

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**GEOREFERENCIACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
CAFETALERA DE CAMPAMENTO.**

POR:

CARMEN LOURDES PAGUADA FLORES

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO.

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

**GEOREFERENCIACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
LOS SUELOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN
CAFETALERA DE CAMPAMENTO.**

POR:

CARMEN LOURDES PAGUADA FLORES

RAÚL ISAIAS MUÑOZ, M. Sc.

Asesor Principal (UNA)

ING. JORGE RUIZ

Asesor adjunto (IHCAFE)

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A **JESUCRISTO**, Dios todopoderoso, por guiar cada paso que he dado en mi vida, por estar a mi lado llenando mi corazón con la luz de espíritu y es por ello que he alcanzado cada meta propuesta.

A mis padres **LAURA FLORES** y **EFRAIN PAGUADA**, por enseñarme que no existe derrota, por ser mi ejemplo, mi límite ante los excesos, mis amigos, mis maestros terrenales, por tomar mi mano y luchar conmigo ante las situaciones de la vida, por enseñarme que la satisfacción se encuentra en los propios progresos y no en las apreciaciones de los demás.

A mis hermanos **NIDIA** y **EDGAR PAGUADA**, por formar parte de una de las cosas más hermosas que tengo “Mi Familia”, a ellos por su amor y por ser mi motivación.

A toda mi familia en general, porque de una u otra manera contribuyeron a que este logro fuera posible, en especial a mis abuelas **MARIA PEÑA Y ERLINDA MURILLO**.

AGRADECIMIENTO

A mi **DIOS**, por iluminarme y brindarme voluntad. El sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo.

A mis Padres **LAURA FLORES** y **EFRAÍN PAGUADA**, por su orientación y ejemplo, por apoyarme siempre.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno en especial a **CARMEN R, YOLANY R, NICOL R, ANGELA R, SEYLA R, OSCAR R, NAIN P, SABIEL R, ILIANA O, MERCY P, FRANKLIN P, KARLA O, TANIA, MARICELA O, ELVIN P, P REDONDO, JOSUÉ P, SELVIN R, DULCE B, ANGELY B**. Son muchos a los que agradezco su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de la vida universitaria. Algunos no están aquí pero si en mis recuerdos.

A mi alma máter **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a esta gran institución y por fortalecer mis bases de desarrollo y crecimiento personal.

A mi asesor de la PPS **M. Sc. RAÚL MUÑOZ** quien me entrego a través de su conocimiento y dedicación las herramientas para preparar este camino hacia el mundo profesional y que marcarán un importante precedente en mi formación.

Al **INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ (IHCAFÉ)** por su colaboración, apoyo y amistad brindada durante la ejecución del trabajo, especialmente a los ingenieros: **JORGE RUIZ, JUAN RAFAEL LÓPEZ Y OMAR PACHECO**.

CONTENIDO

	pág.
ACTA DE SUSTENTACION.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. General.....	2
2.1. Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.	3
3.1. Agricultura de precisión	3
3.1.1. Variabilidad espacial del terreno	3
3.2. GPS Y SIG.....	4
3.3. Georeferenciación.....	4
3.4. El suelo y sus características.....	4
3.4.1. Propiedades físicas.....	5
3.4.2 Propiedades químicas	8
3.5. Análisis de suelos	8
3.5.1. Utilidad del análisis de suelo.	9
3.6. Muestreo	9
3.6.1. Tipos de muestreo:.....	10
3.7. Requerimientos de cultivo de café referente al suelo	10
IV. MATERIALES Y MÉTODO	12

4.1. Localización.....	12
4.2. Materiales y equipo.....	12
4.3. Método	12
4.4. Desarrollo de la práctica	13
4.4.1. Delimitación del trabajo	13
4.4.2. Identificación de los sitios donde se tomaron las muestras de suelo	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1. Características del perfil del suelo	18
5.2. Niveles de nitrógeno	20
5.3. pH	21
5.4. Niveles de materia orgánica.....	23
5.5. Niveles de fósforo.....	25
5.6. Niveles de potasio	27
5.7. Niveles de calcio	29
5.8. Niveles de magnesio	31
5.9. Niveles de aluminio	33
5.10. Niveles de zinc.....	35
5.11. Niveles de manganeso	37
5.12. Niveles de hierro	39
5.13. Niveles de cobre	41
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	46
VII. BIBLIOGRAFIA	47
ANEXOS.....	51

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción de los horizontes	19
Cuadro 2. Densidades aparente, relativa y real	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa de perímetro del CIC-CAB.....	13
Figura 2. Mapa con puntos para la toma de muestras de suelo con barreno.....	14
Figura 3. Toma de muestra de suelo	14
Figura 4. Calicatas de parte alta, media y baja	15
Figura 5. Vitrina con horizontes de parte alta, baja y media.....	15
Figura 6. Muestra en reposo para la determinación de textura.	16
Figura 7. Toma de muestra para la densidad aparente, relativa y real	17
Figura 8. Muestra de suelo en el picnómetro	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9. Mapa de niveles de nitrógeno en el primer estrato de 0-20 cm.	20
Figura 10. Mapa de Niveles de nitrógeno tomada del segundo estrato de 20-40 cm	21
Figura 11. Mapa de niveles de pH en el primer estrato de 0-20 cm	22
Figura 12. Mapa de niveles de pH en el segundo estrato de 20-40 cm	23
Figura 13. Mapa de niveles de materia orgánica en el primer estrato de 0.20 cm.....	24
Figura 14. Mapa de niveles de materia orgánica en el segundo estrato de 20-40 cm	25
Figura 15. Mapa de niveles de fósforo en el primer estrato de 0-20 cm.	26
Figura 16. Mapa de niveles de fósforo del segundo estrato de 20-40 cm.....	27
Figura 17. Mapa de niveles de potasio del primer estrato de 0-20 cm	28
Figura 18. Mapa de niveles de potasio del segundo estrato de 20-40 cm.....	29
Figura 19. Mapa de niveles de calcio del primer estrato de 0-20 cm	30
Figura 20. Mapa de niveles de calcio del segundo estrato de 20-40 cm	31
Figura 21. Mapa de niveles de magnesio del primer estrato de 0-20cm	32
Figura 22. Mapa de niveles de fósforo del segundo estrato de 20-40 cm.....	33
Figura 23. Mapa de niveles de aluminio del primer estrato de 0-20 cm	34

Figura 24. Mapa de niveles de aluminio del segundo estrato de 20-40 cm	35
Figura 25. Mapa de niveles de zinc del primer estrato de 0-20 cm	36
Figura 26. Mapa de niveles de zinc del segundo estrato de 20-40 cm	37
Figura 27. Mapa de niveles de manganeso del primer estrato de 0-20 cm	38
Figura 28. Mapa de niveles de manganeso del segundo estrato de 20-40 cm	39
Figura 29. Mapa de niveles de hierro del primer estrato de 0-20 cm	40
Figura 30. Mapa de niveles de hierro del segundo estrato de 20-40 cm	41
Figura 31. Mapa de niveles de cobre del primer estrato de 0-20 cm	42
Figura 32. Mapa de niveles de cobre del segundo estrato de 20-40 cm	43

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Mapa del CIC-CAB por lotes.....	52
Anexo 2. Mapa del perímetro CIC-CAB	53
Anexo 3. Resultados de análisis químico	54
Anexo 4. Rangos utilizados para interpretar los resultados del análisis de suelo	55
Anexo 5. Coordenadas del perímetro y lotes	55
Anexo 5. Toma de datos de la densidad aparente.....	55
Anexo 6 Toma de datos de la densidad e real.....	55

Paguada Flores, C.L. 2016. Georeferenciación y características físicas y químicas de los suelos del Centro de Investigación y Capacitación cafetalera de Campamento, Olancho. Práctica profesional supervisada Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras 55p.

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación y Capacitación Carlos Alberto Bonilla en Campamento Olancho, propiedad del IHCAFE con el objetivo de georeferenciar y caracterizar los suelos sembrados con cultivo de café, especies maderables, algunas musáceas y a la vez analizar, comparar e interpretar los datos de los análisis físicos y químicos del suelo. Este trabajo se ejecutó en dos fases las cuales son: la fase I de campo y la fase II fase de laboratorio. En la fase I se caracterizó el área de trabajo elaborando mapas con el software Google Earth trazando una cuadrícula que constaba de una manzana (7000m²) en cada cuadrícula se colocaron seis puntos de los cuales haciendo uso del GPS se localizaron y se tomaron dos submuestras una por cada estrato los cuales fueron uno de 0-20 cm y el otro de 20-40 cm (en los lugares donde se encontraba variabilidad muy pronunciada se tomaron dos muestras por mz), obteniendo al final 19 muestras por cada estrato. Se elaboraron tres calicatas de las cuales se identificaron los horizontes, se tomaron muestras para el cálculo de: densidad aparente, relativa y real y para los tipos de suelo. En la fase II se recolectaron y prepararon las muestras para evaluar: pH, N, MO, P, K, MG, Ca, Al, Fe, Zn, y Cu. Los resultados indican que existe gran deficiencia siendo el P, K, Zn los más deficientes. El pH en su totalidad es ácido, los nutrientes con mayor deficiencia son el fósforo, el potasio y el zinc, el pH lo que está afectando las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La deficiencia de fósforo ocasiona un descenso en la respiración de la planta, la deficiencia de potasio afecta directamente el desarrollo del fruto y la deficiencia de zinc afecta la condensación de aminoácidos a proteínas.

Palabras Clave: macronutrientes, micronutrientes, materia orgánica, Google earth, potencial de hidrogeno, densidad aparente, densidad relativa, densidad real, calicata.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que se da en la agricultura se debe a la existencia de variabilidad del suelo, es por este motivo que se observa que en algunos cultivos sometidos a las mismas condiciones de fertilización algunas plantas se desarrollan mejor que otras.

Una de las grandes ventajas del análisis de suelo, es que nos permite determinar las características físicas-químicas que posee el suelo. Los agricultores dependen de estos análisis para determinar las necesidades de cal, que deben aplicar si el suelo es muy ácido o las necesidades de fertilizantes necesarios para obtener una buena cosecha y de alta calidad. También nos permite identificar si el suelo es muy básico o alcalino y de esta manera efectuar como estrategia inmediata de lavado del suelo para disminuir la salinidad o la presencia de calcio y con ello evitar una pérdida en cultivos.

La agricultura de precisión es una herramienta de diagnóstico muy importante para la elaboración de una recomendación de fertilización, ya que nos permite cuantificar la cantidad de nutrientes que posee nuestro suelo; es por eso que se realizará un diagnóstico con el propósito de conocer la posición global y las características físicas y químicas de los suelos del centro de investigación y capacitación Carlos Alberto Bonilla, ubicado en la comunidad de El Nance perteneciente al municipio de Campamento, Olancho.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Identificar las características físicas y químicas que posee los suelos, así como conocer la posición Global del terreno que pertenece al “Centro de Investigación y Capacitación Carlos Alberto Bonilla” (CIC-CAB), ubicado en El nance, Campamento, Olancho.

2.1. Específicos

Conocer mediante el uso de los análisis de suelos las características químicas que presentan los suelos del CIC-CAB.

Determinar mediante la elaboración de calicatas que tipos de suelo y que perfiles de suelo existe en CIC-CAB.

Realizar el mapa de ubicación geográfica del CIC-CAB haciendo uso de un GPS.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1. Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores satelitales e imágenes aéreas, junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos (Nagasaka, 2012).

3.1.1. Variabilidad espacial del terreno

Este es uno de los criterios que se deben cumplir para justificar el uso de la agricultura de precisión definen tres maneras para medir la variabilidad espacial. Continua, que analiza los mapas de rendimiento; Discreta, que realiza muestreo directo al suelo para posterior análisis y percepción remota, mediante imágenes de satélite o fotografías aéreas. Como se mencionó anteriormente en el método continuo, la variabilidad espacial guarda relación directa con el rendimiento, medida que tiene unidades de masa por unidad de área, lo que indica que solo se tiene en cuenta la cantidad y no la calidad por esto es necesario dentro de la agricultura de precisión manejar el conjunto rendimiento calidad (Senay *et al.*, s.f.).

3.1.2. GPS Y SIG

El sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) registra la variabilidad de los datos, lo que hace posible determinar la posición de forma correcta y continua. Según (Nemenyi *et al.*, 2003) el manejo de un SIG (Sistema de Información Geográfica) es de vital importancia en la agricultura de precisión, ya que permite generar visiones complejas del terreno de trabajo, para tomar decisiones como la aplicación de fertilizantes o determinar las causas de la variabilidad estos sistemas son una gran herramienta en la agricultura moderna ya que cada variable medida va a estar exactamente localizada y de esta forma tenemos la posibilidad de volver a ella, localizarla, obrar sobre ella y grabar nuevamente el resultado” (SIGNA, s.f.).

3.1.3. Georeferenciación

La georeferenciación consiste en ubicar un objeto en el espacio tridimensional con respecto a la tierra utilizando un sistema de coordenadas. Su principal uso consiste en establecer las relaciones entre las imágenes y vectoriales en un sistema de coordenadas. Además de determinar el lugar en el espacio de los elementos geográficos, permite establecer la correcta posición de una fotografía aérea en un mapa y determinar la exacta ubicación de un punto en una fotografía o imagen (Ruiz, 2012).

Este procedimiento es de gran importancia para los modelos de información en el campo de los sistemas de información geográficos (SIG), ya que funciona como fuente de información directa y precisa (Ruiz, 2012).

3.2. . El suelo y sus características

Los suelos son sistemas naturales abiertos y complejos, que se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos y cuyas

características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo (UNAC, 2008).

3.2.1. Propiedades físicas

3.2.1.1. Textura del suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. Para conocer la textura de una muestra de suelo, separe primero la tierra fina (todas las partículas de menos de 2 mm), de las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla (FAO, s.f(a)).

3.2.1.2. Estructura del suelo

Agrupamiento de las partículas primarias de arena, limo y arcilla en partículas compuestas, llamadas agregados, cuyas propiedades difieren de las que presenta una masa igual de partículas primarias no agregadas. Cada agregado constituye una unidad estructural separada de los agregados adyacentes por superficies de discontinuidad. Los dos extremos en la gama de estructuras de un suelo son la estructura masiva en la que la agregación es tan visible que no existen discontinuidades y la estructura de grano simple en la que las partículas aparecen completamente desunidas (Estructura..., s.f.)

Entre estas dos situaciones, lo más frecuente es encontrar una agregación parcial o una cierta estructura que, junto a la composición textural determina la geometría de la matriz sólida del suelo y del espacio de poros que la acompaña. Así como la textura es una propiedad prácticamente permanente, la estructura del suelo puede variar considerablemente a corto plazo, en respuesta a los cambios de las condiciones naturales o de cultivo (Estructura..., s.f.).

3.2.1.3. Color del suelo

El color del suelo destaca el significado de las relaciones que él tiene con condiciones edáficas particulares, entre los sistemas más empleados en la designación del color y el Sistema Munsell. Los factores que influyen en la apreciación del color son: la calidad e intensidad de la luz, la rugosidad de la superficie reflectora y la humedad de la muestra. El color puede ser utilizado como una clave del contenido de ciertos minerales en el suelo, fundamentalmente minerales férricos ya que ellos proveen la mayoría y la mayor variedad de pigmentos al suelo. Se describe la variedad de colores (negro, rojo, amarillo, marrón y gris, entre otros) (Ovalles, 2003).

3.2.1.4. Profundidad del suelo

La definición original del solum “la capa de suelo más activa biológicamente en donde crecen raíces y planta” se denominaba como la capa superficial del suelo (horizonte A) junto con el subsuelo (E y B). El horizonte C se definía como estratos con poca formación edafogénica. De este modo la profundidad efectiva del suelo fue considerada como la espesura del suelo. Sin embargo, la presencia de raíces y la actividad biológica que frecuenta a menudo el horizonte C realza la importancia de incluir este horizonte en la definición de profundidad del suelo. En la práctica los estudios de levantamiento de suelos utilizan límites de profundidad arbitrarios ejemplo 200 cm (FAO, s.f(b)).

3.2.1.5. Porosidad del Suelo

La porosidad del suelo viene representada por el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. La porosidad depende de la textura, de la estructura y de la actividad biológica del suelo. Cuanto más gruesos son los elementos de la textura mayores son los huecos entre ellos, salvo si las partículas más finas se colocan dentro de esos huecos o si los cementos coloidales los obturan. No obstante lo más corriente es que los suelos con

elementos gruesos presenten poros también gruesos y los suelos limosos y arcillosos, huecos muy numerosos pero de pequeño (Propiedades...s.f.).

3.2.1.6. Permeabilidad del suelo

Permeabilidad: es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. Por lo general, los suelos se componen de capas y, a menudo, la calidad del suelo varía considerablemente de una capa a otra. Antes de construir un estanque, es importante determinar la posición relativa de las capas permeables e impermeables. Al planificar el diseño de un estanque se debe evitar la presencia de una capa permeable en el fondo para impedir una pérdida de agua excesiva hacia el subsuelo a causa de la filtración (FAO, s.f(c)).

3.2.1.7. Densidad aparente del suelo

Se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g/cm^3 o ton/cm^3). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Peña, s.f.). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes (Rojas, s.f.).

3.2.2 Propiedades químicas

3.2.2.1.Capacidad de intercambio catiónico.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4 etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrógeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y aporte de nutrientes para planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol/kg o meq/ 100g de suelo (FAO, 2008).

3.2.2.2. El pH del suelo

El pH (potencial de Hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino) (Ovalles, 2003). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5 (FAO, 2008).

3.3. Análisis de suelos

El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar. Para que el dato analítico reportado por el laboratorio sea útil, es imprescindible realizar un adecuado

muestreo de suelos, ya que en esta etapa es donde se define la exactitud de los resultados del análisis de suelos (Duggan, 2013).

3.3.1. Utilidad del análisis de suelo.

Los análisis de suelos, en especial los análisis químicos que son los descriptos en este artículo, constituyen la herramienta más eficiente para conocer cuál es la disponibilidad de nutrientes del suelo o propiedades edáficas variables en el tiempo y en el espacio. También son elementos complementarios interesantes y útiles de estudios de aptitud productiva del suelo, donde, además de las características variables mencionadas, interesa conocer las propiedades permanentes, que permiten definir la capacidad de uso, información central para la planificación de los cultivos y las rotaciones (UNAC, 2008).

3.3.2. Muestreo

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información de confianza sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado “población”, tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas. Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas así que la fuente de error más grande se halla en el muestreo. Todos los suelos son variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y verticalmente, más abajo del perfil del suelo. El suelo deberá dividirse en clases lo más homogéneas posible (Muestreo...,2009)

3.3.2.1. Tipos de muestreo:

Aleatorio

Muestreo aleatorio directo del suelo significa que el investigador toma muestras de suelo de las áreas de un sitio determinado elegido al azar. La imagen de la tierra que da un investigador es muy básica, pero el muestreo al azar es un buen lugar para empezar cuando hay poco conocimiento previo del sitio. Ofrece la imagen más general, dando pistas sobre dónde buscar con otros métodos, o si el sitio es adecuado para un uso determinado. Puede ser utilizado con fines agrícolas para determinar los niveles generales de importantes nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, le dice al investigador si el sitio es adecuado para los cultivos y cosechas, sugiere que podría hacerlo mejor (Sipe, 2013).

Cuadrícula

En el muestreo de cuadrícula, un área se divide en secciones. Esto da una mejor idea de la variabilidad de la zona y la concentración y la densidad de nutrientes. Evita el peligro de un muestreo aleatorio, que a veces puede dar lugar a demasiadas muestras recogidas de la misma región. Esta información puede ser utilizada por los agricultores para ajustar las cantidades y tipos de fertilizantes que utilizan, para identificar los microorganismos que habitan en el área o para evaluar los peligros de la tierra contaminada (Díaz, s.f.).

3.3.3. Requerimientos de cultivo de café referente al suelo

Características del suelo, básicamente el suelo es un medio de enraizamiento y un sitio de almacenamiento de agua y nutrimentos. Por esta razón es esencial facilitarle a la planta que desarrolle sus raíces tanto lateralmente como en profundidad para que exploren suficientemente el suelo y extraigan de éste el máximo de nutrimentos y también es necesario además que el suministro de agua sea el adecuado (Arcila, 2000).

Una apropiada fertilización asegura no solamente un buen desarrollo de la parte aérea sino también un mayor desarrollo y vigor del sistema radical. Las aplicaciones de nitrógeno y fósforo son especialmente útiles para este fin. Otros elementos se aplicarán de acuerdo con las necesidades del cultivo (Valencia, 2013).

Debido a que el cafeto se cultiva en diferentes tipos de suelos, no es posible manejar su nutrición a través de una recomendación generalizada, por lo cual es necesario asesorarse de un técnico y recurrir a los análisis de suelos. Los análisis de suelos son una herramienta muy importante para determinar los niveles de los nutrimentos en cada suelo y las cantidades y fuentes de fertilizante o enmiendas que deben aplicarse (Arcilia, 1990).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Localización

El desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Capacitación del IHCAFE) ubicado en la comunidad de El Nance perteneciente al municipio de Campamento, departamento de Olancho, kilómetro 103 carretera de Tegucigalpa hacia Juticalpa. El Centro presenta las siguientes condiciones agroclimáticas: temperatura media de 23°C, humedad relativa promedio: 70%, elevación promedio de 780 msnm, precipitación anual de 1300 mm siendo la época más lluviosa de junio a enero y la época seca de febrero a mayo (Licona, 2012).

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo de la georeferenciación y características físicas y químicas de los suelos del centro de investigación y capacitación del IHCAFÉ de Campamento, se hizo uso de los siguientes materiales y equipos: un GPS, tablero, libreta de campo, cámara, juego de barrenos para perforación, pala, piocha, barra, horno, cilindro de metal, hidrómetro, picnómetro, bolsas, computadora, cinta métrica, etiquetas para identificar las muestras, cubetas, tamiz.

4.3. Método

Para el desarrollo de la georeferenciación y características físicas y químicas de los suelos del centro de investigación y capacitación del IHCAFE de Campamento se desarrolló así:

4.4. Desarrollo de la práctica

4.4.1. Delimitación del trabajo

Se tomaron las coordenadas de perímetro del CIC-CAB haciendo uso de un GPS las cuales fueron utilizadas para la elaboración del mapa haciendo uso del software Google Earth.



Figura 1. Mapa de perímetro del CIC-CAB.

Se determinó del área con los puntos del perímetro haciendo uso del software arcGIS. (Anexo 1)

4.4.2. Identificación de los sitios donde se tomaron las muestras de suelo

Se elaboró el mapa en el software Google earth trazando una cuadrícula en este, que constaba de una manzana ($7,000 \text{ m}^2$) por cuadrícula, (en las zonas donde se observaba variabilidad muy pronunciada se tomaron dos muestras por manzana). Por cuadrícula se ubicaron seis puntos por cada cuadrícula. (Figura 2) los cuales haciendo uso de un GPS se localizaron y tomaron las seis sub-muestras distribuidas al azar haciendo uso de un barreno las cuales mezcladas uniformemente formaron cada muestra la que fueron identificadas haciendo uso del GPS, si el punto se localizaba en un lugar donde no se podía muestrear como ser área de fertilización, en alguna planta se corría el punto para en lugar que no alterara los resultados.

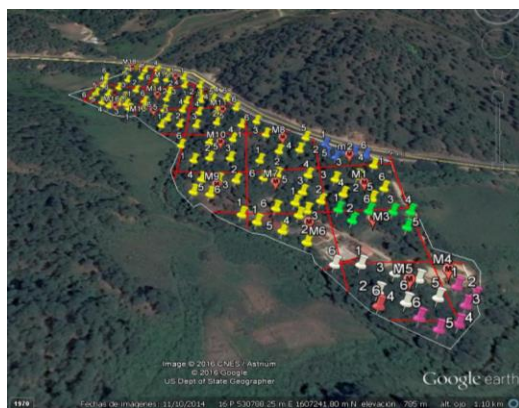


Figura 2. Mapa con cuadrícula para la tomas de muestras de suelo para el análisis químico.

La toma de las muestras (Figura 3) se realizó en dos estratos del suelo una de 0-20 cm la otra de 20-40 cm basado en que el sistema radicular de la planta de café se desarrolla en estos rangos.



Figura 3. Toma de muestra de suelo

Cada muestra estuvo formada por de 1kg de suelo la cual fue debidamente identificada, secada a la sombra y colada enviándola posteriormente laboratorio de suelos del IHCAFE ubicado en San Pedro Sula donde se analizaron las propiedades químicas.

De acuerdo a la topografía del terreno se ubicaron tres calicatas ubicándolas a diferentes alturas: baja 735msnm, media 764 msnm, alta 789 msnm. Constando de 1m³ cada calicata (Figura 4).

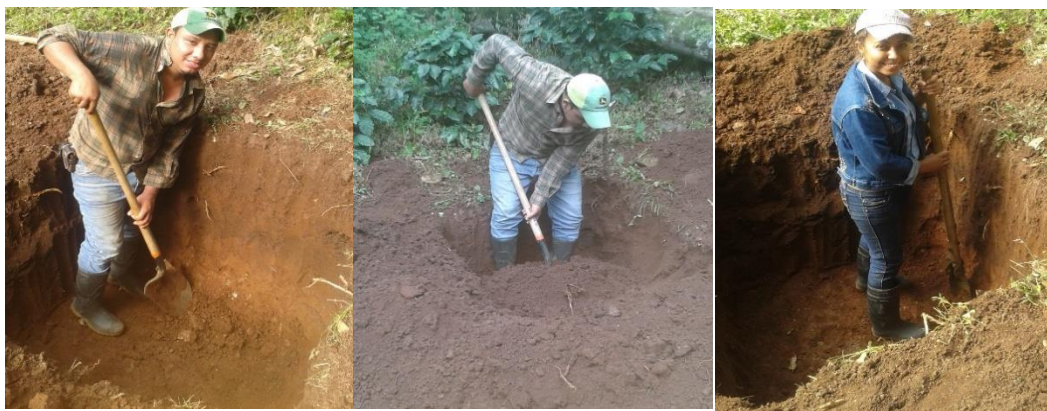


Figura 4. Calicatas de parte alta, media y baja

Se tomó el punto con el GPS y luego fue ingresado en el mapa. De cada calicata se elaboró una vitrina representada con los horizontes encontrados en cada una de ellas, (Figura 5), se tomaran las muestras para el análisis de las características físicas como ser: textura y color.



Figura 5. Vitrina con horizontes de parte alta, baja y media.

Para la determinación de textura se tomaron 50g de suelo del primer estrato de cada calicata, colocarlos en un Erlenmeyer adicionando 10 ml de dispersante (hexametáfosfato de sodio), se dejó reposar durante 3 minutos y se agita por dos horas. La suspensión del suelo se vertió en un cilindro de 1000 ml con agua destilada y se llenar el volumen de agua hasta la marca de graduación inferior del cilindro se agitó vigorosamente y se sumergió el hidrómetro a los 40 segundos, luego se tomó la lectura del hidrómetro y la temperatura, se dejó reposar (Figura 6) el recipiente quieto que no se perturbe la soluciones y pasadas dos horas se volvieron a tomar las lectura. Luego se realizaron los cálculos.



Figura 6. Muestra en reposo para la determinación de textura.

La densidad aparente, se realizó a través del método del cilindro lo cual consistió en insertar en el suelo un cilindro de metal (Figura 7), sacar el cilindro y depositar en una bolsa el suelo contenido en el cilindro, la muestra del cilindro de metal fue dejada en el horno del laboratorio durante 24 horas a 100° C. (secadas en el laboratorio de suelos de la UNA) luego se tomó el peso de la muestra seca y se realizaron los cálculos (Anexo 6).



Figura 7. Toma de muestra para la densidad aparente.

- Se interpretaron y se analizaron los resultados obtenidos en el campo y en el laboratorio haciendo uso de gráficos o cuadros descriptivos que reflejen estos resultados.
- Al concluir con los puntos antes mencionados me involucré en las actividades del centro que el asesor de la institución me asignó como ser: participar en el proceso de beneficiado, participar como invitada en la escuela de administradores de fincas como , elaborar diagnóstico de cosecha seleccionando 10 bandolas de una planta de café las plantas se seleccionan al azar y se calcula la densidad de plantas y se saca un promedio con los granos por bandolas, instalación de ensayo de ocho variedades de café, entrega de vivero a productores afiliados al IHCAFE.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características del perfil del suelo

Clasificación: a través de la observación y comparación de las características de los suelos según lo que relata (Dolman, 2014) los suelos del CIC-CAB presentan similitudes a un tipo de suelo como ser: pH ácidos de >4 presencia de los dos primeros horizontes a un metro de profundidad es por ello que se determinó que el tipo de suelo del CIC-CAB es un Histosol, por lo que presenta producción variable.

pH: ácido (4-4.89)

Altitud media: 780 msnm

Precipitación anual: 1300 mm

Posición geográfica: pendiente cóncava

Erosión: presenta una erosión leve no está más del 10% erosionado el primer horizonte (Ruiz, 2015).

.

Textura: En la parte alta una textura franco-arcillosa, en la parte medio un franco y en la parte baja franco arenoso determinados en el Laboratorio de la UNA realizando la prueba de textura.

Estructura: se observó a través de una comparación establecida por la (FOA 2008a). Describe y muestra los tipos de estructura según como se encuentran agregadas las partículas de suelo.

Por lo que se determinó que: se presenta una estructura columnar en la parte alta y media y una estructura granulométrica en la parte baja

Uso del suelo: actualmente se encuentra cultivado por café, maderables y algunas musáceas, cobertura bosque siempre verde siendo el café el cultivo principal y del cual se encuentran plantas en diversas etapas desde vivero hasta plantas adultas en producción.

Según lo observado en las calicatas se identificaron dos horizontes A y B (Cuadro 1), tomando en cuenta lo descrito por (Yunmen, 2011) en su publicación sobre descripción de los horizontes del suelo. Las tres calicatas presentaron similitudes en los horizontes los cuales son descritos a continuación.

Cuadro 1. Descripción de los horizontes.

Horizonte	Profundidad	Descripción.
O	1.2 cm	Formado por hojas, ramas y restos vegetales
A (A1 y A2)	41.6 cm	Color oscuro por la de materia orgánica descompuesta o humus elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, fragmentos de tamaño fino y de compuestos soluble, estructura moderada, fragmentos finos.
B. (B2,B3)	57.23 cm	Color claro (pardo o rojo), en él se depositan los materiales arrastrados desde arriba, principalmente, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos metálicos, etc., estructura moderada fuerte, bloques angulares medianos.

De los análisis químicos del suelo se obtuvieron los siguientes resultados con los cuales por cada nutriente, se elaboraron dos mapas uno para cada estrato representando en cada uno de ellos los porcentajes obtenidos de cada muestra de suelo.

5.2. Niveles de nitrógeno

El nitrógeno en el suelo es de gran importancia debido a su presencia en las principales biomoléculas de la materia vegetal; es uno de los elementos claves en la nutrición mineral. Siendo los rangos adecuados mayores de 0.4 ppm (Garcia, 2011).

Comparando los resultados con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) sobre los niveles de nitrógeno para el desarrollo del cultivo de café en la figura 9 se presentan las cantidades encontrada de nitrógeno en el suelo a una profundidad de 0-20 cm se puede apreciar que en el 42.1% del área del centro de investigación y capacitación presentó niveles bajos y un 57.9% niveles medios, esto significa que debe utilizarse este elemento en las fertilizaciones de la finca.

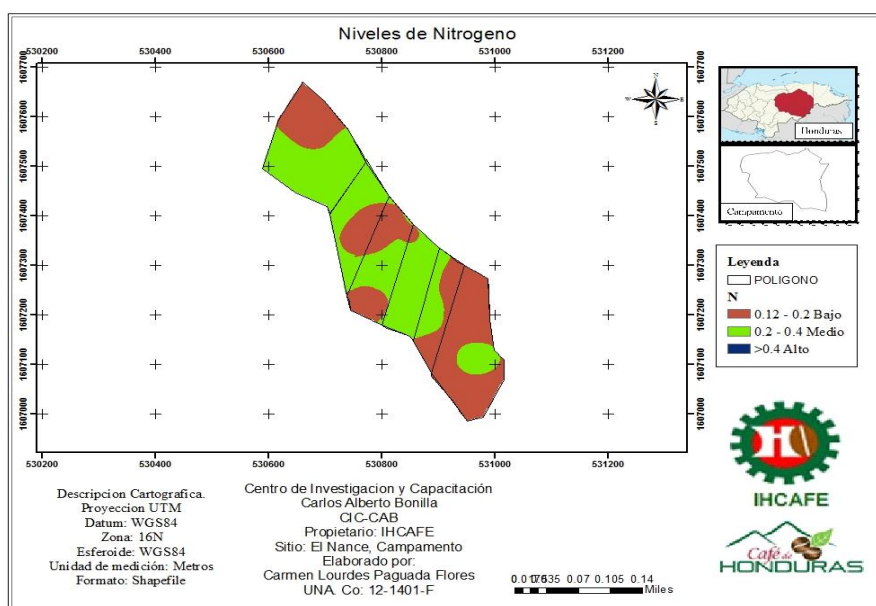


Figura 8. Mapa de niveles de nitrógeno (ppm) en el primer estrato de 0-20 cm.

En el estrato de 20-40 cm según Figura 10 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de nitrógeno en el suelo del centro experimental y considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, resultando bajos en un 47.3% y con un nivel medio de 52.7% ccoincidiendo con lo encontrado en el estrato de 0-20 cm

z

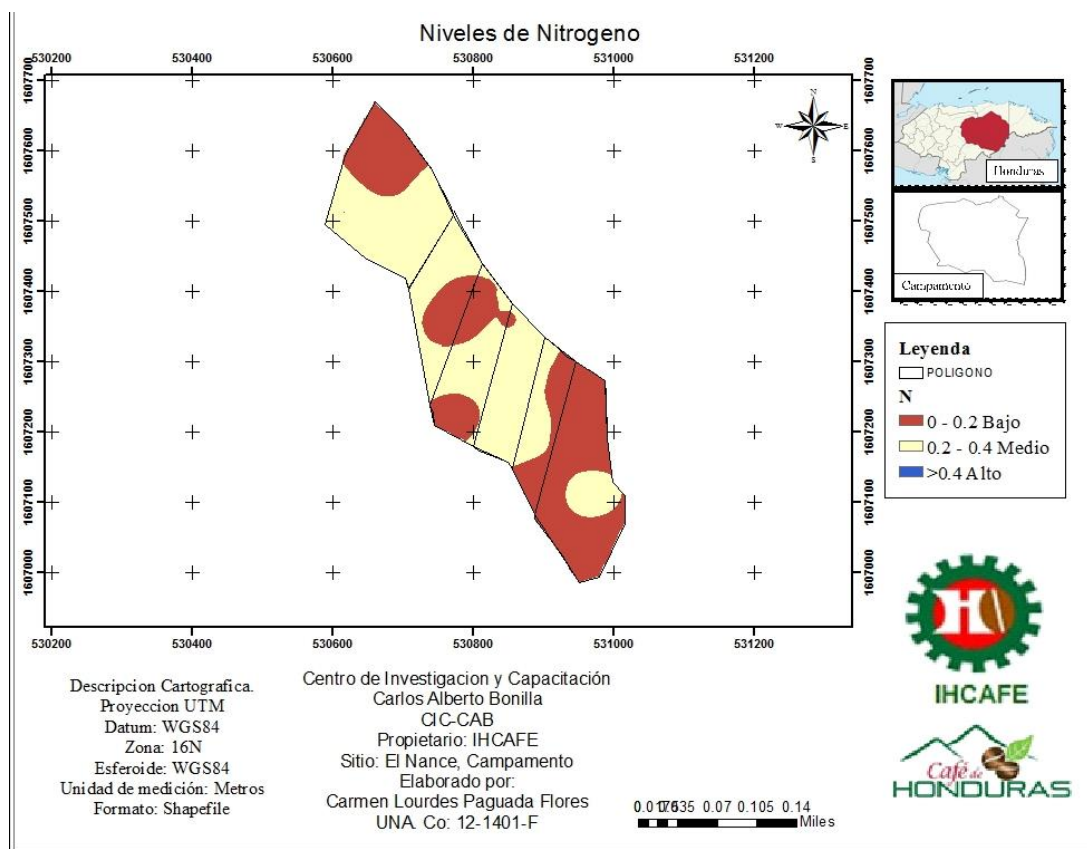


Figura 9. Mapa de Niveles de nitrógeno (ppm) tomada del segundo estrato de 20-40 cm

5.3. pH

El pH es una de las principales variables en el suelo, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar. Afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas. Estando los rangos adecuados entre 5.5-6.5 (Lopez, 2012).

Comparando los rangos establecidos por el IHCAFE 2011, (Anexo 4) y la Figura 11 los niveles del pH en el estrato de 0-20 cm resultaron en su totalidad acidos presentando niveles bajos los cuales estan en un rango de 4.0-4.9, lo cual no permite que la planta tenga acceso algunos nutrintes por lo que no se da un optimo desarrollo en el cultivo.

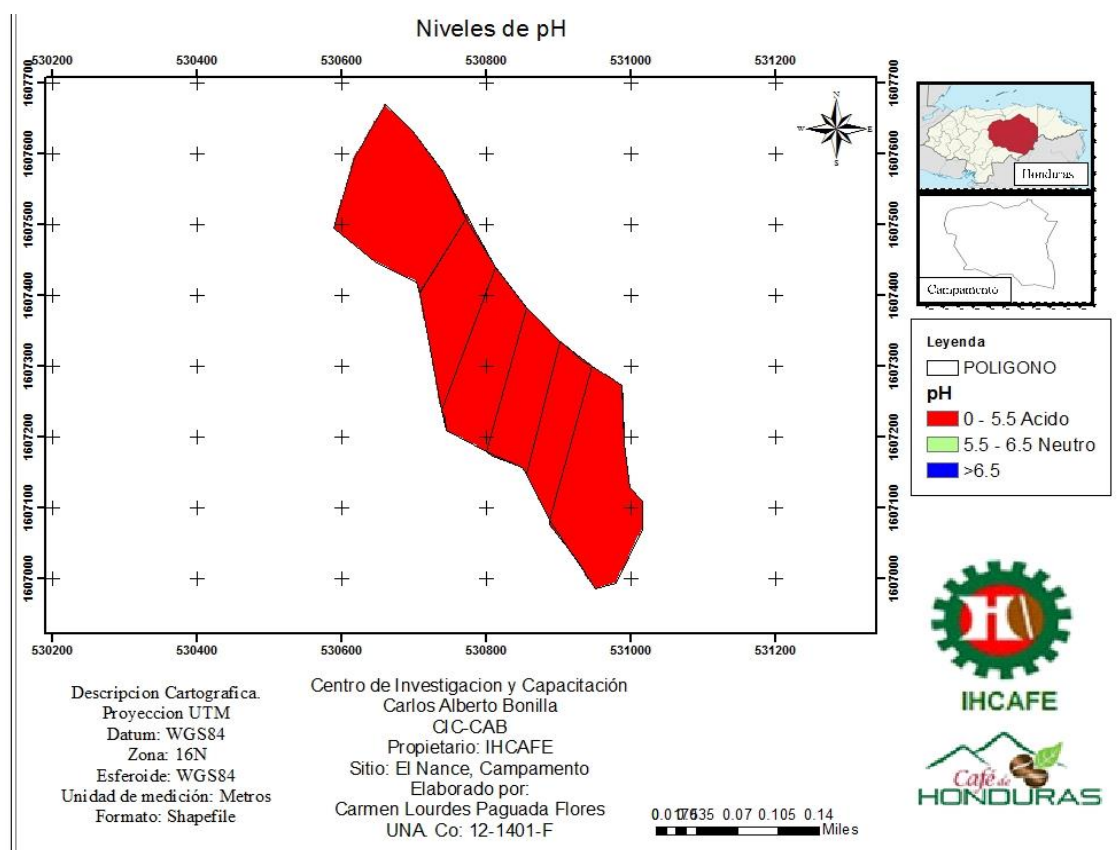


Figura 10. Mapa de niveles de pH en el primer estrato de 0-20 cm

Los resultados encontrados en estrato de 20-40 cm según figura 12 y los niveles establecidos por el IHCAFE 2011, Anexo 4 presenta niveles acidos en toda el area agricola del centro experiemntal presentando un rango de pH de 4.0-4.6, mostrando similitud con los niveles encontrados en el estrato de 20-40 cm.

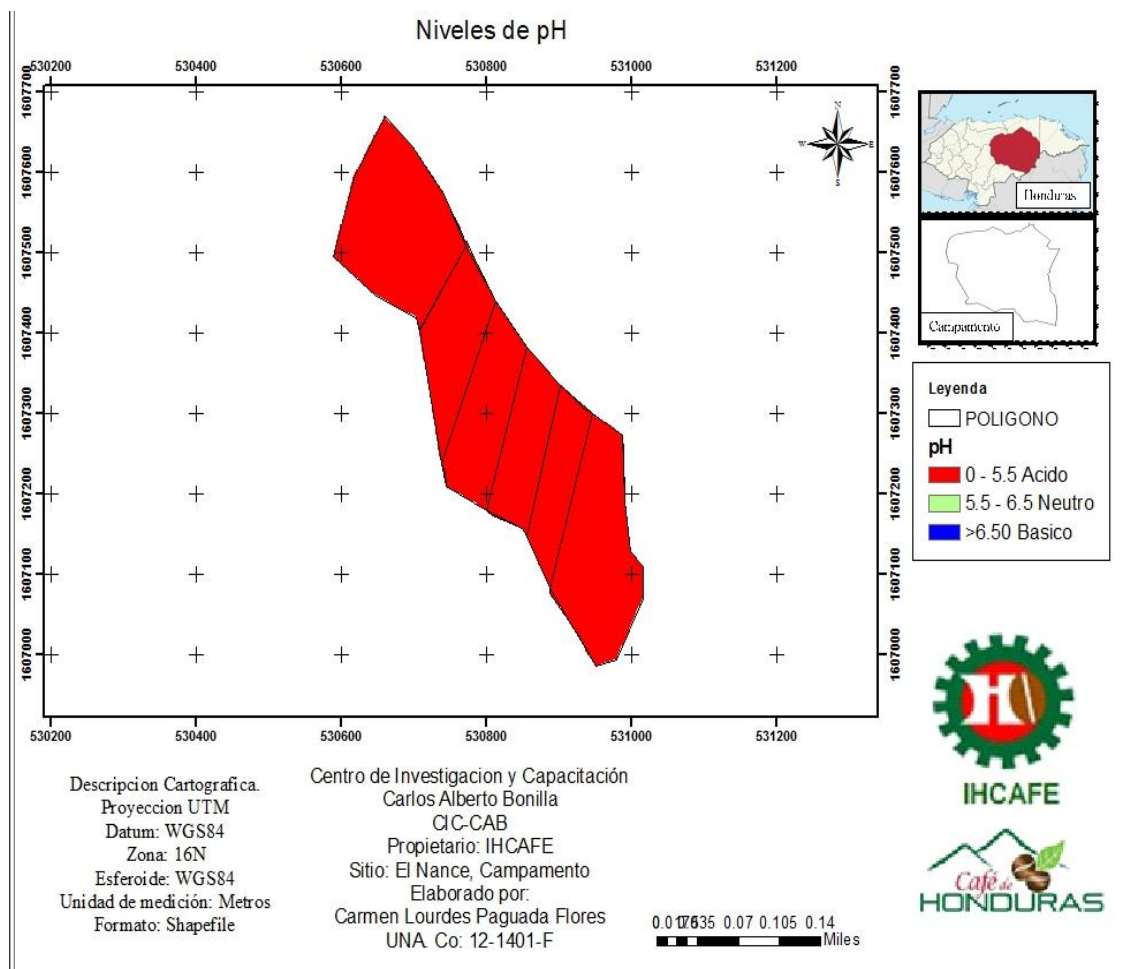


Figura 11. Mapa de niveles de pH en el segundo estrato de 20-40 cm

5.4. Niveles de materia orgánica.

La materia orgánica que posee el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos. siendo el rango adecuado entre 4-6 % (Dias, 2010)

Según figura 13 y los niveles establecidos por el IHCAFE 2011, (Anexo 4) sobre los resultados de materia orgánica en el suelo se encontró que el 68.42% del área del centro

experimental presenta un de nivel alto y el 31.58%.un nivel medio. Por ello en este estrato los niveles de MO son aceptables y de alli la planta esta obteniendo parte de sus nutrientes

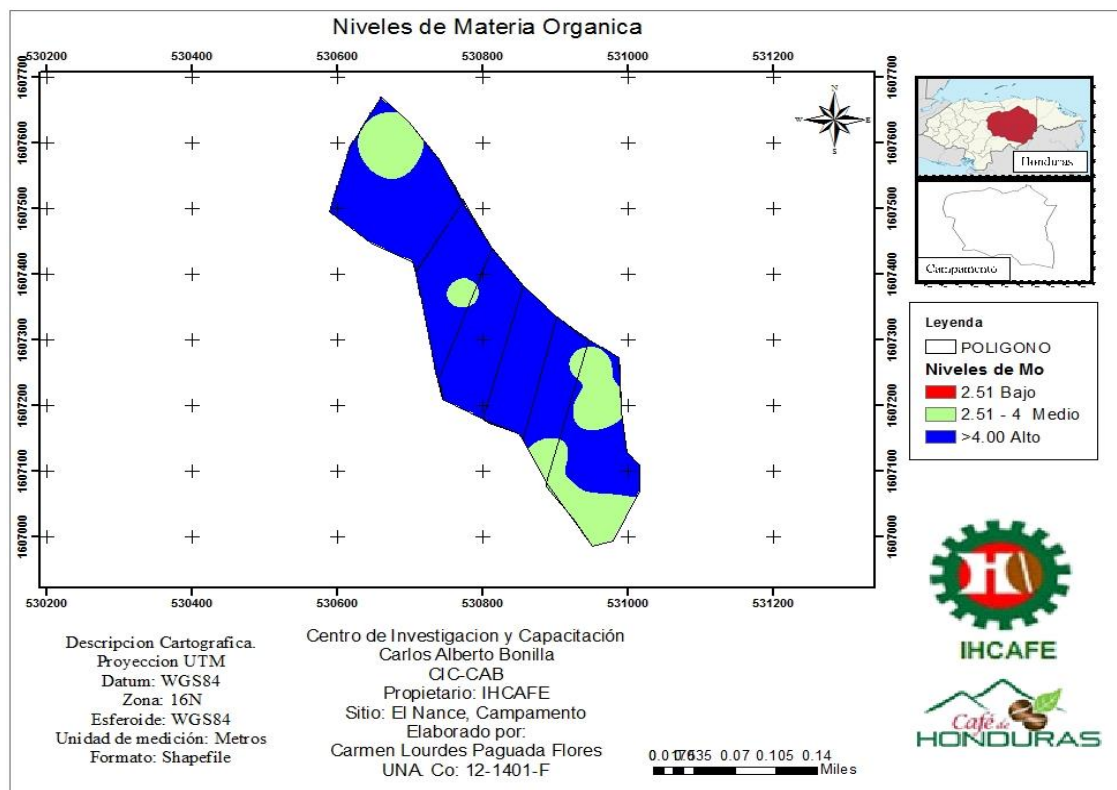


Figura 12. Mapa de niveles de materia orgánica (%) en el primer estrato de 0.20 cm

De acuerdo a Figura 14, considerando los rangos establecidos por el IHCAFE (Anexo 4) los niveles de materia orgánica en el estrato de 20-40 cm, el 10.53 % del área de la finca tiene un nivel bajo, el 42.5 % un nivel medio y un 47.4% alto, como es de esperar fue en el estrato superior en donde se encontró la mayor área con alto contenido de materia orgánica en comparación con estrato 20- 40 cm.

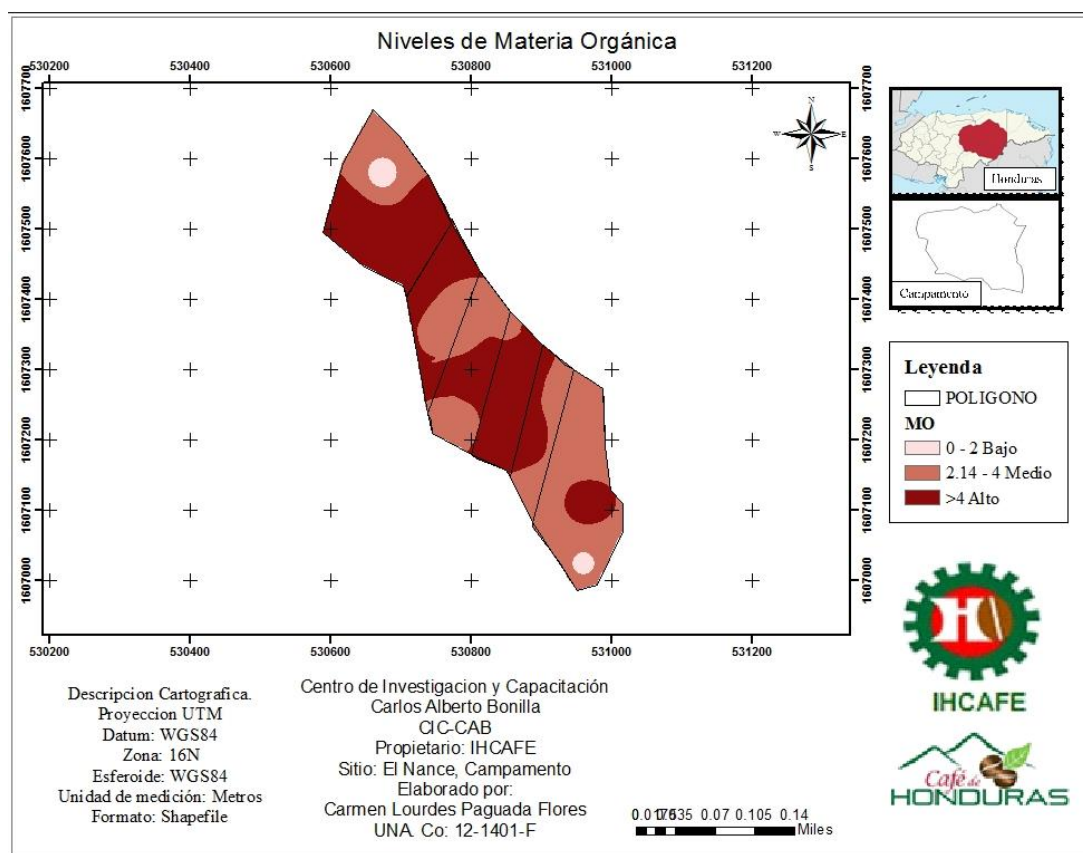


Figura 13. Mapa de niveles de materia orgánica (%) en el segundo estrato de 20-40 cm

5.5. Niveles de fósforo

El fósforo es una molécula de carácter energético. La deficiencia de fósforo afecta directamente la respiración de la planta lo cual puede llevar a la muerte de la misma. Siendo el rango óptimos mayor de 20 meq/100g (Espinal, 2008).

Comparando la Figura 15 con los rangos establecidos por el IHCAFE (Anexo 4) en el estrato de 0-20 cm, las cantidades de fósforo encontradas en la finca del centro experimental son bajas en el 89.48% del área de la finca y el 10.52% tiene un nivel medio, esto indica que la mayor parte de el área agrícola del centro experimental presenta deficiencia de fosforo lo que ocasiona un retardo en el crecimiento o la muerte de la planta.

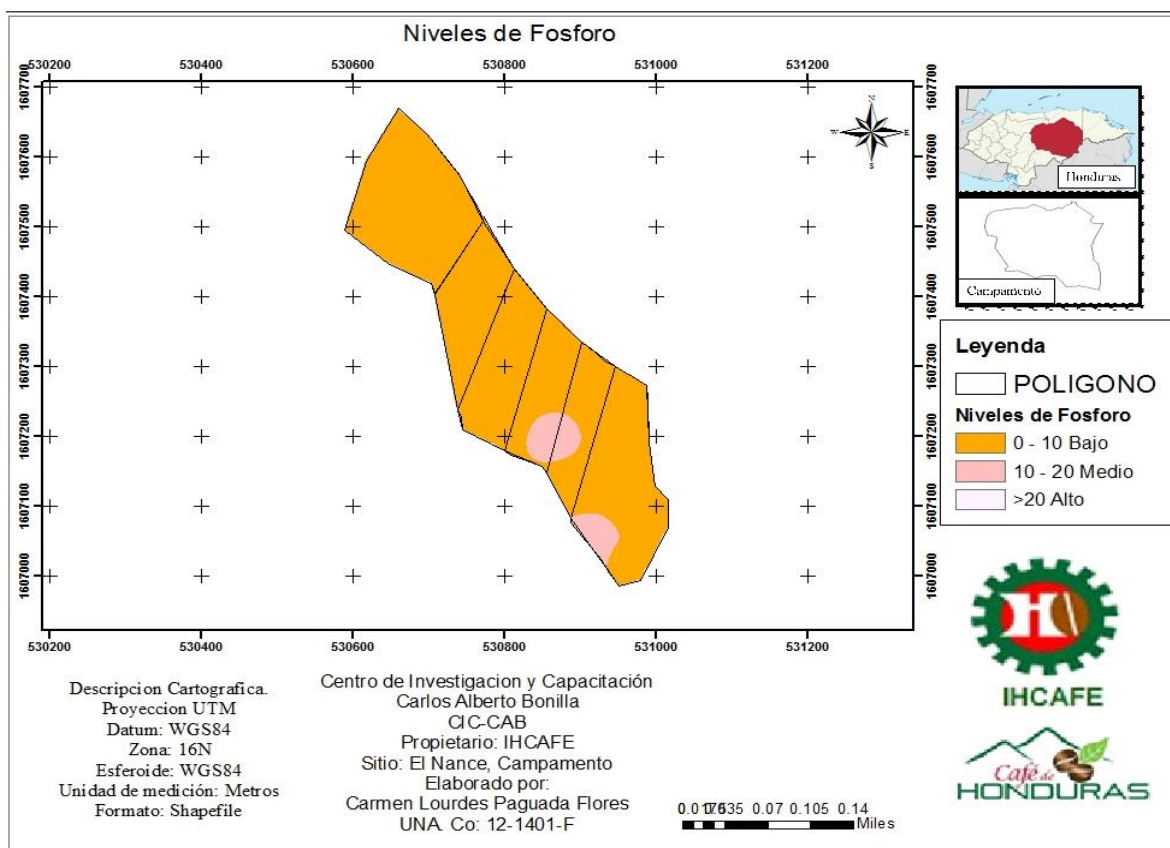


Figura 14. Mapa de niveles de fósforo (meq/100g) en el primer estrato de 0-20 cm.

Segun figura 16 y los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de fósforo encontradas en la finca del centro experimental son bajas en el 89.48% del área de la finca y el 10.53% nivel medio. Presentando en la mayoría del área un nivel bajo de fosforo con un rango de (0-10 meq/100g). Coincidiendo con los resultados del estrato de 0-20 cm.

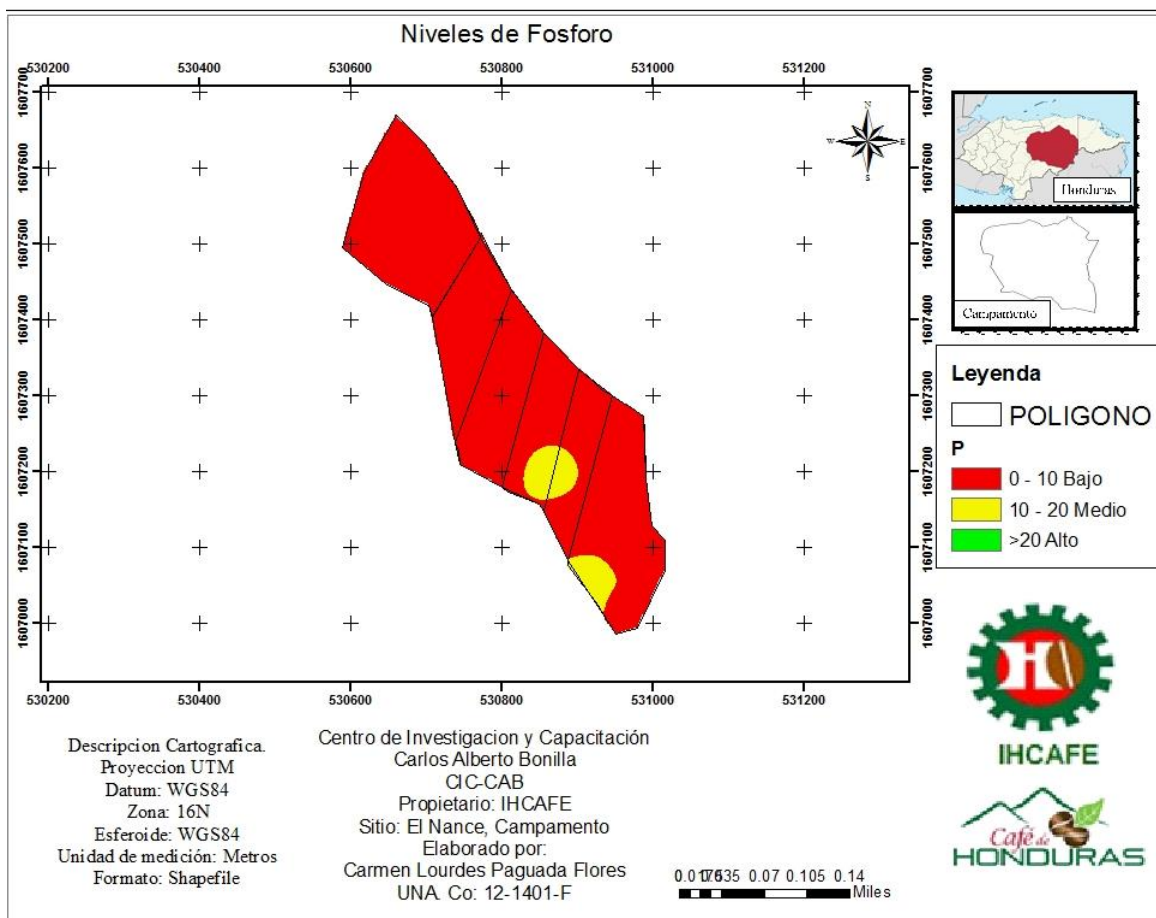


Figura 15. Mapa de niveles de fósforo (meq/100g) del segundo estrato de 20-40 cm

5.6. Niveles de potasio

El potasio es sumamente importante durante el crecimiento del fruto por lo que es esencial la presencia de este nutriente en el suelo, ya que es uno de los principales nutrientes de los que dependerá la producción. Siendo el rango óptimo mayor de 0.4meg/100g (Garcia, 2011).

Según figura 17 y Anexo 4 las cantiades de potasio encontradas en el suelo del centro experimental comparadas con los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontradas en la finca del centro experiemental son bajas en el 36.84% del área de la finca el 57.89% nivel medio y el 5.26% nivel bajo, lo que indica que la mayor cantidad del área presenta niveles medios de potasio.

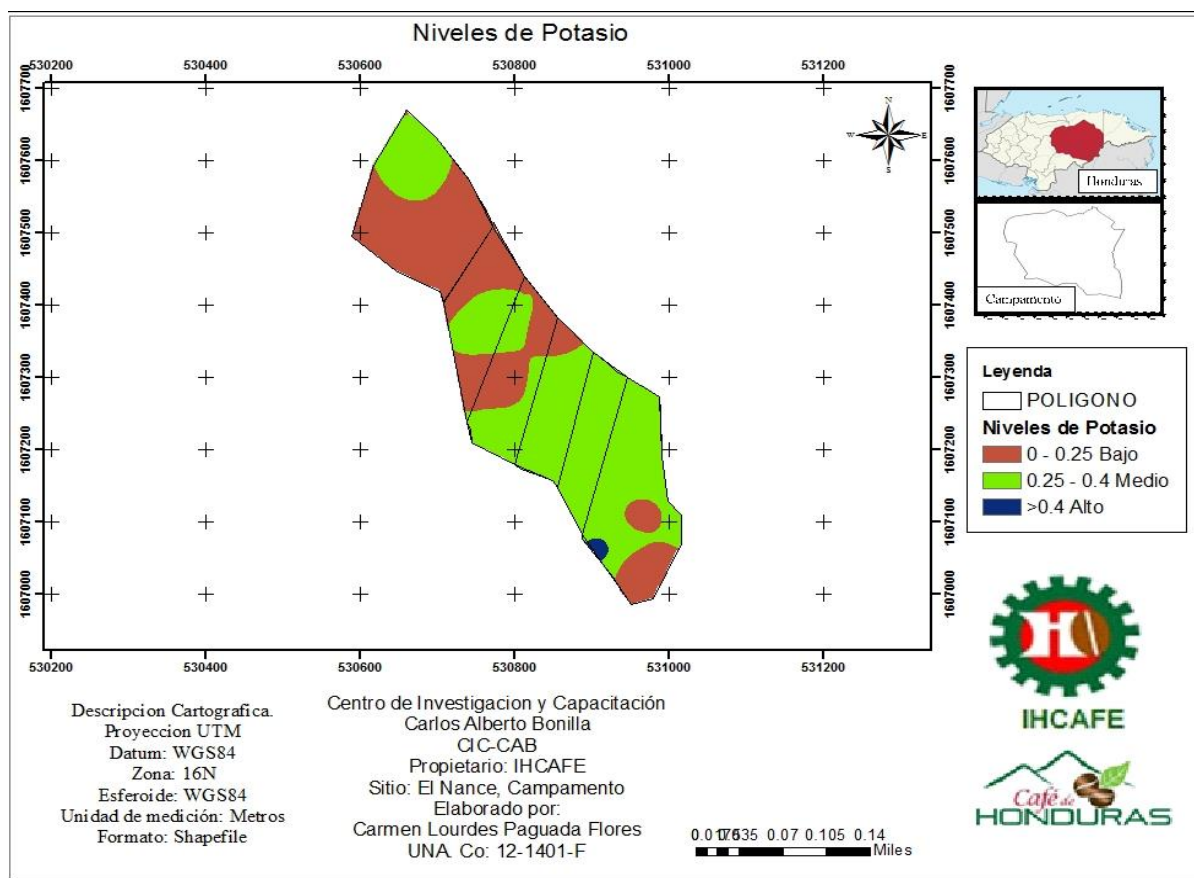


Figura 16. Mapa de niveles de potasio (meq/100g) del primer estrato de 0-20 cm

En el segundo estrato de 20-40 cm según figura 18 y Anexo 4 la cantidad de potasio encontradas en la finca del centro experimental presentó un nivel bajo en el 57.89% del área de la finca, el 36.84% nivel medio y el 5.27% nivel alto, lo que nos indica que la mayoría del área del centro experimental presenta un nivel bajo de potasio, lo cual puede afectar la producción de la finca ya que es un nutriente de gran importancia para el llenado y cuajado de frutos.

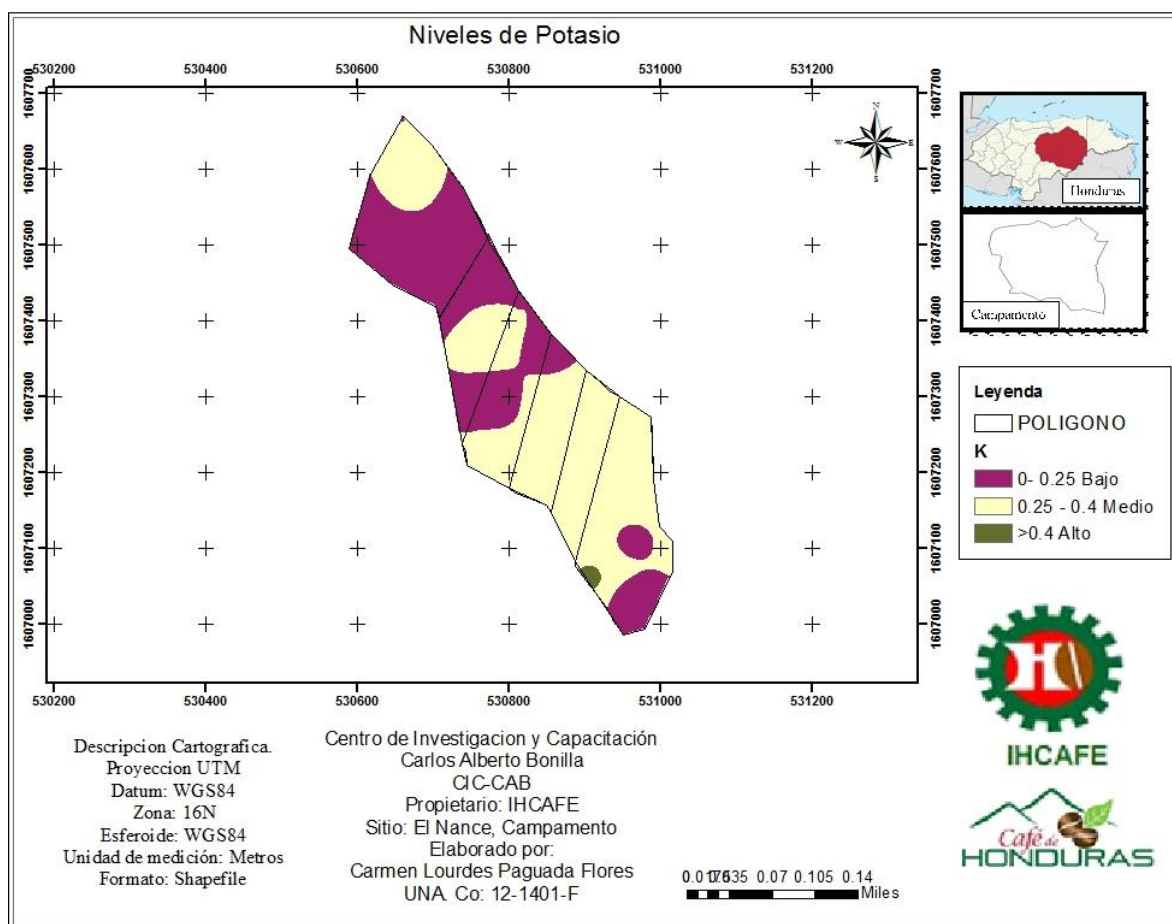


Figura 17. Mapa de niveles de potasio (meq/100g) del segundo estrato de 20-40 cm

5.7. Niveles de calcio

Es un elemento relativamente abundante en la corteza terrestre. La deficiencia de calcio influye en gran medida a la acidez del suelo, también contribuye directamente en el crecimiento de raíces. Siendo el rango óptimo mayor de 25 meq/100g (Lopez, 2012).

Según la Figura 19 y los rangos establecidos por el IHCAFE (Anexo 4) las cantidades de calcio encontradas en el centro experimental son bajas en el 15.79% del área de la finca y el 84.21% niveles medios, lo que nos indica que la mayoría del área contiene niveles medios de calcio presentando un rango de 4-25 meq/100g.

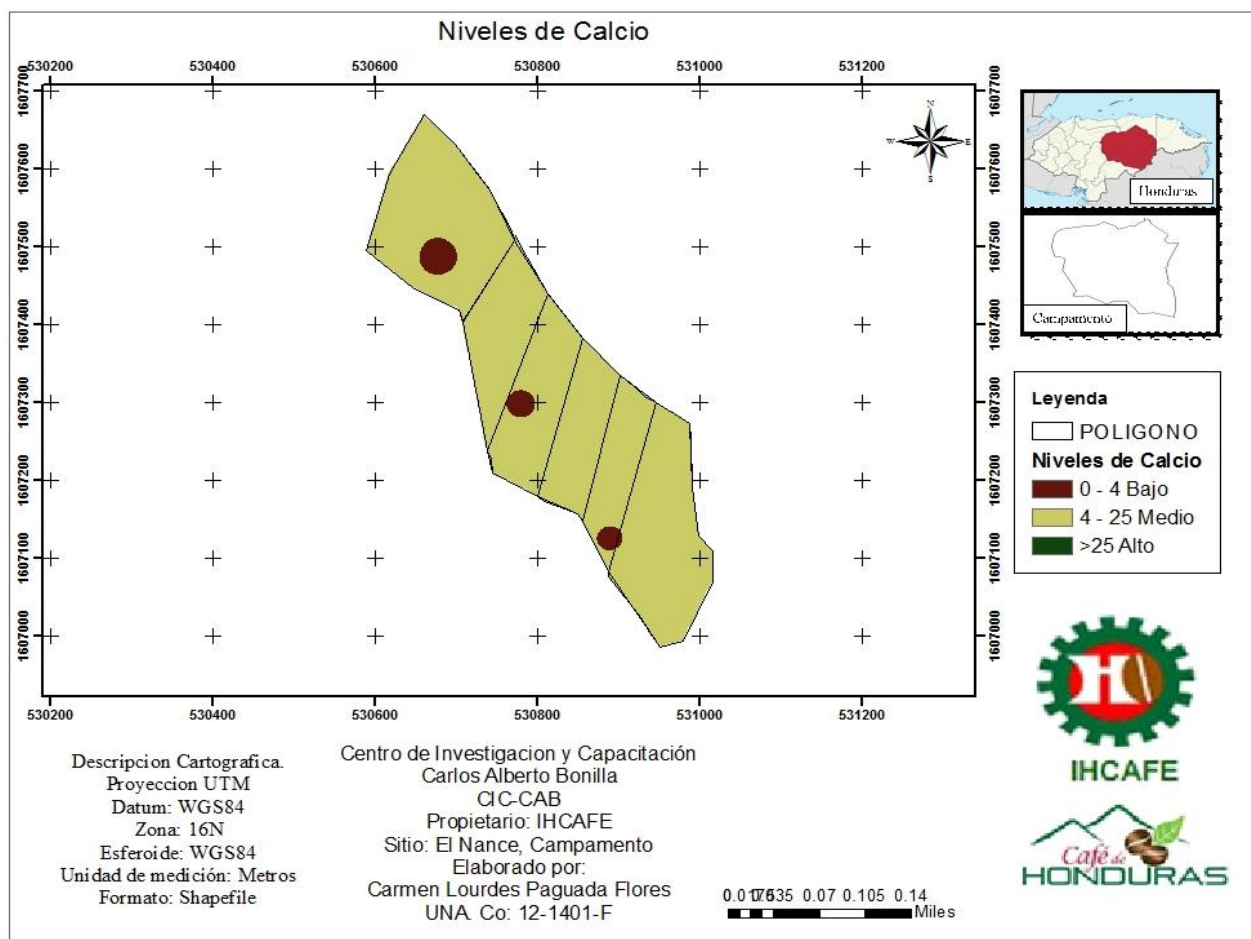


Figura 18. Mapa de niveles de calcio (meq/100g) del primer estrato de 0-20 cm

En el segundo estrato según figura 20 y Anexo 4, comparando los resultados con los rangos establecidos por el IHCAFE (Anexo 4) las cantidades de calcio encontradas en la finca del centro experimental son bajas en el 57.89% del área del centro y el 42.11% nivel medio. En el segundo estrato el nivel que presento mayor porcentaje de área fue el bajo, a diferencia del primer estrato que presento mayor porcentaje de área en el nivel bajo.

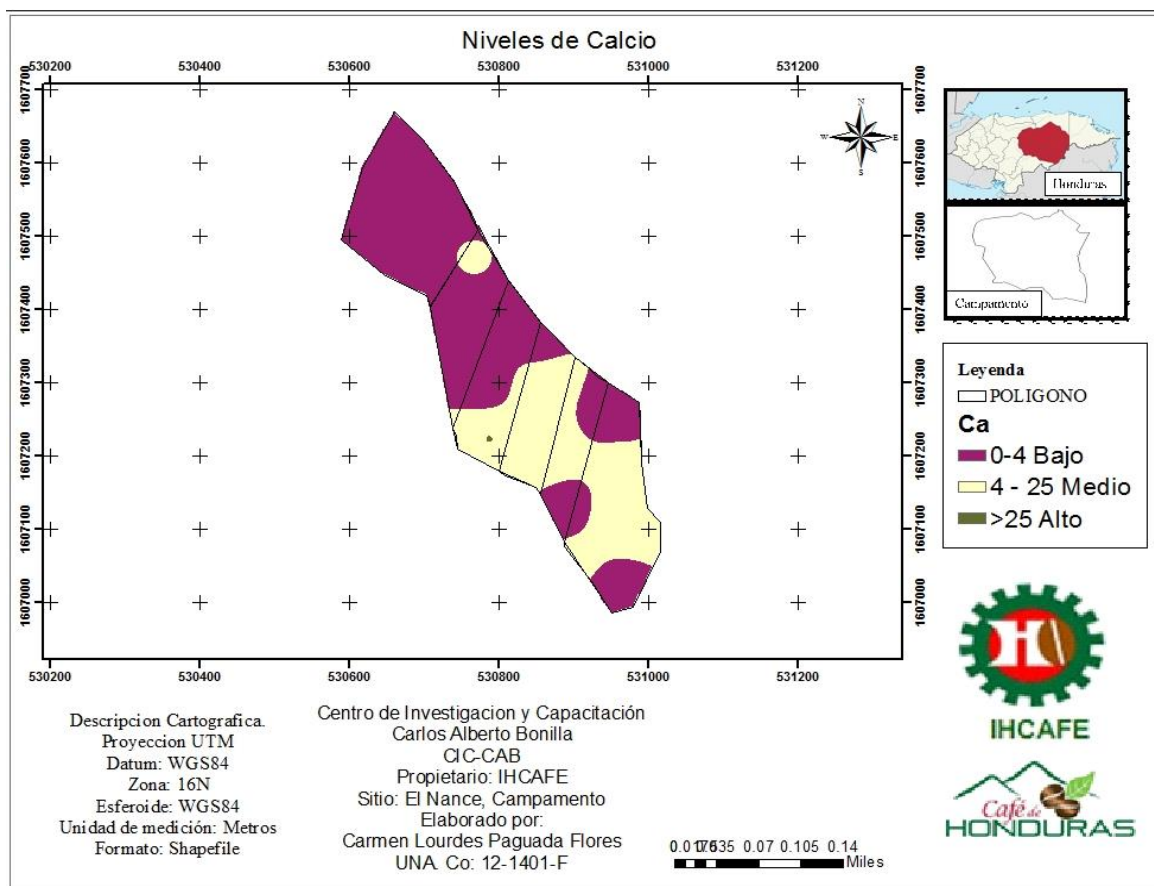


Figura 19. Mapa de niveles de calcio (meq/100g) del segundo estrato de 20-40 cm

5.8. Niveles de magnesio

El magnesio es un nutriente esencial para las plantas. Es la clave para una amplia gama de funciones en las plantas. Al presentar deficiencia estaría afectada la síntesis de clorofila y la absorción de fósforo y calcio. Siendo el rango óptimo mayor de 5 meq/100g (Guzman, 2011).

En el estrato de 0-20 cm según Figura 21 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de magnesio considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontradas en la finca del centro experimental son bajas en el 31.57% del área del centro y

el 68.43%. medias. al presentar mayor proporción de nivel medio indica que los niveles en su mayoría están en un rango de 1-5 meq/100g..

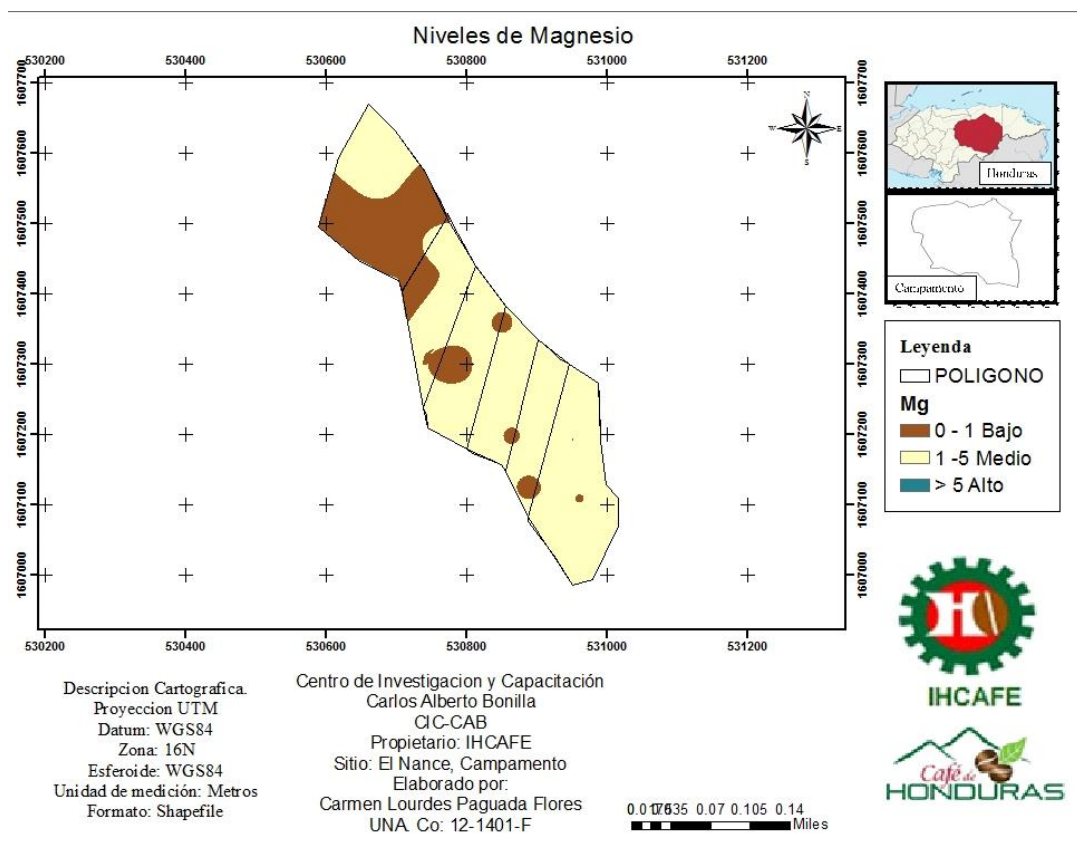


Figura 20. Mapa de niveles de magnesio (meq/100g) del primer estrato de 0-20cm

Según figura 22 y con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de magnesio encontradas en el centro experimental son bajas en el 57.89% del área del centro y el 42.11% nivel medio. El primer estrato presentó una proporción del nivel medio de 26.33% del área más que el segundo estrato.

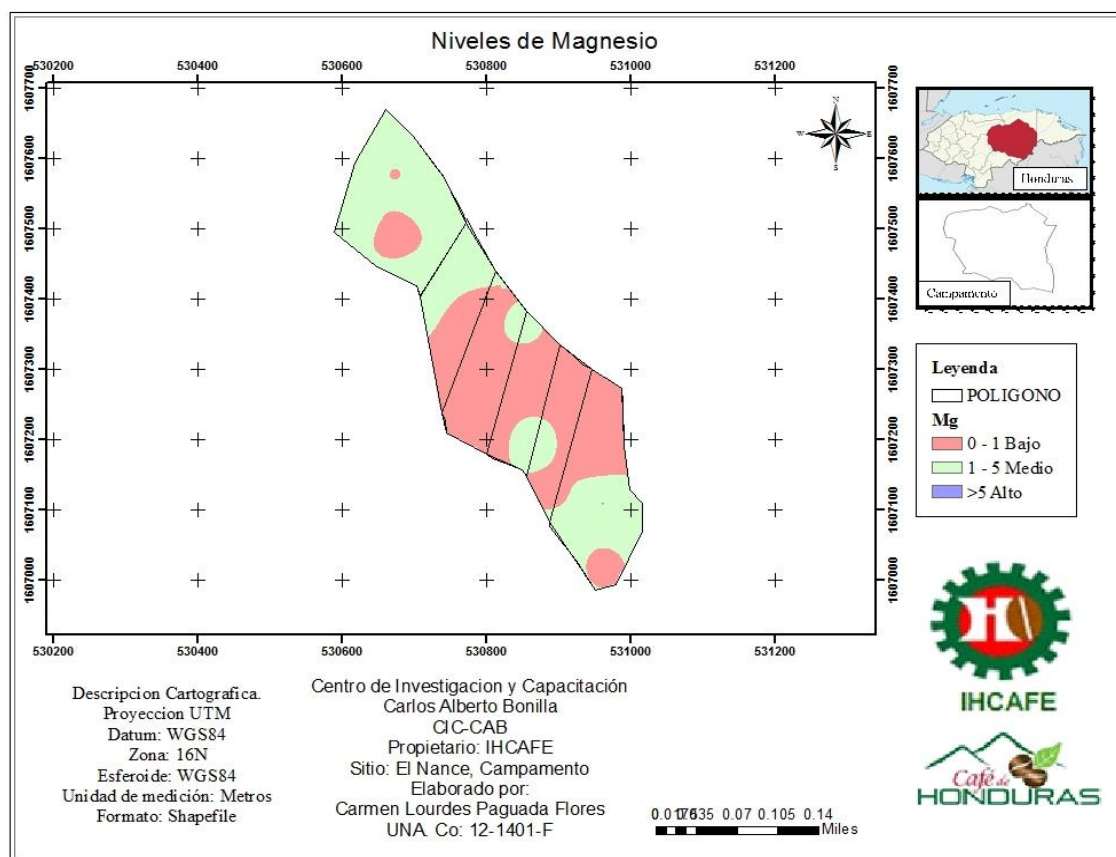


Figura 21. Mapa de niveles de magnesio (mg/100g) del segundo estrato de 20-40 cm

5.9. Niveles de aluminio

Cuando los suelos son muy ácidos el aluminio retenido en las arcillas se disuelve en el suelo aumentando su toxicidad. La deficiencia de aluminio afecta directamente en la absorción de muchos nutrientes de las plantas. Siendo el nivel óptimo mayor de 1.5 mg/100g de suelo (Acuña, 2012).

En el estrato de 0-20 cm según Figura 23 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de aluminio considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, las cantidades de aluminio en la finca del centro experimental son bajas en el 57.89% del área del centro, el 15.78% nivel medio y el 26.32% nivel alto. El nivel bajo es el que presentó mayor porcentaje de área por lo que se considera que los niveles de aluminio en el suelo son de 0.5-

1.5 meq/100g en su mayoría. Ello significa que es necesario realizar encalados para reducir el efecto del aluminio e incrementar los niveles de calcio.

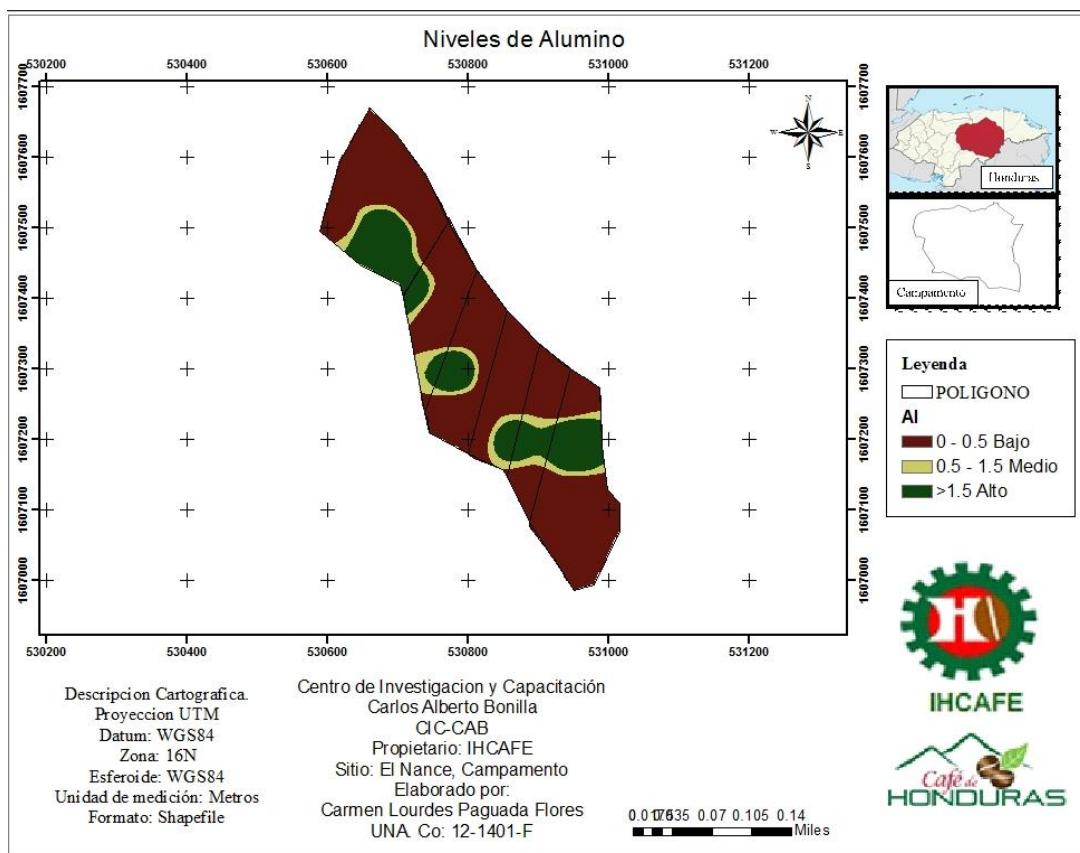


Figura 22. Mapa de niveles de aluminio (meq/100g) del primer estrato de 0-20 cm

Segun figura 24 y con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de aluminio encontradas en el centro experiemntal son nivel bajo en el 31.57% del área del centro, el 42.10% nivel medio y el 26.32% nivel alto. En comparación con primer estrato el segundo presento mayor porcentaje de area con niveles bajos de aluminio.

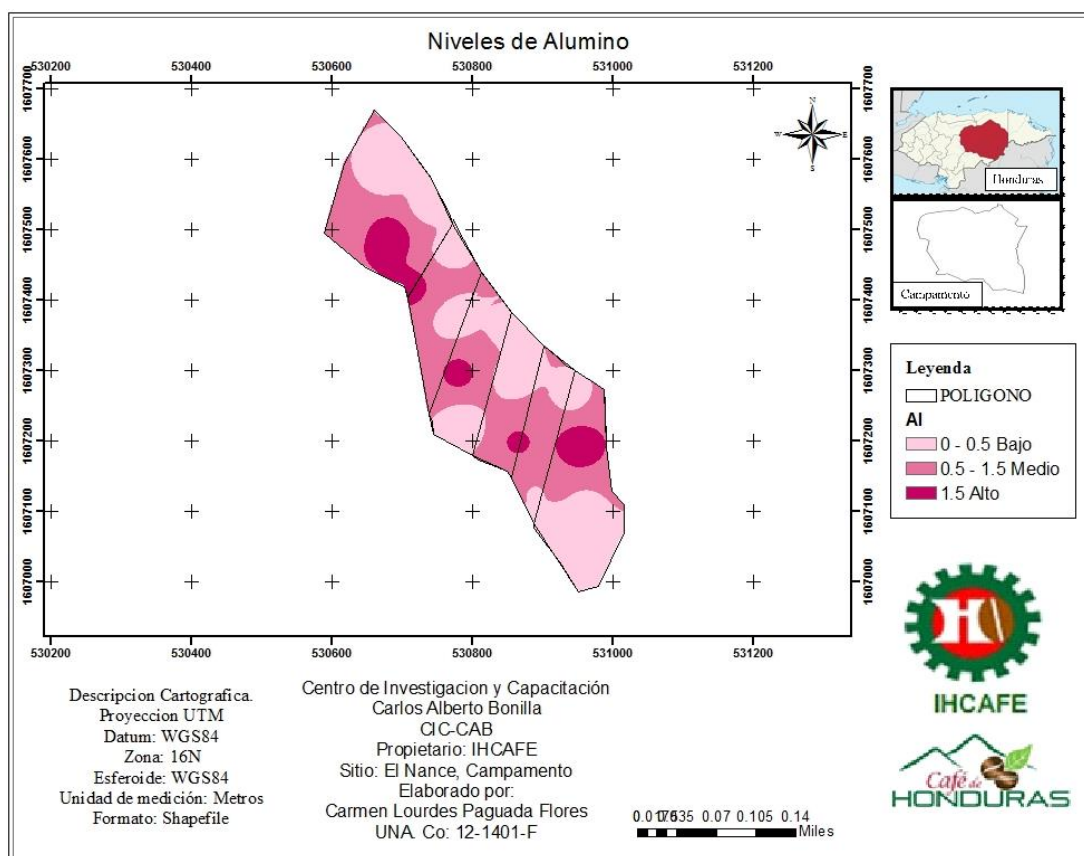


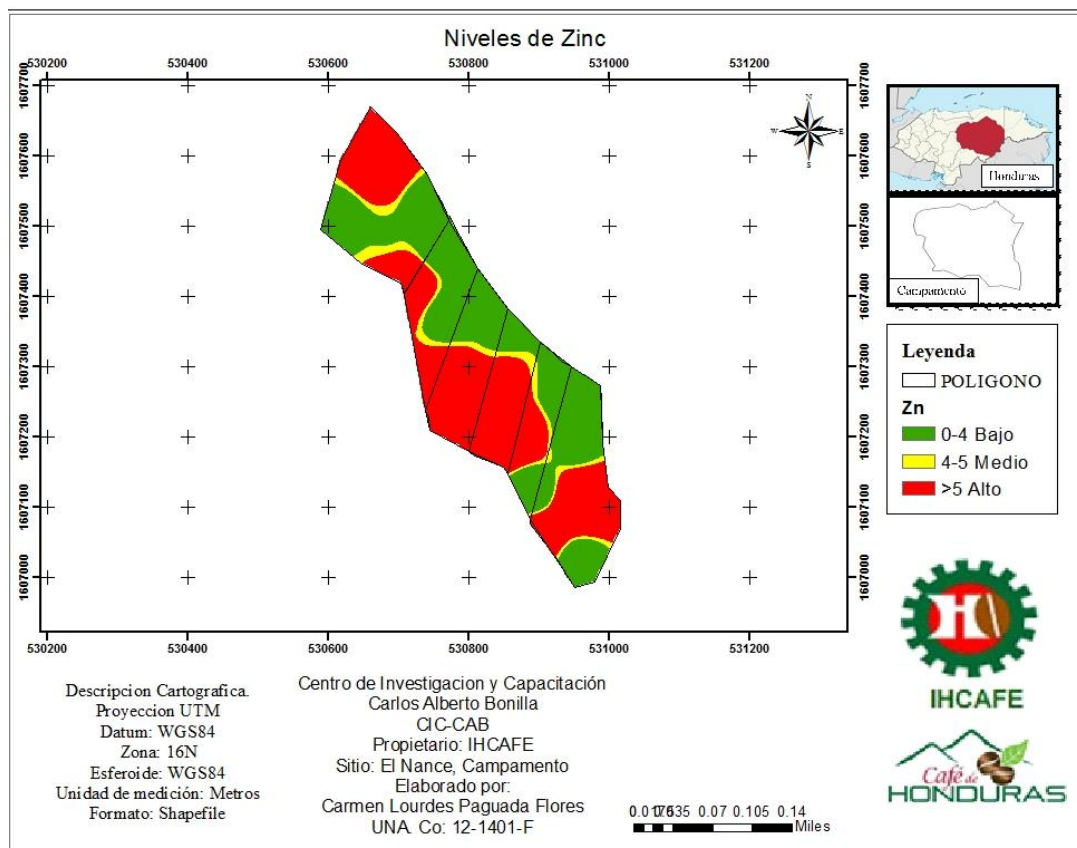
Figura 23. Mapa de niveles de aluminio (meq/100g) del segundo estrato de 20-40cm

5.10. Niveles de zinc

El zinc es uno de los ocho micronutrientes esenciales. Es necesario para las plantas en pequeñas cantidades, pero crucial para su desarrollo. Suministros inadecuados de zinc pueden resultar en una reducción significativa en el rendimiento de los cultivos y en su calidad. Siendo el nivel óptimo mayor de 1.5 ppm de suelo (Acuña, 2012).

En el estrato de 0-20 cm según Figura 25 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de zinc considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontradas en la finca del centro de experimentación son bajas en el 47.37% del área del centro, el 10.52% nivel medio y el 42.1% nivel alto,. Lo que indica que hay similitudes en los porcentajes de áreas para el nivel bajo y el nivel alto, presentando rangos de 0-4 ppm y mayores que 5 ppm.

Figura 24. Mapa de niveles de zinc del primer estrato de 0-20 cm



Sin figura 26 y con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de zinc encontradas en el centro experimental son bajas en el 68.42% del área del centro, el 15.78% nivel medio y el 15.78% nivel alto. Presentando un mayor porcentaje de área con nivel alto el primer estrato en comparación con el porcentaje del área con nivel alto del segundo estrato.

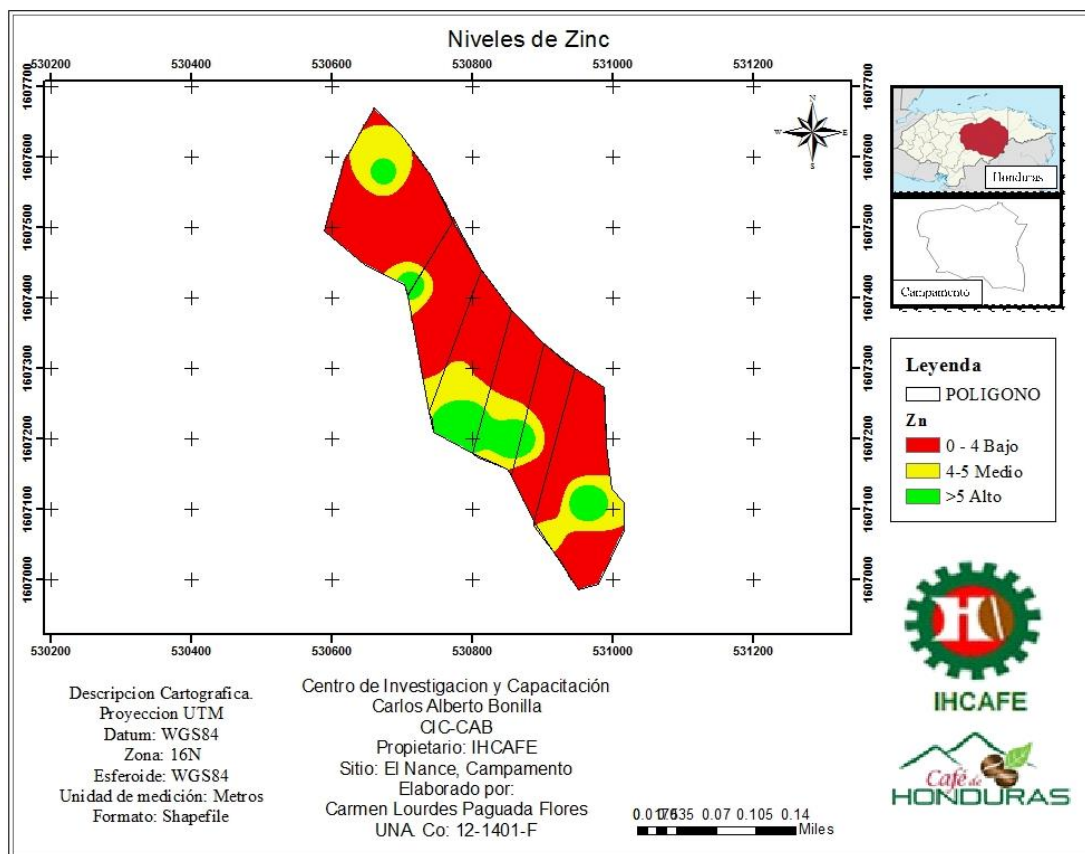


Figura 25. Mapa de niveles de zinc (ppm) del segundo estrato de 20-40 cm

5.11. Niveles de manganeso

El manganeso es un micronutriente que puede afectar el desarrollo y la producción del cultivo debido a su deficiencia o su toxicidad, este micronutriente interviene en la síntesis de la magno-proteína responsable de la fotólisis del agua y producción de O_2 . Siendo el rango óptimo mayor de 5 meq/100g de suelo (García, 2011).

En el primer estrato según Figura 27 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de manganeso considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontrados en la finca del centro experimental son medios en el 94.74% del área del centro y el 5.26% nivel alto, lo que indica que en mayoría del área del centro experimental presenta niveles medios de manganeso.

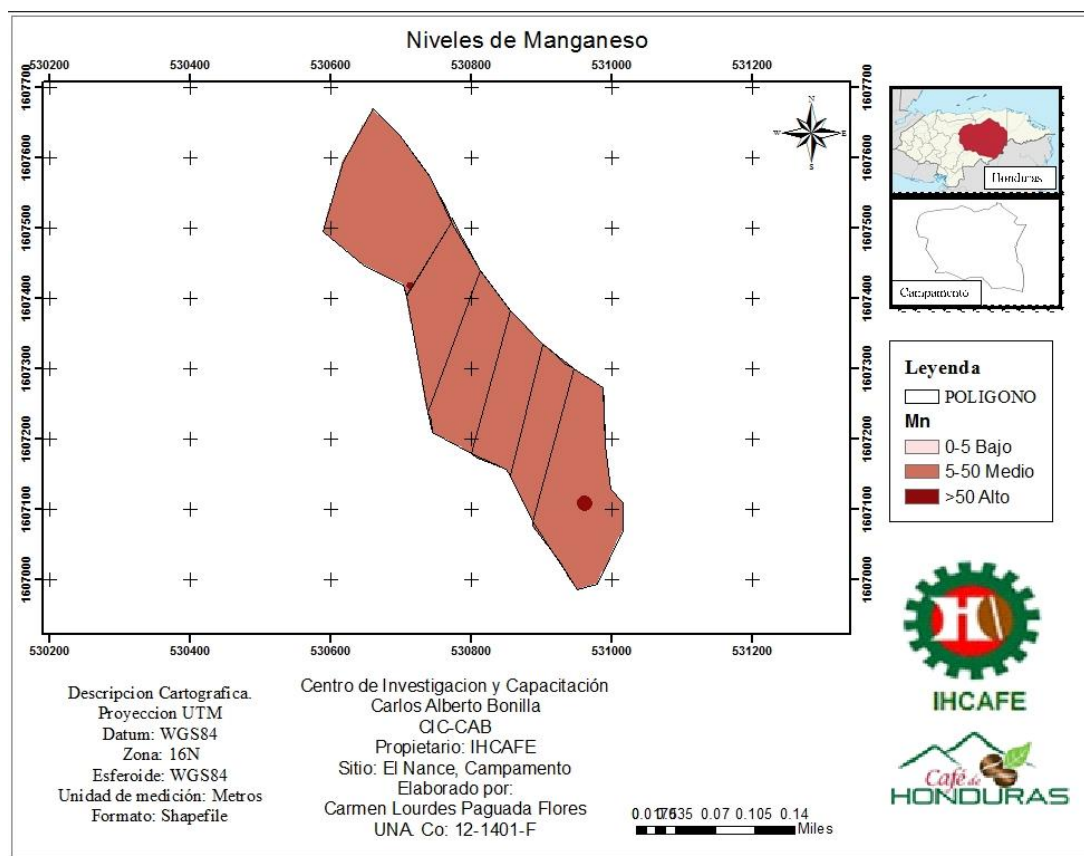


Figura 26. Mapa de niveles de manganeso (ppm) del primer estrato de 0-20 cm

Según figura 27 y los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 cm las cantidades de manganeso encontrados en el centro experimental son bajas en el 89.48% del área del centro y el 10.52% nivel alto, lo que indica que la mayoría de área presentan niveles bajos con rangos entre 5-50 ppm.

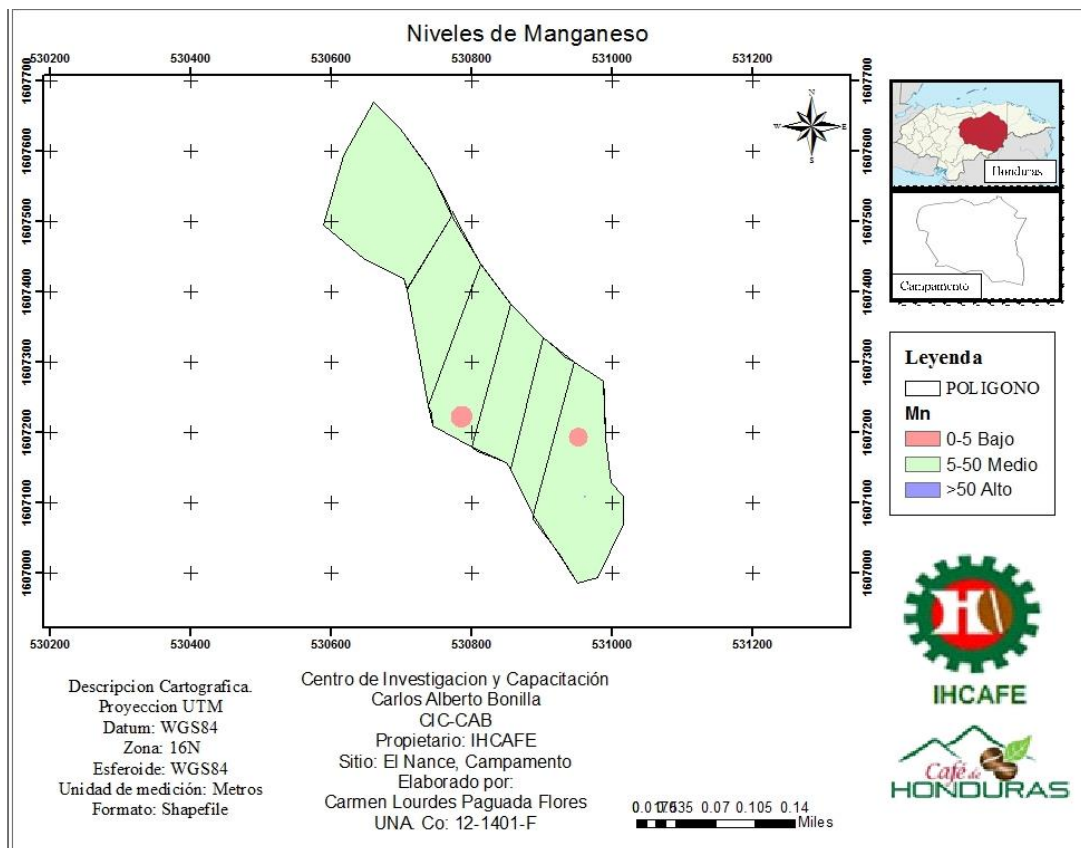


Figura 27. Mapa de niveles de manganeso (ppm) del segundo estrato de 20-40 cm

5.12. Niveles de hierro

El hierro está presente en grandes cantidades en el suelo, pero su disponibilidad para las plantas generalmente es muy baja, la deficiencia de hierro es un factor limitante en el crecimiento de las plantas. Siendo el rango óptimo mayor de 100 ppm (García, 2011).

En el estrato de 0-20 cm según Figura 29 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de hierro considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontrados en la finca del centro de investigación son medios el 94.74% del área del centro y el 5.26% nivel alto, lo que indica la mayor parte del área del centro presenta niveles medios de hierro teniendo un rango de 1-100 ppm.

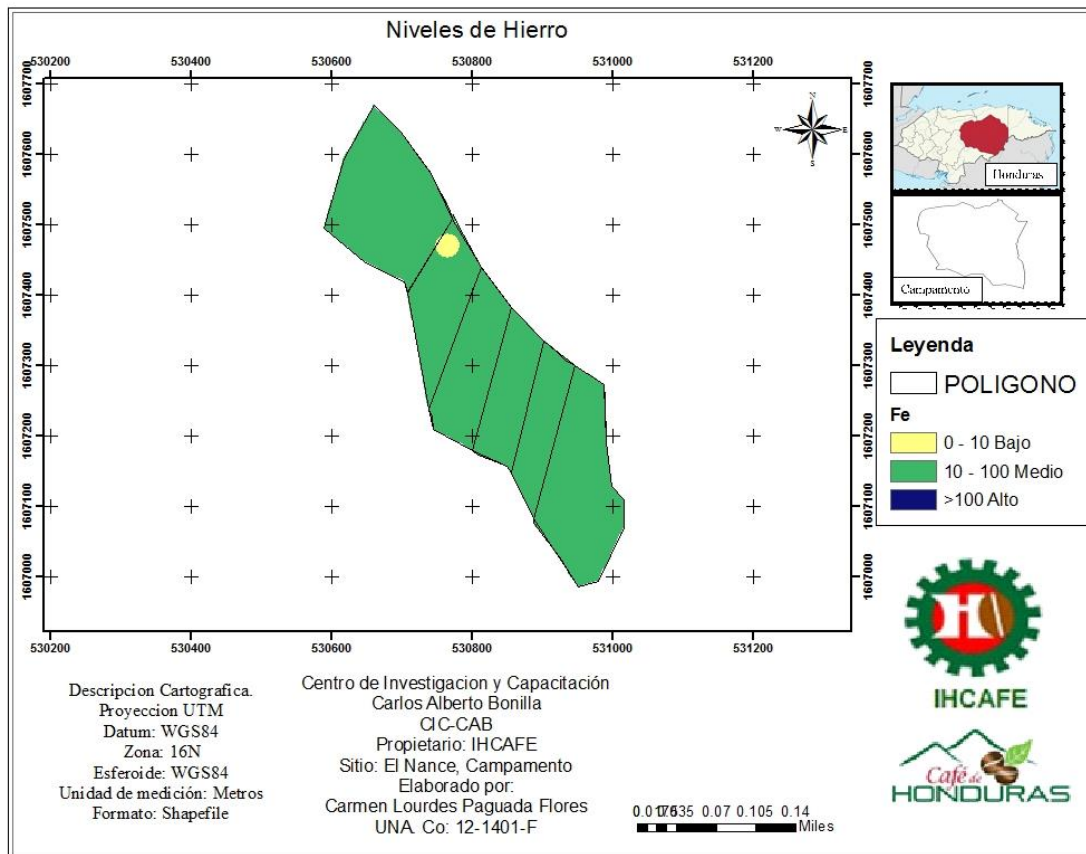


Figura 28. Mapa de niveles de hierro del primer estrato de 0-20 cm

Según figura 30 y con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de hierro encontrada en el centro experimental son bajas 15.78% del área del centro y el 84.22% nivel medio. Presentando en la mayor parte del área un rango de 10-100 ppm (nivel medio). El primer estrato presentó un mayor porcentaje área de nivel medio de 10.54% mayor que el porcentaje del segundo.

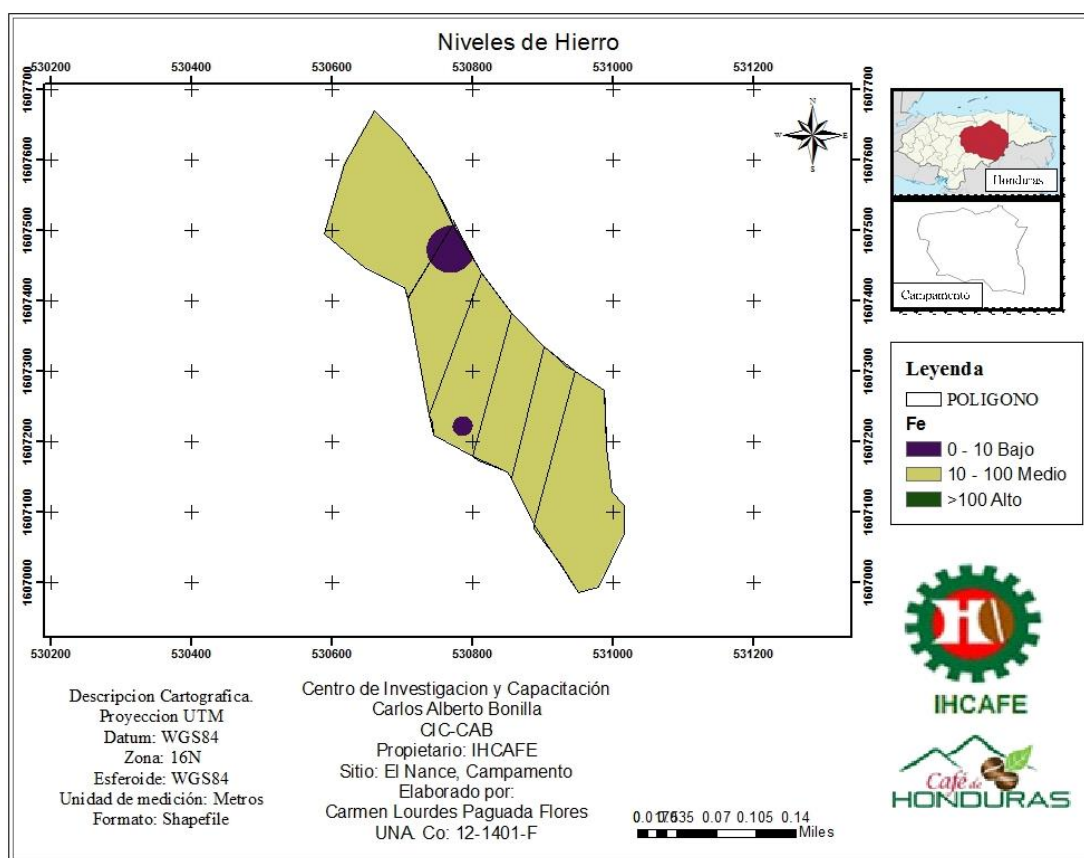


Figura 29. Mapa de niveles de hierro (ppm) del segundo estrato de 20-40 cm

5.13. Niveles de cobre

Este micronutriente activa ciertas enzimas implicadas en la síntesis de lignina, esencial en el proceso de respiración de la planta. Siendo el rango óptimo mayor de 20 ppm. (Guzman, 2011)

En el estrato de 0-20 cm según Figura 31 y Anexo 4 en el suelo del centro experimental las cantidades de cobre considerando los rangos establecidos por IHCAFE 2011, encontrados en la finca del centro de investigación son bajos 26.32% nivel bajo y el 73.68% nivel medio, Lo que indica que el mayor porcentaje del área de el suelo presenta niveles medios con rangos de 2-20 ppm.

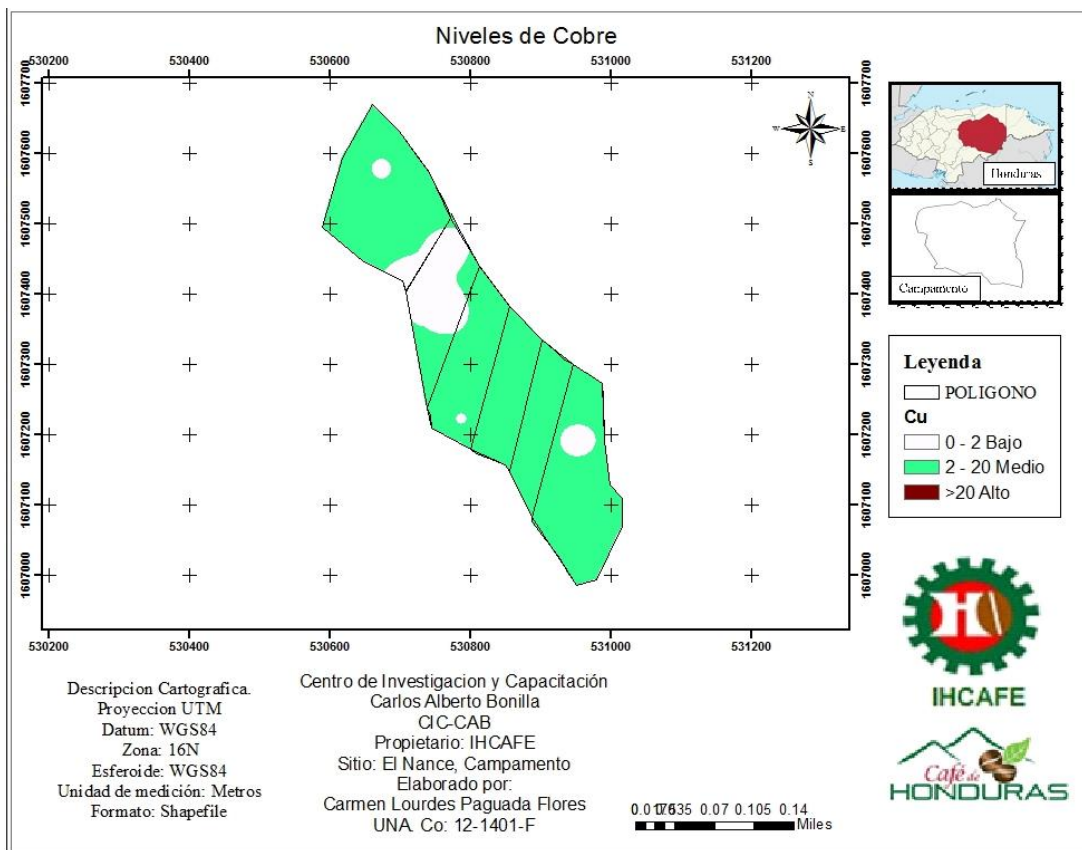


Figura 30. Mapa de niveles de cobre (ppm) del primer estrato de 0-20 cm

Según figura 32 y con los rangos establecidos por el IHCAFE 2011 (Anexo 4) en el estrato de 20-40 las cantidades de cobre encontradas en el centro experimental son bajas el 57.89% y el 42.11% nivel medio. En comparación con el primer estrato el segundo presenta más deficiencia de calcio en comparación con el primer estrato.

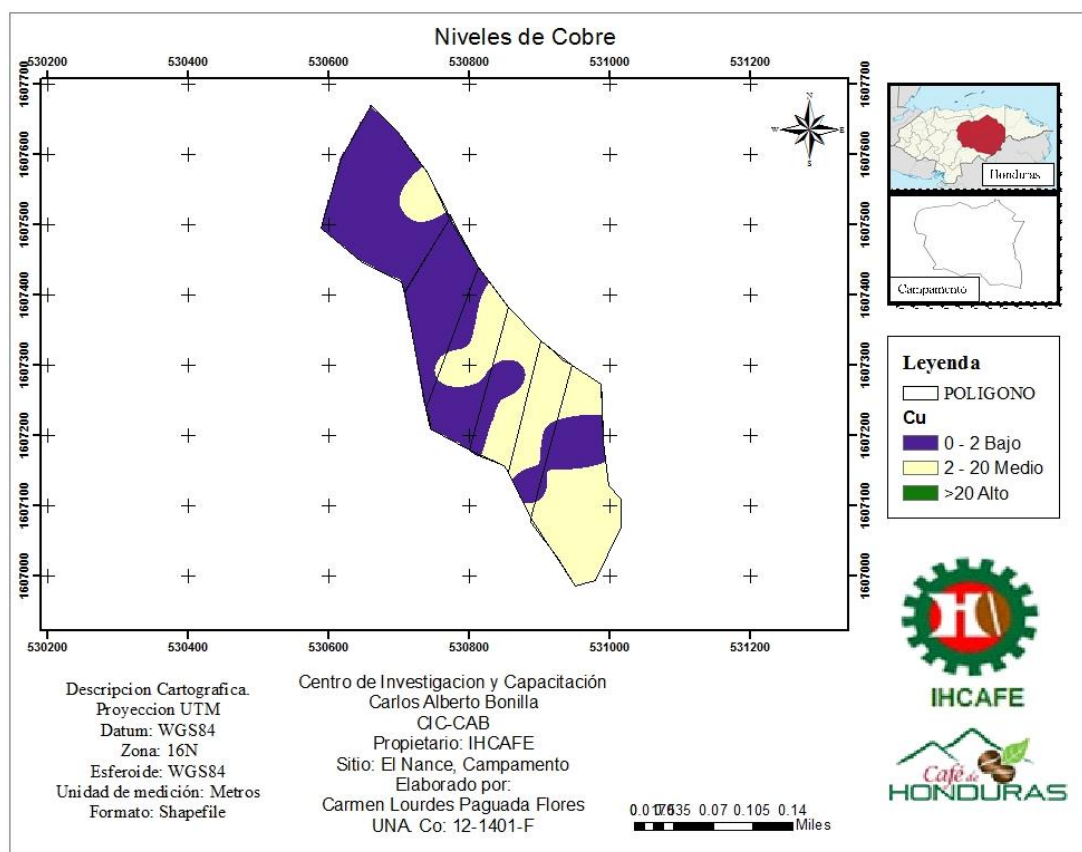


Figura 31. Mapa de niveles de cobre del segundo estrato de 20-40 cm

VI. CONCLUSIONES

Al interpretar los resultados se encontró que los niveles de materia orgánica un rango de 1.79%-6.60% lo cual nos indica que existen ciertas zonas con gran deficiencia de esta, el pH en su totalidad es ácido y el rango es de 4-4.89 debido a la acidez del pH la disponibilidad de muchos nutrientes se ve afectada lo cual conlleva a un descenso en la producción o un retraso en el crecimiento de la planta de café.

Los niveles de nitrógeno en el suelo está en un rango de 0.11-0.28meq/100g de suelo, lo que indica que en su mayoría del área muestra un nivel medio de este nutriente, los niveles de fósforo se encuentran en un rango de 0.66-17.85meq/100g de suelo, en mayor proporción se encuentran en niveles medios, los niveles de potasio se encuentra en un rango de 0.11-0.4meq/100g de suelo, la mayor parte del área muestreada presenta niveles medios de este elemento.

El calcio presenta niveles en un rango de 1.96-7.29meq/100g de suelo en su mayoría presenta nivel medios, el magnesio se encuentra niveles en un rango de 0.62-2.15meq/100g de suelo en su mayoría presenta niveles medios, el aluminio presenta niveles en un rango de 0.11-3.5meq/100g de suelo en su mayoría presenta niveles medios.

El zinc presenta niveles en un rango de 1.09-12.11meq/100g de suelo en su mayoría presenta niveles altos, el manganeso presenta niveles en un rango de 6.77-54ppm, en su mayoría presenta nivel medios, el hierro presenta niveles en un rango de 8.58-10.46ppm, en su mayoría presenta nivel medios, el cobre presenta niveles en un rango de 0.74-7.19ppm, en su mayoría presenta niveles medios.

Se identificaron a una profundidad de un metro dos perfiles bien marcados, los cuales en las tres calicatas presentan similitudes en relación a su textura, con la diferencia en su color, en la parte media presentó colores más oscuros debido a que según los resultados es donde se encuentra mayor cantidad de materia orgánica proporcionada en gran parte por las hojas caídas de las diferentes especies de árboles presentes en la finca.

La textura encontrada en la parte más alta franco arcilloso y en la parte media es de un suelo franco y en la parte más baja un suelo franco arenoso, debido a que esta área de la finca está cerca de la orilla del río por eso presentó este tipo de suelo

VII. RECOMENDACIONES

Corregir la acidez del suelo realizando encalados, ya que según el análisis de suelo en su totalidad el suelo del CIC-CAB presenta un pH ácido, lo cual afecta de forma muy particular y determinante algunas de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Realizar aplicación de fertilizantes tomando en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de suelo, sin olvidar que los requerimientos varían de acuerdo al estado fenológico en que se encuentre el cultivo y tratando de cubrir por lo menos las necesidades de los macronutrientes que son los más esenciales para el desarrollo óptimo de las plantas.

Se debe de tomar en cuenta que para la fertilización de nutrientes de alta movilidad en el suelo, como el nitrógeno, la fertilización debe hacerse en un momento estratégico ya que su disponibilidad puede estar afectada por condiciones del suelo, como la humedad y la temperatura, lo contrario la recomendación para la fertilización de los nutrientes con poca movilidad como el fósforo o medianamente móviles como el potasio puede hacerse en cualquier época dependiendo del estado de la planta y de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

Implementar el uso de abonos orgánicos ya que se ha comprobado que el uso excesivo de fertilizantes químicos dañan y degradan algunas de las características del suelo.

2. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, A. 2012. Nutrición de si. (en línea). Distrito Federal MX consultado 20 de May de 2016. disponible en: <http://globalcesped.org/noticias-mainmenu-2/lossuelos/686-aluminio-en-el-suelo>
- Arcilia, S. 1990. Sistemas de producción (en línea). Bogota CO. consultado 14 de Agosto de 2015. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/sistemasProduccionCapitulo9.pdf>
- Días, P. 2010. Suelos Agrícolas. (en línea) s.l. consultado: 13 de Ago de 2015. Disponible en: http://www.unclm.es/users/higuera/MGA/tema03/Tema_03_suelo_3_4.htm
- Díaz, D. s.f.. Micromorfografía de suelos. (en línea) s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://edafoologia.ugr.es/micgraf/index.htm>
- Dolman, J. 2014. Clasificación de los suelos. (en línea) Carolina del Norte EEUU. consultado 3 Jun 2016. Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/BMRHistosoles.htm>
- Duggan, T. 2013. Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos. (en línea) s.l. consultado 13 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Analisis%20de%20Suelo%20-%20Herramienta%20Clave.asp>
- Espinal, M. 2008. Nutrición Agrícola. (en línea) s.l. consultado 21 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.uam.es/docencia/web/museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/fosforo.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación CR). 2008. Propiedades Químicas. (en línea). consultado 21 de Ago de 2015. Disponible

en:<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación IT). s.f(a).. (en línea). consultado el 21 de Ago de 2015. de Textura del Suelo. Disponible en:

<ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAOtraining/FAOtraining/general/x6706s/x6706s06.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación HN). s.f(b). Permeabilidad del suelo. (en línea). consultado el 21 de Agosto de 2015, Disponible en:

ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAOraining/general/x6706s/x6706s09.htm

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación CR). s.f(c)). Propiedades Físicas del Suelo. (en línea). consultado 21 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Garcia, O. 2011. Nutrición del café. (en línea). San José CR. consultado 13 de Ago de 2015. Disponible en: http://www.kali-gmbh.com/eses/fertilizer/adviory_service/nutrients/potassium.html

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2011. (en línea) consultado 7 Jun de 2016. Disponible en:[http://ihcafe.hn/indez.php?option=com_phcdownload=32:tec-guia-suelonutricion&id=1:area-tecnica\\$itemid=143&start=20](http://ihcafe.hn/indez.php?option=com_phcdownload=32:tec-guia-suelonutricion&id=1:area-tecnica$itemid=143&start=20)

Licon, Alejandro. 2012. Descripción de los Centros experimentales de IHCAFE. (en línea). Consultado: 20 de May de 2015. Disponible en:<http://m.ihcafeinvestigacionlancho.webnode.e>

Lopez, N. 2012. pH en el Suelo. (en línea). s.l. consultado: 20 de Mayo de 2016. Disponible en: https://es.magrosuelo.org/pH_del_suelo

- Nagasaka, Y. 2012. Curso de Agricultura de Presicion. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.agriculturadeprecision.org/>
- Ovalles, F. 2003. El Color del Suelo: definiciones e interpretación. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela, 3:3.
- Peña, T. c. s.f. Densidad Aparente. (en línea). consultado 21 de Ago de 2015. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/densidad-aparente/at_multi_download/file/INTA-%20Densidad%20Aparente.pdf
- Rojas, K. s.f. DENSIDAD APARENTE. (en línea). s.l. consultado: 21 de Ago de 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/densidad-aparente/at_multi_download/file/INTA-%20Densidad%20Aparente.pdf
- Ruiz, M. 2012. Georeferenciacion. (en línea). s.l. consultado 13 de Ago de 2015. Disponible en: <http://infdigital.sni.gob.ec/?p=1007>
- Ruiz J, JF. 2015. Grado de erosión del suelo (entrevista). Campamento, Hn, Centro de Investigación y capacitación Carlos Alberto Bonilla.
- Senay Y, Olsa B, Fischer G. s.f. agricultura de Presición. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://agriculturadeprecision.co/agricultura-de-precision/>
- SIGNA (Sistema de Informacion Geografica Nacional). s.f. Sistemas de Informacion Geograficos. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>
- Sipe, M. 2013. Tipos de muestreo del suelo. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/tipos-muestreo-del-suelo-lista_324698/
- Suelo y su estructura. s.f. Estructura del Suelo. (en línea). s.l. consultado 21 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/estructura.htm>

Suelo y propiedades físicas. s.f. Propiedades físicas. Porosidad. (en línea). s.l. consultado 21 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>

Suelos y muestreo. 2009. Muestro de Suelos Agrícolas. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://muestreosuelos.blogspot.com/2012/05/resumen-conclusiones.html>

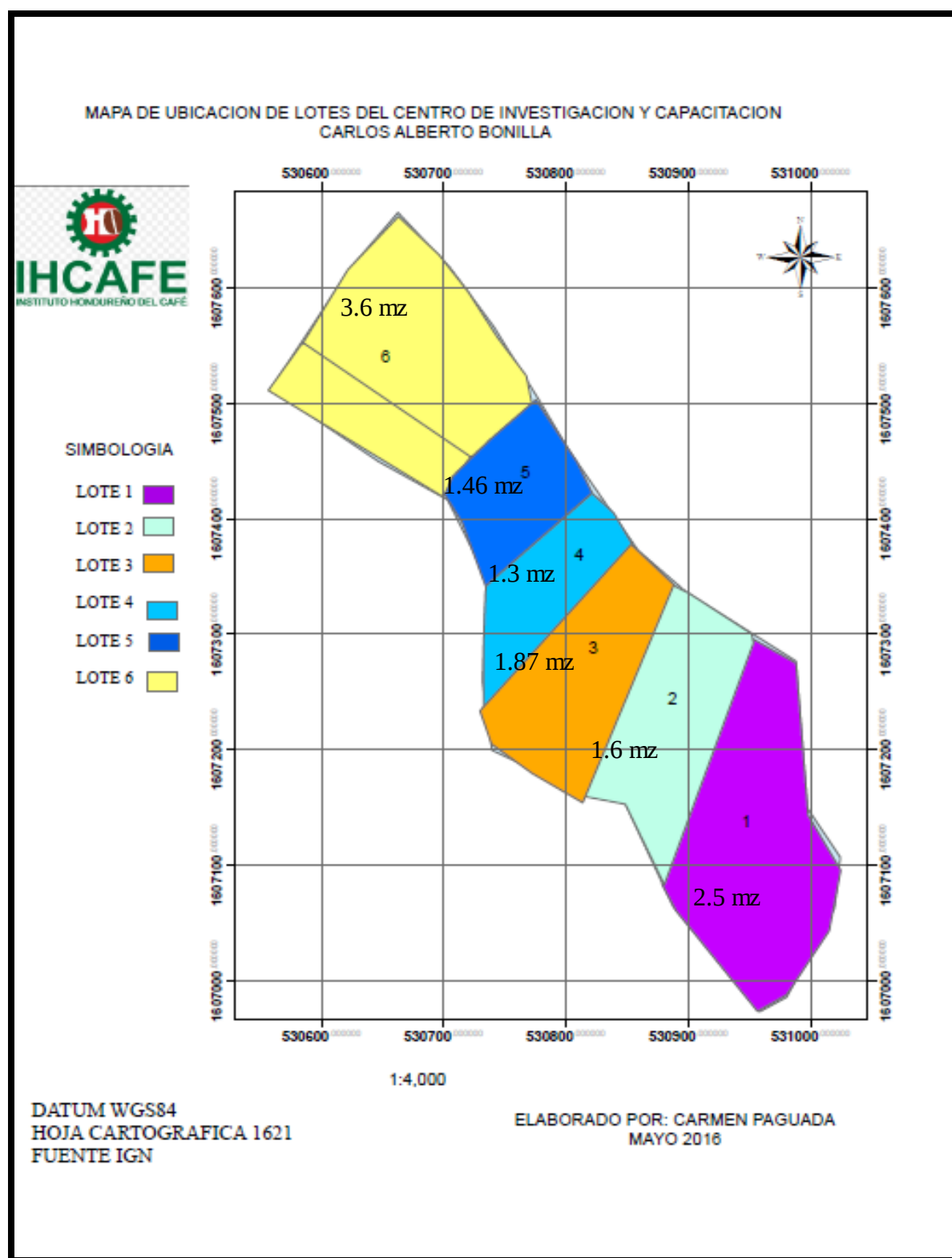
UNAC (Universidad Nacional de Catamarca BO). 2008. Genesis del suelo y características generales. (en línea). s.l. consultado 13 de Ago de 2015. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Genesis%20del%20suelo%20y%20caracteristicas%20generales.pdf>

Valencia, F. 2013. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en una finca de café. (en línea). s.l. consultado 14 de Ago de 2015. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo9.pdf>.

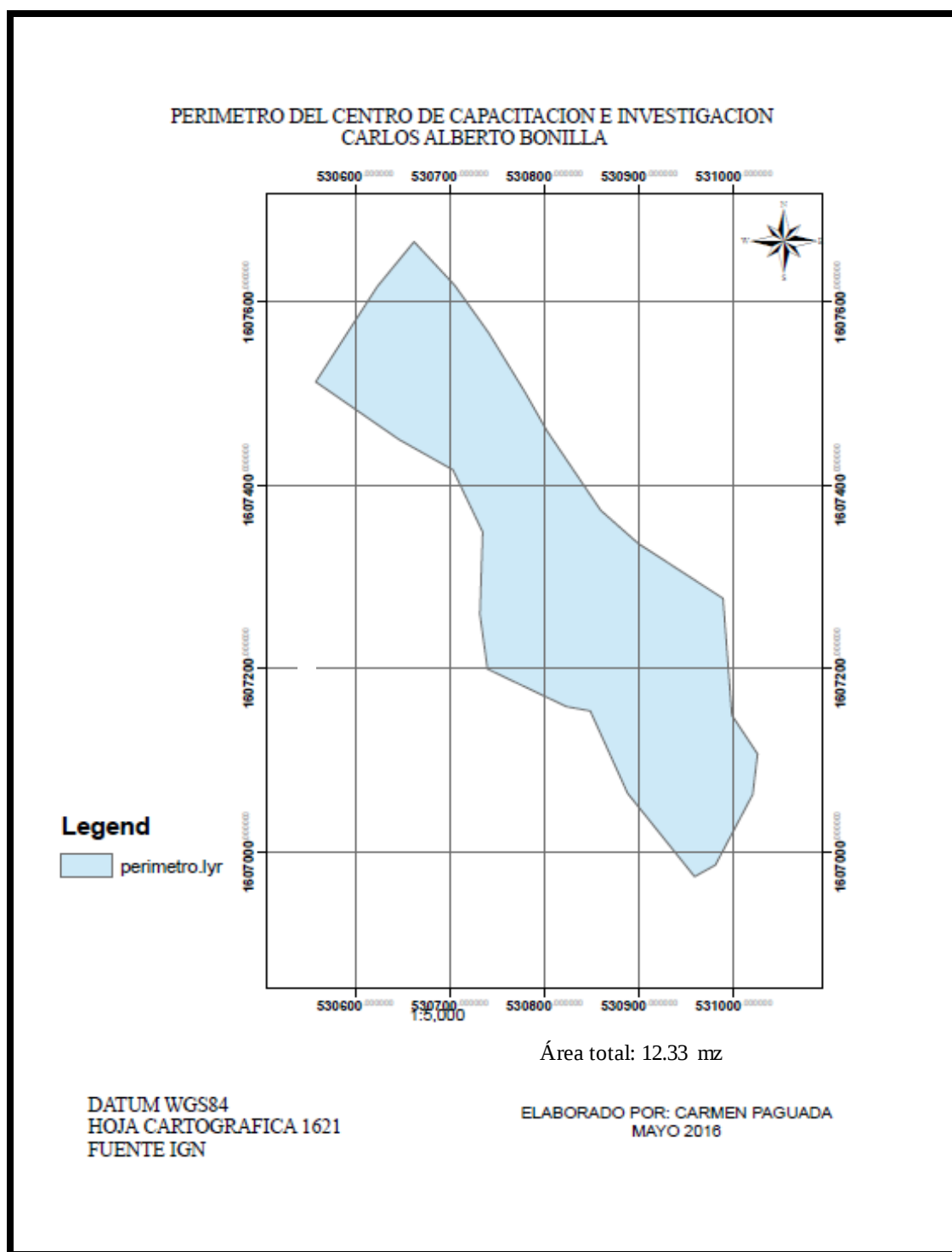
Yunmen, S. 2011, Descripción de los Horizontes del Suelo (en línea). s.l. consultado 3 Jun de 2015. Disponible en: <https://sergiyounme.wordpress.com/tipos-de-suelos-y-sus-horizontes-2/>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa del CIC-CAB por lotes



Anexo 2. Mapa del perímetro CIC-CAB



Anexo 3. Resultados de análisis químico

Muestra	Profundidad	Ph	MO	P asim	K	Ca	Mg	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	N
1	0-20	4.63	3.7	2.31	0.28	4.08	1.45	0.39	2.76	17.54	15.63	7.19	0.19
1	20-40	4.44	2.51	1.17	0.19	2.50	0.95	1.29	1.51	10.7	18.44	4.44	0.13
2	0-20	4.24	3.44	6.23	0.29	5.17	3.83	2.19	3.52	11.97	16.10	0.93	0.17
2	20-40	4.09	2.25	0.45	0.22	3.52	3.06	3.5	1.35	6.77	16.70	1.06	0.11
3	0-20	4.19	5.41	8.12	0.23	7.09	1.13	0.49	10.38	50.03	13.41	7.37	0.27
3	20-40	4.45	5.28	2.34	0.15	7.27	1.34	0.11	3.26	29.16	8.65	2.04	0.26
4	0-20	4.55	2.91	9.56	0.17	4.03	1.66	0.11	3.54	30.66	17.79	6.05	0.15
4	20-40	4.43	1.99	6.62	0.14	3.52	1.51	0.49	1.81	31.40	20.12	3.39	0.10
5	0-20	4.5	4.49	3.03	0.21	4.41	1.10	0.49	3.73	35.62	16.04	8.79	0.22
5	20-40	4.25	1.72	1.12	0.13	1.96	0.85	0.79	1.62	29.83	21.49	3.21	0.09
6	0-20	4.41	5.94	6.72	0.33	6.80	1.56	0.29	6.23	25.18	15.7	3.53	0.30
6	20-40	4.2	4.49	6.78	0.29	4.98	1.73	0.79	2.79	20.59	14.38	1.97	0.22
7	0-20	3.89	6.33	17.85	0.33	5.85	1.07	1.62	10.48	44.57	24.85	5.16	0.32
7	20-40	4	6.20	3.73	0.33	5.03	0.89	1.79	5.32	58.69	19.75	1.23	0.31
8	0-20	4.18	3.44	1.15	0.27	3.58	1.01	0.61	1.92	28.98	18.03	3.69	0.17
8	20-40	4.14	3.44	6.34	0.22	2.79	0.81	0.90	1.09	26.99	27.60	4.64	0.17
9	0-20	4.66	3.70	15.47	0.44	5.65	1.47	0.29	7.68	42.82	13.58	4.81	0.19
9	20-40	4.61	3.96	12.48	0.34	4.82	1.20	0.17	5.43	54.77	10.46	2.43	0.20
10	0-20	4.44	5.15	6.23	0.15	4.93	0.77	0.32	4.14	42.13	12.89	6.22	0.26
10	20-40	4.69	3.04	4.45	0.11	3.91	0.62	0.51	1.87	31.96	13.25	4.00	0.15
11	0-20	4.47	4.62	7.11	0.23	5.35	1.34	0.39	3.05	36.29	8.58	1.41	0.23
11	20-40	4.47	4.09	2.28	0.2	4.32	0.84	0.39	2.25	30.83	9.61	1.63	0.20
12	0-20	4.48	3.57	1.15	0.33	4.10	1.62	0.22	3.23	26.38	15.18	0.74	0.18
12	20-40	4.15	4.88	0.89	0.27	2.97	1.22	0.61	4.47	32.04	17.52	0.88	0.24
13	0-20	4.81	4.62	0.92	0.17	3.59	0.81	1.79	6.93	29.74	26.17	4.84	0.23
13	20-40	4	3.96	6.10	0.16	2.67	0.57	2.49	5.02	24.93	22.40	2.79	0.20
14	0-20	4.39	4.23	2.41	0.28	7.29	2.15	0.10	10.5	11.63	10.92	2.42	0.21
14	20-40	4.3	2.78	1.41	0.17	5.15	1.11	0.71	3.80	30.72	14.02	1.94	0.14
15	0-20	4.14	2.51	1.46	0.34	4.01	1.81	0.29	8.97	32.64	15.38	2.32	0.13
15	20-40	4.22	2.38	6.28	0.47	3.75	1.77	0.49	9.87	38.37	18.29	1.43	0.12
16	0-20	3.78	5.41	1.61	0.12	3.70	0.76	2.29	5.21	26.68	16.98	3.09	0.27
16	20-40	4.13	3.44	0.66	0.08	3.52	0.91	1.39	3.92	35.57	17.93	1.63	0.17
17	0-20	4.87	5.41	2.08	0.24	4.22	0.66	1.81	9.60	48.52	16.49	1.52	0.27
17	20-40	4.01	6.46	11.65	0.35	3.91	0.71	1.80	12.11	39.12	20.32	3.25	0.32
18	0-20	3.96	6.60	9.25	0.17	4.19	0.72	0.80	3.42	35.79	14.96	4.10	0.33
18	20-40	4.07	6.33	2.44	0.19	4.15	0.85	0.78	2.84	19.79	11.23	1.36	0.32
19	0-20	4.1	5.02	1.87	0.32	2.91	0.81	1.10	3.35	14.87	14.11	3.04	0.25
19	20-40	4	5.67	5.87	0.20	2.42	0.66	1.79	1.63	9.05	9.05	1.21	0.28

Donde

□ Nivel bajo

■ Nivel medio

■ Nivel Alto

Anexo 4. Rangos utilizados para interpretar los resultados del análisis de suelo

CARACTERÍSTICAS		NIVELES		
		BAJO	MEDIO	ALTO
pH		<5.5	5.5 a 6.5	>6.5
MO	%	0 - 2	2.1 a 4	>4
N (5% de MO)	ppm			
P	meq/100g	<10	10 a 20	>20
K	meq/100g	<0.25	0.25 a 0.40	>0.40
Ca	meq/100g	<4	4 a 25	>25
Mg	meq/100g	<1	1 a 5	>5
Al	meq/100g	<0.5	0.5 a 1.5	>1.5
Fe	ppm	<10	10 a 100	>100
Cu	ppm	<2	2 a 20	>20
Zn	ppm	<4	4 a 5	>5
Mn	ppm	<5	5 a 50	>50
S. Bases	%	<40	40 a 60	>60
S. Al	%	<25	25 a 60	>60
K/CICE	%	<4	4 a 5	>5
Ca/CICE	%	<40	40 a 60	>60
Mg/CICE	%	<12	12 a 15	>15
Ca/Mg		<2	2 a 5	>5
Ca/k		<2	5 a 25	>25
Mg/k		<2.5	2.5 a 15	>15
Ca+Mg/k		<10	10 a 40	>40
Ca+Mg+k		<5	5 a 25	>25

Fuente: IHCAFE.

Anexo 5. Coordenadas del perímetro y lotes

Punto	X	Y	Punto	X	Y
1	530976	1607282	45	530652	1607454
2	530962	1607290	46	530974	1607236
3	531011	1607105	47	530954	1607219
4	531018	1607082	48	530635	1607512
5	530997	1607043	49	530840	1607239
6	530959	1607003	50	530851	1607205
7	530916	1607048	51	530883	1607195
8	530916	1607052	52	530882	1607208
9	530879	1607120	53	530890	1607208
10	530817	1607197	54	530893	1607206
11	530764	1607204	55	530898	1607221
12	530745	1607302	56	530899	1607223
13	530744	1607351	57	530900	1607224
14	530663	1607505	58	530883	1607250
15	530593	160563	59	530896	160724
16	530610	1607598	60	530911	1607237
17	530660	1607669	61	530876	1607243
18	530574	1607539	62	530963	1607205
19	530558	1607528	63	530964	1607202
20	530637	160458	64	530952	1607207
21	530652	1607454	65	530957	1607222
22	530668	1607461	66	530929	1607255
23	530633	1607511	67	530925	1607258
24	530970	1607280	68	530912	1607273
25	530886	1607240	69	530902	1607266
26	530724	1607234	70	530889	1607270
27	530755	1607361	71	530887	1607265
28	530955	1607361	72	530840	1607238
29	530755	1607363	73	530845	1607239
30	530792	1607694	74	530840	1607238
31	530705	1607451	75	530837	1607243
32	530972	1607290	76	530970	1607112
33	530974	1607294	77	530973	1607089
34	530974	1607218	78	5301008	1607091
35	530981	1607196	79	5301007	1607105
36	530979	1607193	80	530916	1607108
37	530979	1607193	81	530916	1607130
38	530981	1607191	82	530946	1607143
39	530985	1607188	83	530932	1607181
40	530705	1607523	84	530913	1607165
41	530744	1607432	85	530879	1607189
42	530748	1607508	86	530863	1607178
43	530628	1607535	87	530832	1607205
44	530637	1607458			

Anexo 6. Densidad aparente en las distintas zonas de la calicata

Densidad real		
Zona	Peso seco (g)	Vol. cilindro (cm³)
Alta	1.18	0.5
Media	1.16	0.5
Baja	1.137	0.5