



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN  
LA DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DEL SUELO DE  
LAS MICROCUENCAS DEL RÍO SÁBALO.**

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

**IVETTE ESTEFANÍA CASTRO MENDIETA**

**DIRECTOR: ING. RICARDO PAÚL GONZÁLEZ DÁVILA, MC.**

**Santo Domingo, julio, 2018**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2018  
Reservados todos los derechos de reproducción

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**

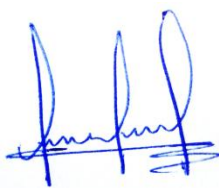
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172477104-1
APELLIDO Y NOMBRES:	Castro Mendieta Ivette Estefanía
DIRECCIÓN:	Vía Quevedo Km 2 - Coop. Venceremos Sector 1.
EMAIL:	teficapric@outlook.es
TELÉFONO FIJO:	023-775-177
TELÉFONO MOVIL:	0968365370

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Influencia de las actividades agropecuarias en la densidad aparente y porosidad del suelo de las microcuencas del río Sábalo.
AUTOR O AUTORES:	Ivette Estefanía Castro Mendieta
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Julio 2018.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Ricardo Paúl González Dávila
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	Por la importancia que tienen las propiedades físicas del suelo en la agricultura, es necesario evaluar periódicamente el estado de las mismas, por lo cual en el presente proyecto técnico se determinó la influencia de las actividades agropecuarias en la Densidad Aparente (Da) y porosidad del suelo de las microcuencas del río

	<p>Sábalo. Con la información obtenida se elaboró un mapa de la Da y porosidad del suelo de la microcuenca baja del Río Sábalo (captación de agua hasta recinto El Recreo). El área de estudio se encuentra ubicada en el cantón La Concordia en las coordenadas: 695823.75 E, 9998500.48 S, 17 M, tiene temperatura promedio de 23°C, humedad 92% y precipitación promedio anual de 2 457.3 mm. Se establecieron 38 puntos de muestreo mediante el método de malla (300 x 300 m) considerando el uso del suelo. La Da se determinó mediante el método de los cilindros Kopecky que fueron introducidos verticalmente desde la superficie hasta 10 cm de profundidad. Los resultados obtenidos mostraron que el mayor nivel (promedio) de Da tienen los suelos dedicados a Pastizales (0,97 g cm<sup>-3</sup>) y Palma Africana (0,98 g cm<sup>-3</sup> y 52,76%). El nivel más bajo de Da y más alto de porosidad se encontró en el cultivo de Palmito (0,64 g cm<sup>-3</sup> y 63, 23 %) dado que en esa parte se dificulta el ingreso a las parcelas por las espinas de las plantas, además el material vegetal resultante del cultivo se queda y aporta como materia orgánica.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Densidad aparente, porosidad, actividad antrópica, compactación.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Due to the importance of the physical properties of the soil in agriculture, it is necessary to evaluate the state of the same periodically, so in the present technical project the influence of agricultural activities were determined on the Apparent Density (Da) and porosity of the soil in the microbasins of the Sábalo river. With the gotten information a map was elaborated of the Da and porosity of the soil of the low microbasin of the Sábalo River (Water catchment until El Recreo place). The study area is located in the canton La Concordia in the</p>

	<p>coordinates: 695823.75 E, 9998500.48 S, 17 M, it has an average temperature of 23°C, humidity 92% and average annual rainfall of 2457.3 mm. 38 sampling points were established by the mesh method (300 x 300 m) considering the use of the soil. The Da was determined by the method of Kopecky cylinders that were introduced vertically from the surface up to 10 cm deep. The results obtained showed that the highest level (average) of Da has the soils dedicated to Grasslands (0.97 g cm<sup>-3</sup>) and African Palm (0.98 g cm<sup>-3</sup> and 52.76%). The lowest level of Da and the highest level of porosity was found in Palmito cultivation (0.64 g cm<sup>-3</sup> and 63, 23%) because in that section is difficult to enter the plots through the thorns of the plants. In addition, the plant material resulting from the crop stays and contributes as organic matter.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p>Apparent density, porosity, human activity, compacting.</p>

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



f: \_\_\_\_\_

CASTRO MENDIETA IVETTE ESTEFANÍA

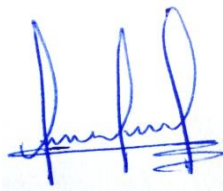
C.I. 172477104-1

# **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **CASTRO MENDIETA IVETTE ESTEFANÍA**, CI 172477104-1 autora del proyecto titulado: **Influencia de las actividades agropecuarias en la densidad aparente y porosidad del suelo de las microcuencas del río Sábalo.**, previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO APRECE EN EL CERTIFICADO DE EGRESAMIENTO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

- 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 Tecnológica Equinoccial 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, 24 de julio de 2018.



f: \_\_\_\_\_

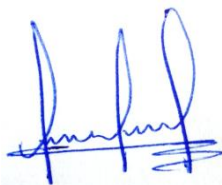
CASTRO MENDIETA IVETTE ESTEFANÍA

C.I. 172477104-1

# DECLARACIÓN

Yo **IVETTE ESTEFANÍA CASTRO MENDIETA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Ivette Estefanía Castro Mendieta

C.I. 172477104-1

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Influencia de las actividades agropecuarias en la densidad aparente y porosidad del suelo de las microcuencas del río Sábalo.**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero/a Agropecuaria** fue desarrollado por **Ivette Estefanía Castro Mendieta**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



---

Ing. Ricardo Paúl González Dávila

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1103586762



## **DEDICATORIA**

La elaboración de este proyecto está dedicado a dos pilares fundamentales; a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a mis padres, Ercio Castro y Luz María Mendieta, por su apoyo inquebrantable e incondicional, quienes con sus sabios consejos e infinito amor han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

A mis hermanas Jhinel y Pamela, por el apoyo constante recibido en el transcurso de mi formación profesional y por sus precisos consejos, los cuales me han orientado y me han servido a lo largo de mi carrera y de mi vida.

**Ivette Castro M.**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los seres más importantes en mi vida, a Dios, mis padres y mis hermanas, quienes han sido mi sustento y mi fortaleza a lo largo de mi vida.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa Institución, impartíendome bases sólidas para desarrollarme en el ámbito profesional.

Así mismo expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. Ricardo Paúl González Dávila (MC.), quien con su generosidad y esfuerzo, dirigió el presente trabajo. A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en el cumplimiento de esta meta.

**Ivette Castro M.**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b> .....	4
2.1 SUELO.....	4
2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	4
2.2.1 LA COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS.....	4
2.3 DENSIDAD DEL SUELO.....	5
2.3.1 DENSIDAD APARENTE .....	5
2.3.2 DENSIDAD REAL .....	5
2.4 POROSIDAD .....	6
2.5 MÉTODO PARA ANALIZAR LA DA .....	6
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	7
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
3.2 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA .....	7
3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	8
3.4 MUESTREO DE CAMPO .....	8
3.5 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS .....	11
3.6 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS .....	11
3.7 MANUAL DEL USUARIO .....	11
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	23
4.1 DENSIDAD APARENTE SEGÚN USO DEL SUELO.....	23
4.2 PORCENTAJE DE POROSIDAD SEGÚN USO DEL SUELO.....	23
4.3 MAPA DE DENSIDAD APARENTE .....	25
4.4 MAPA DE POROSIDAD.....	26
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	27
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28
<b>ANEXOS</b> .....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. A Análisis económico de la elaboración del mapa de densidad aparente y porosidad del suelo de la microcuenca del río Sábalo.....	8
---	---

# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Localización del proyecto técnico.....	7
Fig. 2 Cuenca hidrográfica del río Sábalo .....	9
Fig. 3 Puntos de muestreo.....	10
Fig. 4 Base de datos de los puntos a muestrear, para la elaboración del mapa de Densidad aparente y Porosidad. ....	12
Fig. 5 Proceso para adjuntar la información emitida en la hoja de Excel. ....	12
Fig. 6 Parámetro a crear. ....	13
Fig. 7 Verificación de las coordenadas (UTM) a agregar en el parámetro. ....	13
Fig. 8 Verificar que el parámetro este ingresado correctamente. ....	14
Fig. 9 Crear el shapefile. ....	14
Fig. 10 Vinculación del shapefile a la hoja de Excel. ....	15
Fig. 11 Interpolación de datos.....	15
Fig. 12 Descripción de muestras para crear el mapa. ....	16
Fig. 13 Selección del parámetro a mapear.....	16
Fig. 14 Selección “Label features” para identificar los puntos. ....	17
Fig. 15 Creación de Kriging. ....	17
Fig. 16 Modificación de datos en Kriging.....	18
Fig. 17 Modificación de datos en Kriging.....	18
Fig. 18 Configurar análisis de tendencia .....	19
Fig. 19 Selección de las tres opciones de Kriging.....	19
Fig. 20 Selección de “Geostatistical Wizard” para que salga el Kriging. ....	20
Fig. 21 Configurar rangos al polígono principal.....	20
Fig. 22 Selección de rangos necesarios para el mapa.....	21
Fig. 23 Rangos de densidad de acuerdo al polígono.....	21
Fig. 24 Dar diseño al mapa. ....	22
Fig. 25 Dar diseño al mapa e incluir leyenda. ....	22
Fig. 26 Densidad aparente según uso del suelo .....	23
Fig. 27 Porosidad según uso del suelo. ....	24
Fig. 28 Mapa de Densidad aparente del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo. ....	25
Fig. 29 Mapa de porosidad del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo. ....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Ubicación de los puntos a muestrear mediante GPS.....	31
<b>Anexo 2</b> Recolección de muestras (10-06-2018).....	31
<b>Anexo 3</b> Recolección de muestras (13-06-2018).....	32
<b>Anexo 4</b> Preparación y pesado de muestras.....	32
<b>Anexo 5</b> Muestras listas para llevarlas a la estufa. ....	33
<b>Anexo 6</b> Muestras en la estufa a temperatura de 70 <sup>o</sup> y muestras en el desecador para enfriar.....	33

## RESUMEN

Por la importancia que tienen las propiedades físicas del suelo en la agricultura, es necesario evaluar periódicamente el estado de las mismas, por lo cual en el presente proyecto técnico se determinó la influencia de las actividades agropecuarias en la Densidad Aparente (Da) y porosidad del suelo de las microcuencas del río Sábalo. Con la información obtenida se elaboró un mapa de la Da y porosidad del suelo de la microcuenca baja del Río Sábalo (captación de agua hasta recinto El Recreo). El área de estudio se encuentra ubicada en el cantón La Concordia en las coordenadas: 695823.75 E, 9998500.48 S, 17 M, tiene temperatura promedio de 23°C, humedad 92% y precipitación promedio anual de 2 457.3 mm. Se establecieron 38 puntos de muestreo mediante el método de malla (300 m x 300 m) considerando el uso del suelo. La Da se determinó mediante el método de los cilindros Kopecky que fueron introducidos verticalmente desde la superficie hasta 10 cm de profundidad. Los resultados obtenidos mostraron que el mayor nivel (promedio) de Da tienen los suelos dedicados a Pastizales (0,97 g cm<sup>-3</sup>) y Palma Africana (0,98 g cm<sup>-3</sup> y 52,76%). El nivel más bajo de Da y más alto de porosidad se encontró en el cultivo de Palmito (0,64 g cm<sup>-3</sup> y 63, 23 %) dado que en esa parte se dificulta el ingreso a las parcelas por las espinas de las plantas, además el material vegetal resultante del cultivo se queda y aporta como materia orgánica.

**Palabras claves:** Densidad aparente, porosidad, actividad antrópica, compactación.

## ABSTRACT

Due to the importance of the physical properties of the soil in agriculture, it is necessary to evaluate the state of the same periodically, so in the present technical project the influence of agricultural activities were determined on the Apparent Density (Da) and porosity of the soil in the microbasins of the Sábalo river. With the gotten information a map was elaborated of the Da and porosity of the soil of the low microbasin of the Sábalo River (Water catchment until El Recreo place). The study area is located in the canton La Concordia in the coordinates: 695823.75 E, 9998500.48 S, 17 M, it has an average temperature of 23°C, humidity 92% and average annual rainfall of 2457.3 mm. 38 sampling points were established by the mesh method (300 x 300 m) considering the use of the soil. The Da was determined by the method of Kopecky cylinders that were introduced vertically from the surface up to 10 cm deep. The results obtained showed that the highest level (average) of Da has the soils dedicated to Grasslands (0.97 g cm<sup>-3</sup>) and African Palm (0.98 g cm<sup>-3</sup> and 52.76%). The lowest level of Da and the highest level of porosity was found in Palmito cultivation (0.64 g cm<sup>-3</sup> and 63, 23%) because in that section is difficult to enter the plots through the thorns of the plants In addition, the plant material resulting from the crop stays and contributes as organic matter.

**Key words:** Apparent density, porosity, human activity, compacting.



# 1. INTRODUCCIÓN

Como lo indica el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIAP (2015), el suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias, cediéndola a las plantas a medida que la necesitan. De igual forma indica que el suelo se extiende tanto en superficie como en profundidad; consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie y con distintas propiedades físicas y químicas.

La FAO (2013), señala que los nutrientes para la producción de alimentos son extraídos del suelo por las actividades antrópicas que se realizan, pero estas deben ser sustituidas o repuestas por el productor, así también, que existen algunos parámetros como los registros de productividad, las propiedades físicas del suelo, entre otros, para comprobar si dicha actividad es sostenible.

Torrán (2007), menciona que los parámetros físicos tales como la densidad aparente, la humedad gravimétrica, la resistencia mecánica, la textura, entre otros considerados aisladamente, no resultan suficientes para el diagnóstico del suelo cuando se desea determinar su potencialidad físico-funcional. Pero éstos, junto con otros parámetros dependientes como la porosidad total, la porosidad de aireación o efectiva, y la conductividad hidráulica, en un análisis integrado, resultan más convenientes para estudiar y explicar los procesos físicos en el suelo-planta.

El proyecto como objetivo general estableció la influencia de las actividades agropecuarias en la densidad aparente ( $D_a$ ) y porosidad del suelo de las microcuencas del río Sábalo. Dentro de los objetivos específicos se planteó realizar la determinación de la densidad aparente y porosidad de los suelos del bosque protector del cauce y de las áreas de producción agropecuarias. Además, con la información obtenida de la densidad aparente y porosidad se elaboró en el programa ArcGis un mapa de acuerdo a los diferentes valores de  $D_a$  y porosidad según tres rangos: alto, medio y bajo.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 SUELO**

La sostenibilidad de los ecosistemas naturales y agrarios se ven influenciados en una gran cantidad por el uso del suelo, ya que en este se filtran nutrientes beneficiosos para la producción. Además, el suelo, es la base para el desarrollo de los animales, plantas y de todos los seres vivos de un ecosistema (Espejo, 2016).

### **2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

Collantes & Cando (2014), mencionan que cada suelo presenta un conjunto de propiedades físicas, que depende de la naturaleza de sus componentes, de las cantidades relativas de cada uno de ellos y de la forma en que se hallan mutuamente acoplados. Generalmente, el color del suelo está dado por la naturaleza del material fino, así como por la cantidad y el estado del hierro, de la materia orgánica o de ambos.

Por el desconocimiento de las propiedades físicas que posee un suelo muchas veces se le expone a su degradación y con ello la pérdida de sus principales funciones ecosistémicas y su capacidad productiva. Con ello se expone a sus propietarios como a las poblaciones que dependen de la agricultura a escasez de alimentos, inundaciones, sequías, deslizamientos de suelos, licuefacción y otros daños que ponen en peligro la existencia de la vida humana y propiedades; características específicas tales como la textura, la estructura, la densidad, porosidad, la profundidad, pedregosidad, drenaje, el color, entre tantas otras (Marín *et al.*, 2011).

#### **2.2.1 LA COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS**

La compactación en los suelos agrícolas conlleva varios factores, por ejemplo, el alto consumo de recursos y la utilización de energía en las labores, además de la pérdida de las propiedades físicas por la degradación del suelo obteniendo una disminución en el rendimiento de la producción. Como resultado de las actividades agrícolas que realizan (pisoteo de animales, personas y el mal uso de los equipos como tractores) y a la presión que se aplica en la superficie del suelo, ocurre la compactación del mismo,

provocando un incremento en sus propiedades físicas como la densidad aparente, la resistencia a la penetración y disminuyendo su porosidad (Demuner *et al.*, 2013).

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. (López, 2007).

## **2.3 DENSIDAD DEL SUELO**

### **2.3.1 DENSIDAD APARENTE**

Jaramillo (2002) y Torrán (2007), manifiestan que la densidad aparente del suelo ( $D_a$ ) depende de cómo que presente la sólida del suelo, la misma que se ve afectada por algunas propiedades físicas como la estructura, textura, la compactación del suelo, entre otros, y se calcula teniendo en cuenta el espacio que ocupan los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo.

Heredia (2015), indica que la  $D_a$  manifiesta el contenido total de porosidad en un suelo, a más de que es un dato primordial para la transformación de algunos resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio, permitiendo la conversión de valores expresados en % en peso a valores de % en volumen en el campo.

Hernández (2009), demuestra que la pérdida de espacio poroso debido al uso del suelo, las actividades culturales (labranza) que se realizan es un indicador de la compactación, por el incremento de la densidad aparente, todas estas actividades rompen los agregados del suelo disminuyendo la porosidad.

### **2.3.2 DENSIDAD REAL**

Es la densidad que se obtiene del peso seco de la muestra del suelo y el volumen que ocupan los sólidos, el mismo que se encuentra con el uso de un aparato llamado picnómetro, aplicando el principio de Arquímedes, el cual determina el volumen de los líquidos que son desplazados por los sólidos al ser sumergidos en agua (Rubio, 2010).

La densidad real no incluye el volumen de los poros sino por la relación que existe entre el peso de los sólidos del suelo y el volumen de los mismos, en algunos suelos minerales más comunes la densidad real varía de 2.500 a 2.700  $\text{kg/m}^3$ , además que esta densidad varía también según algunas

propiedades físicas como la textura y estructura entre los 1.100 y los 1.900 kg/m<sup>3</sup> (Pérez, 2012).

Cabe recalcar que no hay una relación entre el contenido de arcilla y la densidad real, los suelos arcillosos poseen una densidad real similar a los de texturas más gruesas. Los valores menores corresponden a los horizontes superficiales y están relacionados con el mayor contenido de materia orgánica, estos valores tienden a incrementar de acuerdo a la profundidad del suelo (Hernández *et al.*, 2013).

## **2.4 POROSIDAD**

Collantes & Cando (2014), definen a la porosidad como la capacidad de un material de absorber líquidos o gases o el tamaño y número de los poros de un filtro o de una membrana semipermeable. La determinación de la porosidad del suelo se define como la relación existente entre el volumen de poros de una muestra y su volumen total aparente, la cual se establece con base en la densidad real y aparente, teniendo gran importancia para el desarrollo de las plantas porque establece la relación aire-agua.

Los suelos arenosos contienen gran cantidad de macroporos, lo que permite el paso rápido de agua dificultándosele la capacidad de retener este líquido vital, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, manifiestan poca aireación pero una elevada capacidad de retención de agua (Cordero, 2010).

## **2.5 MÉTODO PARA ANALIZAR LA DA**

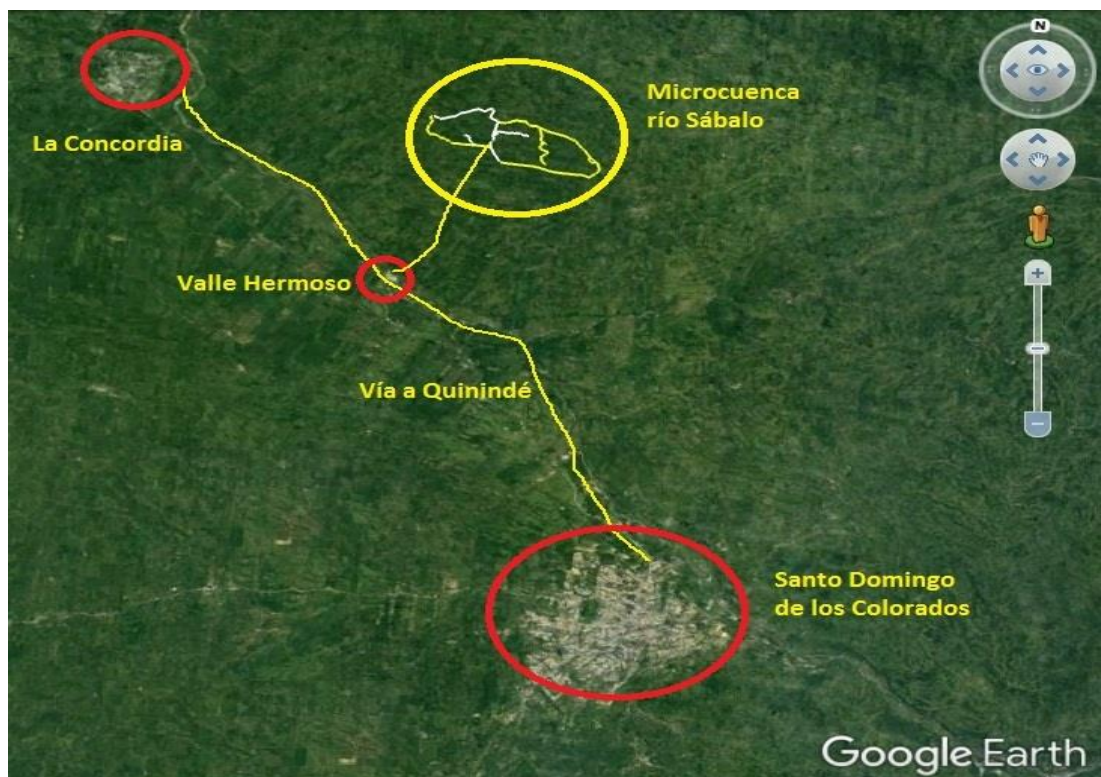
Aguilar (2014), menciona que el método más sencillo para determinar la densidad aparente es por medio del cilindro metálico, el cual conlleva en tomar un volumen fijo del suelo y pesarlo una vez seco, mediante el uso de una estufa o horno a 105°C durante 24 horas.

Se debe conocer el volumen del cilindro metálico a usar, en uno de los extremos se coloca algún material resistente que permita golpearse con ayuda de un mazo de goma para presionar e introducir el cilindro dentro del suelo y no alterar la muestra. Una vez hundido completamente el cilindro, se lo extrae del suelo, con ayuda de una herramienta apropiada, eliminando el sobrante del extremo.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente proyecto técnico se realizó en la microcuenca baja del Río Sábalo, ubicada en la Concordia Km 40 Vía Santo Domingo – Esmeraldas, en la parroquia La Concordia perteneciente al Cantón La Concordia de la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas; la misma que se encuentra entre las coordenadas: 695823.75 E, 9998500.48 S, 17 M con una temperatura de 23°C y humedad de 92%, la precipitación promedio anual es de 2 457.3 mm (Fig. 1).



Fuente: Google Earth 2018.

Fig. 1 Localización del proyecto técnico.

#### 3.2 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA

Mediante el GPS se logró determinar la densidad aparente y porosidad del bosque protector del cauce y de las áreas de producción agropecuarias, con la información obtenida se creó una base de datos de todos los puntos de muestro y se los subió al programa ArcGis 10.5 para la elaboración de los mapas de densidad aparente y porosidad, de acuerdo a los diferentes valores de las propiedades y según tres rangos, alto medio y bajo.

### 3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

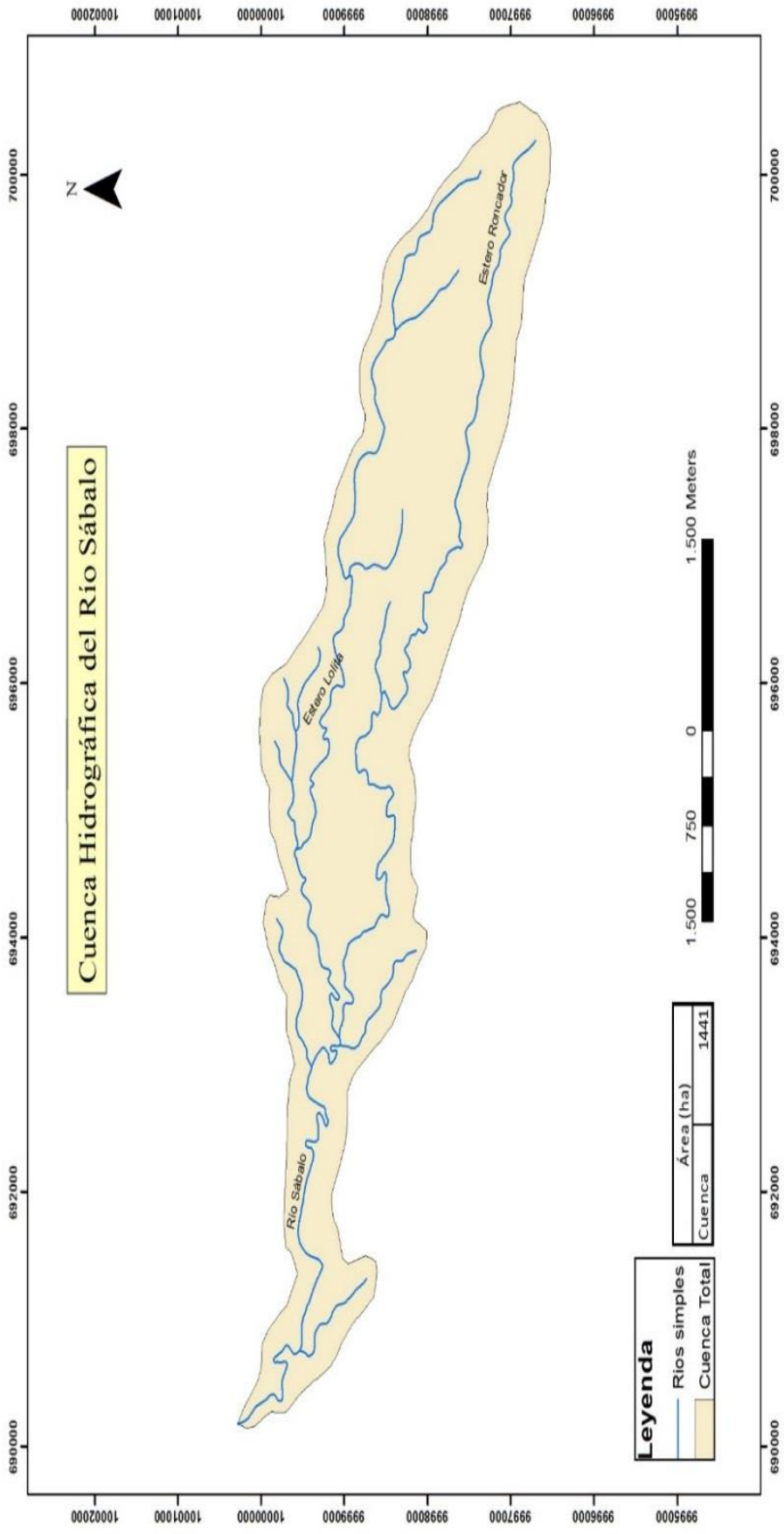
Es fundamental saber cuál fue el análisis económico que se necesitó para la elaboración de los mapas de densidad aparente y porosidad del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo (Tabla.1).

Tabla 1. A Análisis económico de la elaboración del mapa de densidad aparente y porosidad del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo.

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Elaboración de cilindros Kopecky	36	1,95	70,20
Análisis de laboratorio	6	9,00	54,00
Viáticos para muestreo	15	5,00	75,00
Transporte para muestreo	15	10,00	150,00
<b>TOTAL</b>			<b>349,20</b>

### 3.4 MUESTREO DE CAMPO

La Cuenca hidrográfica del río Sábalo (Fig. 2) cuenta con tres microcuencas (alta, media y baja), de las cuales se realizó el estudio de la microcuenca baja (captación de agua hasta recinto El Recreo). Para el muestreo del suelo se utilizó los Cilindros Kopecky con capacidad de 100 cm<sup>3</sup>, los mismos que fueron introducidos verticalmente desde la superficie hasta llenarlos en su totalidad (10 cm de profundidad). Mediante el método de la cuadrícula (malla de 300 m x 300 m) realizado en el programa ArcGis, se determinó 36 puntos de muestreo (Huising *et al.*, 2012), los cuales se obtuvieron según el uso del suelo para conseguir información de la afectación que se produce mediante la actividad antrópica realizada. En cada punto de muestreo se tomó las coordenadas con la ayuda de un GPS (Fig. 3).



Elaborado por: Manuel Carrillo Cruz, 2018

Fig. 2 Cuenca hidrográfica del río Sábalo

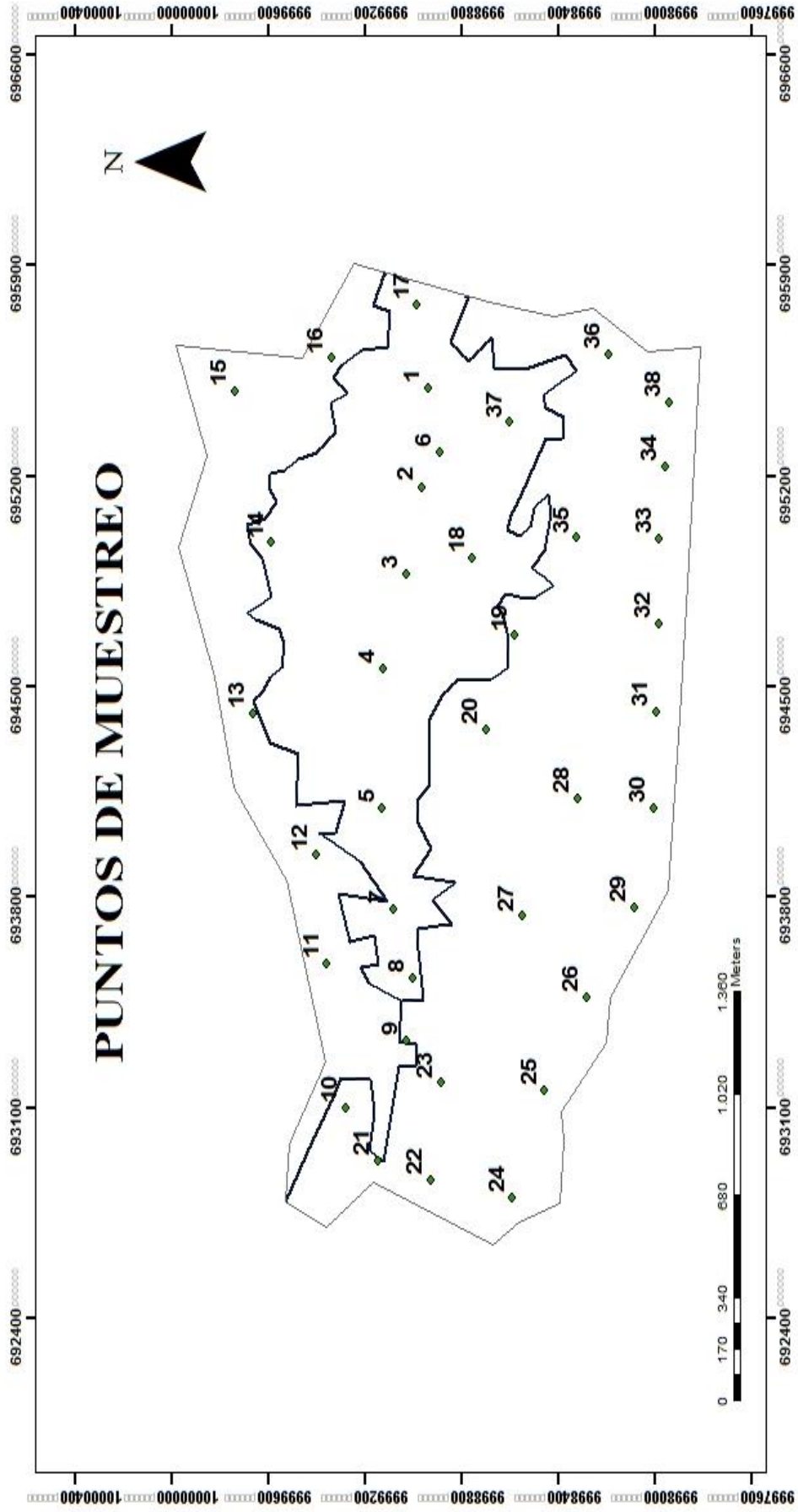


Fig. 3 Puntos de muestreo.



### 3.5 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Los análisis de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo, ubicada en la vía Chone Km. 4 ½ y Av. Italia, perteneciente al Cantón Santo Domingo.

El análisis de la  $D_a$ , por el método de los Cilindros Kopecky implica las siguientes actividades:

1. Peso del cilindro Kopecky vacío.
2. Peso del cilindro Kopecky con muestra húmeda.
3. Secado de los cilindros en estufa a 105°C durante 2 horas.
4. Enfriar en un desecador.
5. Peso en una balanza analítica de precisión.
6. Repetir los puntos 3 al 5 hasta peso constante.
7. Calcular el resultado con la ecuación:

$$D_a \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{peso suelo seco (g)}}{\text{volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

El análisis de la porosidad, se realizó con las mismas muestras y datos de la densidad aparente, mediante la ecuación:

$$\text{Porosidad} = 100 * \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}}\right)$$

### 3.6 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS

Para la elaboración de los mapas de la densidad aparente y porosidad del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo, la información de las propiedades se colocó en una base de datos (Excel), la misma que se exportó al programa ArcGis, donde mediante un proceso de interpolación (Kriging), se graficaron tres rangos: alto, medio y bajo.

### 3.7 MANUAL DEL USUARIO

1. Las coordenadas de los puntos de muestreo obtenidas mediante el GPS son introducidas en una tabla de Microsoft Excel, en columna, de forma ordenada y con su respectiva identificación para la elaboración del mapa (Fig.4)

ID	X	Y	OBS	Da
1	695489	9998939	P1	0.99
2	695163	9998968	P2	0.93
3	694874	9999030	P3	0.71
4	694559	9999127	P4	0.80
5	694092	9999130	P5	1.19
6	695276	9998892	P6	1.00
7	693760	9999084	P7	1.08
8	693527	9999003	P8	1.13
9	693321	9999032	P9	0.78
10	693098	9999280	P10	0.74
11	693578	9999358	P11	0.65
12	693939	9999405	P12	0.81
13	694410	9999666	P13	0.90
14	694979	9999588	P14	0.82
15	695481	9999741	P15	1.13
16	695592	9999341	P16	1.02
17	695770	9998985	P17	1.12
18	694928	9998757	P18	1.02
19	694670	9998580	P19	1.12
20	694356	9998700	P20	1.02
21	692923	9999147	P21	0.74
22	692859	9998929	P22	0.96
23	693489	9999084	P23	1.24

Fig. 4 Base de datos de los puntos a muestrear, para la elaboración del mapa de Densidad aparente y Porosidad.

2. Abrir el programa ArcGis 10.5 y cargar los datos de la hoja de Excel que contiene toda la información requerida (Fig. 5)

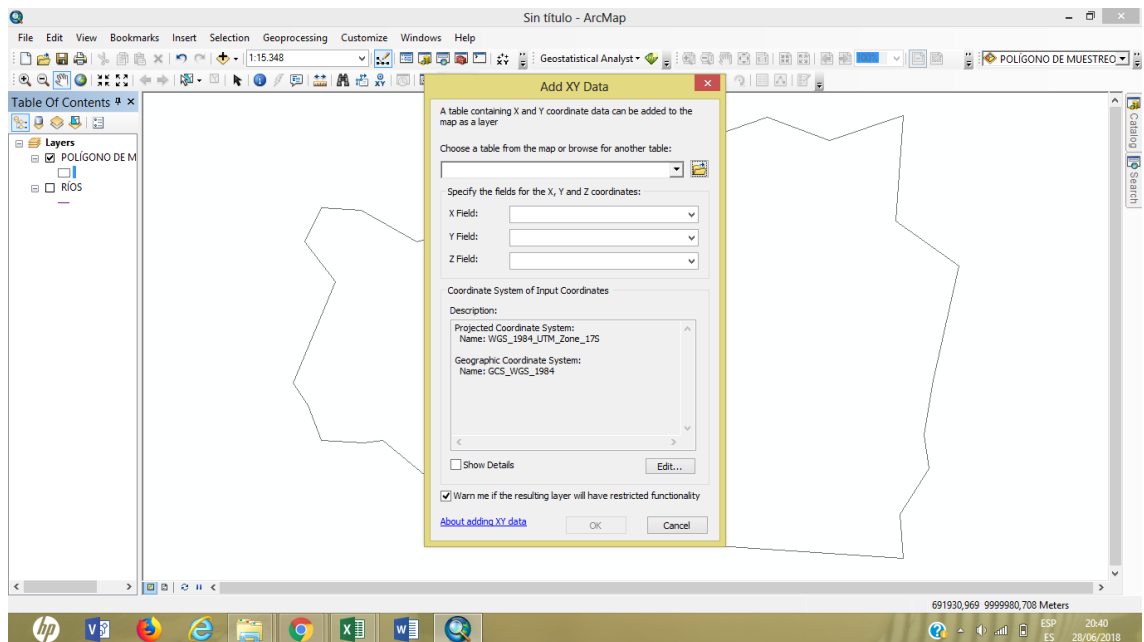


Fig. 5 Proceso para adjuntar la información emitida en la hoja de Excel.

3. Seleccionar el parámetro que se desea crear y agregarlo al programa ArcGis 10.5 (Fig. 6).

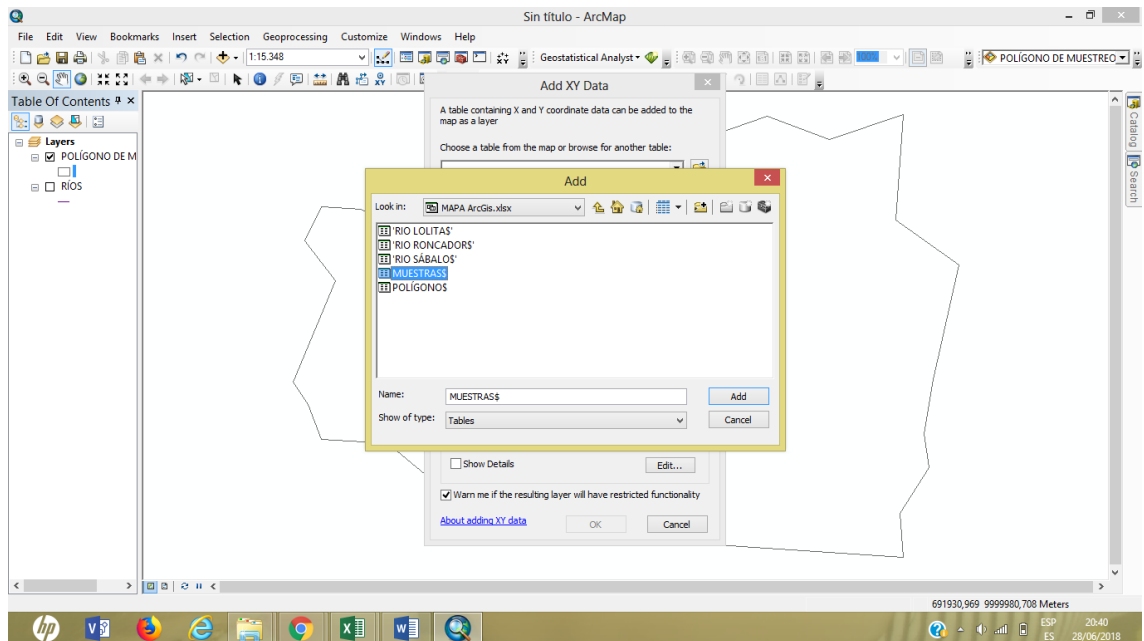


Fig. 6 Parámetro a crear.

4. Verificar que las coordenadas estén de acuerdo al lugar de muestreo (Fig. 7).

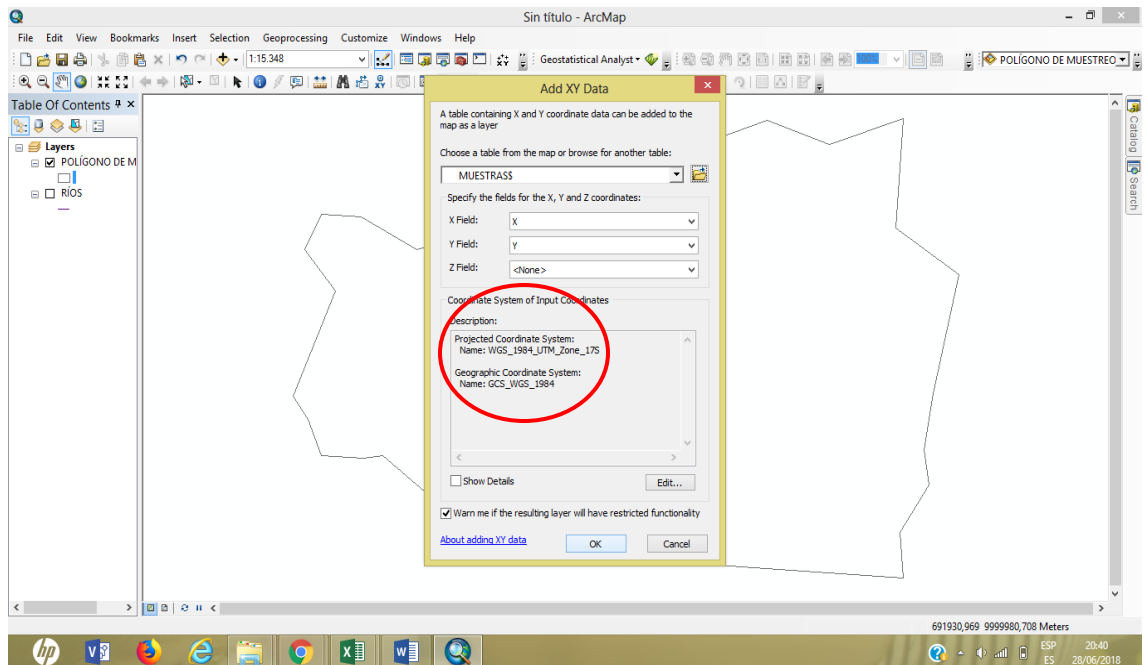


Fig. 7 Verificación de las coordenadas (UTM) a agregar en el parámetro.

5. Revisar que el parámetro este correctamente ingresado (muestras) (Fig. 8), luego se procede a crear el shapefile (Fig. 9).

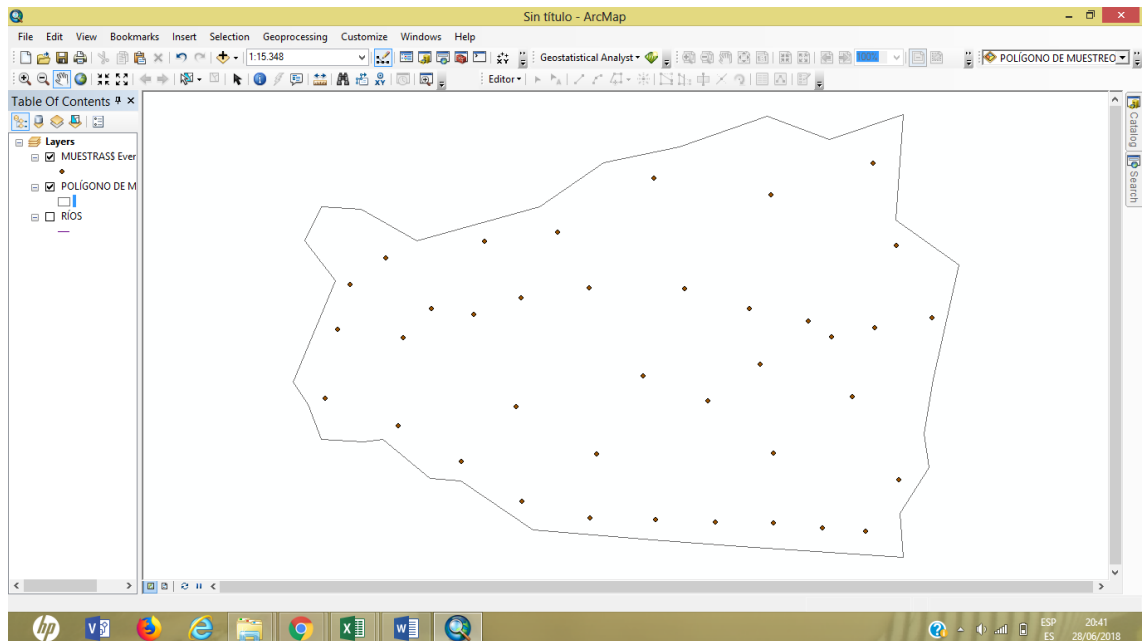


Fig. 8 Verificar que el parámetro este ingresado correctamente.

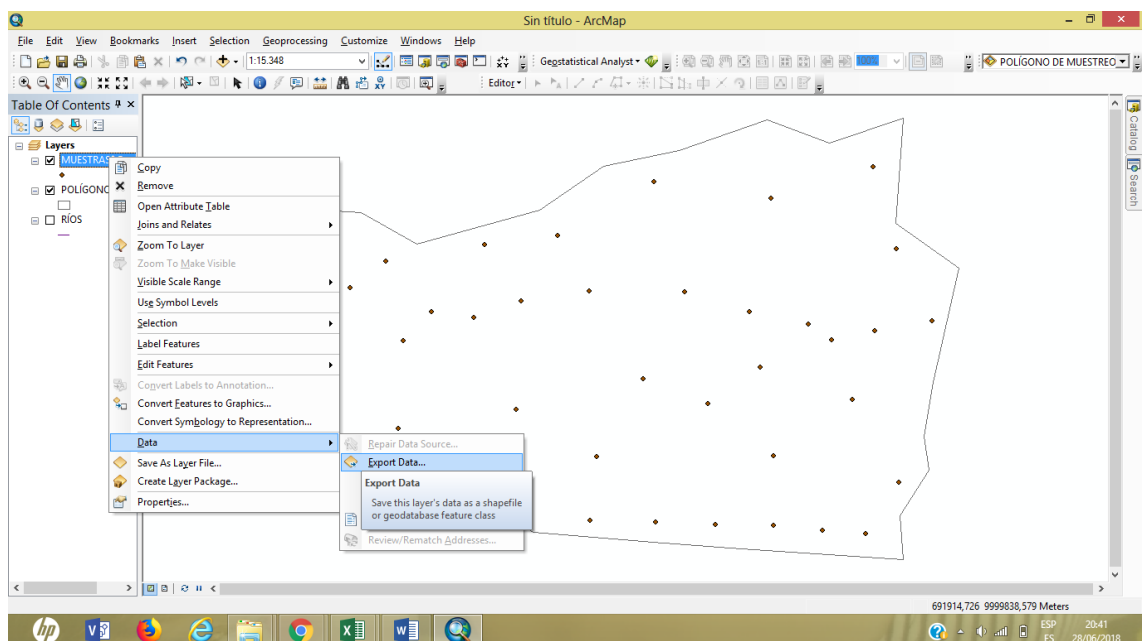


Fig. 9 Crear el shapefile.

6. Configurar el shapefile a la hoja de excel (Fig. 10) e interpolar los datos (Fig. 11).

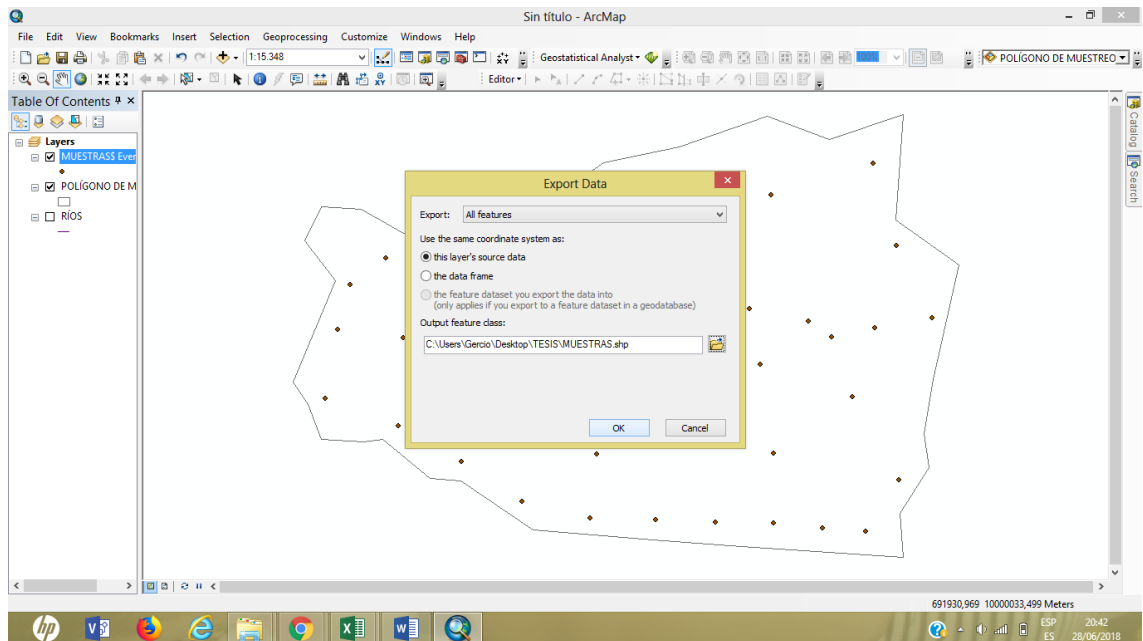


Fig. 10 Vinculación del shapefile a la hoja de Excel.

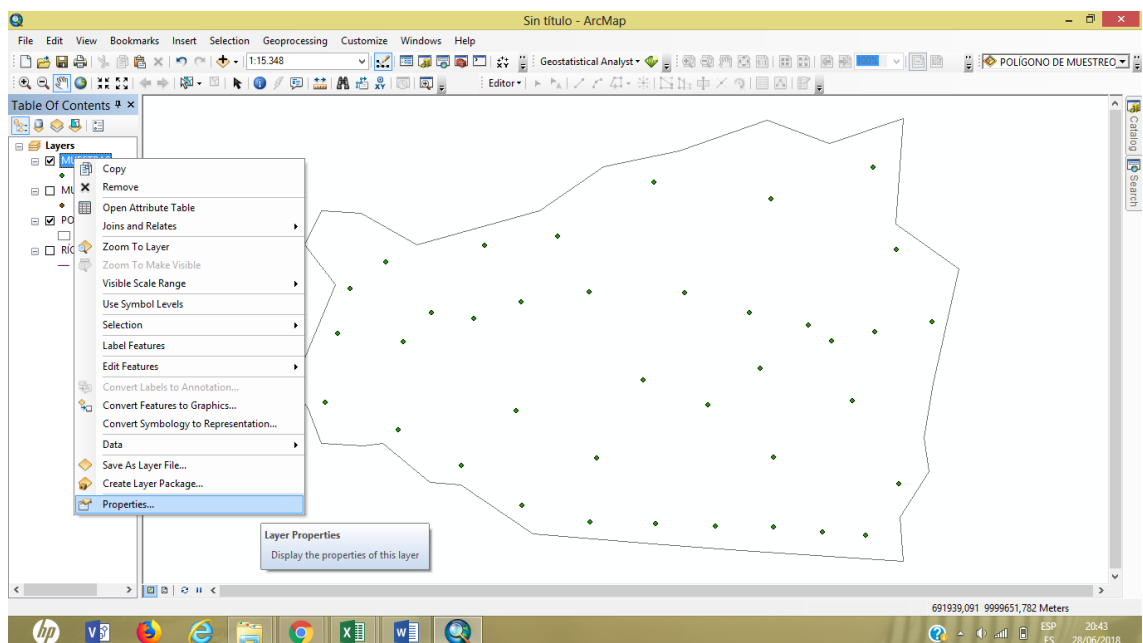


Fig. 11 Interpolación de datos.

7. Editar la descripción de las muestras para generar el mapa (Fig. 12), seleccionar el parámetro a mapear (Fig. 13).

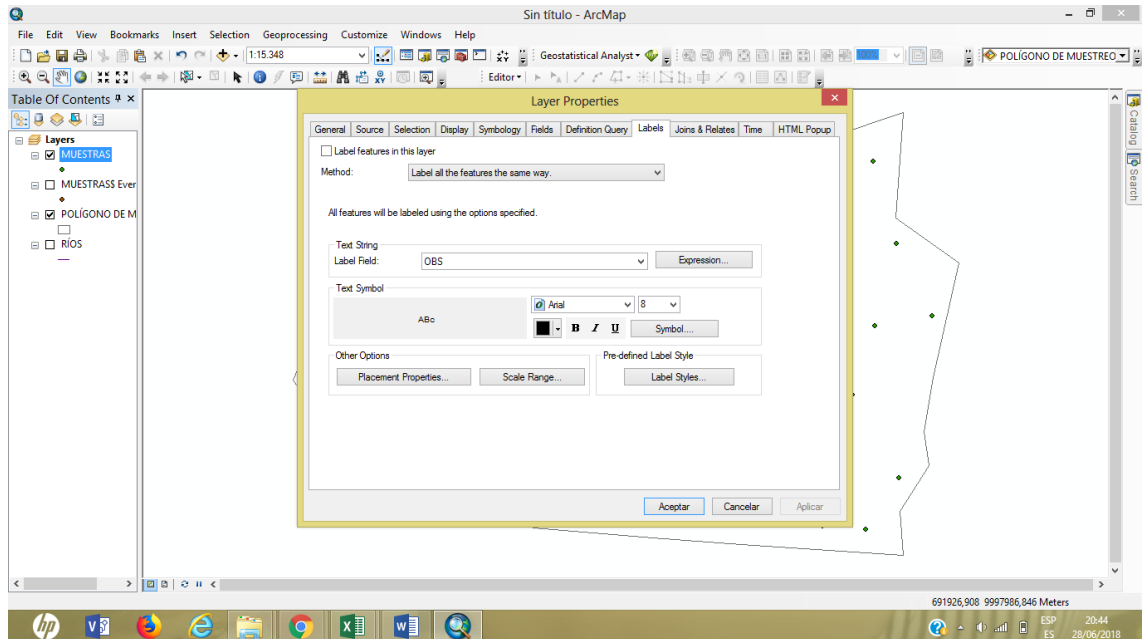


Fig. 12 Descripción de muestras para crear el mapa.

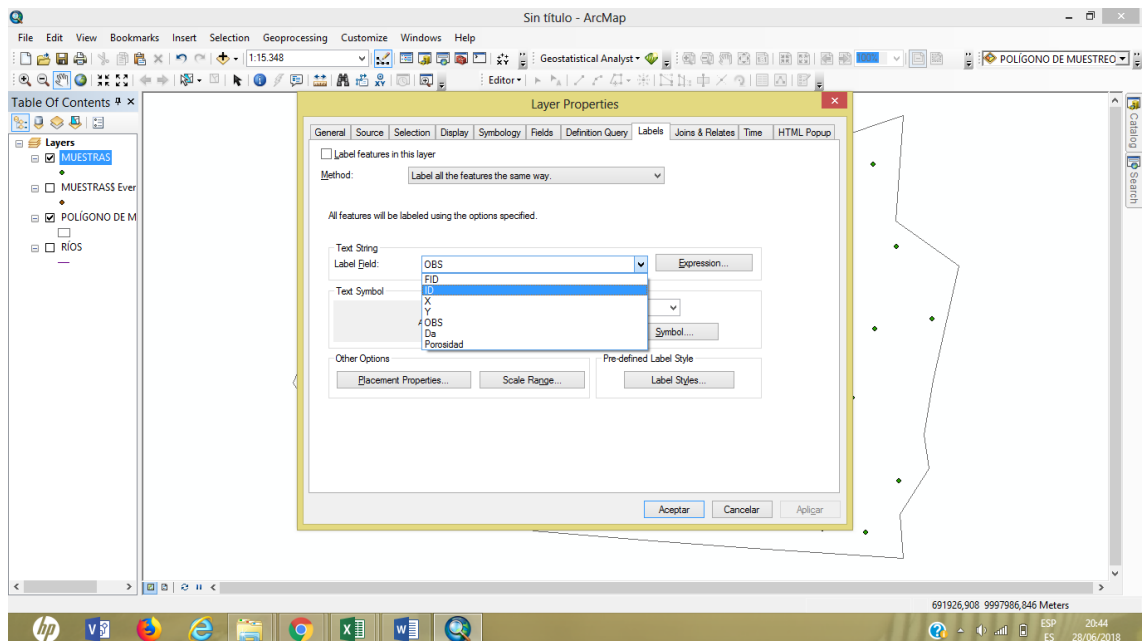


Fig. 13 Selección del parámetro a mapear.

8. Seleccionar “Label features” para mostrar la identificación de los puntos (Fig. 14)

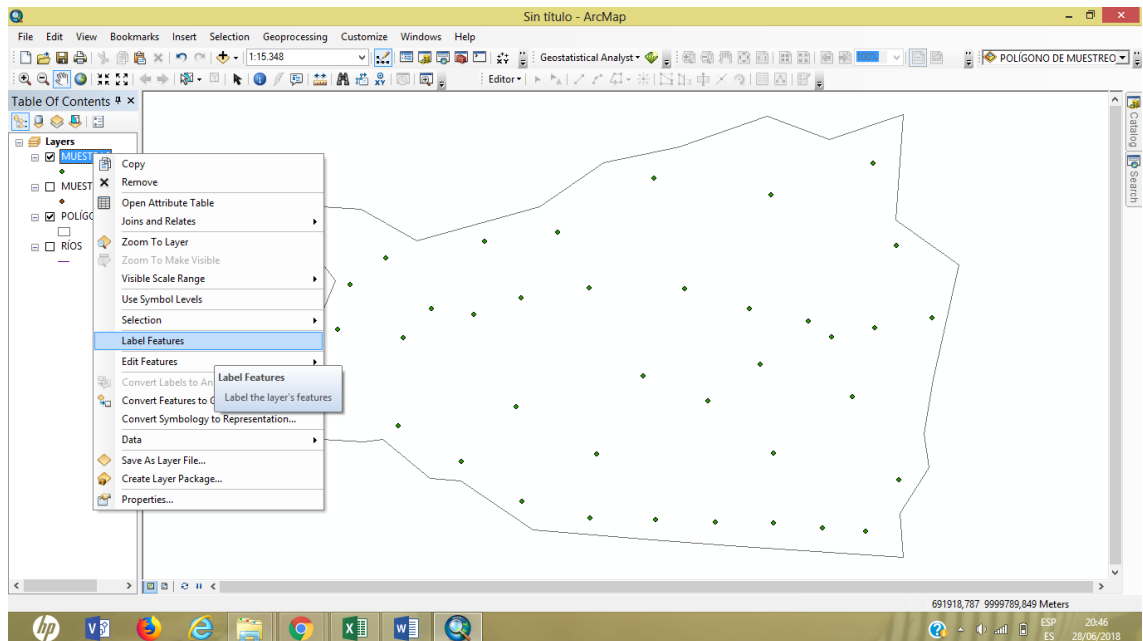


Fig. 14 Selección “Label features” para identificar los puntos.

9. Seleccionar “Explore Data” para crear el Kriging (Fig.15).

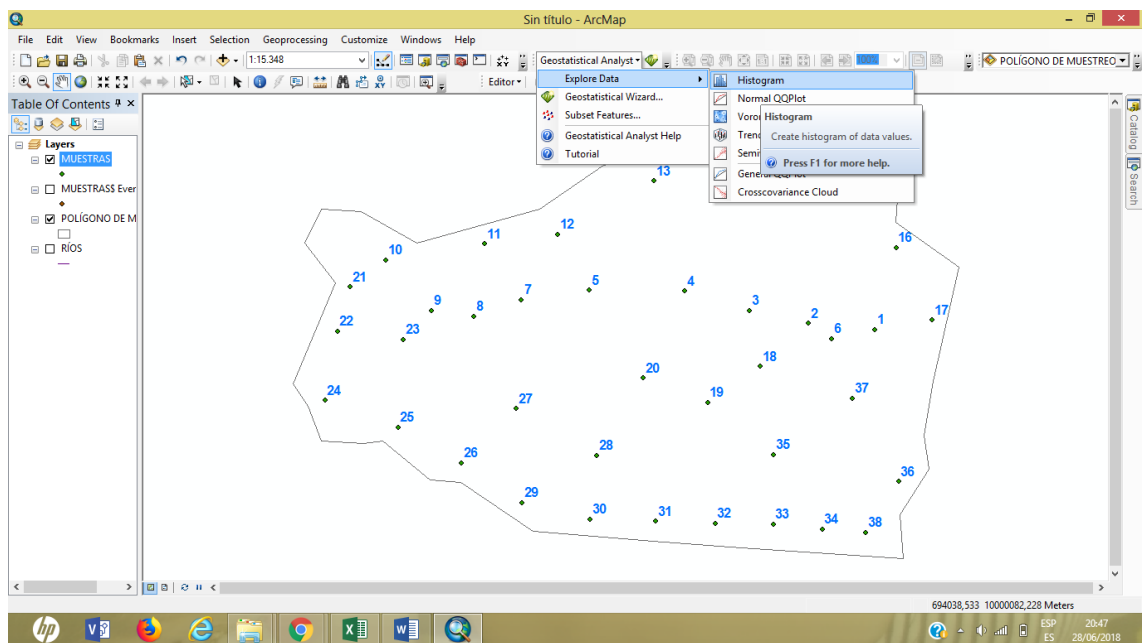


Fig. 15 Creación de Kriging.

10. Modificar los datos del Kriging de acuerdo al parámetro a mapear (Fig.16 y Fig. 17).

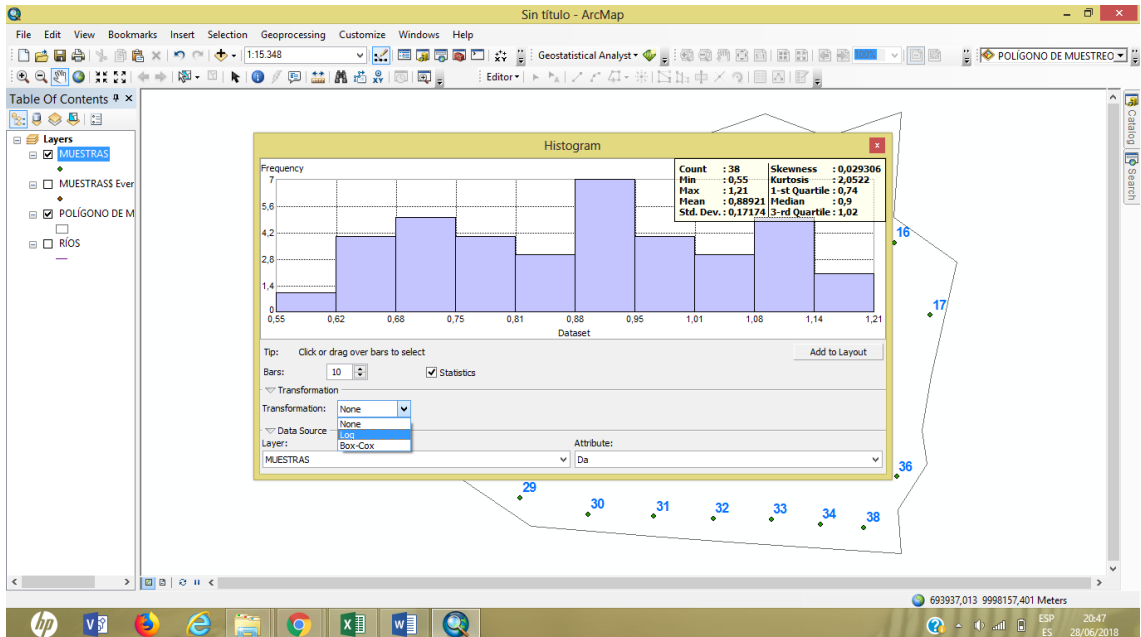


Fig. 16 Modificación de datos en Kriging.

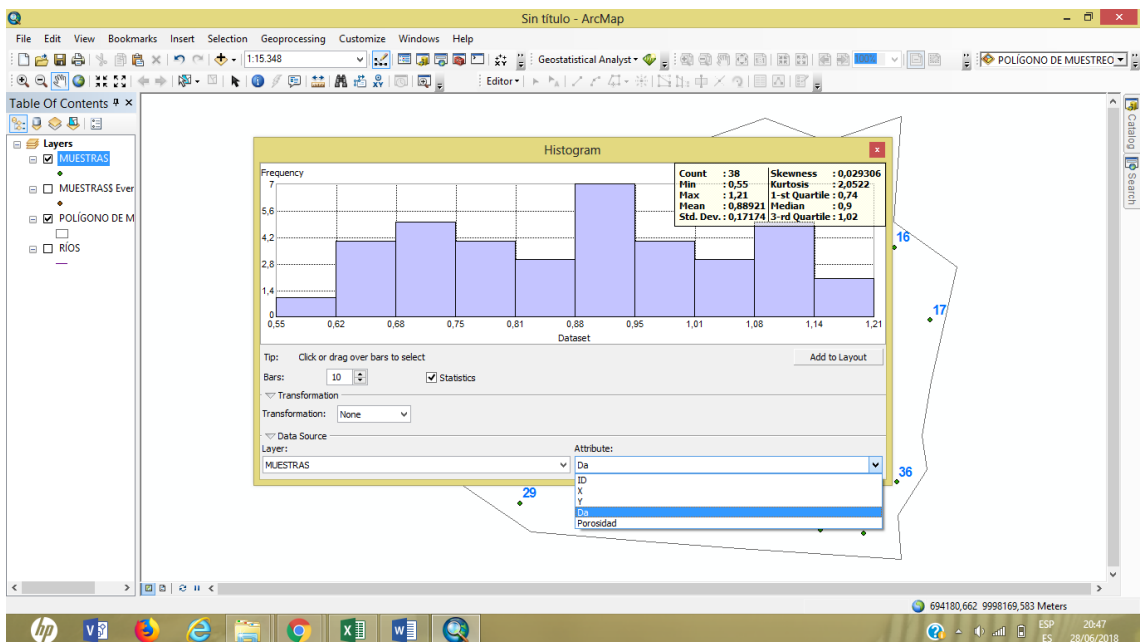


Fig. 17 Modificación de datos en Kriging.



11. Seleccionar "Trend Analysis" para configuración de análisis de tendencias (Fig. 18).

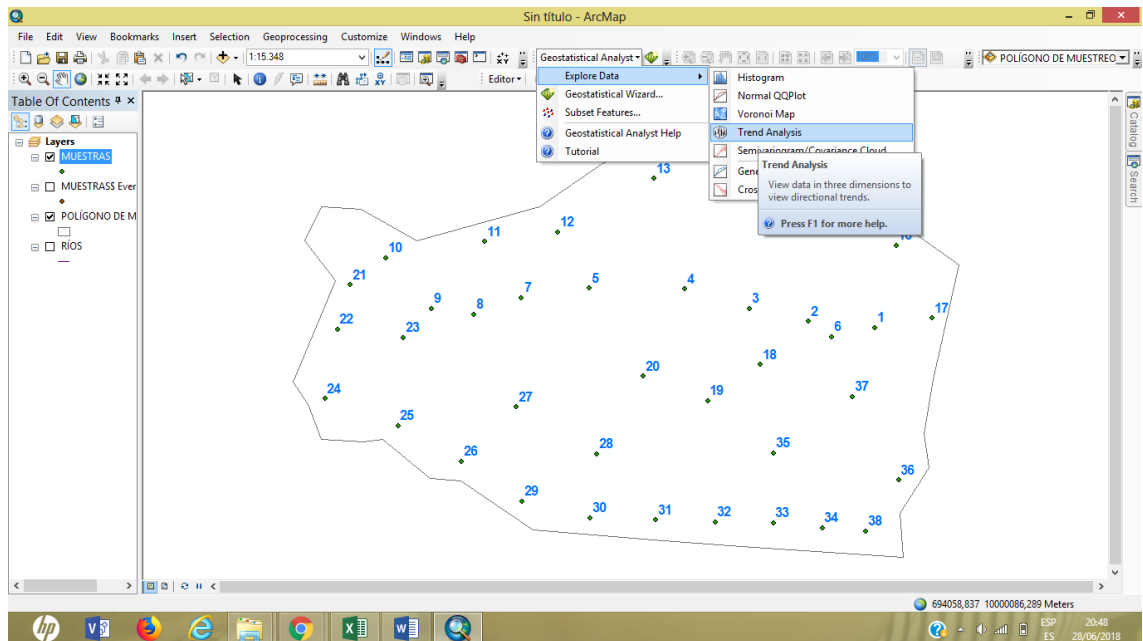


Fig. 18 Configurar análisis de tendencia.

12. Seleccionar solo las tres opciones del recuadro de Trend Analysis (Fig. 19).

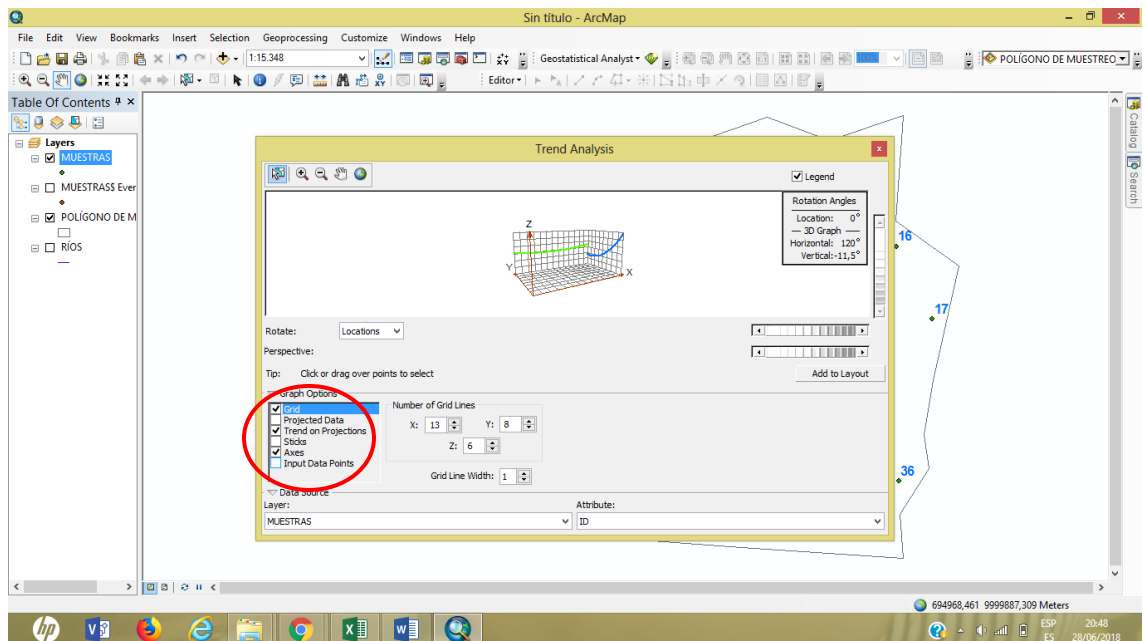


Fig. 19 Selección de las tres opciones de Kriging.

13. Seleccionar “Geostatistical Wizard” para que salgan los datos del Kriging (Fig. 20).

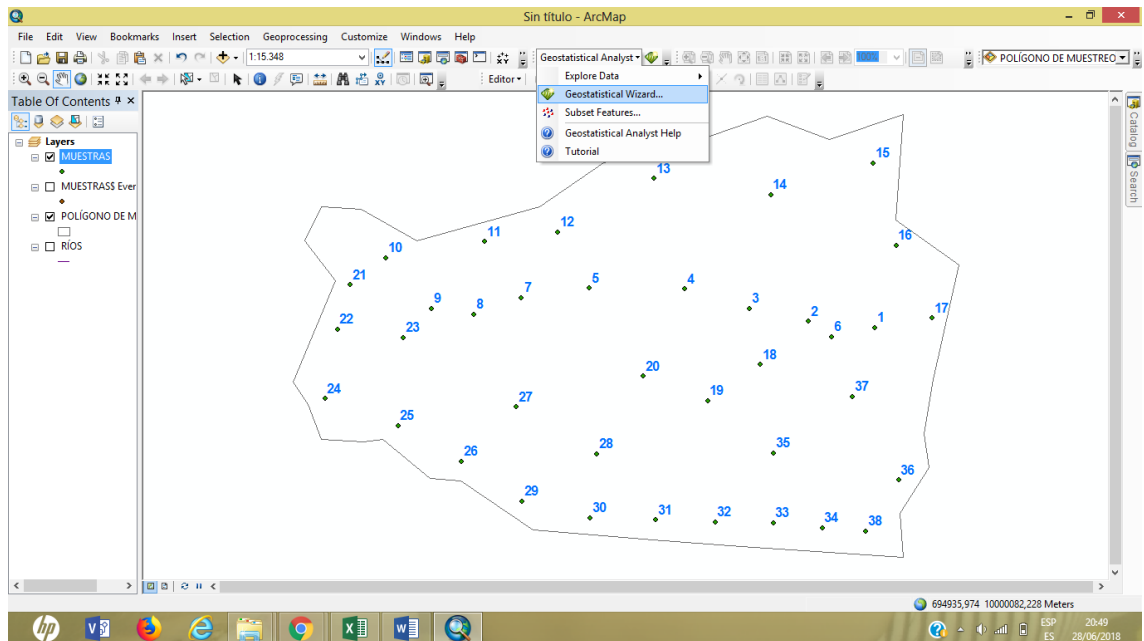


Fig. 20 Selección de “Geostatistical Wizard” para que salga el Kriging.

14. Configurar los rangos para adaptar al polígono principal (Fig. 21).

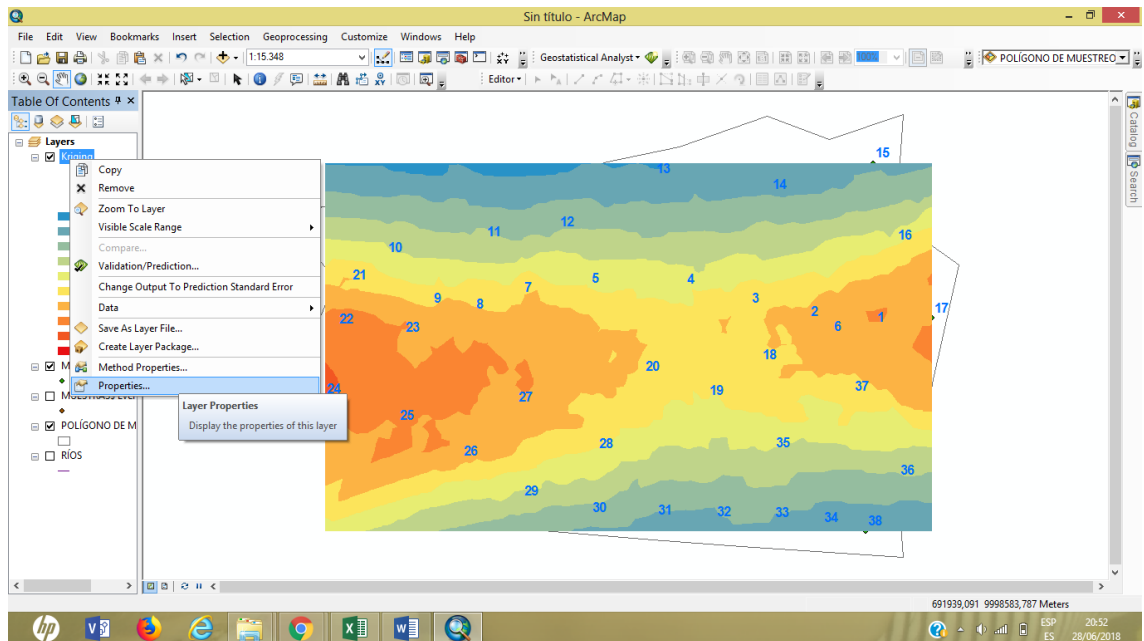


Fig. 21 Configurar rangos al polígono principal.

15. Dejar con los rangos que sean necesarios para la interpretación de los datos (Fig. 22).

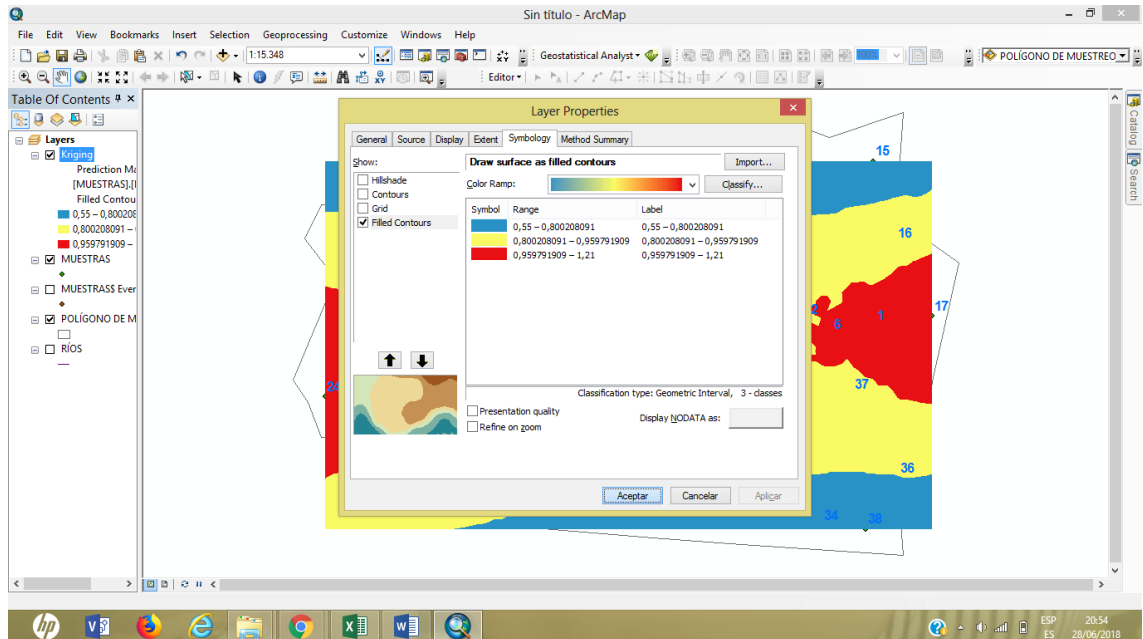


Fig. 22 Selección de rangos necesarios para el mapa.

16. Configurar igual todo el mapa al polígono (Fig. 23)

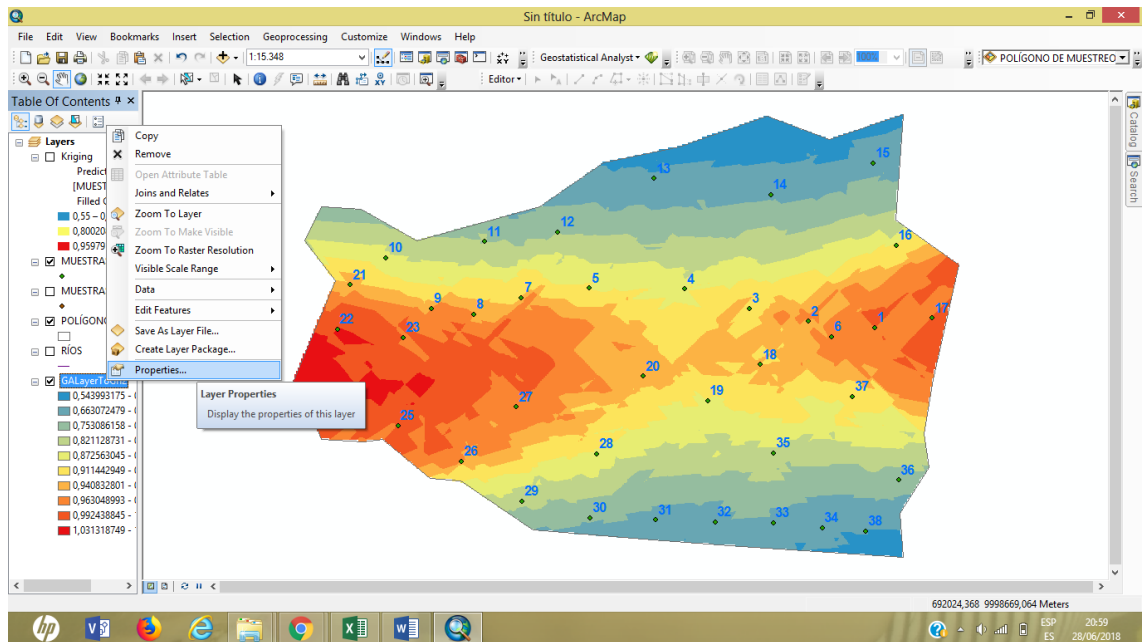


Fig. 23 Rangos de densidad de acuerdo al polígono.

## 17. Generar diseño al mapa (Fig. 24 y Fig. 25)

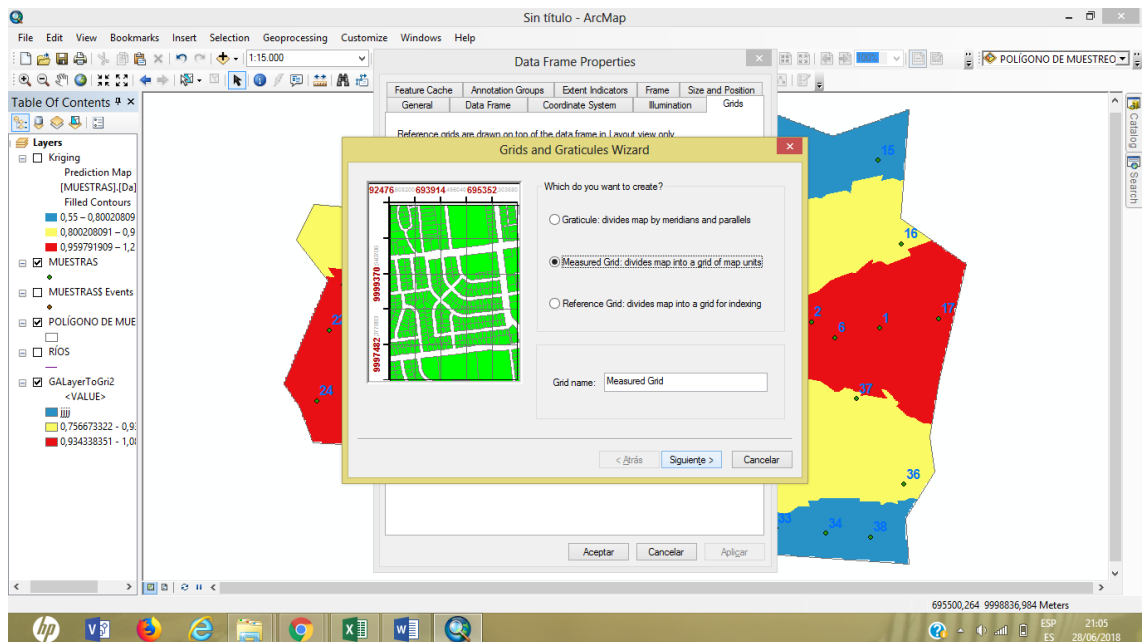


Fig. 24 Dar diseño al mapa.

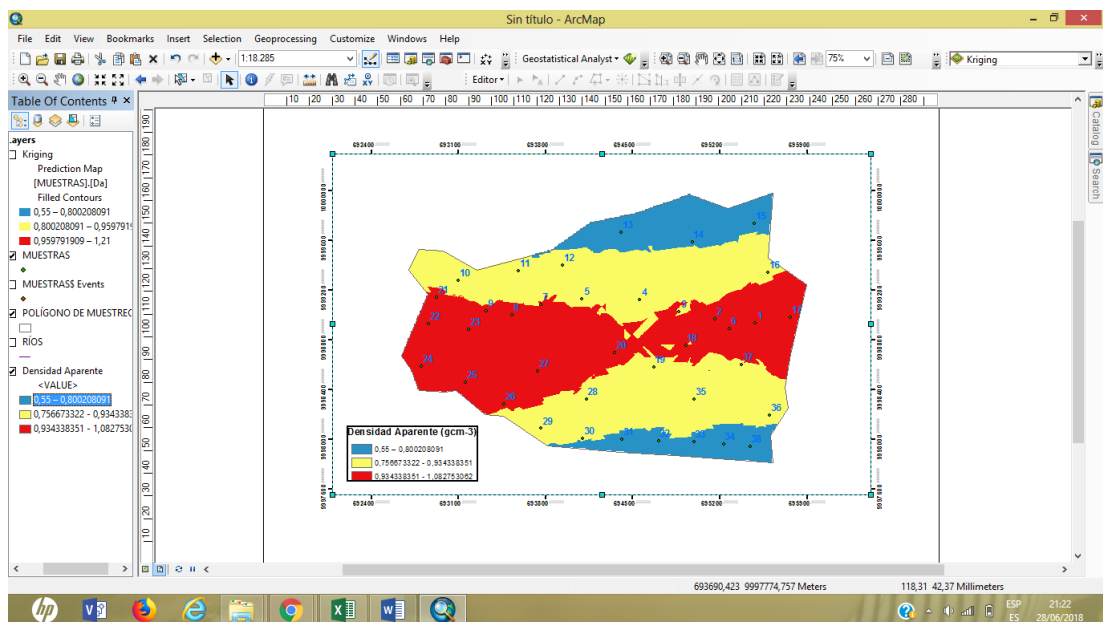


Fig. 25 Dar diseño al mapa e incluir leyenda.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 DENSIDAD APARENTE SEGÚN USO DEL SUELO

El mayor nivel de  $D_a$  se encontró en los suelos dedicados a Pastizales ( $0,97 \text{ g cm}^{-3}$ ) y Palma Africana ( $0,98 \text{ g cm}^{-3}$ ), debido a que el pisoteo de los animales y las constantes prácticas de manejo provocan mayor compactación del suelo, mientras que el nivel más bajo de  $D_a$  se consiguió del cultivo de Palmito ( $0,64 \text{ g cm}^{-3}$ ) dado a que en esa parte se dificulta el ingreso a las parcelas por sus espinas, además el material vegetal resultante del cultivo se queda y aporta como materia orgánica, permitiendo estos factores que su compactación sea menor (Fig. 26).

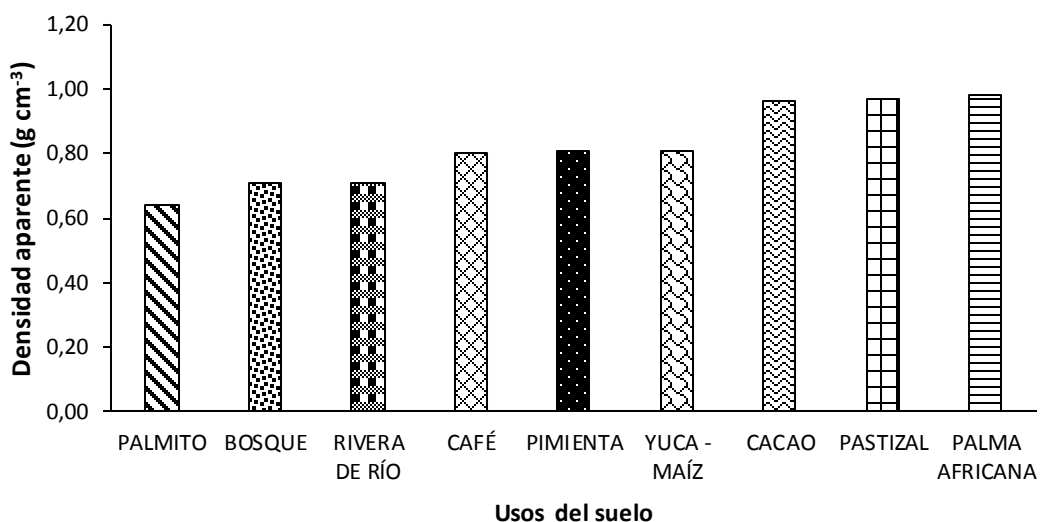


Fig. 26 Densidad aparente según uso del suelo

### 4.2 PORCENTAJE DE POROSIDAD SEGÚN USO DEL SUELO

El porcentaje más alto de porosidad se encontró en el cultivo de palmito (63,23 %), esto debido a que no hay una mayor compactación y su densidad aparente es baja por ende la cantidad de poros va a ser elevada, a diferencia del porcentaje de porosidad baja que se obtuvo del uso del suelo de la plantación de Palma Africana (52,76 %) que por su mayor compactación va a existir una menor cantidad de poros (Fig. 27).

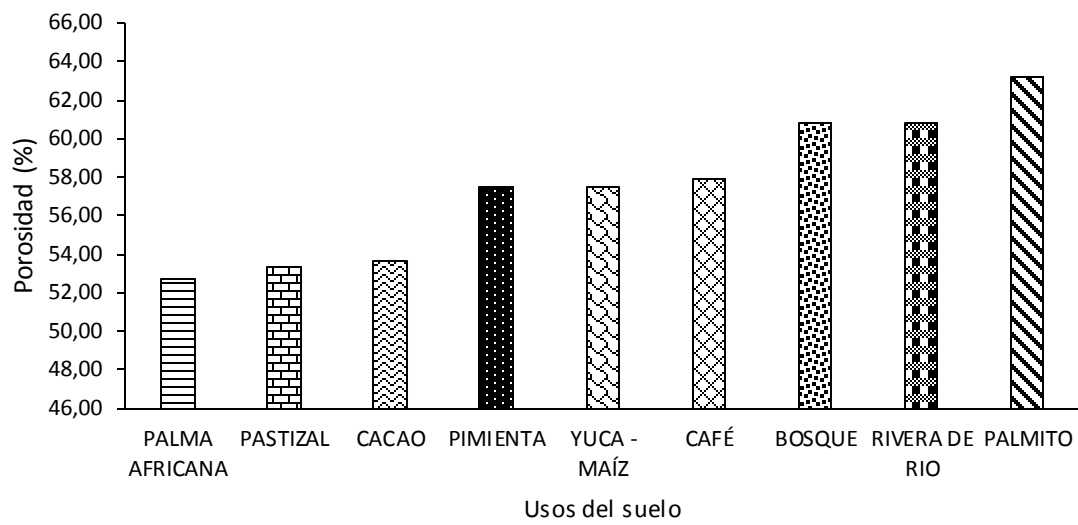


Fig. 27 Porosidad según uso del suelo.

### 4.3 MAPA DE DENSIDAD APARENTE

Como se observa en la Fig. 28, la densidad aparente más alta se encuentra en el cultivo de Palma Africana y los pastizales (22, 23, 23, 25, 26, 27 y otros), mientras que la densidad más baja se presentó en el cultivo de Palmito.

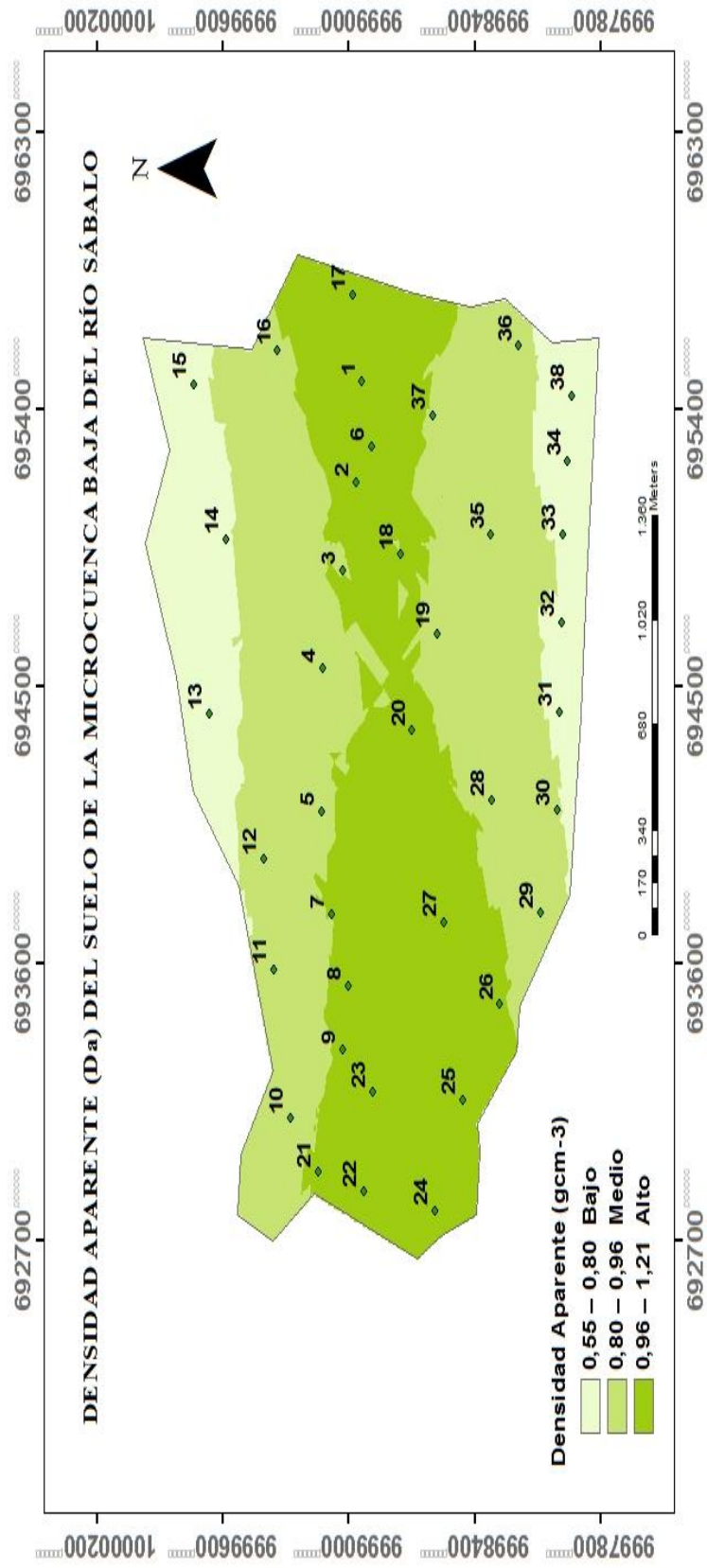


Fig. 28 Mapa de Densidad aparente del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo.

#### 4.4 MAPA DE POROSIDAD

El porcentaje más alto de porosidad se encontró en el cultivo de palmito (P31, P32, P33 y otros), esto debido a que no hay una mayor compactación del suelo, a diferencia del porcentaje de porosidad baja que se obtuvo del uso del suelo de la plantación de Palma Africana. (Fig. 29).

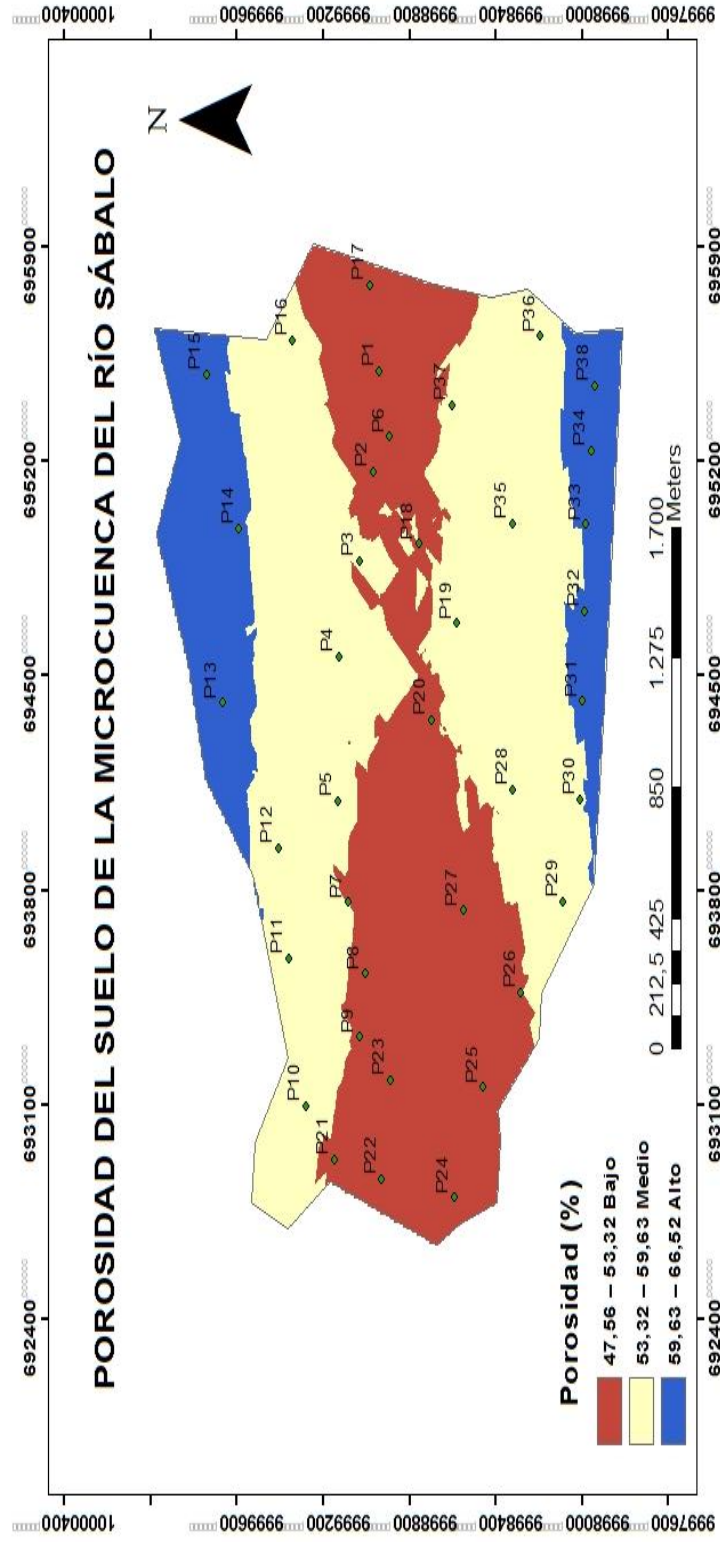


Fig. 29 Mapa de porosidad del suelo de la microcuenca baja del río Sábalo.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos en este proyecto técnico se definieron las siguientes conclusiones:

Las actividades agropecuarias son relevantes al momento de evaluar las propiedades físicas de los suelos, mientras más actividades antrópicas se realicen la compactación del suelo va a ser mayor dando como resultado altos contenidos de densidad aparente y bajos porcentajes de porosidad.

El mayor nivel de  $D_a$  se encontró en los suelos dedicados a Pastizales ( $0,97 \text{ g cm}^{-3}$ ) y Palma Africana ( $0,98 \text{ g cm}^{-3}$ ), debido a que el pisoteo de los animales y las constantes prácticas de manejo provocan mayor compactación del suelo, mientras que el nivel más bajo de  $D_a$  se consiguió del cultivo de Palmito ( $0,64 \text{ g cm}^{-3}$ ) dado a que en esa parte se dificulta el ingreso a las parcelas por sus espinas, además el material vegetal resultante del cultivo se queda y aporta como materia orgánica, factores que disminuyen la compactación del suelo.

El suelo de la microcuenca baja del río Sábalo tiene porcentajes de porosidad ( $52,75 - 63,23 \%$ ) que limitan la infiltración del agua, el desarrollo radicular y actividad biológica, favoreciendo de esta manera la pérdida de partículas minerales (arena, arcilla y limo), nutrientes y materia orgánica debido a la escorrentía, condiciones que hacen desfavorables los ecosistemas para el desarrollo de la vegetación y la conservación del agua.

Se recomienda dar un buen manejo del suelo teniendo en cuenta que es la base para la producción, a su vez llevar registros de la productividad para conocer el estado nutricional del suelo y reponer o sustituir los nutrientes removidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. (2014). Efecto de tres sistemas de labranza en la conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad de un suelo franco-arcilloso. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1872/40033%20AGUILAR%20ZAVALA,%20JOSE%20JUAN%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Cando, H. & Collantes, K. (2014). “Determinación del porcentaje de humedad y establecimiento de los puntos notables de agua con respecto al suelo utilizado en la agricultura del barrio Chantán, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, período 2013”. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2723/1/t-utc-00260.pdf>
- Cordero, N. (2010). Mejoramiento de suelo con biosólidos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UNAM. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52100/4487/tesis.pdf?sequence=1>
- Demuner, G. & Campos, S. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500012)
- E. Huising *et al.*, (2012). Diseño y estrategias de muestreo para la evaluación de la biodiversidad del suelo. Capítulo 2. Recuperado de <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap2.pdf>
- Espejo, R. (2016). Importancia del suelo como recurso natural en los ecosistemas agrarios. Edafología. Recuperado de [http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102\\_doc\\_REspejo.pdf](http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102_doc_REspejo.pdf)

- FAO (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>
- Heredia, E. (2015). Porosidad, densidad real y aparente del suelo. Recuperado de [https://www.academia.edu/7716432/densidad\\_real\\_aparente\\_y\\_porosidad\\_del\\_suelo](https://www.academia.edu/7716432/densidad_real_aparente_y_porosidad_del_suelo)
- Hernández, F. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos. Recuperado de la revista Redalyc <http://www.redalyc.org/html/2311/231116390004/>
- Hernández-Gutiérrez, L.E., Santamarta, J.C., Tomás, R., Cano, M., García-Barba, J., Piñero-García, A. (2013). Prácticas de Ingeniería del Terreno. Universidades de Alicante y de La Laguna. <http://web.ua.es/es/ginter/ó>  
<http://ocw.ull.es/>
- INIAP (2015). Semana de la ciencia y tecnología jornada de puertas abiertas. Recuperado de <http://www.inia.uy/documentos/p%3%bablicos/inia%20tacuaremb%c3%b3/2015/el%20suelo%2020%20de%20mayo.pdf>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- López, J. (2007). Validación con muestras de campo del límite superior de laborabilidad medido por el método de permeabilidad al aire. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1910/T16374%20%20L%C3%93PEZ%20VELASCO%2C%20JORGE%20SAMUEL%20%20%20%20tesis.pdf?sequence=1>
- Marín, G.; Pereira, *et al.* (2011). Edafología 1. Primera Edición. Recuperado de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Pérez, D. (2012). Densidad real y densidad aparente. Recuperado de <https://perezguarinos.wordpress.com/2012/05/29/densidad-real-y-densidad-aparente/>

Rubio, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

Torrán, E. (2007). Impacto de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre el contenido de humedad del suelo. Análisis de un caso en el noreste de la provincia de Entre Ríos. Recuperado de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/torran-tesisfinal.pdf>

## ANEXOS



**Anexo 1** Ubicación de los puntos a muestrear mediante GPS.



**Anexo 2** Recolección de muestras (10-06-2018).



**Anexo 3** Recolección de muestras (13-06-2018).



**Anexo 4** Preparación y pesado de muestras.



**Anexo 5** Muestras listas para llevarlas a la estufa.



**Anexo 6** Muestras en la estufa a temperatura de 70° y muestras en el desecador para enfriar.