**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

# CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS EDÁFICOS Y PROPUESTA DE DISEÑO HIDROLÓGICO EN FINCA DE CAFÉ ORGÁNICO EN SAN JOSÉ LA PAZ

POR:

**WILIANS ALBERTO GAMEZ SUAZO**

**TESIS**

**CATACAMAS** **OLANCHO**

**MAYO, 2018**

# CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS EDÁFICOS Y PROPUESTA DE DISEÑO HIDROLÓGICO EN FINCA DE CAFÉ ORGÁNICO EN SAN JOSÉ LA PAZ

**POR:**

WILIANS ALBERTO GAMEZ SUAZO

RAMÓN LEÓN CANACA, M.Sc.

**Asesor principal**

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**CATACAMAS** **OLANCHO**

**MAYO, 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE**

**PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

Reunidos en la Sala de Información Geográfica de la Universidad Nacional de Agricultura el: **M Sc. RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN, M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES ZÚNIGA** y el **M Sc. ERLIN VIANNEY ESCOTO VALLADARES,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **WILIANS ALBERTO GÁMEZ SUAZO**, del IV Año de la carrera de Recursos Naturales y Ambiente, presentó su informe.

**"CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS EDÁFICOS Y PROPUESTA DE DISEÑO HIDROLÓGICO EN FINCA DE CAFÉ ORGÁNICO EN SAN JOSÉ, LA PAZ"**

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los nueve días del mes de mayo del año dos mil dieciocho.

**M Sc. RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN**
ASESOR PRINCIPAL

**M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES ZÚNIGA**
ASESOR AUXILIAR

**M Sc. ERLIN VIANNEY ESCOTO VALERIO**
ASESOR AUXILIAR

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y la fortaleza y a mi gran familia Gámez Suazo, por el apoyo económico y espiritual y moral que me han brindado durante mi vida estudiantil.

A los productores que tienen problemas de sequía en sus fincas espero les sea de mucha importancia para que puedan implementar este trabajo.

En especial a mis seres queridos Antonio Gámez Suazo, A Lucio Suazo que DIOS los tenga en su santo reino se los dedico con mucho amor.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado salud y vida, a mis padres por el apoyo incondicional e inigualable, Sr. Claudio Gámez Benítez, Sra. María Eugenia Suazo Rodríguez, y Hermanos Gámez Suazo, que son lo que más amo en mi vida y en especial a Gabriela Alejandra Hernández por gran apoyo moral que me a brindado siempre y a todos mis sobrinos y amigos en general.

A todos los colaboradores que me han ayudado a ser posible un sueño más de mi vida, a todos mis profesores, y en general al departamento de Recursos Naturales, a mis grandes compañeros que siempre me apoyaron en este proceso. En especial a mis asesores, y amigos M.Sc. Erlin Escoto, M.Sc Ramón Canaca, ING. Emilio Fuentes.

Al ING. Víctor contreras y A mi gran amigo y Profesor ING. Golvin Aplicano por su gran apoyo moral, y a todos los que me apoyaron para que este proyecto se hiciera posible.

**CONTENIDO**

Pág.

**LISTA DE CUADROS** ..... **vi**

**LISTA DE FIGURAS** ..... **vii**

**LISTA DE ANEXOS** ..... **viii**

**RESUMEN** ..... **ix**

**I INTRODUCCIÒN** ..... **1**

**II OBJETIVOS** ..... **2**

2.1 General ..... 2

2.2 Específicos ..... 2

**III REVISIÓN DE LITERATURA** ..... **3**

3.2 Erosión hídrica ..... 3

3.3 Escorrentías ..... 4

3.3.1 Escorrentía subperficial ..... 4

3.3.2 Escorrentía subsuperficial ..... 4

3.4 Obras de conservación ..... 5

3.5 Practicas vegetativas ..... 5

3.6 Prácticas mecánicas ..... 6

3.7 Acequias a nivel ..... 6

3.8 Practicas agronómicas o biológicas ..... 6

3.9 Terrazas ..... 7

3.10 Construcción de bordos o taludes ..... 7

3.11 La absorción de agua como eje fundamental del sistema ..... 7

3.13 Precipitación ..... 8

3.14 Ventajas de la cosecha de agua y suelo en línea clave ..... 9

3.15 El Agua ..... 9

3.15.1 Agua subterránea ..... 10

3.16 La Planeación y diseño hidrológico ..... 10

3.17 Capacidad de captación ..... 10

3.18 Canal de desviación ..... 10

3.19 Reservorios ..... 11
3.20 Punto clave ..... 11
3.21 Línea clave ..... 11
3.22 Diseño hidrológico ..... 12
3.22.1 Diseño hidrológico en línea clave ..... 13
3.22.2 Importancia del diseño hidrológico ..... 13
3.23 Cosecha de agua ..... 14
3.24 El suelo ..... 14
3.25 Propiedades físicas del suelo ..... 14
3.25.1 Textura ..... 15
3.25.2 Estructura ..... 15
3.25.3 Color ..... 15
3.25.4 La Profundidad efectiva del suelo ..... 15
3.25.5 Densidad aparente ..... 16
3.25.6 Humedad ..... 16
3.25.7 Consistencia ..... 16
3.25.8 Infiltración ..... 17
3.26 Propiedades químicas del suelo ..... 17
3.26.1 Materia orgánica ..... 17
3.26.2 El pH del suelo ..... 18
3.27 Propiedades cualitativas del suelo ..... 18
3.27.1 Cromatografía en papel ..... 18
**IV MATERIALES Y MÉTODO** ..... 19
4.1 Materiales y equipo ..... 19
4.2 Metodología ..... 19
4.2.1 Descripción del sitio de estudio ..... 19
4.3 Limites ..... 21
4.5 Proceso metodológico ..... 21
4.6 Estructura ..... 26
4.7 Profundidad efectiva ..... 26
4.8 Textura ..... 26
4.9 Densidad aparente ..... 26
4.10 Porosidad ..... 27
4.11 Color del suelo ..... 27
4.12 Hongos ..... 27
4.13 Macroorganismos del suelo ..... 28

4.14 Movimiento natural del agua y análisis del diseño hidrológico del terreno ..... 29
4.15 Trazado de curvas a nivel y georreferenciación ..... 29
4.16 Implementación del diseño hidrológico en el terreno ..... 30
**V RESULTADOS Y DISCUSIÓN** ..... 31
5.1 Potencial de captación de agua ..... 31
5.3 Propiedades físicas del suelo ..... 32
5.5 Propiedades químicas del suelo ..... 35
5.4 Propiedades biológicas del suelo ..... 39
5.6 Propiedades cualitativas del suelo ..... 41
5.7 Levantamiento de información topográfica ..... 42
5.8 Curvas a nivel ..... 42
5.9 Movimiento natural del agua ..... 44
5.10 Diseño hidrológico ..... 45
5.11 Implementación del diseño ..... 46
5.12 Construcción de obras físicas ..... 46
**VI CONCLUSIONES** ..... **48**
**VII RECOMENDACIONES** ..... **49**
**VIII BIBLIOGRAFÍA** ..... **50**
**ANEXOS** ..... **55**

## LISTA DE CUADROS

**Pág.**

**Cuadro 1.**Clasificación FAO para la densidad de macro organismos ---------- 28

**Cuadro 2.** Clase textural y porcentajes obtenidos de arena, limo y arcilla según el Zamorano---------- 32

**Cuadro 3** Densidad aparente: Según los resultados obtenidos en la finca Arcanos ---- 33

**Cuadro 4.** Registro de precipitaciones en finca Arcanos durante el tiempo de estudio septiembre 2017 a diciembre (IHCAFE 2018) ---------- 34

**Cuadro 5**. Análisis químico del suelo en tres diferentes parcelas, bosque finca 1 y 2, de acuerdo al análisis del laboratorio del Zamorano (2018)---------- 38

**Cuadro 6**. Hongos encontrados en los puntos de muestreo en la finca arcanos a partir del método de trampas de arroz ---------- 39

**Cuadro 7**. Hongos encontrados en los puntos de muestreo en finca Orgánica Arcanos a partir del método de barrido en placas Petri---------- 40

**Cuadro 8**. Macro organismos encontrados en los sitios de muestreo finca Arcanos --- 41

## LISTA DE FIGURAS

**Pág.**

**Figura 1.**Ubicación geográfica del sitio de estudio de keyline municipio de San José, La Paz, Honduras ..... 21
**Figura 2.** Ubicación de los puntos de muestreo para la obtención de las propiedades físicas del suelo en la finca arcanos ..... 23
**Figura 3.** Ubicación de los puntos de muestreos para la obtención de las propiedades cualitativas y análisis de cromatografía en la finca arcanos ..... 24
**Figura 4.** Ubicación de los puntos de muestreo para las propiedades químicas del suelo, para el bosque y finca arcanos 1 y 2 ..... 25
**Figura 5.** Esquema para la extracción del volumen de suelo en el estudio realizado en la finca Arcanos (Anderson e Ingram citado por Rodríguez 2016)..... 28
**Figura 6.** Ubicación de área potencial de captación en la finca Arcanos ..... 31
**Figura 8.** Curvas marcadas en el área de estudio..... 43
**Figura 9.** Determinación del movimiento natural del agua a partir de la interpretación de las curvas a nivel..... 44
**Figura 10.** Ubicación de los reservorios en las líneas clave ..... 45
**Figura 11.** Curvas a nivel marcadas en el sitio de estudio ..... 46

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

**Anexos 1.**Trampas para captura de Hongos 54

**Anexo 2.** Punto de muestreo ..... 55

**Anexos 2.** Secado de muestras químicas 54

**Anexos 4.** Punto de Densidad Aparente..... 55

**Gámez Suazo; W.A.2018.** caracterización de parámetros edáficos y propuesta de diseño hidrológico en finca de café orgánico en san José la paz, Honduras. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. 67 Pág.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la finca Arcanos, al noroeste del municipio de San José, La Paz, Honduras. Se basó en las características edáficas y propuesta de diseño hidrológico para la cosecha de agua y suelo y mantener la humedad en el terreno durante épocas secas. El diseño se desarrolló en tres etapas: (i) Identificación del potencial de captación y propiedades físicas, químicas, biológicas y cualitativas del suelo. (ii) Análisis del movimiento natural del agua y diseño hidrológico del terreno. (iii) Implementación de algunas obras físicas del diseño hidrológico en el terreno. Los resultados indicaron que el suelo tiene niveles de fertilidad a los rangos normales de un suelo fértil, además el potencial de retención de la humedad es variable, indicando que cierta parte de la finca Arcanos tiene suelos degradados en términos de propiedades físicas, químicas y biológicas. El movimiento natural del agua es dirigido por el relieve predominante en esta zona va desde ligeramente ondulado, con pendientes mayores al 30%, al 60% del terreno en donde se realizaron canales a nivel diseñados para infiltrar y dirigir el agua. Mediante el diseño hidrológico de la finca, se realizó la implementación de una etapa que consistió en seis canales de infiltración empleando curvas a nivel. Se identificaron cuatro líneas claves que moverán el agua de las vertientes a las laderas y a la vez conectarán el agua de las acequias, hacia la finca para que haya una mayor infiltración en las partes secas de la misma.

**Palabras clave**: Agroecología, curvas a nivel, keyline, conservación de suelos y sequía

# I INTRODUCCIÒN

Los diseños hidrológicos con línea clave son una alternativa para buscar soluciones a los problemas en fincas, debido en gran parte al uso irracional del recurso agua y malas prácticas de manejo del suelo, lo que provoca bajas en los rendimientos de producción alimentaria (ausencia de seguridad alimentaria), dejando así un saldo de pobreza y desnutrición en las familias.

Otros elementos específicos, que contribuyen a las pérdidas de agua en las fincas de los productores, es el crecimiento demográfico, agricultura convencional (agroquímicos, avance de la frontera agrícola, quemas, y monocultivos), sobrepastoreo y erosión del suelo, todas estas actividades antrópicas, inducen a la reducción de la infiltración del agua del suelo. A estos hechos, se suma la variabilidad climática, donde han visto incrementados fenómenos naturales como El Niño y La Niña.

Debido a la problemática de pérdida de suelo y humedad del mismo se hizo un estudio que consistió en la implementación de un diseño hidrológico, bajo el método en línea clave (keyline). Según Molina (2010) es un sistema que se enfoca en la recolección de agua lluvia en el terreno mejorando la humedad en las áreas productivas. Con esta investigación se busca apoyar a los productores que han tenido pérdidas económicas y disminuir el éxodo de las personas en cierta medida, y así hacer más fructíferos sus suelos para obtener una mejor producción sostenible en la región

.

# II OBJETIVOS

## 2.1 General

Caracterizar parámetros edáficos y proponer un diseño hidrológico para una finca de café orgánico en San José la Paz.

## 2.2 Específicos

Identificar el potencial de captación de agua y las variables físicas, químicas y biológicas del suelo en el sitio de estudio.

Proponer un diseño hidrológico para el movimiento de agua superficial en la finca San José.

Implementar el diseño hidrológico en el sitio de estudio para la distribución de la humedad en el suelo.

# III REVISIÓN DE LITERATURA

## 3.1 Degradación de suelos

La degradación de los suelos en su sentido más amplio es uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento. El suelo es la base de la producción alimentaria, grandes cantidades de hectáreas dejan de cultivarse cada año por exceso de erosión, salinidad, esterilidad por lo que se ve afectado la sostenibilidad de desarrollo de la producción.

Según García y Dorronsoro (2000) el problema de la degradación del suelo no es un descubrimiento de nuestra civilización, pues ya quedaba registrado en los documentos de los romanos y de los griegos, así, Platón describía la destrucción del suelo como resultado de las deforestaciones. No obstante, en un principio, el problema no era acuciante debido a la escasa densidad de población. La espectacular explosión demográfica actual ha provocado la roturación de tierras en relieves cada vez con pendientes más fuertes, fuertemente degradables, y como consecuencia frenar la degradación del suelo se ha convertido en uno de los grandes retos hoy en día.

La degradación de los suelos y tierras se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y funciones ecosistémicas y ambientales, ocasionada por procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM 2004).

## 3.2 Erosión hídrica

Según Sagastume y Raudes (2009) es un proceso producido principalmente por efecto de la lluvia o riegos intensos. El impacto de las gotas de agua en el suelo descubierto ocasiona el desprendimiento de sus partículas y su remoción por el agua de escorrentía.

### 3.3 Escorrentías

Según FAO (2009) la escorrentía puede ser superficial o subperficial. Una parte importante del agua de un evento lluvioso, sobre todo en áreas forestales, es de flujo subsuperficial, es decir, agua que no circula en régimen de lámina libre, si no que inicialmente se infiltra, escapa de la evapotranspiración y, en vez de constituir infiltración eficaz, circula horizontalmente por la parte superior de la zona no saturada hasta volver a la superficie

#### 3.3.1 Escorrentía subperficial

Según Castillo y Ramírez (sf) es la precipitación que fluye, como su nombre lo dice, superficialmente y, que no infiltra ni se retiene superficialmente. La cantidad dependerá de la permeabilidad del suelo, mientras esta sea de considerable magnitud se tendrá menor cantidad de agua superficial, o de lo contrario, habrá mayor. Además, escurre por gravedad, formando corrientes de agua, en las depresiones o canales naturales, los cuales vendrían a ser las quebradas, arroyos o ríos.

#### 3.3.2 Escorrentía subsuperficial

Es una porción de la escorrentía que se infiltra por el suelo y fluye en los estratos superiores del suelo. Este tipo de escorrentía suele tener velocidades bajas a comparación de la escorrentía superficial por el hecho de tener que circular por las capas de poca profundidad del suelo. La aparición de esta dependerá del tipo de suelo, siendo favorecido por estratos rocosos o conglomerados cementados. Entonces, su destino final será en una de las depresiones existentes, siendo así un aporte para diferentes cursos naturales. Por otro lado, el flujo de agua subterránea o flujo base es el aporte de agua, que, por percolación, avanza a través de los estratos (Castillo y Ramírez sf).

### 3.4 Obras de conservación

Son obras que se utilizan para la conservación de suelo en pendientes pronunciadas, con el objetivo de mejorar la textura y estructura. Existen muchas prácticas de obras de conservación como ser: barreras vivas, muertas acequias a nivel terrazas etc. En general, los países de Centro América, se ven afectados por el problema de degradación de suelos que afecta la producción de alimentos y materias primas. Nuestros suelos productivos se están degradando por la erosión y malas prácticas de cultivo, lo que hace necesario notar la importancia y urgencia de lograr ser eficientes en el uso y manejo de los suelos, con prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Los suelos de las laderas de la región centroamericana han venido sufriendo procesos de degradación acelerada en los últimos años, causados por: la deforestación, la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos, esto debido a la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y agua, al sobre pastoreo intensivo.

### 3.5 Practicas vegetativas

Las prácticas vegetativas generalmente se establecen como parte de un sistema de manejo de conservación dirigido a los recursos suelo, agua, aire y plantas y enfocado en los objetivos del agricultor. Para que esta práctica sea efectiva es necesario implantar un plan de conservación que incluya entre otros: rotación de cultivos, manejo de nutrientes y plaguicidas, manejo de residuo de cosechas y otras prácticas culturales (USDA 2001).

Las barreras vegetativas proveen excelentes oportunidades de mejorar el hábitat para la vida silvestre a la vez que se forman corredores o hileras para conectar áreas verdes. Estas proveen además un lugar en donde los animales pueden resguardarse de depredadores. Para propósitos de vida silvestre, deben seleccionarse especies de plantas nativas o adaptadas al lugar y que provean alimento y albergue.

### 3.6 Prácticas mecánicas

Las prácticas mecánicas son aquellas obras que se realizan con implementos agrícolas, aditamentos especiales o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, para disminuir el escurrimiento superficial y reducir la erosión en terrenos con pendiente. La elección de este tipo de prácticas está en función de la clase y uso del suelo. También para el control de la erosión hídrica de los terrenos por proteger la disponibilidad de recursos económicos y deben considerarse aspectos operativos y de eficiencia (Osti y Beltrán 2005).

Son obras estructurales construidas para controlar el movimiento del agua, y drenaje agrícola, estas modifican los factores del proceso erosivo. Entre las prácticas mecánicas más comunes de conservación de los suelos se tienen las acequias a nivel, barreras muertas y diques.

### 3.7 Acequias a nivel

Son canales de infiltración excavadas en curvas de nivel, es decir en forma trasversal de la pendiente. Son zanjas o canales que tienen dos finalidades por una parte aumenta el nivel hídrico de suelo y en consecuencia, la disponibilidad de agua para las plantas, ya que contiene el agua de la escorrentía y favorece su infiltración en el suelo. Por otra parte, evita que el suelo se erosione por efecto de las lluvias torrenciales (Carrasco sf).

### 3.8 Practicas agronómicas o biológicas

Muchos de los problemas de erosión y degradación del suelo en las partes agrícolas, son atribuidos a prácticas agronómicas deficientes, especialmente en la preparación del terreno al momento de la siembra. Las prácticas agronómicas, comúnmente conocidas como labranza, se refieren a las distintas manipulaciones mecánicas en donde los suelos con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, el efecto benéfico o perjudicial de la labranza depende del tipo de implementos y de la intensidad y forma en que estos sean usados. En muchas ocasiones el efecto

benéfico de los implementos se nulifica por su uso intenso o por una época inadecuada para su utilización (Osti y Beltrán 2005).

### 3.9 Terrazas

Son construcciones de piedras establecidas en parcelas con pendientes pronunciadas que permiten la formación de una superficie horizontal, sobre la cual se cultiva sin que el agua se escurra. Son las obras más efectivas en controlar la erosión en laderas. Su uso es limitado por su alto costo, el cual se justifica solamente en zonas/fincas con escasez de tierra, suficiente disponibilidad de mano de obra en la época seca y para la producción de cultivos de alto valor (hortalizas, flores, frutales). En muchos casos se aprovechan las terrazas de banco hasta en la época seca a través del riego. Tienen la finalidad de controlar la erosión para un uso intensivo de la tierra en laderas (Carrasco sf).

### 3.10 Construcción de bordos o taludes

La elaboración de los bordos depende de la precipitación anual in situ**,** tomando en cuenta la frecuencia, la duración y la intensidad. Pues en la planificación y diseño de obras de captación de agua de lluvia es importante conocer la probabilidad de que ocurra una cierta cantidad de lluvia en una fecha determinada. En climas templados, la desviación estándar de lluvia anual es del 10 al 20 por ciento; en 13 de cada 20 años las cantidades anuales están entre 75 y 125 por ciento de la media, sin embargo, cuando los climas son áridos y semiáridos la relación de máximas a mínimas cantidades anuales es mucho mayor y la distribución de la lluvia anual se hace creciente (Van 2000). De lo contrario cuando la lluvia es superior, entonces la escorrentía superficial estará en excedente y podrá sobrepasar los bordos y después resultar en un daño a las estructuras.

### 3.11 La absorción de agua como eje fundamental del sistema

Para cultivar en línea clave se trata simplemente de hacer la última labor paralela a la línea clave. En consecuencia, en el terreno la única curva de nivel a replantear es la que pasa por el punto clave. Aguas arriba y abajo quedan rincones no trabajados, aun así, se

cultivarán los que no alterarán la efectividad de la línea clave. Entonces qué sucederá con el agua procedente de la precipitación, como los surcos son paralelos a la línea clave, se apartan de las curvas de nivel, lo que significa que el agua que caiga va a fluir hacia el costado del valle en vez de seguir la pendiente. Esto se traduce en un incremento del tiempo de infiltración del agua en el suelo *(*Yeomans PA 2008).

### 3.12 La Topografía

Es una técnica empleada para describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno, también poder conocer las características del lugar y que tiene por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (Gras 2009).

### 3.13 Precipitación

En un principio, la precipitación es definida, por el autor Máximo Villón, como toda forma de agua originada en la cobertura nubosa. De esta manera, se considera como precipitación la lluvia, la nieve el granizo, entre otras posibles formas de descenso del agua en la faz de la tierra. El origen de los cuerpos de aguas en las nubes se sustenta con la ascendencia de estos a la atmósfera de tal forma que disminuya su temperatura y parte de su humedad se concentre (Castillo y Ramírez sf).

Al contrario, Fattorelli y Fernández (2011) establecen que las nubes son arrastradas por los vientos, algunas permanecen sobre los océanos y, otras, son trasladadas hacia los continentes. En estos movimientos pueden enfriarse, por medio de los cuales las gotitas que forman las nubes se pueden agrandar, ya sea porque se juntan entre ellas o porque se aglomeran alrededor de partículas que flotan en la atmósfera. Al agrandarse, las gotas de agua caen por su propio peso hacia la superficie de la Tierra, provocando las precipitaciones. Las precipitaciones que se producen con temperaturas sobre 0ºC, caen en forma de lluvia. Las gotas de lluvia se congelan si la temperatura es bajo 0ºC y la precipitación es en forma de nieve o de granizo, estado sólido del agua. En relación al diseño hidrológico, la lluvia y la nieve tienen mayor importancia.

### 3.14 Ventajas de la cosecha de agua y suelo en línea clave

El diseño hidrológico del terreno con el sistema de línea clave combina la captación y conservación del agua con técnicas de regeneración del suelo, siendo capaz de restaurar suelos degradados, haciéndolos menos vulnerables ante las sequias y dado su enfoque holístico, considera favorables el uso de animales de pastoreo en el proceso. El diseño con línea clave es útil tanto en agricultura como en ganadería y desarrollos forestales, dando a si gran beneficio al suelo y sus propietarios, además de cumplir con las exigencias ecológicas actuales al jugar un papel importante en la captura de Carbono. Captar y almacenar el agua y reducir la erosión de suelos. Con el diseño de línea clave se aprende a ver la agricultura de otra manera. No obstante que se tiene la misma cantidad de lluvia, se dispondrá una mayor humedad en el suelo con los beneficios que ello conlleva (Cortes Torres *et al*. 2013).

### 3.15 El Agua

Esta singular composición y estructura confiere el agua unas características físicas y químicas de gran trascendencia en sus funciones biológicas, sobre todo en las relacionadas con su capacidad solvente, de transporte, estructural y termorreguladora. Hay que recordar que las funciones de los sistemas biológicos pueden explicarse siempre en términos de procesos físicos y químicos (Carbajal 2012).

Por otra parte, en cuanto a la importancia de este recurso con respecto al agro; en la agricultura a nivel global, se utiliza un 49.4% del agua, la cual se extrae de fuentes superficiales y subterráneas, mientras que la industria emplea el 35.3% y el resto corresponde a uso doméstico urbano (Cabián *et al.* 2015). Finalmente, esto indica que el agua es un elemento indispensable para todo ser vivo, que conduce y produce innumerables beneficios.

### 3.15.1 Agua subterránea

Toda formación geológica que contiene agua ocupando la totalidad de los vacíos y que la transmite de un punto a otro en cantidades suficientes para permitir su desarrollo económico, recibe el nombre de acuífero. En contraste, un acuicluso es una formación que contiene agua pero que no la transmite con la rapidez suficiente para proveer un abastecimiento significativo a un pozo o a un manantial. Un acuífero no tiene intersticios interconectados y no puede retener o transmitir el agua.

## 3.16 La Planeación y diseño hidrológico

Consiste en una serie de principios, técnicas y sistemas que se utilizan para coordinar un plan de desarrollo rural que redunda en la regeneración y embellecimiento de las tierras y el paisaje. Caminos, franjas de árboles en curvas a nivel, construcciones, potreros, cercas, subdivisiones, canales de desviación infiltración de agua, represas o reservorios de agua, cultivos, huertas y praderas para el pastoreo de animales (Gras 2010)

## 3.17 Capacidad de captación

Para una planificación de captación de agua de lluvia, la tarea más difícil es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo a la lluvia. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años (Anaya, citado por Van 2000).

## 3.18 Canal de desviación

Si se traza una línea clave a ambos lados del punto clave, se convierte en la guía para la construcción del canal de desviación, en la que el agua va ser re-distribuida uniformemente a lo largo de toda el área que cubra su distancia, en lugar de concentrarse naturalmente en los extremos (Gras 2010). Este método anula rotundamente la velocidad de la escorrentía e induce al apoyo de la gravedad. Por lo que interviene en el control total de la erosión.

### 3.19 Reservorios

Se emplea para el almacenamiento y protección del agua, estos pueden ser construidos directamente sobre la superficie del suelo o enterrados, son fundamentales en una red de abastecimiento de agua potable ya que permiten la preservación del agua (liquido) para el uso humano y los sistemas de riego en las actividades agrícolas (Gras 2009).

La utilización de estos reservorios o tanques de almacenamiento garantizan una permanente disponibilidad de agua en los lugares que se demande. A su vez existirá una buena proporción o se mantendrá en el reservorio el líquido de acuerdo a las buenas instalaciones que se realicen en la finca.

### 3.20 Punto clave

Según Ruiz (2013) entre la topografía del paisaje hay un punto de especial interés, llamado punto clave, que se encuentra en los valles justo cuando la velocidad del agua se retiene sobre la línea imaginaria que produciría un arroyo si tuviera agua. Si la velocidad del agua decrece en este punto hay mayor concentración de agua. El punto clave es importante porque es una concentración de agua puntual en el paisaje. Para conducir el agua hay que usar la gravedad y un canal, usando canales de infiltración que reconduzca el agua con una pendiente decreciente.

### 3.21 Línea clave

Línea clave, es una curva a nivel, única. Es la forma de conducir el agua desde el punto identificado como clave, las líneas que sean paralelas a ella, hacia arriba y hacia abajo ya tendrán una ligera pendiente que desviara el agua de este punto por gravedad hacia las zonas más secas, las zonas de ladera. Por eso la línea clave nunca debe de ser confundida con las curvas a nivel, porque en este caso todas las curvas son a desnivel que se usarán para transportar un excedente de agua a otro lugar más seco, las laderas. Cuando se realizan líneas paralelas a una determinada curva clave hacia arriba y hacia abajo por el cual, se hacen ajustes para que toda línea diseñada cumpla el objetivo de transporte de

agua. Estos ajustes se usan bien para plantar más árboles o crear biodiversidad tan necesaria en el control biológico para atraer fauna auxiliar (Ruiz 2013).

### 3.22 Diseño hidrológico

Según Navarro y Sánchez (2016) los procesos hidrológicos de la biosfera y sus efectos sobre la vegetación y tipos de suelo son de particular interés en el manejo de recursos hídricos. La precipitación, infiltración, filtración evaporación y transpiración puede verse afectados, en forma positiva o negativa por las actividades antrópicas realizadas para la sobrevivencia. Los seres humanos pueden alterar la magnitud de varios de los componentes relacionados con el almacenamiento del agua, incluyendo el agua retenida en el suelo, lagos, pantanos lagunas y ríos

Fattorelli y Fernández (2011) hacen mención que el diseño hidrológico busca interpretar y cuantificar fenómenos, con el fin de proporcionar un soporte a estudios, proyectos y obras de ingeniería hidráulica, de infraestructura y de medio ambiente. El desarrollo de la tecnología digital ha permitido a la hidrología alcanzar altos niveles de confiabilidad y consecuentemente, convertirse en un elemento clave en múltiples estudios y proyectos relacionados con el uso, manejo y control del agua.

El diseño hidrológico implica cambios en la topografía del terreno, algunos pueden ser implementados a mano, como los canales, caminos y zonas boscosas, otros requieren de maquinaria pesada para la construcción de bordos y reservorios de agua. También implica técnicas e interacción de cultivos de una manera diferente a las utilizadas en la agricultura convencional. Todo éste trabajo prepara las tierras para absorber rápidamente el agua, y mantener por más tiempo en el sitio el agua lluvia mejorando la capacidad física y biológica de la misma; desarrollar y hacer más profunda la capa vegetal; regenerar la estructura de las tierras y eliminar su erosión y salinidad. De hecho, un buen diseño incrementa la actividad microbiológica en el suelo mucho más que en su estado natural, lo cual excede en el aumento de la fertilidad.

### 3.22.1 Diseño hidrológico en línea clave

Los orígenes del diseño hidrológico del terreno o sistemas keyline (línea clave) se remontan en los años 50 del siglo pasado. Durante los años 50 hasta los 70, la literatura generada al respecto es casi de autoría exclusiva del creador del sistema; el australiano Percival Alfred ("P.A,") Yeomans (1905-1984). Aunque la metodología fue probada y comprobada en diversos sitios de Australia, donde se evidencio la eficiencia del sistema en el manejo y conservación del agua y regeneración del suelo en terrenos de usos agrícola, ganadero y forestal, el método tuvo poca difusión y ha permanecido casi ignorado fuera de Australia.

Este método de diseño hidrológico con línea clave se basa en capturar la lluvia en un campo de recolección mediante un diseño hidrológico de conducción a tanques, embalses o reservorios de forma óptima. Así como también, el infiltrado lento en terreno para beneficio del suelo (cosecha de suelo) y de las plantas.

Este diseño permite aprovechar al máximo el agua de lluvia, para ello se estudia y se modifica la topografía del terreno, identificando cual es la curva del terreno que mejor se acomoda en el contorno del mismo (traslado del agua), utilizando así, infraestructuras de pequeño impacto, como surcos, canales y caminos que conducen el agua para almacenarla en la tierra, estanques y embalses de forma óptima.

### 3.22.2 Importancia del diseño hidrológico

Este diseño permite transportar los excedentes de agua del paisaje con el patrón de líneas claves canalizado, sin alterar el suelo, sin socavar el horizonte y creando ranuras subterráneas para que el agua se mueva con facilidad.

Por lo tanto, admite aspectos como ser, ubicación de plantas endémicas a la par del mismo diseño, manejo silvícola, induce a promover la agricultura orgánica en el terreno, crea un concepto conservacionista, permite el involucramiento de la mujer y reduce el abandono del campo a la ciudad. De otra manera Van y Prieto (2000) indican que el aumento de la

disponibilidad de agua a través de este diseño mejora los rendimientos de la producción, así como la rentabilidad y hace posible la cosecha en zonas donde no existía esta posibilidad.

### 3.23 Cosecha de agua

Es un proceso mediante el cual se hace la captación y almacenamiento del agua lluvia con el objetivo de distribuir, asegurar y mantener la viabilidad del agua en el suelo. Al mismo tiempo aprovechar el agua de una manera racional. Siendo el agua el elemento más importante dentro de toda actividad agropecuaria y de cualquier desarrollo humano, el estudio detallado de la gestión hidrológica de un terreno es indispensable para desarrollar la técnica de cosecha de agua en la finca.

### 3.24 El suelo

Es una cubierta delgada de la superficie terrestre, que puede llegar a medir desde unos pocos centímetros hasta varios metros de espesor, que, en contraste con el material rocoso subyacente, posee horizontes, los cuales reflejan procesos característicos de su formación. Esta frágil cubierta superficial de la tierra, pero de compleja composición y estructura, está formada por partículas minerales (arcillas, limos y arenas), y orgánicas provenientes de organismos vivos, muertos y residuos de su interacción. Contiene en sus poros gases y soluciones y constituye una interface que permite intercambios entre la litosfera, biosfera y la atmosfera (USDA 2006).

### 3.25 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas son aquellas que reflejan la manera en que el suelo acepta, retiene y proporciona el agua a las plantas, así como las limitaciones para el crecimiento de raíces, emergencia de plántulas y también la infiltración y el movimiento del agua dentro del perfil. Algunas de estas propiedades son la textura, estructura, color, profundidad, densidad aparente, humedad, consistencia e infiltración. La importancia de las propiedades físicas de un suelo es relevante porque, en gran medida, determinan el

comportamiento químico del mismo y en última instancia su comportamiento (Leyva 2012).

### 3.25.1 Textura

La determinación de textura consiste simplemente en indicar, para un suelo dado la proporción: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, se determina igualmente la cantidad de grava y gravilla. En suma, es un análisis granulométrico (Rodas 2006)

### 3.25.2 Estructura

La formación de estructura implica aglutinar y cementar las partículas individuales que componen los sólidos del suelo en unas más grandes llamadas agregados y que se mantienen unidas a través del tiempo. Un suelo con buena estructura es fácil de cultivar, no es arrastrado por la lluvia ni por el viento, el agua y el aire penetran muy bien, las raíces de las plantas tienen buen desarrollo. Por el contrario, en un suelo con mala estructura, el aire no puede penetrar, se pegan las herramientas de trabajo ya que cuando están húmedos son como una masa (Hudson 2006)

### 3.25.3 Color

Un carácter del suelo, fácil de observar y para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local. Pero, por una parte, el proceso que colorea el suelo no es siempre fundamental y de igual forma la misma coloración, los matices bien pueden resultar de causas diferentes. Es así que ese carácter debe ser utilizado con circunspección y sabiendo que raramente tiene valor como criterio de clasificación al nivel de los grandes tipos de suelos (Hudson 2006).

### 3.25.4 La Profundidad efectiva del suelo

Profundidad a la cual la planta no tiene impedimentos físicos para el correcto crecimiento de las raíces en el suelo. Una profundidad de suelo efectiva de 55 cm, con presencia de

grava en profundidad, dificultan la retención de agua del perfil, es decir a los 55 cm el agua se drena más rápidamente que en la superficie, entorpeciendo la absorción de agua y nutrientes desde el suelo a la planta, por lo tanto, la concentración de la mayor cantidad de raíces sobre la capa de gravilla o grava, representa un impedimento que limita la cantidad de suelo explorable por dichas raíces (Rosas y Arribillaga sf).

### 3.25.5 Densidad aparente

Gutiérrez (2010) menciona que la densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso. Para medir la densidad aparente se retira del campo una muestra de suelo de volumen conocido y se coloca en el horno a 105 ºC, hasta que alcanza un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo.

### 3.25.6 Humedad

El contenido de agua en el suelo es indispensable para la nutrición de las plantas y actúa como vehículo de los elementos nutritivos disueltos. Por otra parte, es uno de los principales condicionantes de los procesos de formación del suelo. Las forestaciones y el medio ambiente, fuentes principales que proveen de agua al suelo son las lluvias y la presencia de capas subterráneas (Torran 2007).

### 3.25.7 Consistencia

Es firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos mojados, se expresa como adhesividad y plasticidad. La consistencia del suelo puede estimarse en el campo mediante ensayos sencillos o medirse con mayor exactitud en el laboratorio (IICA 1985).

### 3.25.8 Infiltración

Infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores, en muchos factores del suelo afecta el control de la infiltración, así como también gobiernan del movimiento dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración ( Vélez *et al* 2002).

## 3.26 Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas son aquellas que inciden sobre la relación suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo y disponibilidad de nutrimentos para plantas y microorganismos. Algunas de ellas son el pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad de absorción de fosfatos, contenidos de nutrientes disponibles (Leyva 2012).

### 3.26.1 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye un complejo sistema de sustancias cuya dinámica viene determinada por la incorporación al mismo de restos orgánicos de origen vegetal y animal en distinto grado de descomposición y cuyas características evolucionan por la influencia de factores biológicos, químicos y físicos (Jaramillo C 2012).

Tanto la materia orgánica es responsable de la formación y desarrollo del suelo, y la energía de ambas fuentes son el soporte para un gran número de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos). Estos microorganismos están constantemente modificando el material parental del cual los suelos son formados, liberando nutrientes para las plantas. Esta mezcla íntima de los fragmentos de roca fina con materia orgánica acelera la descomposición de las rocas y aumenta la velocidad de la formación del suelo (Jaramillo C 2012).

Según Sagastume y Raudes (2009) el humus es materia orgánica en estado avanzado de descomposición, de consistencia masiva amorfa, homogénea y color oscuro. La materia

orgánica es necesaria para mantener los nutrientes disponibles para las plantas. Un suelo típico cultivado contiene alrededor de 5% de materia orgánica; a pesar de este bajo porcentaje, la influencia que ejerce en el suelo se ve reflejada en la productividad del mismo.

### 3.26.2 El pH del suelo

Mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrógenos (H+) que existen en el suelo. El valor máximo en la escala de pH es de 14 y el valor de un suelo neutro es 7, siendo ácidos todos aquellos valores inferiores a 7, y básicos todos aquellos valores superiores a este. Las plantas en general presentan su mejor desarrollo en valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están mas fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado (Garrido sf).

## 3.27 Propiedades cualitativas del suelo

### 3.27.1 Cromatografía en papel

Según Restrepo y Pinheiro (2011) la cromatografía es un método cualitativo y físico de separación en distintos componentes de una mezcla para la debida caracterización de composiciones complejas, con la aplicación en todas las ramas de la ciencia. Está compuesto por un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes (calidad del suelo, manifestación del agua, oxigenación, humus) de una mezcla para identificar y en muchos casos determinar las cantidades de dichos componentes (Bakker y Brakker 2008).

# IV MATERIALES Y MÉTODO

## 4.1 Materiales y equipo

Para identificar el área de captación y las variables del suelo se utilizaron: un receptor de posicionamiento (GPS), piocha, machete, cuerda, pala, azadón, hacha y otros, para análisis de suelo en campo.

En el análisis del Diseño hidrológico se utilizaron; nivel de manguera, estadias, cinta métrica, estacas, software de SIG, Excel, Word, PowerPoint.

En la implementación del diseño se utilizó cuerda, piocha, pala, azadón, machete, hacha estadias y manguera.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Descripción del sitio de estudio

El terreno está ubicado en la comunidad, El Granadillo del municipio de San José sobre el km 20 de la carretera de Marcala que conduce a La paz y unos 800 metros sobre carretera secundaria transitable en vehículo 4x4. Está situado entre el municipio de san José y Santa María La Paz, se encuentra a una altura media de 1702 msnm, con coordenadas X-402082, Y-1572855, X-402280, Y-1572450. La precipitación promedio anual es de 1482 mm., la época seca se extiende desde diciembre hasta abril y la época lluviosa va desde mayo a noviembre; el mes seco es de marzo con 22 mm, y el más húmedo diciembre y enero, hasta los 28.7 ºC en el mes de abril, con un promedio anual de 19º ( MANCEPAZ 2013).

Hace 25 años, se realizaban malas prácticas agrícolas como ser ganadería extensiva, rosa tumba y quema y era una finca completamente convencional. Por las malas prácticas, se estaba perdiendo la flora y la fauna, como también se estaban secando los nacimientos de agua existentes. En el año 2000, se empezó a trabajar la finca con fertilizantes convencionales, sembrando granos básicos, hortalizas, frutales, café y con malos resultados por los altos costos de los insumos y por la gran proliferación de plagas y enfermedades en la finca; gracias a eso les motivo a buscar agricultura orgánica en el año 2011.

Desde entonces surgen nuevas ideas y hace 7 años se trabaja en la finca con abonos orgánicos, y se han obtenido muy buenos resultados con la siembra de granos básicos, apicultura, avicultura, es una finca completamente diversificada y que genera alimentos de alta calidad. Se producen y se procesan cafés especiales para el mercado alemán y se obtienen buenos ingresos por la venta de productos, es así como hoy en día es una finca auto sostenible.

Con los buenos resultados obtenidos en la finca, surgió el nombre Arcanos (conocimiento no revelado), y ha servido para la formación técnica de muchos productores y productoras, nacionales y extranjeras, la finca Arcanos aparte de la producción cuenta con un potencial turístico, una zona que tiene un buen inventario de flora y fauna, y se están construyendo senderos como punto de partida para impulsar un proyecto de aviturismo y se han realizado muchas investigaciones como ser el desarrolló del caldo mineral COMSA que es muy utilizado por los productores de la zona, y está en desarrollo el proyecto plantas con memoria además de un proyecto que está por comenzar que es potenciar la transformación de nitrógeno molecular o nitrógeno orgánico.

La finca tiene una extensión de 5.5 manzanas que incluye el terreno donde se realizó el estudio y otras áreas de escurrimiento. El terreno está catalogado como bosque húmedo intramontano bajo, esta área pertenece a la zona de amortiguamiento de la reserva biológica del municipio de Guajiquiro, son suelos muy vulnerables (están catalogados como suelos podisoles) suelos rojos, con poco contenido de materia orgánica y pocos minerales, suelos bien profundos.

## 4.3 Limites

El municipio de San José, tiene los siguientes límites geográficos Al Norte con los municipios de Masaguara y Santa María Al Sur con el Municipio de Chinacla Al Este con el Municipio de Santa María Y al Oeste con los Municipios de Márcala e Intibuca. Dentro de este municipio, se encuentra la finca Arcanos (figura 1).

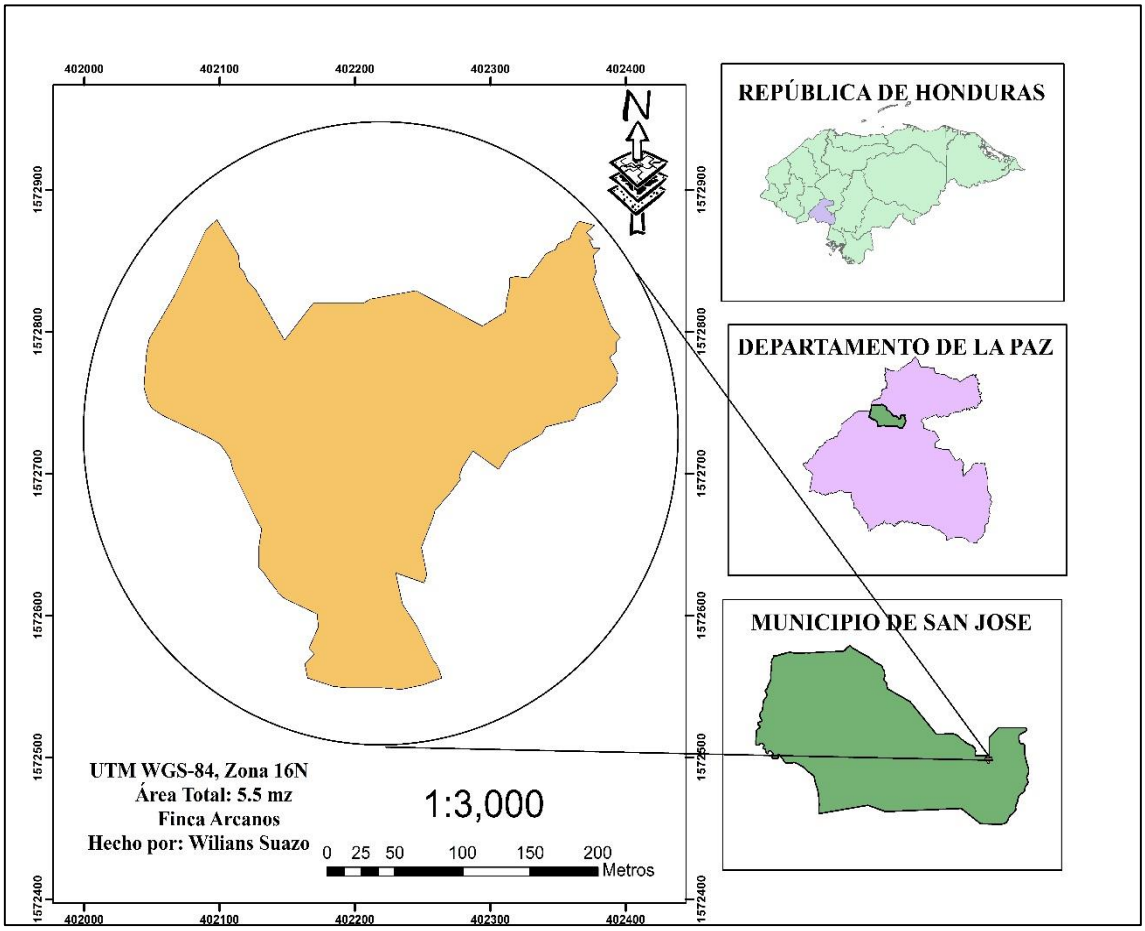



**Figura 1.**Ubicación geográfica de la finca Arcanos en el municipio de San José, La Paz, Honduras

## 4.5 Proceso metodológico

Etapa 1: Potencial de captación y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Etapa 2: Movimiento natural del agua y análisis de diseño hidrológico del terreno.

Etapa 3: Implementar el diseño hidrológico en el terreno.

Previo a iniciar el proceso metodológico se realizó una prospección del sitio de estudio ya que fue importante conocer las fuentes de información meteorológica, el área potencial de captación (mediante herramientas de SIG) y las formas del relieve (valle, ondulado, escarpado). Así mismo, se recolectaron los datos para medir la cantidad de precipitación caída durante el periodo de tiempo que duró el estudio.

Etapa 1: Para determinar el potencial de captación se identificó el área de recarga del terreno y se delimitó ya que su relieve tiene un parte aguas bien definido. Así mismo previo a delimitar el terreno en la finca (con receptores de GPS Garmin Etrex 10), se hizo una aproximación con herramientas de SIG para conocer el área potencial de captación (Velásquez 2016).

Las propiedades físicas del suelo se determinaron mediante un muestreo sistemático. Para ello, se insertó una cuadrícula sobre el terreno y cada intersección se marcó como punto de muestreo, donde se extrajeron las coordenadas geográficas para posteriormente buscarlas con un receptor de GPS en el sitio de estudio. Se consideró para este trabajo seleccionar 36 puntos de muestreo y las variables que se midieron son estructura del suelo, densidad aparente, color del suelo y profundidad efectiva (figura 2). Cabe resaltar que de las parcelas donde se extrajo información edáfica, solamente una de ellas fue considerada para el diseño hidrológico.

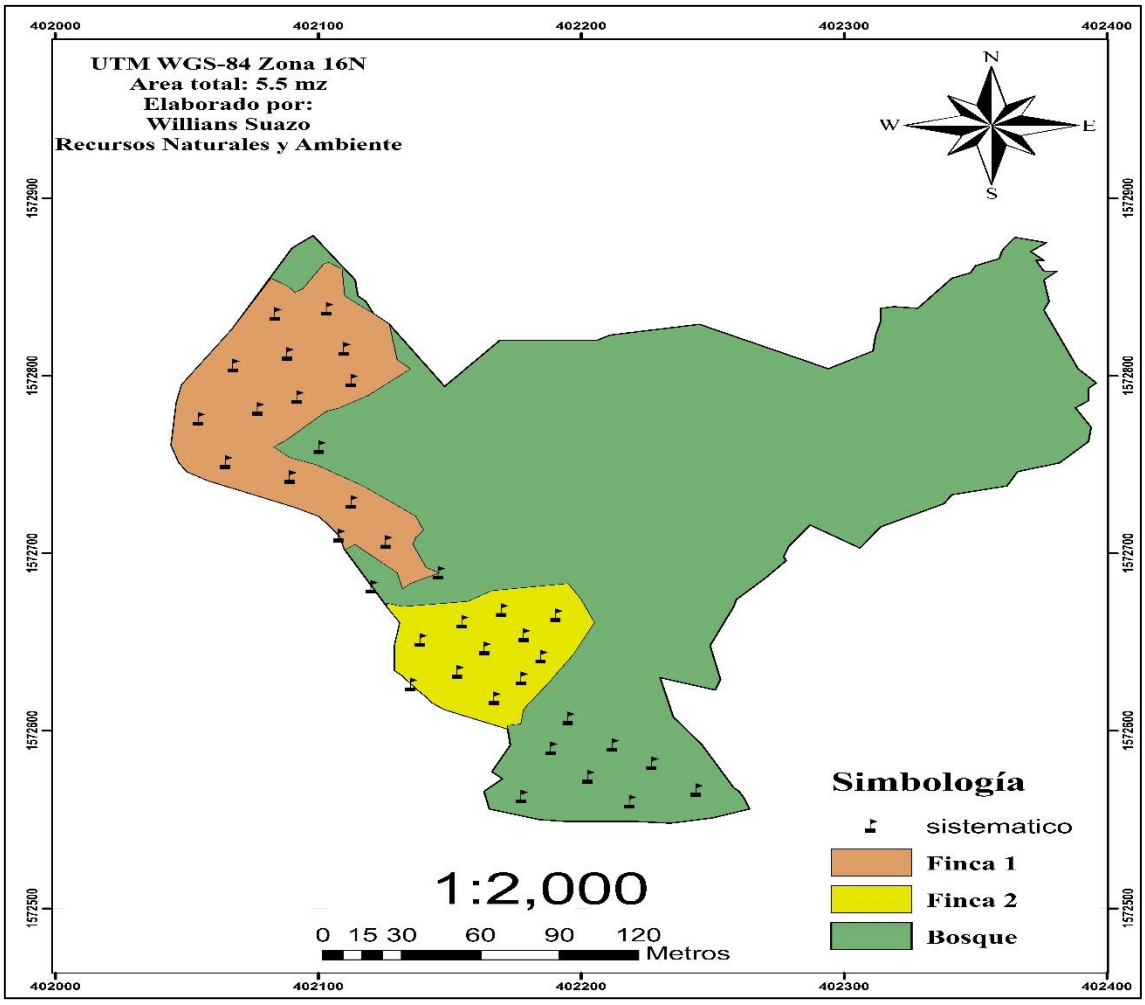



**Figura 2.** Ubicación de los puntos de muestreo para la obtención de las propiedades físicas del suelo en la finca Arcanos.

Además, se realizó cromatografía en papel, para ubicar los puntos de muestreo en el área de estudio (donde se realizó el diseño hidrológico) se tomó tres puntos en diferentes partes según la pendiente donde se hizo el muestreo de la siguiente manera, parte alta, media y baja para el respectivo procesamiento y análisis de los datos según el relieve del terreno ondulado (Figura 3).

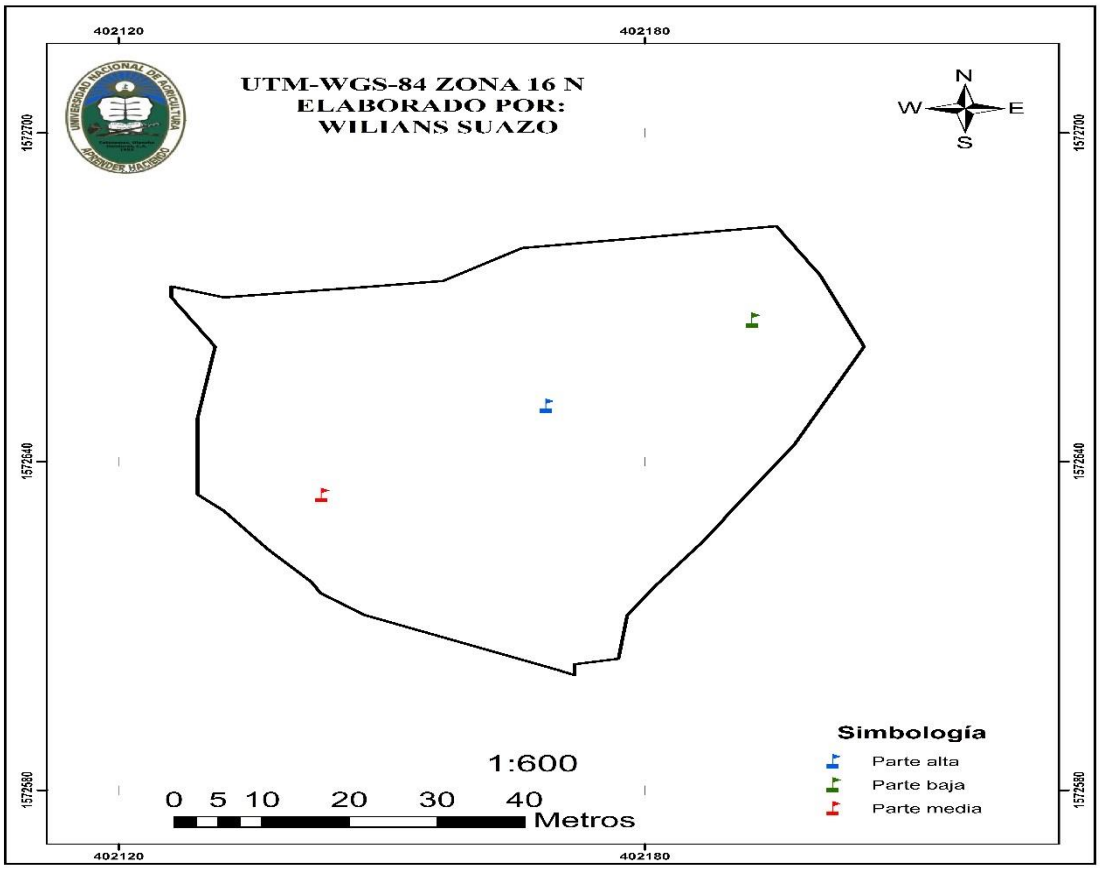



**Figura 3.** Ubicación de los puntos de muestreos para la obtención de las propiedades cualitativas y análisis de cromatografía en la finca Arcanos.

Para las variables químicas del suelo, se tomaron muestras bajo un esquema de zig zag en tres diferentes parcelas del área de estudio obteniendo 12 submuestras por muestra de cada lote,las muestras se obtuvieron en terrón. Este tipo de muestreo se realizó en cada parcela, haciendo un total de tres muestras las cuales fueron enviadas al laboratorio del Zamorano para el respectivo análisis (Figura 4).

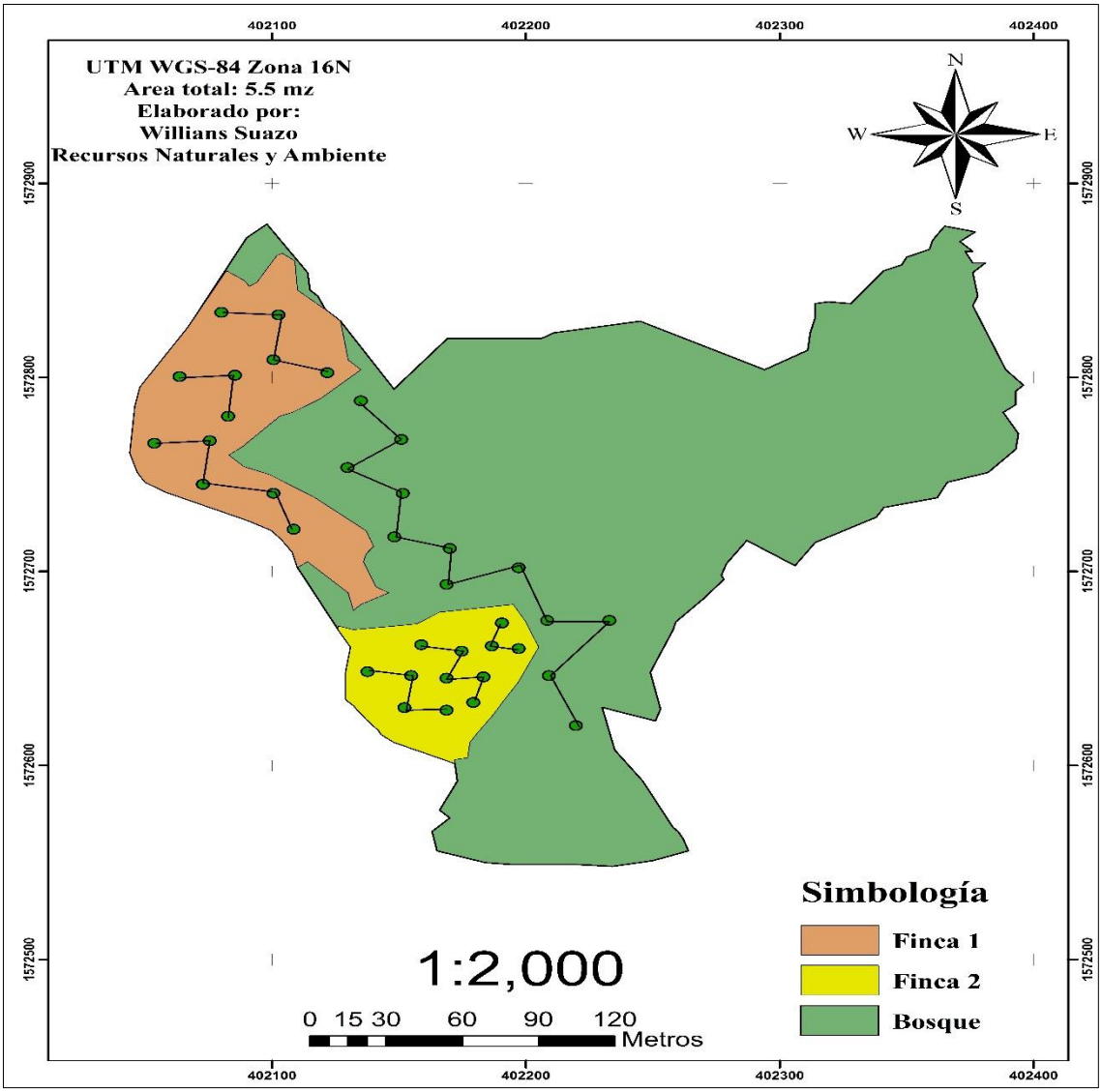



**Figura 4**. Ubicación de los puntos de muestreo para el análisis de las propiedades químicas del suelo para el bosque y finca Arcanos.

Además de las variables anteriores, se evaluó el monolito (TSBF) en el área de estudio. Con este método se realizó un análisis cualitativo mediante la técnica de trampas para microorganismos, es decir hongos y bacterias, con el fin de cualificar la presencia y estimar su tipo dentro de la misma zona. Para ello, se seleccionaron tres puntos de muestreo bajo el criterio técnico de la topografía, donde cada punto se ubicó en tres diferentes parcelas en el área de estudio.

### 4.6 Estructura

Para la determinación de la estructura, se utilizó la metodología de Hulak (1981). Se tomó una muestra de suelo, procurando mantenerla en forma original hasta que se procediera a manipularla. Se presionó ligeramente al principio y poco a poco se aplicó mayor presión para permitir que se rompiera. Cuando la muestra de suelo cedió, se identificó la estructura a través de la forma que adopto.

### 4.7 Profundidad efectiva

Para determinar la profundidad efectiva de suelo se realizaron tres calicatas en tres diferentes parcelas del área de estudio con 1 m de profundidad por 1 $m^2$ de área por cada calicata donde se evaluó los impedimentos del suelo como ser: suelo delgado, roca, y suelo compactado y se encontró que hasta los 80 cm de profundidad presento indicios de las raíces de las plantas.

### 4.8 Textura

La determinación de la textura se realizó en el laboratorio del Zamorano. Estas muestras surgieron a partir del muestro para las variables químicas descritas anteriormente.

### 4.9 Densidad aparente

Se utilizó la metodología de Velásquez (2016). Con ayuda de un martillo y un pedazo de madera se introdujo un cilindro de 5 cm de alto por 5 cm de diámetro, luego con un machete se retiró el cilindro y se cortó el suelo sobrante de los extremos, próximamente se procedió a sacar el suelo del cilindro y colocarlo en una bolsa transparente con su respectiva etiqueta. Posteriormente, se procedió a secar la muestra en una secadora solar y se continuó en calcular la densidad aparente aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen total del suelo}} \textit{medida en } g/ml$$

$V = \pi r^2 L$

### 4.10 Porosidad

Para medir esta variable se hizo uso de la fórmula de densidad aparente (inciso anterior) más la siguiente:

$$\% \text{ de porosidad} = 100 - \left(\frac{Densidad\ aparente}{Densidad\ real}\right) x100$$

Siempre tomando en cuenta que la densidad real es igual a: 2.65 $g/cm^3$

### 4.11 Color del suelo

Para determinar esta propiedad se extrajeron muestras de suelo en los diferentes puntos tomados como representativos en el área, luego se realizó una comparación del mismo con la matriz de colores de la tabla de Munsell, obteniendo así, la nomenclatura y color con mayor predominancia en el terreno.

### 4.12 Hongos

En un vaso plástico, se colocó una pequeña cantidad de arroz (al diente), con una malla fina se procedió a taparlo. Posterior mente se abrió un agujero en el suelo a modo que el vaso se pudiera introducir, después se tapó con hojas secas del lugar y se dejó por un periodo de 7 días en los puntos correspondientes, posteriormente se retiró la trampa, en esta medida finalmente en acompañamiento de la literatura se verificó ausencia o presencia de hongos.

Además, se utilizó otro método para la identificación de hongos filamentosos; la dilución en placa; que es uno de los métodos más utilizados para el aislamiento de hongos de suelo, también denomina suspensión en placa.

### 4.13 Macroorganismos del suelo

Para este parámetro en cada punto de muestreo, se recogieron bloques de suelo de 0-10 y de 10-20 cm de profundidad según la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) (Anderson e Ingram 1993). Se medió un marco de 25 x 25 cm para marcar la posición del monolito, luego se realizó una zanja a su alrededor de 25 cm de ancho y 20 cm de profundidad, aislando el monolito como un pilar no perturbado, y hacer el análisis cualitativo en las tres diferentes parcelas del área de estudio (Figura 5).

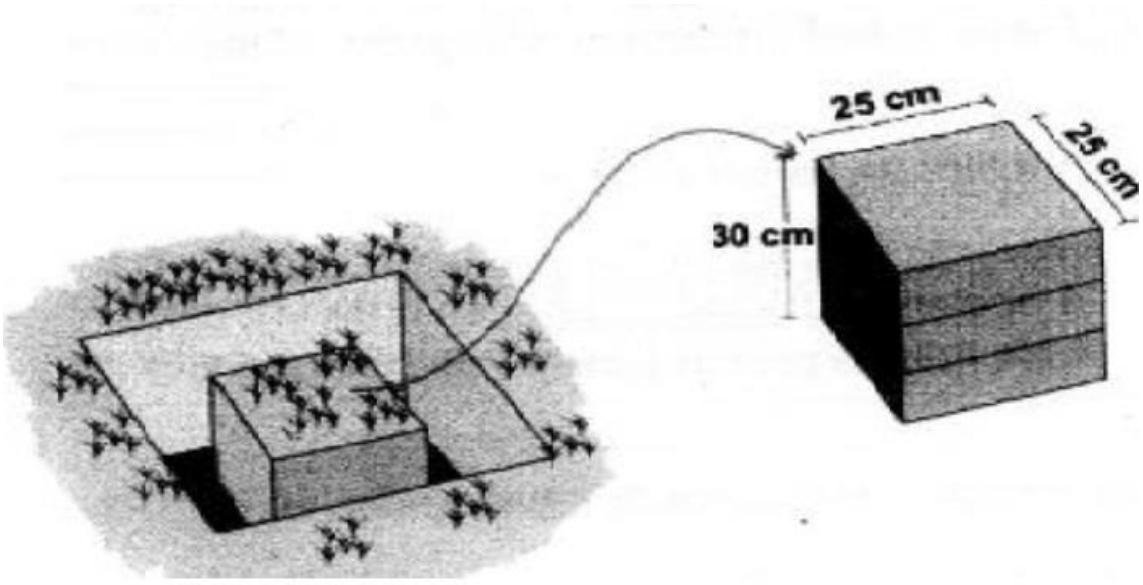



**Figura 5.** Esquema para la extracción del volumen de suelo en el estudio realizado en la finca Arcanos (Anderson e Ingram citado por Rodríguez 2016).

**Cuadro 1.**Clasificación FAO para la densidad de macroorganismos.

| | | |
|---|---|---|
| - | **Nulo** | No se observa ningún organismo (solo en casos excepcionales) |
| + | **Bajo** | Se observa de entre 1-20 organismos |
| ++ | **Moderado** | Se observa de entre 21-60 organismos |
| +++ | **Alto** | Se observa más de 60 organismos |

Fuente: FAO 1981 citado por Rodríguez 2016.

### 4.14 Movimiento natural del agua y análisis del diseño hidrológico del terreno

Para conocer el movimiento natural del agua se determinó las curvas a nivel del terreno, estas se obtuvieron haciendo uso de un nivel de manguera más un receptor de posicionamiento GPS y las herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Teniendo identificado por donde se mueve el agua y el objetivo de uso del terreno el cual consistió en un diseño para infiltración, se prosiguió a realizar el diseño hidrológico. Las obras y el dimensionamiento con que se realizaron dentro del diseño, dependió del mismo objetivo.

### 4.15 Trazado de curvas a nivel y georreferenciación

Con dos estadías graduadas en metros (m) se tomó la manguera con agua y se procedió a calibrarla. Se ubicó el punto donde se comenzó la sección, se marcó con una estaca, y luego a partir de ese punto se fijó la primera estadía de mando.

Una vez que se ubicó la estadía en el primer punto, se colocó la siguiente en el otro extremo hasta encontrar el nivel, seguidamente se estableció el punto con una estaca (la distancia recorrida dependió de las características topográficas del terreno). Esta metodología se utilizó hasta terminar las curvas a nivel. Para comenzar la siguiente curva, dependió de la pendiente que contiene el terreno.

La cantidad de curvas trazadas dentro del terreno dependieron de las consideraciones prescritas (pendiente y área del mismo). Finalmente se georreferenció cada estaca de todas las curvas utilizando un receptor GPS. Con los puntos que se tomaron en campo mediante el receptor GPS, se elaboró un mapa de representación del perímetro y las curvas a nivel.

Una vez que se elaboró el mapa, se procedió a realizar el análisis con respecto a las curvas e identificar las vertientes y laderas del terreno, logrando con esto, ubicar las líneas claves

del mismo. Una vez obtenido el análisis, se consideró realizar las curvas con el fin de recolectar agua y mover humedad de las vertientes a las laderas a través de los canales.

### 4.16 Implementación del diseño hidrológico en el terreno

Se analizó el diseño hidrológico de línea clave, y se proseguirá a implementar el diseño en el terreno. Este trabajo se hizo de manera manual, se colocó una cuerda color negro (para su visibilidad) de estaca a estaca o puntos de referencia del nivel, y se procedió a elaborar los canales, utilizando para ello; piocha, pala, machete y algunas veces hacha para cortar las raíces de algunos troncones que obstruían el paso del canal. Además, dentro de las obras físicas también se construirán los reservorios, estos surgieron a partir de la interpretación de las curvas, el análisis del diseño hidrológico y los datos de precipitación para el sitio, colocando así los reservorios en los puntos que indicó el diseño (Velázquez 2016).

Por otra parte, se consideró que el terreno contiene zonas escarpadas en la parte superior del mismo, no obstante, se razonó que, al llover, este suelo podría ser una amenaza para el diseño de canales en la parte baja, considerando que las lluvias son frecuentes, pero con mayor intensidad. Por consiguiente, se realizó una visita al sitio con dos objetivos que finalmente fueron condiciones, uno era identificar las zonas de intersección, donde ganaba mayor velocidad la escorrentía y el otro era ubicar esos puntos (GPS) que producían un aumento o suma tributaria para la escorrentía precipitada.

# V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 5.1 Potencial de captación de agua

El área de captación para el terreno es de 1.2 mz equivalente a (8,400 $m^2$). Esta área coincide con el parte aguas del sitio lo que indica que el agua precipitada está disponible para ser cosechada ya que el relieve la dirige hacia el lugar donde se implementó el diseño hidrológico. La capacidad de captación del terreno por su área es de 8,400 l (8.40 $m^3$) de agua por cada milímetro de lluvia precipitada.



**Figura 6.** Ubicación de área potencial de captación en la finca Arcanos

### 5.3 Propiedades físicas del suelo

**Textura**: En el resultado del análisis de suelo se determinó que la finca Arcanos (terreno 1 y 2 de la finca y el bosque) presentan un suelo franco arenoso, señalando que el bosque contiene un 68% de arena, 18% de limo, y 14% de arcilla, y la finca 1 contiene, 60% de arena, 20% de limo y 20% de arcilla. La finca 2 presento los mismos resultados que la finca 1. Esto indica que es un suelo apto para la agricultura, Por otra parte, si el contenido de materia orgánica aumenta durante los años siguientes, se reduciría la pérdida de nutrientes por lixiviados y facilitaría la captación de los mismos por las plantas, además, sería un suelo con una composición equilibrada de cada mineral, induciéndolo a ser un suelo agrícola fácil de trabajar y con buenas reservas de nutrientes (FAO, s. f).

**Cuadro 2.** Clase textural y porcentajes obtenidos de arena, limo y arcilla según el análisis de suelo.

| Muestra | Arena | Limo | Arcilla | Textura |
|---|---|---|---|---|
| Finca 1 | 60% | 20% | 20% | Franco arenoso |
| Finca 2 | 60% | 20% | 20% | Franco arenoso |
| Bosque | 68% | 18% | 14% | Franco arenoso |

**b. Estructura**: La finca orgánica Arcanos presenta una estructura granular, lo cual demuestra que no se presenta un asocio entre los agregados del suelo y esto permite que haya un mayor crecimiento radicular de las plantas.

Los suelos con buena estructura favorecen el flujo de aire, de agua y de nutrientes a través de los espacios porosos, y ofrecen una resistencia natural a los embates del uso agrícola intensivo y del impacto de la lluvia y del viento. Por lo tanto, se puede considerar que el tamaño, la forma y la organización del conjunto de poros y agregados son factores clave de la calidad del suelo.

**Cuadro 3** Densidad aparente: Según los resultados obtenidos en la finca Arcanos.

| Muestra/punto | Peso servilleta | Peso de muestra | Peso neto húmedo | Peso seco | Peso seco neto | Contenido de agua/ gramo de suelo | Densidad aparente en base a la humedad | Densidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Finca Arcanos 1** | | | | | | | | |
| 1 | 2.2 | 120.3 | 118.1 | 85.2 | 83 | 0.41 | 83.64 | 0.85 |
| 2 | 0.9 | 139.5 | 138.6 | 89.9 | 89 | 0.55 | 89.32 | 0.91 |
| 3 | 0.7 | 129.5 | 128.8 | 87.1 | 86.4 | 0.49 | 86.63 | 0.88 |
| **Finca Arcanos 2** | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 120.6 | 119.6 | 78.4 | 77.4 | 0.54 | 77.75 | 0.79 |
| 2 | 0.8 | 128 | 127.2 | 90 | 89.2 | 0.42 | 89.44 | 0.91 |
| 3 | 0.7 | 128.3 | 127.6 | 92.2 | 91.5 | 0.39 | 91.70 | 0.93 |
| **Bosque** | | | | | | | | |
| 1 | 0.5 | 131 | 130.5 | 70.3 | 69.8 | 0.86 | 70.03 | 0.71 |
| 2 | 0.4 | 138.2 | 137.8 | 74.5 | 74.1 | 0.86 | 74.28 | 0.76 |
| 3 | 0.8 | 134.2 | 133.4 | 72.9 | 72.1 | 0.84 | 72.47 | 0.74 |

Los datos obtenidos en la finca Arcanos presento valores bajos de densidad aparente, ya que analizando su estructura y textura coinciden con los valores encontrados y esto resalta debido a la cantidad de abonos que se están aplicando en la finca y por la cantidad de materia orgánica que allí se encuentra.

La densidad aparente en la finca “1” varía entre 0.85, 0.91 y 0.88, son valores levemente superiores a los del bosque 0.71, 0.76 y 0.74, siendo la diferencia no significativa. Los valores bajos de la densidad aparente se deben al desarrollo de una estructura porosa. La porosidad total del suelo es relativamente elevada y todavía más alta en las fincas cultivadas que en los forestales, sin que haya una diferencia significativa.

**C. Precipitación**

**Cuadro 4.** Registro de precipitaciones en finca Arcanos durante el tiempo de estudio septiembre 2017 a diciembre (IHCAFE 2018).

| Fecha | | Precipitación | promedio 33 años |
|---|---|---|---|
| 19/09/17 | 04/10/17 | 103.9 | 192.37 |
| 04/10/17 | 18/10/17 | 99.1 | 141.46 |
| 18/10/17 | 01/11/17 | 229 | 107.06 |
| 01/11/17 | 15/11/17 | 59.2 | 46.69 |
| 15/11/17 | 29/11/17 | 10.1 | 41.45 |
| 29/11/17 | 13/12/17 | 39.3 | 32.81 |

Con la precipitación caída durante los primeros 15 días se encontraron precipitaciones más intensas, y con la misma frecuencia, con intervalos de uno a dos días se presentaron esas lluvias intensas. en los siguientes 15 días se presentaron precipitaciones intensas, pero con menor frecuencia, ya para el siguiente mes no hubo precipitaciones intensas y no se presentaron con la misma frecuencia y en el último mes se presentaron con mayor frecuencia, pero con menor intensidad. las precipitaciones que corresponde para la zona de estudio son las intensas que generan mayores niveles de erosión menor infiltración de agua (se va por escorrentía) y menor disponibilidad de agua al suelo

**d. Color del suelo**: Según los resultados del muestreo realizado en la finca, Arcanos se encontró que el color predominante en el sitio de estudio es el color 4/6 strong Brown fuerte es un color oscuro y muy demostrativo, esto es debido a las actividades que se están realizando como ser la aplicación de muchos abonos orgánicos y el buen manejo de la finca.

Además, la materia orgánica juega un papel esencial en la coloración del mismo, no obstante Delgadillo y Martínez (s.f), hacen mención que, en suelos con disolución o escasos de contenido de materia orgánica, da lugar al incremento de sodio el cual puede formar colores

oscuros y presentar pH muy alcalinos, y que a su vez este tipo de pH tiende a migrar a la superficie del suelo.

Un suelo de color oscuro, absorbe mayor cantidad de energía radiante dando lugar un mayor grado de evaporación y se absorbe más que un suelo de color claro. En otras palabras, se podría decir que el color del suelo presente en el área donde se trabajó en la finca Orgánica Arcanos tiende hacer marrón lo que indica un nivel medio de absorción de energía radiante, por lo tanto, el grado de evaporación es mínimo debido a que presenta buena cobertura vegetal.

### 5.5 Propiedades químicas del suelo

El suelo presenta un pH de 5.05 está debajo del rango normal es un suelo alcalino.Sin embargo, Molina (s.f) estipula que si un suelo está por debajo de 5.5, son suelos considerados muy ácidos, lo cual indica que la solubilidad del aluminio se incrementa y por ende aumenta el riesgo de que cause toxicidad para las raíces de un cultivo. Por otra parte si el pH es bajo, aparecen otros elementos con gran magnitud, como ser el Hierro (Fe), Mánganeso (Mn), Zinc (Zn), entre otras trazas inorgánicas que inhiben la ecología de un terreno.

En la finca “1” con uso de suelo árboles dispersos, bosque, café, presenta un pH de 5.21 lo cual indica que existe un aumento del mismo en relación al anterior. La disminución en la acidez con respecto al “sitio del bosque”, le permite una mayor disponibilidad de nutrientes (ciclaje de nutrientes), pese a que hay mayor pendiente. Sin embargo, haciendo una comparación de contextos, se observa que además de ser suelos desnudos está en mejor estado que el área del bosque, y los resultados obtenidos de pH en la finca “2” es de 5.28 y son suelos con mayor fertilidad y con el mismo uso de suelo que en la finca 1.

Se utilizó el método de calcinado para evaluar el contenido de materia orgánica, demostrando que para el “sitio del bosque” fue de 13.97%. Este resultado manifiesta que existe una alta cantidad de MO según la tabla comparativa del zamorano. Así mismo en la finca “1”la

materia orgánica es de 6.28% y en la finca “2” es de 7.18% si se hace una relación con la textura de la finca (franco arenoso) se observa que está implícita la vinculación entre ambas variables, y hay una mejor microbiología del suelo en ambos sitios de estudio.
Por otra parte, la cantidad de materia orgánica que se encuentra en la finca Arcanos es muy alta, debido a la mayor cantidad de materia vegetal en descomposición durante años sin modificarse, y por el uso y manejo del suelo y las practicas que se están implementado sobre el tema de finca orgánica.

Macronutrientes: En comparación con los resultados del nitrógeno (N), se observa que para el sitio “bosque”0.70 ppm nitrógeno y para la finca 1 es de 0.31 ppm y 0.36 en la finca 2, dicho nitrógeno está presente en la materia que ahí se encuentra.

El resultado para el fosforo, indica que los yacimientos de fosfato natural son bajos en ambas áreas, mostrando solamente 3 ppm para el “bosque” y 3 ppm para la finca “1” y 2 ppm para la finca “2”.

El potasio en el sitio “bosque” con 168 ppm, siguen siendo bajo con respecto a la finca “1” con 449 ppm, y 345ppm en la finca “2” sin embargo el valor es muy bajo para el área del bosque mientras tanto que en la finca uno hay un alto contenido de potasio y en segundo lugar se encuentra la finca 2 que presenta un buen porcentaje de potasio.

Elementos secundarios: Las proporciones calcio-magnesio ponen en antesala el resto de los elementos, en efecto la finca arcanos, las cantidades de calcio (Ca) que presentan fue de 817 ppm para el sitio “bosque” y 787 ppm para la finca “1”la finca “2”tiene un total de 634 ppm Manifestando que la finca 1 y 2 se encuentra bajo del rango, el cual oscila entre 800 y 6000 ppm. El calcio es un buen regulador de pH en el suelo.

El magnesio (Mg), revela un nivel medio de 179 ppm para el área del bosque y 107 ppm en la finca 1, y 92 en la finca 2 siendo el primero el valor más alto.

Micronutrientes: Según los resultados del Zamorano el micro elemento que se encuentra mayor cantidad para ambos sitios (bosque, finca 1, 2), es el hierro (Fe) con 96 ppm para el sitio “bosque” y 80 ppm para la finca “1” y 91 ppm para la finca 2 con contenidos altos. Seguido del manganeso con 38 ppm para el sitio “bosque” y 26 ppm para la finca “1” y 92 ppm para la finca 2 considerando los contenidos como medios, al igual que el sodio (Na), que en el sitio “bosque” presenta 13 ppm 44 ppm en la finca “1” y en la finca “2” 14 ppm

Por otra parte, el cobre (Cu) con importancia en la constitución de algunas proteínas y enzimas, presentó cantidades medias 1.1 ppm para el área bosque, 1.6 ppm en la finca 1 y 1.4 ppm en la finca 2en el segundo. En consecuencia, para los niveles de zinc (Zn), el cual es excelente para el aprovechamiento de nitrógeno y fósforo, sus niveles se mantuvieron medios (2.4 ppm para el primer sitio “bosque” y 1.4 ppm para la finca 1y 1.2 ppm finca 2).

**Cuadro 5**. Análisis químico del suelo en tres diferentes parcelas, bosque finca 1 y 2 de acuerdo al análisis del laboratorio del Zamorano (2018)

| Descripción | Bosque"1" | | | Finca "1" | | | finca "2" | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Macro elementos | Micro elementos | Nomenclatura | Macro elementos | Micro elementos | Nomenclatura | Macro elementos | Micro elementos | Nomenclatura |
| Materia orgánica | 13.97 mg/kg | | A | 6.28 mg/kg | | A | 7.18 mg/kg | | A |
| Nitrógeno total | 0.70 mg/kg | | A | 0.31 mg/kg | | M | 0.36 mg/kg | | M |
| Fosforo (P) | 3 mg/kg | | B | 3 mg/kg | | B | 2 mg/kg | | B |
| Potasio (K) | 168 mg/kg | | A | 449 mg/kg | | A | 345 mg/kg | | A |
| Calcio (Ca) | 817 mg/kg | | M | 787 mg/kg | | B | 634 mg/kg | | B |
| Magnesio (Mg) | 179 mg/kg | | A | 107 mg/kg | | B | 92 mg/kg | | B |
| Ph | 5.05 | | | 5.21 | | | 5.28 | | |
| Sodio (Na) | | 13 mg/kg | M | | 44 mg/kg | M | | 14 mg/kg | M |
| Cobre (Cu) | | 1.1 mg/kg | B | | 1.6 mg/kg | B | | 1.4 mg/kg | B |
| Hierro (Fe) | | 96 mg/kg | M | | 80 mg/kg | M | | 91 mg/kg | M |
| Manganeso (Mn) | | 38 mg/kg | M | | 26 mg/kg | B | | 92 mg/kg | M |
| Zinc (Zn) | | 2.4 mg/kg | M | | 1.4 mg/kg | B | | 1.5 mg/kg | B |

| | |
|---|---|
| | Bajo |
| | Medio |
| | Alto |

## 5.4 Propiedades biológicas del suelo

**a. Hongos**: El Instituto Nacional de Formación Profesional (s.f), indica que los hongos pueden ser identificados por su color, es así como en las trampas de arroz finca Arcanos se identificaron el *Fusarium* (rosado), *Bacillus subtilis* (blanco) y *Trichoderma asperellum* (verde) . Por otra parte, Macías (s.f) señala que las condiciones ambientales favorables para el desarrollo del fusarium (enfermedad) son el exceso de humedad, de sombra y de bajas temperaturas y que al aplicar agroquímicos estos persisten a diferencia del resto que se encontraron (benéficos). Dichos resultados demuestran que de acuerdo al mantenimiento que le dan al terreno en el sitio y las condiciones climatológicas la materia en descomposición mantenía mucha humedad, por lo tanto, cuando se realizaron las trampas en los diferentes sitios, presentó incidencia de hongos patógenos. Algo importante que se refleja en los resultados es que predominan los hongos benéficos sobre los patógenos, aunque las condiciones ácidas o alcalinas que contiene este suelo es debido al pH lo cual tiende a inhibir a muchas bacterias comunes y hongos, ya que, para la mayoría de las especies, el ecosistema óptimo está cercano a la neutralidad (Velásquez 2016).

**Cuadro 6**. Hongos encontrados en los puntos de muestreo en la finca arcanos a partir del método de trampas de arroz.

| Muestra | Microorganismos | Color | Indicativo |
|---|---|---|---|
| Finca Arcanos 1 | | | |
| 1 | Fitóftora | Gris | T |
| 2 | Metarrhizium sp | Verde oliva | - |
| 3 | Fusarium | Rosado | T |
| Finca Arcanos 2 | | | |
| 1 | Trichoderma asperellum | Verde | T |
| 2 | Bacillus subtilis | Blanco | T |
| 3 | Fusarium | Rojo | T |
| Bosque | | | |
| 1 | Degradador Saprofita | Amarillo | T |
| 2 | Penicilium | Verde Azulado | -T |
| 3 | Bacillus subtilis | Blanco | T |

**Cuadro 7**. Hongos encontrados en los puntos de muestreo en finca Orgánica Arcanos a partir del método de barrido en placas Petri.

| **Muestra** | **Microorganismo** | **Descripción** | **Color** | **Unidad (colonias)** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | *Penicillium* sp | Blancas aterciopeladas | | 31 |
| | *Fusarium* sp | Rojo-vino | | 26 |
| | *Tricoderma* sp | Verde | | 23 |
| | *Metarrhizium* sp | Verde oliva | | 17 |
| | Micelios | Blancos | | 35 |
| | Actinomicetos | Blanco-amarillento | | 8 |
| | Bacterias T1 | Brillantes | ***** | 13 |
| | Bacterias T2 | Puntos | .:.:.:.:.: | 760 |
| 2 | *Fusarium* sp | Rojo-vino | | 4 |
| | *Tricoderma* sp | Verde | | 16 |
| | Actinomicetes | Blanco-amarillento | | 14 |
| | Bacterias T1 | Brillantes | ******* | 56 |
| | Bacterias T2 | Puntos | .:.:.:.:.: | 375 |
| 3 | *Metarrhizium* sp | Verde oliva | | 20 |
| | *Fusarium* sp | Rojo-vino | | 67 |
| | Micelios | Blancos | | 36 |
| | Actinomicetos | Blanco-amarillento | | 3 |
| | *Tricoderma* sp | Verde | | 1 |
| | Bacterias T1 | Brillantes | ****** | 11 |
| | Bacterias T2 | Puntos | .:.:.:.:.:.: | 105 |

**Macro organismos:** en el estudio realizado se encontró que este suelo posee un contenido moderado de macroorganismos son animales inferiores como los gusanos e insectos que contribuyen a la modificación física y química del suelo. Por el cual el barrenamiento

continúo de gusanos e insectos dejan en el suelo angostos canales de drenaje, cantidades de tierra alterándola química y físicamente.

Algo muy importante encontrado en este terreno fue que en todos los puntos donde se realizó el muestreo se encontraron densidades moderadas de lombriz de tierra, lo cual es indicativo de un suelo fértil, ayudando de tal manera al objetivo de la implementación del diseño que es la formación y regeneración del suelo.

**Cuadro 8**. Macro organismos encontrados en los sitios de muestreo finca Arcanos

| **Puntos de muestra** | **Coordenadas** | | **Cantidad** | **Nombre comunes** | **Orden** |
|---|---|---|---|---|---|
| | **X** | **Y** | | | |
| 1 | 402160 | 1572663 | 12 | Lombriz de tierra | *Haplotaxida* |
| | | | 5 | Gallina ciega | *Coleoptera* |
| | | | 1 | Gusanos de la harina | *Coleoptera* |
| | | | 2 | Cienpies | *Goephilomorpha* |
| 2 | 402119 | 1572708 | 17 | Lombriz de tierra | *Haplotaxida* |
| | | | 4 | Gallina ciega | *coleoptera* |
| 3 | 402216 | 1572628 | 14 | Lombriz de tierra | *Haplotaxida* |
| | | | 6 | Gallina ciega | *coleoptera* |
| | | | 1 | Gusanos de la harina | *coleoptera* |

### 5.6 Propiedades cualitativas del suelo

El análisis cromatográfico se realizó en el laboratorio de cromatografía de la finca la fortaleza donde se realizaron 6 muestras en la finca Arcanos, cada muestra se obtuvo a 30cm de profundidad y se tomó dos puñadas de tierra del fondo y dos de la parte de arriba para hacer su respectivo análisis de una mejor manera y de acuerdo a las condiciones y el estado del suelo en ambas fincas las muestras fueron muy parecidas donde se pudo observar en la

cromatografía en papel que la parte central de cada muestra presento gran cantidad de minerales y en la misma se pudo observar que en todas las muestras se encontró una gran cantidad de materia orgánica, como encimas y proteínas esto nos indica que son suelos fértiles y que no han sido explotados por la agricultura convencional.

De acuerdo al manejo que se le está dando a la finca Arcanos se obtuvieron buenos resultados y son suelos muy fértiles para la agricultura. En este sentido Restrepo y Pinheiro (2011) indican que suelos con estas características tienen una buena interacción entre los microorganismos, también que, por su color amarillo entre los dientes de caballo, se debe meramente a una buena disponibilidad de humus en el suelo que está apto para la planta.

### 5.7 Levantamiento de información topográfica

En esta segunda etapa se realizó el análisis del diseño hidrológico a partir del movimiento natural del agua en el terreno para el mantenimiento de la humedad en el terreno.

### 5.8 Curvas a nivel

Se realizaron las curvas a nivel para determinar el movimiento natural del agua con el objetivo de captar agua lluvia y al mismo tiempo que mantenga una mayor humedad en el terreno y así obtener mayores rendimientos de producción. Tomando en cuenta la topografía, se construyeron veinticuatro curvas a nivel, a 1 m de altura entre una y la otra. Con ello se generó un modelo digital de elevaciones para conocer el relieve del sitio (figura 8).

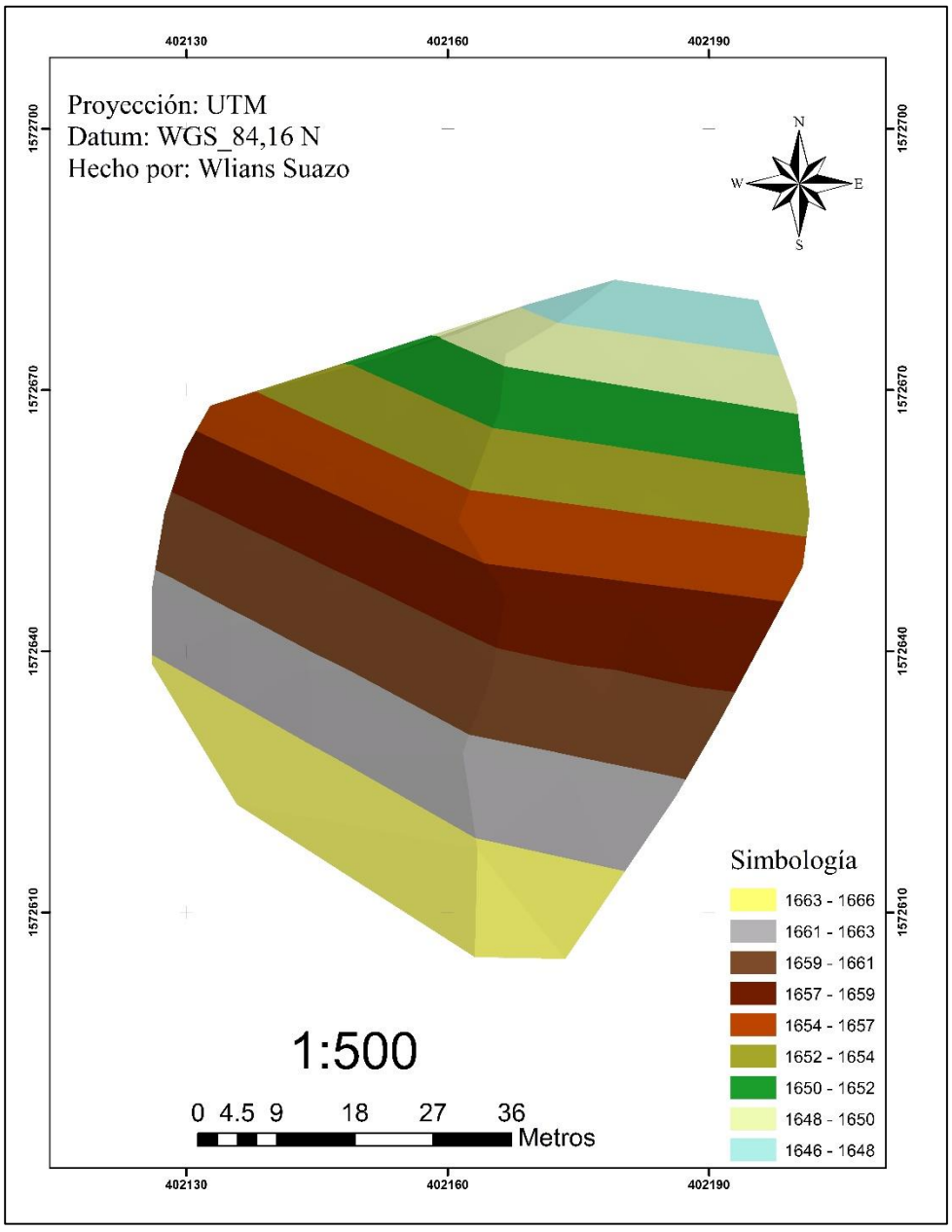



**Figura 7.** Modelo digital de elevaciones del área de estudio.

### 5.9 Movimiento natural del agua

Con el análisis de las curvas se encontró que toda el agua se concentra en la parte más alta del terreno en lo que respecta al área de estudio, por lo tanto, el agua que llueve se puede aprovechar de manera óptima, tanto el agua lluvia como así también llevar agua superficial a reservorios u otros lugares de almacenamiento (figura 9).

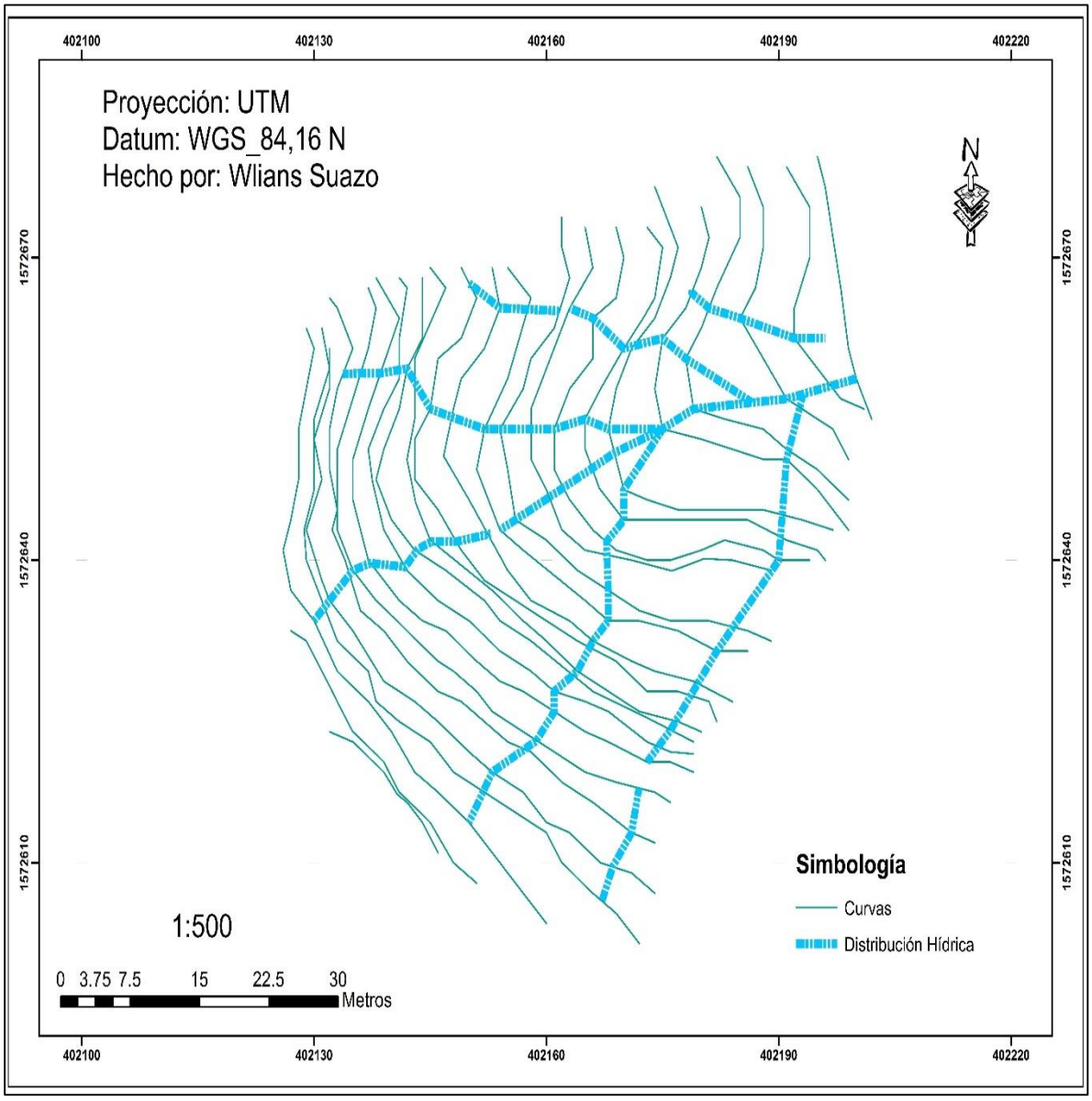



**Figura 8.** Determinación del movimiento natural del agua a partir de la interpretación de las curvas a nivel.

## 5.10 Diseño hidrológico

Tomando en cuenta el movimiento natural del agua se consideró ubicar reservorios que coinciden con los puntos de inflexión en el terreno, esto con el fin de almacenar espejos de agua para ser utilizados y a la vez poder infiltrar la misma, esta decisión se hizo de acuerdo al movimiento natural del agua.

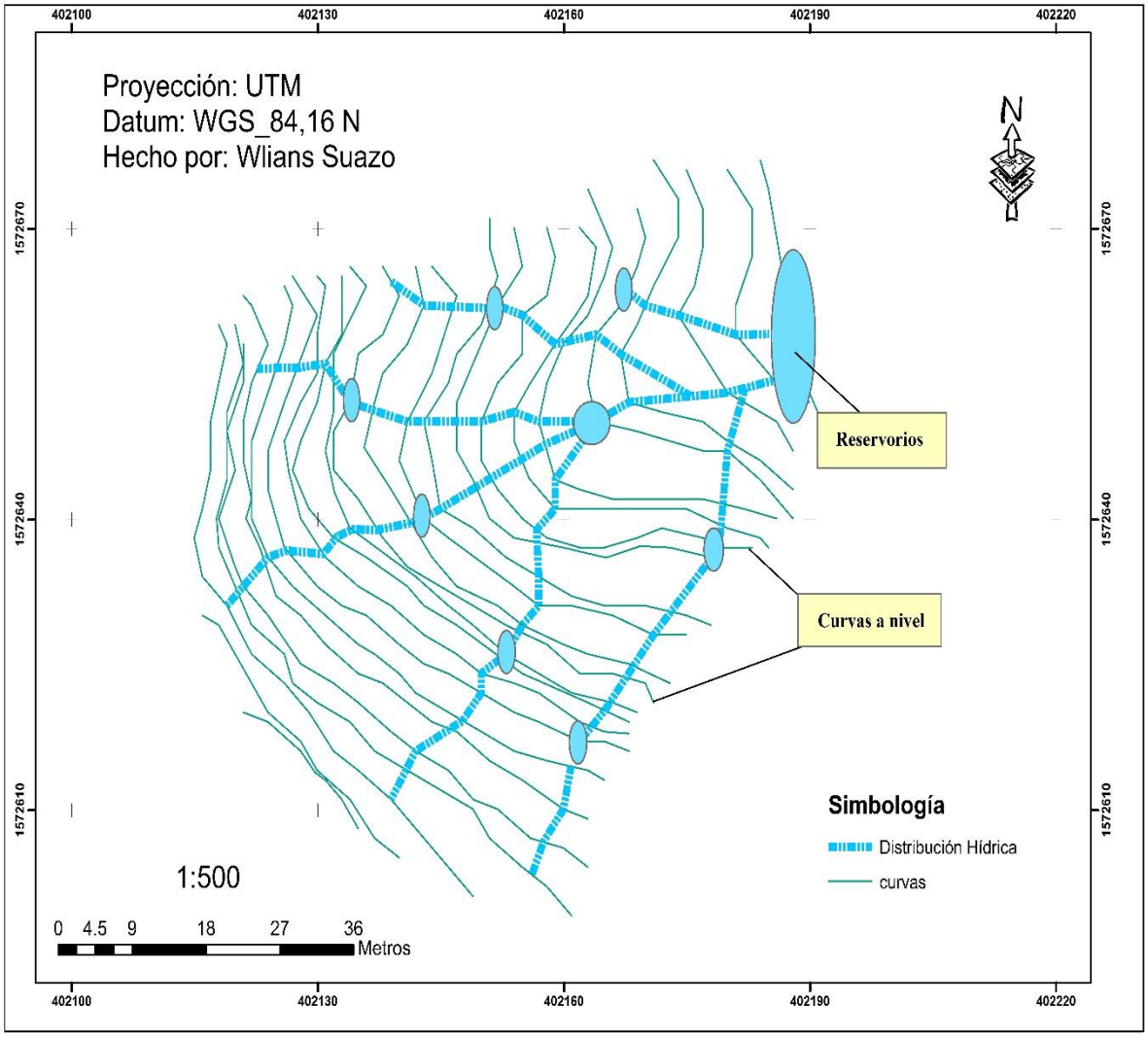



**Figura 9.** Ubicación de posibles puntos para reservorios en el diseño hidrológico.

## 5.11 Implementación del diseño

## 5.12 Construcción de obras físicas

Una vez tomadas las decisiones, se procedió a construir los canales seleccionados sobre las 24 curvas a nivel, Se construyeron solamente canales a nivel ya que el objetivo del diseño fue almacenar e infiltrar el agua de escorrentía y agua de las acequias hacia la finca Arcanos. Se seleccionaron seis curvas para canales de infiltración.

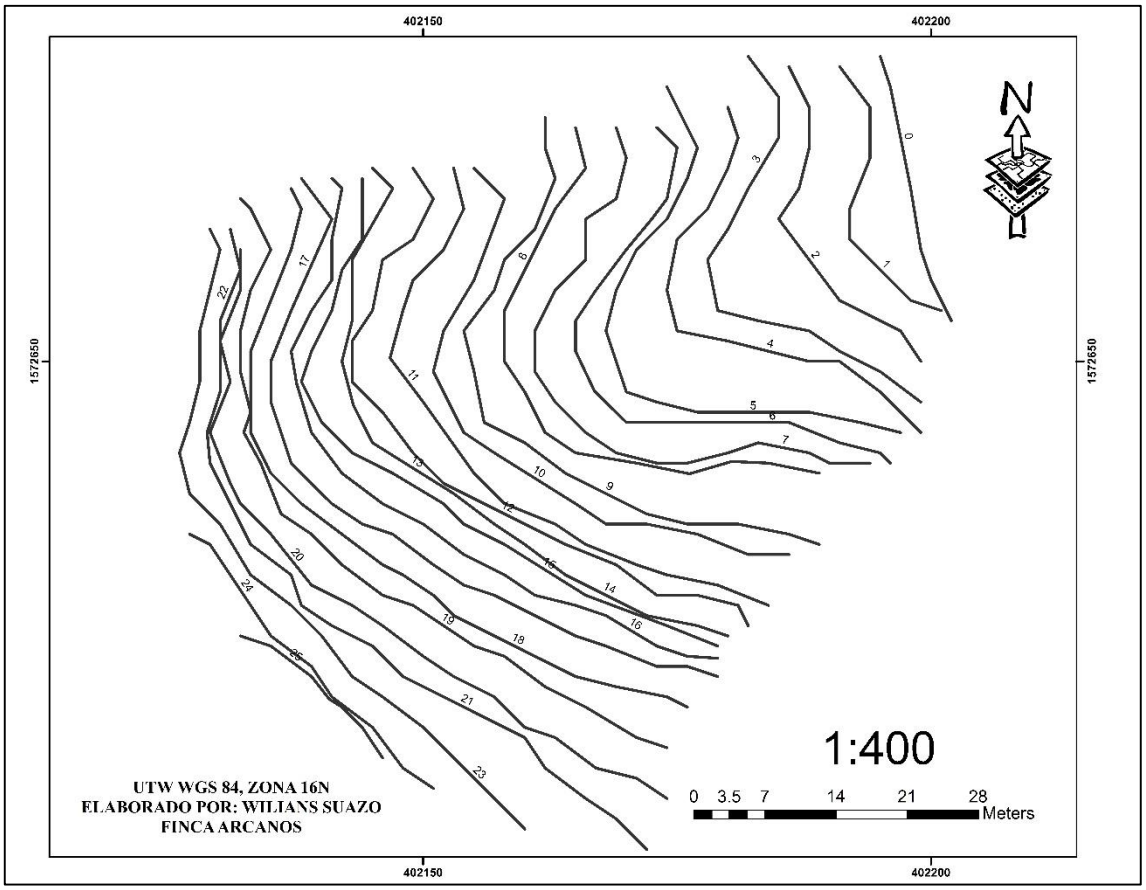



**Figura 10.** Curvas a nivel marcadas en el sitio de estudio

La finca Arcanos es un terreno ondulado que debido a la estructura granular en su mayoría, presenta una infiltración sub superficial y es por eso que las aguas que se infiltran en la parte

superior alcanzan su nivel a pocos metros y la mayor cantidad de agua se junta en las partes medias y bajas del terreno.

En cuanto a los reservorios, solamente se marcaron en el terreno para su construcción a posterior.

## VI CONCLUSIONES

**a**. La finca Arcanos es un terreno ondulado que debido a la estructura granular en su mayoría, presenta una infiltración sub superficial y es por eso que las aguas que se infiltran en la parte superior alcanzan su nivel a pocos metros y la mayor cantidad de agua se junta en las partes medias y bajas del terreno.

**b**. Según los resultados del análisis químico de suelo se encontró que el pH del suelo es de 5.05, lo que indica que son suelos muy ácidos porque es menor del rango normal que debe tener un suelo.

**c.** En los resultados obtenidos se encontró que el suelo contiene altos contenidos de materia orgánica y arena debido a la aplicación de abonos orgánicos en la finca lo que indica que habrá una mayor infiltración de agua el cual se mantendrá por menos tiempo en el suelo.

d. Durante el estudio se observó que el crecimiento radicular de las raíces se encuentra de 80cm a 85cm de profundidad.

e. El terreno de la finca presenta condiciones meteorológicas y topográficas ideales para la implementación de un diseño hidrológico.

## VII RECOMENDACIONES

**a.** Los suelos que presenten colores oscuros deben ser prioridad en términos de incorporar cobertura vegetal (*Cajanus cajan* y *Cannavalia* spp) para que además de proteger el suelo de la erosión, mitigue la perdida de humedad por evaporación.

**b.** No introducir ganado vacuno al terreno, porque los valores de densidad aparente fueron muy bajos lo que significa que son suelos muy fértiles y aptos para trabajar

**c.** Implementar obras de conservación para que haya menos erosión y perdida de nutrientes en el suelo.

**d.** Evitar quemas y tala en el terreno ya que esto impide el desarrollo de la finca en el mismo. Además, que sirve de protección al momento de darse eventos de lluvias.

**e.** Tomar uno de los canales a nivel ya elaborados e incorporarle abonos preparados y aplicarle agua para que este infiltre con más facilidad en el suelo y se pueda distribuir de una manera más rápida en la parcela.

**f.** Diversificar la finca con plantas frutales, maderables y arbustivas para que haya una mayor cantidad de flora y fauna en la finca arcanos.

# VIII BIBLIOGRAFÍA


Bakker, A; Brakker, J. 2008. Chromatography. Beelden Van Energie. Ed. MC – Ent Gestión y Publicación. Holanda. 96 p.

Cabián, C. *et al.* 2015. Alternativas ante la escasez de agua. Productor Agropecuario América Central y el Caribe 4(52): 26-28.

Castillo Luicho, GR; Ramírez Cornejo, SO. Sf. Estudio Hidrológico E Hidráulico Para El Diseño Del Puente Pucayacu, Localizado En El Tramo: Mayocc – Huanta En La Progresiva 3+200, Aplicando Los Softwares HEC-HMS E Iber V2.0 Tesis Ing. Civil. PE. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. 196 P.

Donald G; Lobo D. 2000. Methods for determining granulometry and bulk density of the soil. Caracas, Venezuela. Venesuelos. Vol. 14(37-48).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Guía para la descripción de suelos.Trad. Vargas, R. 4 ed. San Simón. Bolivia. 111 p.
Fuentes, J. 1993. Aguas subterráneas. Hojas divulgadoras. 1(92): 1-32.

Garrido, S. sf. Interpretación de análisis de suelos: guía práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis (en línea). Corazon de Maria 8-28002. Consultado el 01 Sep2017.Disponibleenhttp://www.magrama.gob.es/ministro/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.

Gras, E. 2009. Cosecha De Agua Y Tierra. Diseño Con Permacultura. 1ed. MX. Ediciones COAS. 243 P.

Gras, E. 2009. Cosecha de Agua y tierra, Diseño con Permacultura. Consejeros en Agricultura Sostenible y Permacultura Brasil, Colombia, México. 2 ed. Ediciones COAS. 243 p.

_____. 2009. 1era ed. Cosecha de Agua y tierra, Diseño con Permacultura. Consejeros en Agricultura Sostenible y Permacultura Brasil, Colombia, México. Ediciones COAS. 243 p.

_____. 2009. 1era ed. Cosecha de Agua y tierra, Diseño con Permacultura. Consejeros en Agricultura Sostenible y Permacultura Brasil, Colombia, México. Ediciones COAS. 243 p.

_____. 2009. 1era ed. Cosecha de Agua y tierra, Diseño con Permacultura. Consejeros en Agricultura Sostenible y Permacultura Brasil, Colombia, México. Ediciones COAS. p 143-145.

Gutiérrez, A. 2010. La densidad aparente en suelos forestales Universitaria Técnica Agrícola, Universidad de Sevilla: (En línea) consultado el 01/04/14 formato HML.

Hudson N. 2006. Soil consevation. Trad. B T Bastford.Ed en español. Reverte. Barcelona España. 337p.

IICA. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1985. Física de los suelos: manual de laboratorio. Ed Julio b. 2da Edición. San José, Costa Rica.295p.

Jaramillo González, C. 2012 Evaluación agronómica de un suelo calizo enmendado con compost de alperujo. Colombia. Tesis. Master en ciencias Agrarias énfasis suelos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia 83 p.

Leyva, T.2012.La calidad de los suelos del municipio minero La Navidad, México. Tesis Lic. En ciencias Ambientales, Universidad de la sierra de Juárez. Oaxaca México. 145 p.

MANCEPAZ (Mancomunidad de Municipios del Centro de La Paz. (2013)). indicadores socioeconomicos y demograficos 2012.

Molina, D. 2010. Análisis de la cadena láctea en Honduras (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado 24 de junio. 2016. Disponible en: http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2013/11/lactea.pdf

Navarro Peraza SY and Sanchez díaz, EJ.2016. Diseño Hidrológico Con Método De Línea Clave Para La Cosecha De Agua Y Suelo en el centro de entretenimiento de desarrollo agrícola, Comayagua, Honduras Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente, Comayagua, HN . Universidad Nacional De Agricultura .89 P.

Rodas, A. 2006. Efectos de establecimiento de plantaciones forestales (*Tectona grandis* L.f.) en áreas de potero sobre las características del suelo en Peten, Guatemala. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Consultado el 8 de septiembre del 2015.

Raudes, M., Sagastume, N. 2009. Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.

Raudes, M.; Sagastume, N. 2009. Manual Conservación De Suelos. Programa Para La Agricultura Sostenible En Laderas De América Central. Carrera De Ciencia Y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, HN. 76 P.

Restrepo, J; Pinheiro, S. 2011. Cromatografía. Imágenes de vida y destrucción del suelo. 69 p.

Torran, E. 2007. Impacto de las plantaciones sobre el contenido de humedad del suelo. (En línea). Concepción del Uruguay. Consultado el 12 de diciembre del 2015. Disponible enhttp://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/Torran-TesisFinal.pdf

USDA (United States Department de Agriculture). 1999. Soil Taxonomy un sistema básico de clasificación de suelo para la Realización e Interpretación Los estudios edafológicos. Departamento de Agricultura Agriculture Handbook, por segundaedición Unidos . BySoilSurveyStaff.436 p.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).2006. Claves para la taxonomía de suelos 10. Ed. Traducido al español por Carlo Ortis y Gutierrez Carmen. Motecillo, Texcoco. Mexico .339p.

Van, R. 2000. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia: experiencias en américa latina. Santiago, Chile. 2 ed. p. 6. Zonas áridas y semiáridas no 13.

Van, R; Prieto, M. 2000. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia: experiencias en américa latina. Santiago, Chile. 2 ed. Zonas áridas y semiáridas no 13.

Velásquez Mejía, EW. 2016. Diseño Hidrológico Con Método De Línea Clave Para La Cosecha De Agua Y Suelo En Una Finca Del Corredor Seco Hondureño. Tesis Lic. Recursos Naturales Y Ambiente San Matías El Paraíso, HN. Universidad Nacional De Agricultura. 75 P.

--------2016. Diseño Hidrológico Con Método De Línea Clave Para La Cosecha De Agua Y Suelo En Una Finca Del Corredor Seco Hondureño. Tesis Lic. Recursos Naturales Y Ambiente San Matías El Paraíso, HN. Universidad Nacional De Agricultura. 14 P.

Wild A .1988. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Mundi-prensa. Madrid, España. 1021p.

## ANEXOS



**Anexos 1.**Trampas para captura de Hongos



**Anexo 2.** Punto de muestreo



**Anexos 2.** Secado de muestras químicas



**Anexos 4.** Punto de densidad aparente