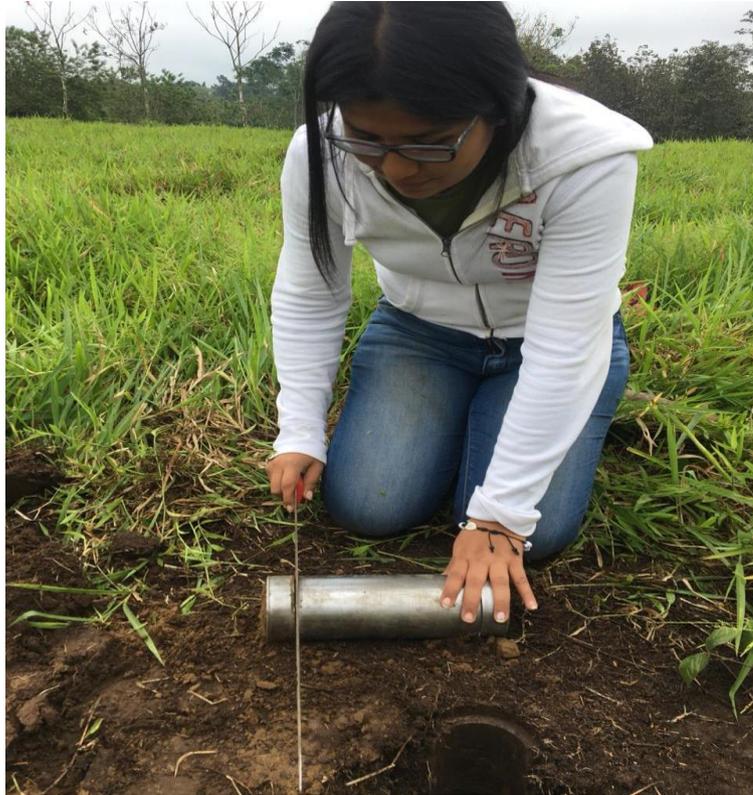
**ANEXO 1.
RECOLECCIÓN DE MUESTRA EN LA GRANJA DE LA
UTE, SANTO DOMINGO ECUADOR.**



ANEXO 2.
FOTOGRAFÍAS DE LA TOMA DE MUESTRA CON EL
CILINDRO Y PORTA CILINDRO MEJORADO



ANEXO 3. CORTE DEL ANILLO SUPERIOR E INFERIOR



**ANEXO 4.
RECOLECCION DE MUESTRAS CON EL METODO DEL
CILINDRO ESTANDAR**



**ANEXO 5.
FOTOGRAFIAS DE MUESTREO A TRAVES DEL ME-
TODO DEL TIRON PARAFINADO**



**ANEXO 6.
ANALISIS EN EL LABORATORIO, PESOS DE LAS
MUESTRAS**

