



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS:

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN
EL MANEJO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS SUELOS
DEL CASERÍO EL TRIUNFO, DISTRITO LA ENCAÑADA,
CAJAMARCA, 2017**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentada por la Bachiller:

SALAZAR ROJAS, MARITZA ISABEL

CAJAMARCA – PERÚ

- 2017 -

A:

A Dios, por darme la vida, brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de tesis y estar siempre conmigo brindándome fuerzas para seguir adelante.

A las personas más importantes de mi vida: mi padre Julio Salazar y mi madre Isabel Rojas, por el amor incondicional y el esfuerzo incansable que realizaron día a día.

A mis hermanas por el amor, cariño y apoyo incondicional.

A mis amigos y amigas por ser como hermanos en momentos difíciles como en momentos de éxito y por todos aquellos gratos recuerdos que mantienen nuestra amistad.

Maritza

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo y respaldo desde el principio de mi vida universitaria; y por inculcar los valores que hoy me permiten realizar la tesis.

A la Universidad Alas Peruanas, por ser la casa de estudio que me alojó durante los 5 años de mi carrera universitaria.

A cada uno de los docentes que me brindaron los conocimientos y su tiempo durante estos cinco años.

Al Instituto de Innovación Agraria INIA, por el apoyo y aporte a la presente tesis.

La autor

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Delimitaciones de la investigación	3
1.2.1. Delimitación espacial	3
1.2.2. Delimitación social	3
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4. Delimitación conceptual	3
1.3 Problemas de investigación	4
1.3.1. Problema principal	4
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis y variables de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis General	5
1.5.2. Hipótesis secundarias	5

1.5.3.	Variables de la investigación	5
1.6.	Metodología de la investigación	5
1.6.1.	Tipo y nivel de investigación	5
a.	Tipo de investigación	6
b.	Nivel de investigación	6
1.6.2.	Método y diseño de la investigación	6
a.	Método de Investigación	6
b.	Diseño de investigación	6
1.6.3.	Población y muestra de la investigación	6
1.8.1.	Población	6
1.8.2.	Muestra	7
1.6.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	7
a.	Técnicas	7
b.	Instrumentos	7
1.6.5.	Justificación e importancia de la investigación	7
a.	Justificación	8
b.	Importancia	9
c.	Limitaciones	9

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	10
2.2.	Bases teóricas	16
2.3.	Definición de términos básicos	49

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1.	Análisis de tablas y gráficos	54
-	Conclusiones	89
-	Recomendaciones	92
-	Fuentes de información	93
-	Anexos	100

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	05
Tabla 2. Muestra de estudio	07
Tabla 3. Clasificación textural del suelo	31
Tabla 4. Desarrollo de la estructura	33
Tabla 5. Clasificación de la materia orgánica para suelos	38
Tabla 6. pH del suelo	39
Tabla 7. Efectos del pH en el suelo	40
Tabla 8. Clasificación del nitrógeno disponible	43
Tabla 9. Clasificación del fosforo disponible	46
Tabla 10. Clasificación según niveles de potasio extractable	48
Tabla 11. Zonas y puntos de muestreo El Triunfo 2017	55
Tabla 12. Clasificación textural de las muestras	67
Tabla 13. Macronutrientes caserío El Triunfo 2017	71
Tabla 14. Mediciones de respiración del suelo por parcela	77
Tabla 15. Mediciones de la actividad biológica por parcela	79
Tabla 16. Índices generales para clases de respiración del suelo	82
Tabla 17. Relación entre densidad y crecimiento radicular	83
Tabla 18. Relación general de D.A Y pH	84
Tabla 19. pH recomendado para la productividad de cultivos	85
Tabla 20. Matriz de consistencia	101
Tabla 21. Cuadro de capacitaciones caserío El Triunfo	103
Tabla 22. Propietarios de las parcelas del caserío El Triunfo	104
Tabla 23. Total de parcelas analizadas en el caserío El Triunfo	106
Tabla 24. Tiempos de lectura ASTM Internacional	108
Tabla 25. Mediciones del índice de respiración del suelo	109
Tabla 26. Clases texturales del suelo	111

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Caserío El Triunfo	15
Figura 2. Ubicación del caserío El Triunfo	16
Figura 3. Principales componentes de la calidad del suelo	18
Figura 4. El suelo	21
Figura 5. Funciones del suelo	23
Figura 6. Horizontes del suelo	24
Figura 7. Formación del suelo	25
Figura 8. Factores que intervienen en la formación del suelo	26
Figura 9. Triangulo textural del suelo	29
Figura 10. Partículas del suelo	31
Figura 11. Estructura del suelo	33
Figura 12. Suelo con alto contenido de materia orgánica	37
Figura 13. Ciclo de la materia orgánica	38
Figura 14. Mapa de muestreo	56
Figura 15. Toma de muestras para determinar la densidad aparente	57
Figura 16. Bolsas y vasos con muestras de suelo	58
Figura 17. Toma de muestra de suelo en vasos	59
Figura 18. Determinación de la textura de suelo	60
Figura 19. Medida del pH mediante el método potenciométrico	61
Figura 20. Peso de muestras del suelo	63
Figura 21. Gráfico de porcentaje de arena en la zona de estudio	64
Figura 22. Gráfico de porcentaje de limo en la zona de estudio	65
Figura 23. Gráfico de porcentaje de arcilla en la zona de estudio	66
Figura 24. Densidad aparente del caserío El Triunfo	68
Figura 25. pH de las parcelas estudiadas	69
Figura 26. Clasificación de suelos según el pH	70
Figura 27. Promedio total de macronutrientes del caserío El Triunfo	72
Figura 28. Promedio de potasio en el caserío El Triunfo	74
Figura 29. Actividad biológica del caserío El Triunfo	80
Figura 30. Índice de respiración del suelo del caserío El Triunfo	81
Figura 31. Resumen de suelos clasificados	85

Figura 32. Recomendaciones de sembrado para la población	89
Figura 33. Recomendaciones de sembrado para la población	89
Figura 34. Diseño de puntos de muestreo	112
Figura 35. Elaboración de calicata	112
Figura 36. Toma de medidas de la calicata	113
Figura 37. Toma de muestras del suelo	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío el triunfo, distrito la encañada, realizado desde el 04 de enero al 04 de mayo de 2017., donde se determinó que las características físicas de los suelos del caserío El Triunfo, fueron obtenidos de 06 puntos de muestreo, con respecto a la textura se analizaron 06 zonas a 10 y a 30 m, como la Zona 0 y la Zona 2 La clase textural Arcillo-arenosa y arcillo limosa), la clase textural Franco Arcillosa (Z1 y Z5), Zona 3 y 6 presentan la clase textural Franco Arcillosa, así como también presentan la Zona 1, 4 y 5 la clase textural Franco Arcillosa. Las características químicas de los suelos del caserío El Triunfo determinan que el potasio (K) presenta el mayor valor 270 ppm encontrados en la zona 1, en relación con el fósforo el mayor punto de muestreo lo presenta en la zona 0, con 6.90 y la parcela El Bosque presenta 7.2 de pH, seguida por El Capulí con 6.7 pH, concluyendo que existen 04 parcelas en estudio aptas para la siembra de alimentos que se adapten a su altura y clima. Se determinó el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, de las 06 zonas estudiadas, resultando que las parcelas el bosque (1.83 mg/m^3), El Capulí (1.56 mg/m^3), El zapato (1.38 mg/m^3), y Quishuar (1.52 mg/m^3).

Palabras claves: Calidad ambiental, manejo, suelo, parcela, fosforo, intercambio catiónico, horizonte, aireación.

ABSTRACT

The present work of investigation of influence of the physicochemical characteristics in the management of the environmental quality of the soils of the village triumph, district la coveted, realized from the 4 of January to the 4 of May of 2017, where it was determined that the characteristics Physical characteristics of the soils of El Triunfo farm were obtained from 06 sampling points, with respect to texture were analyzed 06 zones at 10 and 30 m, such as Zone 0 and Zone 2 The text class sandy-loam and clay loam) , The textural class Franco Arcillosa (Z1 and Z5), Zone 3 and 6 present the textural class Franco Arcillosa, as well as Zone 1, 4 and 5 the Franco clayey textural class. The chemical characteristics of the soils of El Triunfo farm determine that potassium (K) has the highest value of 270 ppm found in zone 1, in relation to phosphorus the highest sampling point presents it in zone 0, with 6.90 and Plot El Bosque presents 7.2 pH, followed by El Capulí with 6.7 pH, concluding that there are 04 plots in study suitable for planting food that adapt to its height and climate. It was determined the management of the environmental quality of the soils of the El Triunfo hamlet, of the 06 zones studied, with the forest (1.83 mg / m³), El Capulí (1.56 mg / m³) M3), and Quishuar (1.52 mg / m³).

Key words: Environmental quality, management, soil, plot, phosphorus, cation exchange, horizon, aeration.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis profesional fundamentada en la Influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, se presenta como una base a futuros trabajos que se deseen hacer en la zona y aprovechar de mejor manera los suelos según su caracterización físico química.

Para lo cual presenta el siguiente objetivo general: determinar la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca. Tema que surge de la formulación del siguiente problema principal: ¿Cómo influyen las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, Cajamarca?

La presente investigación se justifica en que el principal problema del caserío El Triunfo es que los cultivos no producen productos de buena calidad, esto se debe a que no está dando un manejo adecuado al suelo y no se siembran el tipo de cultivo para el cual es apto de acuerdo a sus características fisicoquímicas; teniendo en cuenta que el suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal, de construcciones civiles y por lo tanto ambiental. Antes de establecer cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de este. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es el uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele.

El presente trabajo contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación espacial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos especiales, justificación, importancia, limitaciones; incluye antecedentes del problema, bases teóricas, definición de

términos básicos, hipótesis general, hipótesis secundarias, variables, tipo de investigación, nivel de investigación, método y diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de la recolección de datos, resultados, discusión y referencias bibliográficas, anexos (Matriz de consistencia e instrumentos).

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

Una de las principales problemáticas en el ámbito ambiental y empresarial es la degradación del suelo¹ y recursos naturales que comprometa la generación de satisfactores sociales y económicos, razón por la cual es fundamental conocer cuáles son las principales fuentes de contaminación del recurso suelo y cuál es la diferencia entre un suelo contaminado y uno alterado. Se puede decir que un suelo está contaminado, cuando las características físicas, químicas o biológicas originales han sido alteradas de manera negativa, debido a la presencia de componentes de carácter peligroso para el ecosistema; en este caso, la productividad que el suelo tenía, se pierde total o parcialmente (Fernández et al, 2006).

En Perú, en los últimos 20 años, se degradó más del 15% del territorio que afectó a casi 11% de la población, principalmente en las regiones de Apurímac, Piura, Lambayeque, Moquegua y Tacna. Si esta tendencia se mantiene, se calcula que al año 2100, el 64% del territorio peruano podría estar afectado por procesos de esta naturaleza. En el Perú la degradación del suelo representa un costo de entre 0,3% y 0,4% como porcentaje del PBI. (Banco Mundial, 2007)

¹ La degradación es un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.

El nivel de erosión en Perú alcanza 127 945 790 hectáreas de las cuales el 6,4% de la superficie tiene un nivel de erosión severa; la región natural más afectada con este nivel de erosión es la Sierra (4,2%); mientras que, la Selva representa el 0,2%. Muy ligera 41,6% Ligera 27,5% Moderada 24,5% Costa 2,0% Sierra y Selva 4,4% Severa 6,4%. (INIA, 2010).

En Cajamarca en el Km. 34 de la carretera Cajamarca - Celendín, cerca de los caseríos: Bella vista alta, Bella vista baja, San Pedro y Apalín; a 3 150 msnm, se encuentra. El Triunfo, un caserío con influencia minera en el cual se ha presenciado un bajo nivel de calidad de los cultivos agrícolas, y un mal manejo de los suelos, debido a que se les da un uso para el cual no son aptos de acuerdo a sus características fisicoquímicas.

En el caserío el triunfo es un área que mantiene fuertes presiones ambientales debido a la alta explotación agropecuaria de la zona, se evidencia la existencia de grandes extensiones de monocultivos, que han contribuido a que las tierras agrícolas vayan desapareciendo. Estudiar las propiedades físicas y químicas del suelo representa conocer los nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas y el potencial de los suelos para el desarrollo de los diferentes tipos de cultivo de la zona en estudio.

Esta investigación contribuye a un análisis de los suelos tanto fisicoquímicos en 06 zonas del caserío el Triunfo, que ayudarán a determinar los servicios ambientales y su relación con la producción y el medio ambiente; así también se podrá lograr un equilibrio entre producción y medio ambiente, con la finalidad de beneficiar a los agricultores de la zona cuando se logre una buena producción de cultivos tomando como base los resultados del manejo ambiental de los suelos.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La presente tesis se realizó en el caserío El Triunfo, distrito La Encañada, provincia de Cajamarca, se ubica al Este de la ciudad de Cajamarca en el Km. 34 de la carretera Cajamarca - Celendín.

1.2.2. Delimitación social

La siguiente investigación se realizó con fines de aportar a los posteriores estudios que se realicen en la zona, esta investigación implicará a las siguientes instituciones: Universidad Alas Peruanas, la población del caserío El Triunfo y los alrededores de la zona de estudio.

1.2.3. Delimitación temporal

La presente tesis se desarrolló del 04 de enero de 2017 al 04 de mayo de 2017.

1.2.4. Delimitación Conceptual

El manejo de la calidad de los suelos es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico, para lo cual es necesario evaluar algunos factores físicos, químicos y biológicos que nos ayudaran a mejorar el manejo de la calidad ambiental de los suelos.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo influyen las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo en el distrito de la Encañada, Cajamarca?

1.3.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características físicas que influyen en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo distrito La Encañada, Cajamarca?

- ¿Cuáles son las características químicas que influyen en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca?

- ¿Cuál es el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, referido a las características fisicoquímicas?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo principal

Determinar la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca.

1.4.2. Objetivos secundarios

-Determinar las características físicas que influyen en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito la Encañada, provincia de Cajamarca.

-Determinar las características químicas que influyen en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca.

-Determinar el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, referido a sus características fisicoquímicas.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

- Las características fisicoquímicas de los suelos influyen significativamente en el manejo ambiental de la calidad de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de La Encañada.

1.5.2. Variables (Definición conceptual y operacional)

Tabla 1
Variables de investigación.

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
V.I Caracterización fisicoquímica de los suelos	Es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación.	Caracterización Física Caracterización Química	-Arena -Limo -Arcilla -P, K, pH, MO	Datos de laboratorio
V.D Calidad ambiental de los suelos	Es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico.	Cultivo de pastos Forestales	-Alfalfa -Pastos naturales -Eucalipto -Pinos	Encuestas

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a. Tipo de investigación

La presente tesis es de tipo no experimental, debido a que se realiza sin manipular deliberadamente variables, se observa los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. (Hernández et al, 2010)

b. Nivel de investigación

La presente tesis es descriptiva, correlacional debido a que se describe las características fisicoquímicas del suelo y se las relaciona con la influencia que tienen en la calidad ambiental de estos. (Hernández et al, 2010)

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a. Método de investigación

El presente plan de tesis desarrolla el método hipotético – deductivo. (Sierra, 2003)

b. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es comparativo, no experimental. (Sierra, 2003)

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a. Población

La población está conformada por todas las unidades agrarias de los caseríos del distrito de La Encañada, Cajamarca durante el año 2017.

b. Muestra

La muestra utilizada son seis parcelas del caserío El Triunfo, distrito de La Encañada, Cajamarca.

Tabla 2
Muestras de estudio.

Centro poblado	Zona	Puntos de muestreos	Denominación parcelas
El Triunfo	Zona O	O1	La Orilla
		O2	Bosque
	Zona A	A1	El Capulí
		A2	Cipreses
	Zona B	B1	Zapato
		B2	El Goñor
Zona C	C1	Quishuar	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

a. Técnicas

- Observación
- Revisión bibliográfica y documental
- Entrevistas
- Análisis de resultados.

b. Instrumentos

-Ficha de datos de laboratorio.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a. Justificación

La presente tesis profesional, evalúa las características fisicoquímicas del suelo del caserío El Triunfo para mejorar el manejo ambiental de los suelos, el suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal, construcciones civiles y por lo tanto ambientales.

Antes de establecer cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de este. Luego de que las limitaciones del suelo han sido detectadas se puede determinar cuál es el uso más adecuado y cuál es el manejo racional que debería dársele.

El principal problema ambiental en las zonas estudiadas del caserío El Triunfo es que los cultivos no producen productos de buena calidad, esto se debe a que no está dando un manejo adecuado al suelo y no se siembran el tipo de cultivo para el cual es apto de acuerdo a sus características fisicoquímicas.

Los resultados del presente trabajo de investigación beneficiarán directamente a los dueños de las parcelas estudiadas para mejorar el manejo del suelo y aumentar su producción de acuerdo a las características del suelo. Además los aportes del presente trabajo de investigación, servirá de base para futuras investigaciones de la zona.

b. Importancia

Es de gran importancia mostrarle a la población información necesaria acerca de la caracterización físico química y el manejo de la calidad ambiental de los suelos del distrito de la encañada, Cajamarca para que pueda ser tomada como base para futuros trabajos y al mismo tiempo se tenga una información para saber el tipo de cultivos que se pueden producir de acuerdo a las diversas características de los suelos y así mejor significativamente su manejo ambiental.

c. Limitaciones

-Existen escasos estudios de las características fisicoquímicas de los suelos del distrito de la Encañada, Cajamarca, los cuales no son publicados.

-No tener acceso a las parcelas seleccionadas para llevar a cabo la investigación.

- El costo que demanda la visita a las parcelas y el posterior análisis de las muestras es elevado.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Delgado (2015), presento su tesis titulada: “Evaluación del efecto de actividades agropecuarias sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en El Carmelo, Carchi”, en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de ciencias Agrícolas, en la cual se concluye: Que las características encontradas en los suelos de los productores fueron: suelos francos, la compactación del suelo en el cultivo de papa fue menor que la observada en pastos naturales y mejorados a los 15 cm y 30 cm de profundidad, en los pastos mejorados y naturales se muestran una compactación similar a los 15 cm y una mayor compactación a los 30 cm en pastos mejorados.

Un pH ácido para papa de primera y segunda siembra y pastos mejorados en tanto que en pastos naturales se tiene un pH ligeramente ácido, se encontraron niveles medios de N, tanto en 65 el cultivo de papa como pastos; niveles altos de fósforo para ambos cultivos y cantidades altas de K para papa y medias en pastos, en tanto que los micronutrientes se observó que el zinc (Zn), cobre (Cu) y manganeso (Mn) tienen niveles medios, boro (B) se encuentra en niveles bajos y el hierro (Fe) posee niveles altos, por otro lado tiene altos niveles de materia orgánica, y una baja concentración de microorganismos en papa y pasto.

Pulido (2014), presento su tesis titulada “Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo”, en la Universidad de

Extremadura, España, Departamento de arte y ciencias del territorio, en la cual se concluye: que las fracciones de materia orgánica (ácidos húmicos, fulvicos y huminas) se comportaron de manera análoga al total de carbono orgánico. Por tanto, se puede afirmar que el fraccionamiento de la materia orgánica no aporta información adicional, siendo suficiente como indicador la determinación de carbono orgánico total. Con respecto al carbono activo, se observó un descenso de este únicamente en las unidades que han sido recientemente labradas.

Lechón (2014), presento su tesis titulada: “Determinación de la Variabilidad en el grado de Fertilidad de los suelos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha”, en la Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Agrícolas, en la cual se concluye: Que al determinar la disponibilidad de los elementos: el N presenta nivel bajo; el P y K se encuentra en niveles altos y medios, respectivamente; la MO indica niveles bajos a medios; el pH desde ligeramente alcalino, ligeramente ácido y neutro; la CE presente es no salina en toda la zona; la PE presente es poco profundo y superficial; y, la Textura presente es franco arenosa y franca.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Yacabi (2014), presento su tesis titulada: tesis “Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima”, en la Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Letras y Ciencias, Especialidad de Geografía y Medio Ambiente, se concluye que: A partir de los análisis en laboratorio, se ha encontrado que el suelo de las tres zonas presenta parámetros físicos que indican

una adecuada fertilidad física. En su gran mayoría, los suelos presentaron textura franca, la cual los hace fácilmente laborables por el equilibrio en sus proporciones de arena, limo y arcilla. Por la variación de los porcentajes relativos de arena y arcilla, también se encontraron suelos de textura franco arcillosa y franco arenoso, pero que no dejan de ser adecuados para la agricultura. Los valores de densidad aparente estuvieron por encima del rango de referencia ideal según la clase textural, lo que indicaría una compactación de suelo. En cuanto a las propiedades químicas, el pH de la mayoría de las muestras estuvo dentro del rango de mayor disponibilidad de nutrientes para los cultivos, en especial en la zona de los andenes en descanso, con suelos ligeramente ácidos y neutros; asimismo, el contenido de M.O. presentó los porcentajes adecuados, entre 3 y 5% en las tres zonas, cuya fuente de aporte estaría en la vegetación estacional. Los valores de ambos parámetros se encuentran en un intervalo que no contrasta significativamente entre las tres zonas; no obstante, los parámetros que presentaron variación son la C.E. y los contenidos de NPK. Si bien, la C.E. indica suelos “no salinos”, no se debe ignorar que la zona A tuvo valores por encima de los andenes abandonados y la ladera sin andenes, lo cual podría deberse a la calidad del agua de riego y al mismo contenido de NPK. Este último es el parámetro más sensible que diferencia la zona A frente a las zonas B y C. (Yacabi, 2014)

2.1.3. Antecedentes locales

Leiva (2016), presento su tesis titulada: “Nivel de fertilidad natural de los suelos con influencia minera en el caserío de Apalina Alta Cajamarca, 2016”, en la Universidad Alas Peruanas,

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Ambiental; en la tesis se concluye que: Se determinó el nivel de fertilidad de los suelos con influencia minera en el caserío Apalina Alta, donde los factores analizados en el laboratorio de INIA Cajamarca, fueron físico y químico concluyendo que el nivel de fertilidad natural es de tipo baja de un 15 a 55% de comprobación. El nivel de fertilidad física de los suelos del caserío Apalina Alta, Cajamarca 2015, fueron obtenidos de 12 puntos de muestreo. Con respecto a la textura se analizaron los 12 puntos de muestreo donde: 07 muestras del suelo, presentan la clase textural Franco Arcillosa, 01 punto de muestreo, pertenece a la clase textural Franca Arenosa y 03 puntos de muestreo, arrojan la clasificación de suelos Franco y 01 punto de muestreo resultó, Franco arcillo limoso. El nivel de fertilidad químico de los suelos del caserío Apalina Alta, Cajamarca 2015. Fueron obtenidos de 12 puntos de muestreo, distribuidos en 04 zonas donde se aprecia que el potasio presenta valores asimilables y se catalogó como alto, con 205 ppm, de la muestra, que pertenece a la zona B, en relación con el fósforo el mayor punto de muestreo lo presenta la zona B, con 15.63 en TB-30, apreciándose la ausencia de este por ser suelos ácidos. En cuanto al pH, se encontró un promedio de 5.443 concluyendo que el caserío presenta suelos fuertemente ácidos.

2.2. Ubicación de la zona de estudio

El caserío El Triunfo se encuentra ubicado en la provincia de Cajamarca, en el distrito de La Encañada, comunidad de Combayo, se ubica al este de la ciudad de Cajamarca en el Km. 34 de la carretera Cajamarca Celendín, cerca de los caseríos: Bella vista alta, Bella vista baja, San Pedro y Apalín; a 3 150 msnm, tiene una densidad poblacional de 456 habitantes.

Las principales actividades económicas en este caserío son la lechería y la agricultura, también está presente el sector agropecuario y minero, uno de sus principales problemas es la desarticulación de sectores como salud y educación en el ámbito distrital.

En el sector salud presenta prevalencia de la desnutrición crónica infantil en niños menores de 3 años de edad, poca asistencia de mujeres gestantes al parto institucional, elevada tasa de mortalidad infantil en niños menores de 1 año de edad y prevalencia de IRAS y EDA² en niños menores de 9 años de edad, debido a que presenta hogares rurales con hábitos de consumo inadecuados e insuficientes alimentos nutritivos, y con hábitos de higiene inadecuados en la preparación y consumo de alimentos.

En el sector educación, la asistencia a la educación de nivel inicial alcanza cifras muy bajas debido a la deserción escolar y baja calidad educativa de los niños; también presenta discontinuidad en el estudio básico secundario y la falta de servicio de estudios superiores.

Las viviendas son abastecidas con agua de baja calidad para consumo humano, los hogares se abastecen con agua para consumo humano de pozos, manantiales, acequias y ríos sin manejo sanitario ni agua

² Las infecciones respiratorias agudas (IRA) son padecimientos infecciosos de las vías respiratorias con evolución menor a 15 días y en ocasiones se convierten en neumonía; La EDA (Enfermedad diarreica aguda) Es uno de los principales problemas de la población infantil, de mayor prevalencia en áreas rurales y urbano marginales.

potabilizada y deficiencias en la regulación y supervisión del manejo de aguas servidas y residuos sólidos.



Figura 1. Caserío El Triunfo.
Fuente: INIA, 2010.

Presenta una baja producción en la agricultura y la ganadería y escasa producción de especies forestales tanto nativas como exóticas; y en el sector industrial cuentan con pequeñas carpinterías, aserraderos, molinos de grano. Parte del medio ambiente de todo el territorio de la Encañada se ve alterado por la explotación minera y la sobre explotación agropecuaria, debido a que los recursos renovables y no renovables no cuentan con sistemas de manejo que aseguren su buen uso y cuidado.

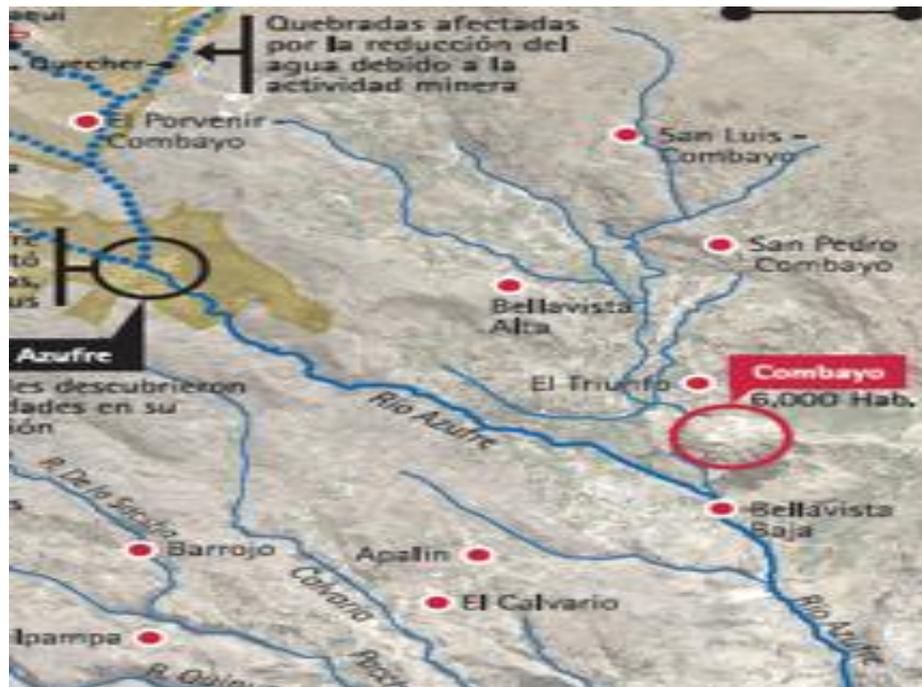


Figura 2: Ubicación del Caserío El Triunfo.
Fuente: Grufides Minera Yanacocha, 2016.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Manejo Ambiental

Plan que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad; incluye también los planes de seguimiento, evaluación y monitoreo y los de contingencia. Es aquello con lo que podemos mitigar a dar solución a un problema hecho en la evaluación de impacto ambiental. (Carmona & Villegas, 2001)

2.3.2. Calidad Ambiental

La calidad ambiental se refiere al grado de conservación, de los ecosistemas de la biodiversidad y del paisaje, a la pureza del aire, a la cantidad y calidad del agua, al estado y limpieza del suelo, a las condiciones de la escena urbana, y en general, a todos los factores ambientales. La calidad ambiental depende en

gran medida del comportamiento de los agentes socioeconómicos, y genéricamente se puede asociar a la medida en que internalicen las externalidades generadas por los procesos productivos, es decir, en la medida en que se asuman en su gestión los “costes” ambientales que generan. (Gómez & Gómez, 2013)

a) Calidad del suelo

La calidad de suelo es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico, todos los indicadores físicos, químicos y biológicos tienen que ser relacionados con las múltiples funciones que pueden desarrollar en el suelo. (De la Rosa, 2008)

Bogado 2013, define la calidad del suelo como la capacidad de un suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema para sustentar la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud vegetal y animal.

Un suelo de buena calidad no debe producir daños a seres humanos u otras especies en cualquier uso que hagan del mismo, debe poder funcionar sin restricciones en los procesos naturales y no debe contaminar otros elementos del medio ambiente. La calidad del suelo queda definida de acuerdo a su adecuación para la consecución tanto de funciones naturales como de uso. (Vásquez, 2009)

Para Gregorich et al. (1994) la calidad de suelo es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico. Se define como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano.

Por ello, una evaluación de ésta nos va a proveer del conocimiento necesario para actuar en consecuencia. No obstante, las evaluaciones realizadas hoy día tienden a realizar evaluaciones de calidad refiriéndose específicamente a los procesos que tienen lugar en el suelo. Excluyen de este modo variables económicas, sociales y políticas que, sin embargo, deben ser consideradas cuando el suelo sea sujeto de decisión o gestión del mismo. (Gonzales, 2006)

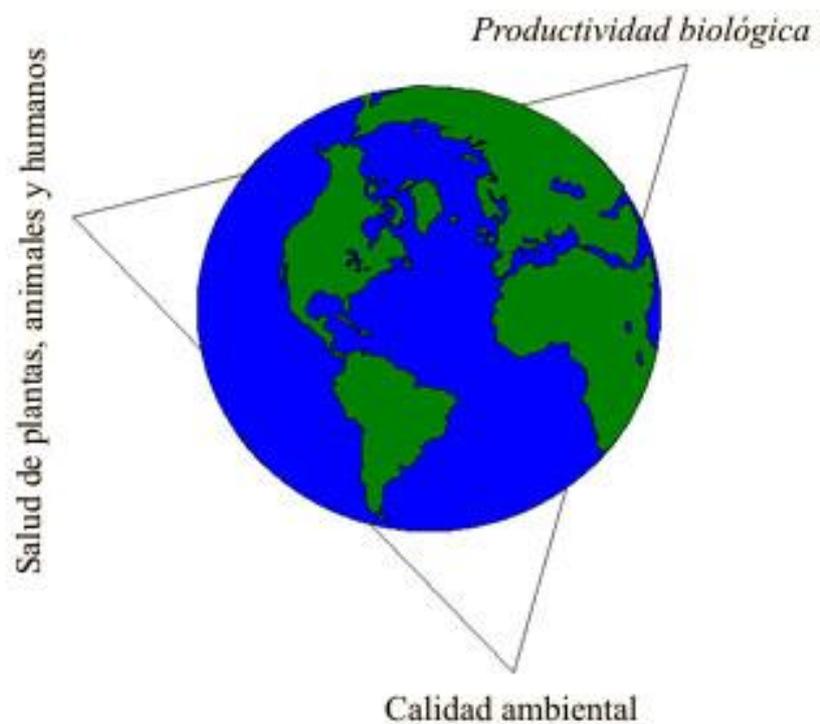


Figura 3: Principales componentes de la calidad del suelo.
Fuente: Doran y Parkin, 1994.

Indicadores de la calidad del suelo

La calidad del suelo está determinada por un gran número de factores o rasgos denominados generalmente parámetros del suelo. Un parámetro es un factor de tipo físico (Son los

relacionados con el ordenamiento de las partículas y los poros, incluyendo textura, densidad real v aparente, porosidad, estabilidad de agregados, encostramiento. compactación. profundidad o tasa de infiltración), químico (pH. salinidad, estatus de aireación, materia orgánica, capacidad de cambio catiónico. estatus de nutrientes, concentraciones en elementos tóxicos, y posiblemente el atributo más importante: la capacidad amortiguadora del suelo frente a un impacto), biológico (poblaciones de micro, meso y macroorganismos, nivel de respiración u otros indicadores de la actividad microbiana) y otros factores como existen atributos como por ejemplo los visibles que llaman la atención tales como la erosión, depresiones endorreicas, superficies de escorrentía, etc. (Quiñones, 2006)

b) Calidad Ambiental del suelo

Habilidad del suelo para atenuar contaminantes ambientales, patógenos. Indicadores de calidad se refieren a las propiedades del suelo, que puedan ser medidas, que influyen en la capacidad de realizar funciones de producción agrícola o medioambiental. Los indicadores son estadísticas o medidas relacionadas con una condición, cambio de calidad o cambio de estado.

La calidad del suelo está determinada por un gran número de factores o rasgos denominados generalmente parámetros del suelo. Un parámetro es un factor de tipo físico, químico o biológico, simple o complejo, relevante para la descripción de la calidad. Para poder cuantificarla es necesario disponer de estos parámetros de diferente naturaleza y escoger entre ellos un número determinado que reflejen los cambios en la

capacidad del suelo para su funcionamiento. (Gonzales, 2006)

c) Calidad en el uso y sostenibilidad del suelo

En las próximas décadas, el uso sostenible del suelo será un gran desafío, de tal modo que será comparable y muy relacionado con los problemas mundiales de los cambios en el clima y la biodiversidad. Será preciso emprender las acciones necesarias para satisfacer las actuales y diversas demandas potencialmente enfrentadas respecto al suelo, sin comprometer ni su uso ni su disponibilidad para las generaciones futuras.

El suelo es un recurso multifuncional, característica que le confiere una gran importancia, ya que no sólo representa la reserva mundial del 90% de alimentos sino que también desempeña otras funciones no productivas esenciales para la vida.

2.3.3. El Suelo

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, independiente y totalmente dinámico que se forma como consecuencia de la interacción de los factores de formación como el clima, material parental o roca madre, los organismos y el tiempo; y que ocupa un espacio finito y puntual en la superficie terrestre.

En forma general, se puede decir que el suelo consta de cuatro componentes principales que son: materia mineral, materia orgánica, agua y aire. Estos cuatro componentes se encuentran íntimamente mezclados, de tal manera que su separación es muy difícil. (ZEE, 2010)

El suelo corresponde a la capa superior de la corteza terrestre, que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. El suelo es vital, ya que el ser humano depende de él para la producción de alimentos, la crianza de animales, la plantación de árboles, la obtención de agua y de algunos recursos minerales, entre otras cosas. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por lo tanto, todo el desarrollo del ecosistema (Frers, 2008).

El suelo tiene cuatro componentes importantes: minerales, materia orgánica, aire y agua. La fase sólida (mineral y orgánica) ocupa generalmente hasta el 50% de su volumen total. El resto lo ocupa la fase líquida (agua) y la fase gaseosa (aire), las que mantiene una proporción complementaria al llenar los poros que se originan entre los agregados y las partículas de la fase sólida. (Fassbender, 1975)



Figura 4: El suelo.
Fuente: Frers, 2008.

a) Funciones y desempeño del suelo

El suelo cumple múltiples funciones dentro de los procesos naturales. En primer término, sustenta y regula muchos procesos bióticos, tal como brindar a las plantas los nutrimentos minerales y el agua para producir su biomasa, misma que representa la fuente de nutrición primaria de la cadena trófica. Es también una interfase, es decir, una zona de interacción en la que se controlan muchos flujos y ciclos de sustancias. Debido a su porosidad y permeabilidad, cumple también la función de redistribuir el agua de lluvia entre varios flujos hidrológicos y, así, transforma la precipitación en infiltración, escorrentía, flujos subsuperficiales o recarga de acuíferos (Mendoza, 2007)

El suelo, como base de la agricultura, además de constituir el medio donde las plantas se desarrollan, es responsable del suministro de agua y nutrientes, protege la calidad del aire y es el hábitat natural de múltiples formas de vida. El suelo es la mezcla variable de materiales orgánicos e inorgánicos que contiene vida y constituye un sistema bioquímico complejo de sólidos, líquidos y aire. Su formación parte de la meteorización de las rocas en un proceso que tarda miles de años. (Luna, 2006).



Figura 5: Funciones del suelo.
Fuente: Frers, 2008.

b) El perfil del suelo

Los suelos desarrollan capas distintas a diversas profundidades bajo la superficie. Una sección vertical del suelo para exponer la disposición de sus capas recibe el nombre de perfil. La capa superior suele ser más rica en materia orgánica y de color más oscuro que las inferiores, es el horizonte A o suelo superficial. (watler & Thompson, 2002).

La parte media del perfil suele ser más rica en arcilla y de color más claro que la superior, es el horizonte B o suelo profundo. El horizonte C constituye en general la roca madre, se dispone debajo del solum y se extiende hasta la roca basal. Puede ser muy espeso, delgado o incluso puede no existir. El perfil del suelo incluye los horizontes A y B y por lo menos la parte superior del C cuando este existe. (Watler & Thompson, 2002)

OÑATE (2005), considera al perfil de un suelo como la exposición vertical de los horizontes distribuidos en forma secuencial o alterada el mismo que puede ser definido en función de los rasgos del perfil o de cada uno de los estratos que lo forman y que son únicos o característicos de una zona o sector, el perfil de suelos puede ser observado en una calicata o hueco cavado a propósito en un corte de carretera(aun cuando no es muy recomendable para efectos de clasificación o descripción de perfiles) o en cualquier sitio donde haya una exposición de horizontes de suelo.

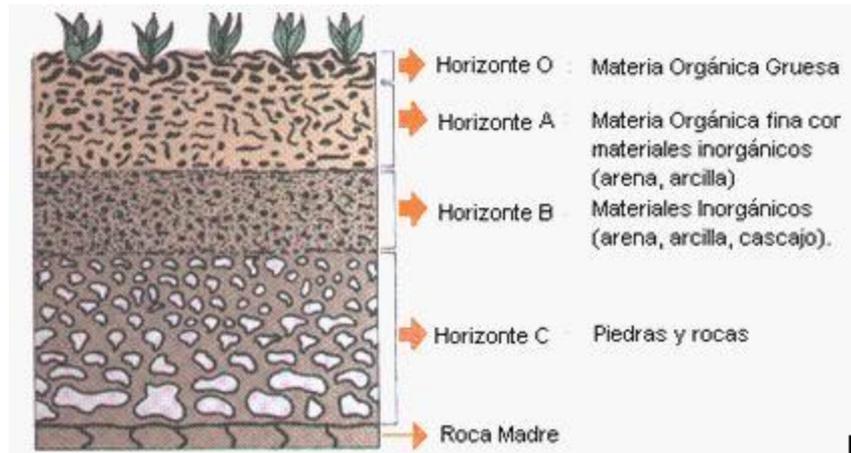


Figura 6: Horizontes del suelo.
Fuente: USDA, 2006.

c) Formación del suelo

González (2009), manifestó que la formación y evolución del suelo, por influencia de los factores ecológicos, conducen a la diferenciación de capas sucesivas que se extienden más o menos paralelas a la superficie y que muestran distinciones en sus características como, estructura, coloración y disposición de sus niveles, a los que se les denomina horizontes, a este conjunto se le llama "Perfil".

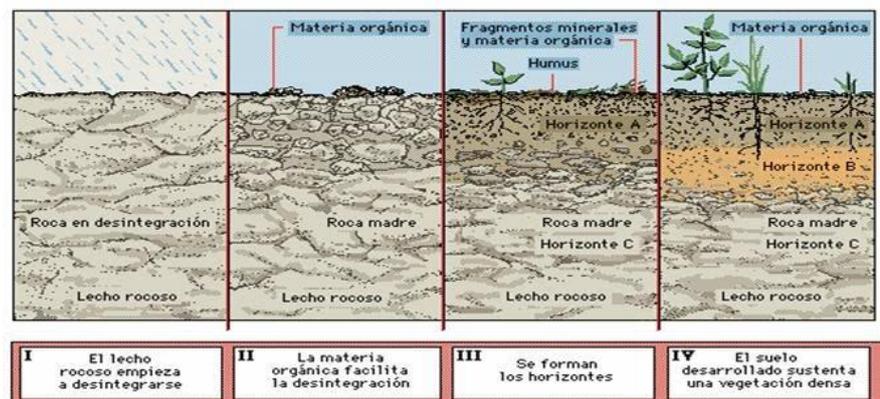


Figura 7: Formación del suelo.
Fuente: Gonzales, 2009.

d) Factores de formación del suelo

Los factores de formación de un suelo son aquellos componentes del medio (abióticos y bióticos) que influyen en el desarrollo de un suelo al condicionar los procesos naturales (físicos, químicos y biológicos) que pueden actuar, determinar su intensidad y mantenerlos a lo largo del tiempo. Los principales factores formadores que determinan las propiedades del suelo y su grado de expresión son: clima, organismos vivos, material originario, posición en el paisaje (topografía) y tiempo. La acción combinada de los factores formadores determina las características del suelo, su estado con un sistema en un momento dado, la clase de suelo que se ha formado. (Porta et al, 2014)

El suelo procede de la roca madre, la cual se altera por la acción de los factores ambientales y en su formación se desarrollan una serie de procesos que transforman el material original hasta establecer una morfología y propiedades propias. En la formación del suelo intervienen un conjunto de procesos muy heterogéneos. El suelo es el resultado de la acción de cinco factores formadores principales: roca madre, clima, microorganismos, relieve y tiempo. (Calvache, 2009)

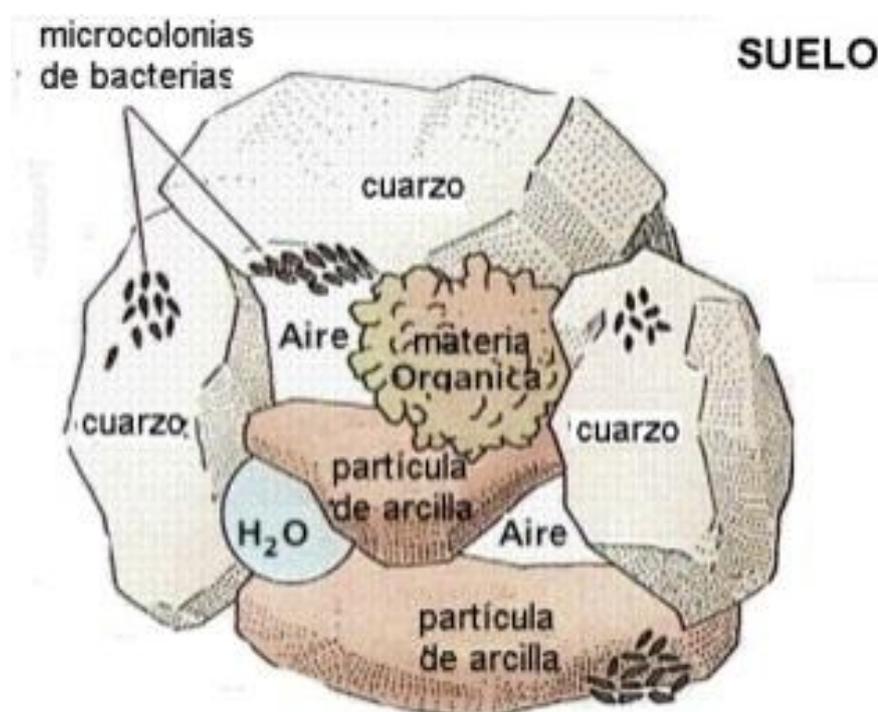


Figura 8: Factores que intervienen en la formación del suelo.
Fuente: Porta et al, 20014.

e) **Características Físicas del Suelo**

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad. (Bautista et al, 2004)

- **Textura:** La textura es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) (Jaramillo, 2002).

Así mismo, la textura puede determinar el contenido de materia orgánica de un suelo, siendo éste mayor en los suelos de grano fino que en los suelos de textura gruesa. La textura más equilibrada para el buen

desempeño agrícola, corresponde a la de los suelos francos (arcilla entre 7 – 27% y limo 28 – 50%); éstos presentan una tendencia uniforme a retener agua a la vez que permiten la difusión de gases, con lo cual las funciones fisiológicas de la planta no sufrirán limitaciones (Montenegro y Malagón, 1990).

Según sus porcentajes relativos de arena, limo y arcilla, los suelos se han agrupado en 12 clases texturales, cada clase presenta un suelo con comportamiento físico, químico y mecánico distinto. Así, la proporción de las partículas tiene efecto en diferentes aspectos del suelo como su capacidad de aireación, permeabilidad, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y sensibilidad a la erosión. (Yakabi, 2014)

Un suelo se considera arenoso o de textura gruesa a partir de 44 % de arena, y su característica es presentar una elevada infiltración de agua; por ende, una escasa capacidad de retención hídrica. Un suelo es arcilloso o de textura fina con tan solo 20 % de arcilla, y se caracteriza por retener gran cantidad de agua, pero que al secarse forma una capa dura e impermeable, que impide una adecuada infiltración³. Entre ambos extremos está el suelo franco o de textura media, considerada la textura ideal, sobre todo para tierras de cultivo; esta textura se refiere a un suelo donde las tres fracciones están en equilibrio, con un 40–45 % de arena, un 30–35 % de limo y un 25 % de arcilla. (Yakabi, 2014)

Vargas (2012), Menciona que textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de

³ La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

(sensación granulosa). Se satura con poca cantidad de agua y se seca rápidamente al aire; al secarse se disgrega. Limo, se adhiere, no es pegajosa, es débilmente moldeable (sensación harinosa). No retiene el agua por periodos prolongados. Arcilla, se adhiere, es cohesiva (pegajosa), moldeable, tiene una alta plasticidad. Retiene mucha agua y demora en secarse.

Según Casanova et al (2004), existen tres tipos de partículas del suelo:

Arenas: Son materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. No se contraen al secarse, no son plásticas, son menos compresibles que la arcilla y al aplicárseles carga en la superficie se comprimen casi instantáneamente. (Jiménez, 2010)

Limos: Son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, cuyas partículas están comprendidas entre 0.05 mm y 0.005 mm de diámetro. Pueden ser orgánicos, procedentes de los ríos o inorgánicos, producidos en canteras. Su permeabilidad suele ser baja y su compresibilidad muy alta; su color varía desde gris claro a muy oscuro. (Jiménez, 2010)

Arcillas: Son partículas sólidas cuyo diámetro es menor a 0.005 mm, con la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado aunque puede contener silicatos de hierro o de magnesio hidratados. (Jiménez, 2010)

De acuerdo con la mayoría de los autores es el agente más importante para la formación de la estructura del

suelo, siendo el principal responsable de la aparición de fuerzas, principalmente del tipo eléctrico, entre los materiales constitutivos del mismo. (Miralles, 2006)

Las arcillas son un conjunto de minerales de origen secundario, formadas en el proceso de alteración química de las rocas, con estructura cristalina bien definida y un gran desarrollo superficial, con propiedades físico-químicas responsables en gran parte de la actividad fisicoquímica del suelo (Jordán, 2010)



Figura 10: Partículas del suelo.
Fuente: Miralles, 2006.

Tabla 3
Clasificación textural del suelo.

Nombres vulgares de los suelos(textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura fina)	20-45	15-52	27-40	Franco

moderadamente fina)				arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: USDA, 1999.

- **Estructura:** En el campo es fácil encontrar suelos de textura similar y sin embargo, sus propiedades físicas pueden ser diferentes, debido a que las partículas (arena, limo, arcilla), se agrupan en diversas formas. El arreglo de esas partículas en unidades más grandes recibe el nombre de estructura, y generalmente ocurre debido a la tendencia de las partículas más fina (especialmente arcillas) a mantenerse juntas. Las unidades de estructura de un suelo se llaman agregados, los cuales pueden tener diferentes grados de desarrollo y tamaños diferentes. Es posible encontrar suelos sin agregados, especialmente en aquellos con bajo contenido de arcilla. (Casanova, 2005)

La estructura del suelo tiene una influencia marcada en el crecimiento de las raíces y de la parte aérea de la planta. A medida que el suelo se compacta, la proporción de espacios porosos grandes disminuye, el crecimiento radicular se detiene y la producción se reduce. (Bidwell, 2002)

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos). (Vargas, 2012)

Tabla 4
Desarrollo de la estructura.

Desarrollo de la estructura	
Prismática	Los agregados tienen todas las caras planas en forma de prisma, con la altura de mayor tamaño que la anchura. Generalmente son agregados de gran tamaño.
Blocosa	Los agregados originales han sido reducidos a la forma de bloques con seis caras irregulares y con sus tres dimensiones más o menos iguales, esta estructura se encuentra principalmente en el subsuelo, y su grado de desarrollo tiene mucha relación con el drenaje, aireación y penetración de las raíces en el suelo.
Granular	Los agregados son esferas imperfectas, cuyo tamaño puede oscilar de 1 a 10 milímetros de grosor. Esta estructura es muy ventajosa para los cultivos, ya que al no ajustarse entre sí, las esferas dejan entre ellas unos amplios espacios por donde puede circular el aire y el agua.
Laminar	Los agregados tienen una forma achatada. Tienen una gran superficie, pero son delgados. Su posición en el suelo origina conductos discontinuos que no permiten el desarrollo radicular, así como la penetración de aire y agua. Normal en suelos compactados.

Fuente: Vargas, 2012.

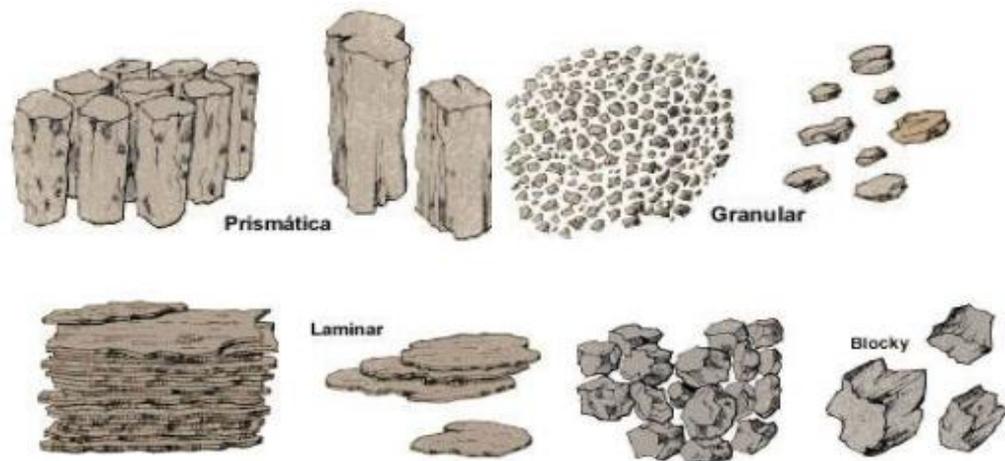


Figura 11: Estructura del suelo.
 Fuente: Oñate, 1999.

- **Densidad:** Es el peso de los sólidos del suelo por unidad de volumen total del mismo. El volumen de poros es una

parte de volumen de suelo medido para la estimación de la densidad aparente. Las muestras se secan a estufa para extraer el agua antes de su pesada. (Thompson & Troeh, 1988)

El peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro (Jaramillo, 2002).

Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea. (Jaramillo, 2002)

- La densidad aparente afecta indirectamente el crecimiento de las plantas, ya que su aumento restringe la penetración de las raíces, reduce la aireación y se produce la reducción de la tasa de infiltración como así también dificulta la absorción de nutrientes. La densidad aparente se puede ver incrementada por excesivo pisoteo, por uso inapropiado de las maquinarias de cosecha, particularmente en suelos de textura fina. El

aumento del valor inicial de densidad aparente es el primer indicador de compactación, la densidad aparente óptima y su límite crítico para las plantas dependen del tipo de suelo, la textura, mineralogía y MO, que actúan sobre la estructura del suelo, el aire y el agua del mismo, a la vez que los cultivos responden de distintas maneras dependiendo de su sistema radicular. (Thompson & Troeh, 1988)

- **Temperatura:** La temperatura del suelo en sus capas superficiales está ligada a la temperatura del aire; depende, pues del régimen térmico del clima de la zona, encontrando zonas frías y cálidas que superan los 40 °C. La temperatura del suelo influye en muchos aspectos agrícolas, como la germinación de las semillas o el desarrollo radical de las plantas, la actividad de su flora microbiana esta se detiene cuando desciende por debajo de 0 °C o superan los 40 °C. (Lechón, 2014)

La temperatura del suelo es uno de los factores fundamentales para todos los procesos vitales de las plantas y animales, hasta el punto de que temperaturas muy bajas o muy altas pueden no solo disminuir sus ciclos vitales, sino incluso llegar a paralizarlos. Aspectos tan importantes como la germinación, desarrollo radicular, absorción de nutrientes, etc., están muy influenciados por la temperatura del suelo. (Navarro & Navarro, 2013)

- **Color:** Según Thompson y Troeh (1988), el color es una de las características más perceptibles del suelo y es importante porque está relacionado con el contenido de materia orgánica, el clima, el drenaje y la mineralogía del

suelo. El color natural de la mayoría de los minerales es el blanco o gris claro, aunque existen algunos negros, rojos y de otros colores.

f) Características Químicas del Suelo

La lista potencial de atributos del suelo es muy grande y la selección final depende de las funciones consideradas. Los atributos químicos por ejemplo incluyen, pH. Salinidad, estatus de aireación, materia orgánica, capacidad de cambio catiónico. Estatus de nutrientes, concentraciones en elementos tóxicos, y posiblemente el atributo más importante: la capacidad amortiguadora del suelo frente a un impacto. (Gonzales, 2006)

- **Materia Orgánica:** Son todos los residuos de origen animal y vegetal descompuestos por los microorganismos del suelo. Su contenido es variable y está condicionado principalmente por el clima, la fisiografía del medio local y el sistema de manejo. Las propias plantas son una fuente principal de materia orgánica, y su calidad y cantidad están en función del tipo de vegetación. La presencia de ella se mide en porcentaje, y constituye un almacén de energía y de alimento disponible para las plantas y otros organismos, así como una fuente de formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo. (Jaramillo, 2002)

La materia orgánica ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo y a retener los nutrientes; actúa como

un "amortiguador"⁴ al regular la disponibilidad de éstos según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en los suelos ácidos, impide la fijación del fósforo, neutraliza el efecto tóxico del aluminio. La disminución de la e materia orgánica en el suelo implica la reducción de los nutrientes disponibles para las plantas. (Samaniego, 2012)

La materia orgánica tiene efectos tanto directos como indirectos en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Además de servir como fuente de N, P, S a través de la mineralización por medio de microorganismos del suelo, la materia orgánica influye en la provisión de nutrientes desde otras fuentes (por ejemplo, la materia orgánica es requerida como fuente de energía para bacterias fijadoras de N). (Samaniego, 2012)



Figura 12: Suelo con alto contenido de materia orgánica.
Fuente: Jaramillo, 2002.

⁴ Una capacidad de amortiguar más alta significa que el suelo puede absorber más ácido y/o base sin un cambio significativo en el pH.



Figura 13: Ciclo de la materia orgánica.
Fuente: Jaramillo, 2002.

Tabla 5
Clasificación de la materia orgánica para suelos.

Rango (%)	Clasificación
< 2	Pobre
2 – 4	Medio
> 4	Alto

Fuente: Quintana et al, 1983.

- **Potencial de Hidrógeno**

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. (Fernández et al 2006)

El pH, tiene una rango que va de 1 a 14 pH, los suelos con mejor rango para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 pH, para bosques se puede usar desde 3 hasta 8 pH, algunas plantas no resisten ambientes con muchas sales o pH mayores de 8, como los cítricos, sin embargo las palmeras como cocos son tolerantes. (Watler y Thompson, 2002)

La acidez del suelo se debe a pérdidas de las bases en suelos de zonas lluviosas por efecto de disolución de las mismas las que se percolan y se pierden por lixiviación en proporciones considerables. (Porta & López, 2008)

Tabla 6
pH del suelo, según USDA.

Valores	Clasificación
> 4,5	Extremadamente ácido
4,5 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6	Medianamente ácido
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Medianamente básico
7,9 - 8,4	Básico
8,5 - 9	Ligeramente alcalino
9,1 - 10	Alcalino
10	Fuertemente alcalino

Fuente: USDA, 1999.

Tabla 7
Efectos del pH en el suelo.

El pH en el suelo	
pH < 4.5	En este grupo de suelos predominan las formas de aluminio intercambiable, por lo cual tienen altas probabilidades de que se presenten toxicidades con ellos; los procesos de transformación de amoníaco a nitrato son muy lentos, pudiendo causar deficiencias de nitrógeno en plantas que no sean hábiles en la utilización del amonio, lo que afecta de manera directa al suelo en una muy pobre fertilidad.
pH 4.4 - 5.5	En estos suelos actúan las formas de aluminio intercambiable $Al(OH)_2^+$ y Al^{3+} ; en este rango de pH no es significativo el contenido de H_3O^+ y los demás problemas expuestos para los suelos del grupo anterior también se presentan en este grupo, aunque con menor intensidad que en aquel.
pH 4.5 - 5.5	En este grupo de suelos ya no hay ningún contenido de acidez intercambiable por lo que desaparece la posibilidad de toxicidad con Al^{3+} , H_3O^+ o Mn^{2+} . Hay una mejora en la actividad biológica bacteriana con respecto a la de los suelos con los valores de pH anteriores; el suministro de bases, de molibdeno y de fósforo se mejora llegando a ser óptimo para muchas plantas en el límite superior del rango de pH que define este grupo.
pH 5.5 - 6.5	Los suelos con pH entre 6.1 y 6.5 presentan las condiciones casi óptimas para la nutrición de la mayoría de las plantas. En los suelos con pH entre 5.5 y 6.0 los principales limitantes para su uso agropecuario se relacionan con problemas de nutrición ocasionados por desbalances entre nutrientes o por deficiencia de ellos en el suelo.

Fuente: USDA, 1999.

- **Nitrógeno:** El nitrógeno es, después del agua, el nutriente más limitante para la productividad de las plantas de zonas áridas y semiáridas. En forma natural, el nitrógeno se encuentra en la atmósfera como gas, en un reservorio no disponible para las plantas, por lo que para poder utilizarlo, las plantas requieren establecer simbiosis con algunas especies de bacterias, lo que sucede por ejemplo en diversas especies de la familia de las leguminosas entre otras, lo que les permite aportar materia orgánica rica en nitrógeno al suelo de zonas áridas. (Celaya & Castellanos, 2011)

El contenido de N total en los suelos presenta un amplio ámbito, pero es común el comprendido entre 0.2 y 0.7% para la denominada capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. Dentro de los factores de formación del suelo, el clima es el que influye más directamente en el contenido total del N, cuyo porcentaje tiende a incrementarse al disminuir la temperatura y al aumentar la precipitación, dentro de ciertos límites. (Fassbender, 1984)

Perdomo et al (2001), el nitrógeno es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales.

En el suelo existe nitrógeno orgánico e inorgánico. Del total de nitrógeno que existe en el suelo el 98% está formando parte de la materia orgánica como: proteínas, aminoácidos y estructuras químicas complejas que aún no se han podido identificar. El 2% restante corresponde a la fracción mineral del suelo. (Tarigo et al, 2004)

Nitrógeno orgánico

Estiércol y plantas, microorganismos y animales muertos en descomposición, son importantes fuentes de nitrógeno para el suelo. Si bien, la mayor parte de este nitrógeno es insoluble y no está disponible de inmediato para que lo utilicen las plantas. Esta fracción orgánica se abastece también de este elemento a partir de microorganismos fijadores de N atmosférico en forma

asimbiótica y de la inmovilización de la fracción soluble que realizan los microorganismos, y representa comúnmente, entre el 85 y el 95 % del N total (Fassbender, 1984).

Nitrógeno inorgánico

El primer producto resultante de la descomposición de la materia orgánica (mineralización) es el NH_4^+ , proveniente de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos. Las tres formas inorgánicas más importantes, NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- representan generalmente del 2 al 5% del N total del suelo. La fuente de NH_4^+ proviene de la mineralización del N orgánico y de los fertilizantes (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Importancia del nitrógeno

Promueve el desarrollo de las hojas y el crecimiento de brotes. Se presenta en el protoplasma celular y constituye las proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. Asimismo, el nitrógeno es alimento de los microorganismos del suelo, lo que favorece a la descomposición de la materia orgánica por un proceso de desnitrificación. (Fassbender, 1993)

Tabla 8
Clasificación del nitrógeno disponible.

Rango (%)	Clasificación
< 0.07	Pobre
0.07 - 0.15	Medio
> 0.15	Alto

Fuente: Quintana et al, 1983.

- **Fosforo:** El fosforo es relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos como por ejemplo los nitrogenados que pueden ser volatilizados y lixiviados. De esta alta estabilidad resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad de fosforo para las planta, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo. Esto puede evitarse en parte por medio de una fertilización fosfatada, los fosfatos aplicados al suelo son sin embargo, objeto de reacciones rápidas de fijación. Así la dinámica del fosforo en el suelo incluye una serie de reacciones y transformaciones. (Fassbender, 1993)

En los suelos, la existencia de diferentes formas de P está condicionada por los procesos edáficos que afectan a su disponibilidad; de esta manera, una gran variedad de procesos biológicos y geoquímicos interactuarán para controlar la cantidad de P disponible en el suelo (Tiessen et al., 1993)

En el suelo no existe P en su forma libre, sino combinado en fosfatos de diferente naturaleza y estado, procedentes del material de origen o de los fertilizantes añadidos. El material de origen de un suelo contiene

fundamentalmente fosfatos de Ca, agrupados dentro de la familia del apatito. Estos compuestos son poco solubles en suelos neutros y alcalinos y se hidrolizan a medida que progresa la alteración y el desarrollo del suelo, pasando a formar parte de su fase disolución. (INPOFOS, 2000)

El fósforo en el suelo

Según Padilla (2007), las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ión fosfato monoácido) y H_2PO_4^- (ión fosfato diácido).

Las plantas absorben el fósforo como iones fosfato diácido o monoácido de la solución del suelo. Debido a la baja solubilidad de los compuestos fosfatados en el suelo, hay una tendencia de desplazamiento del equilibrio hacia la fase sólida, por lo que la concentración de fósforo en solución en un instante dado es muy baja (Holford, 1997).

La fracción orgánica representa entre el 20 y 60 % del fósforo total del suelo. Cuanto mayor es el tenor de materia orgánica de los suelos, mayor es la acumulación y mineralización de las formas orgánicas, las cuales pueden incrementar el suministro de este nutriente a las plantas (Tiessen, 1993).

La cantidad de fósforo lábil no es una medida directa de la capacidad de reposición, debido a que están involucradas las tasas de desorción, disolución y difusión. La desorción y difusión están controladas en

gran medida por la capacidad buffer del suelo para el nutriente, ya que la capacidad de reposición es una función directa de la cantidad de fósforo lábil y una función inversa de la capacidad buffer. Es decir, la disponibilidad de fósforo está inversamente relacionada a la capacidad buffer: cuanto mayor es ésta, menor es la disponibilidad de fósforo en el suelo, lo cual afecta negativamente el crecimiento de las plantas y rendimiento de los cultivos. Estas propiedades se evalúan a través de las isotermas de adsorción, las que definen la cantidad y la intensidad del proceso en el suelo. (Holford, 1997)

Importancia del fosforo

La falta de fósforo repercute en el alargamiento del tallo de las plantas, produciendo plantas enanas, lo que provoca un retardo de la maduración, bajo rendimiento, mala calidad y elevada humedad del grano. En trigo y otros cultivos de grano pequeño, la deficiencia de fósforo tiende a hacer más susceptible las raíces a las enfermedades; produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes. Las plantas deficientes pueden mantener un color verde saludable pero crecerán lentamente y retardarán su madurez. Cuando la deficiencia es severa, algunas variedades muestran coloraciones púrpuras o rojas. (Fernández, 2007)

Tabla 9
Clasificación del fósforo disponible.

FOSFORO EN SUELOS		
Rangos	BRAY P1 (suelos ácidos)	OLSEN (suelos alcalinos)
	ppm	ppm
Bajo	< 20	< 20
Medio	20 - 40	20
Alto	40 - 100	20 - 40
Muy alto	> 100	> 40

Fuente: Quintana et al, 1983.

- **Potasio:** Favorece la resistencia de la planta frente a las enfermedades y eventos climáticos extremos, como son la sequía y las heladas. Participa en la fotosíntesis, en la síntesis de las proteínas y en la activación de las enzimas; incluso, mejora la calidad del fruto, el contenido total de K en el suelo a exceder los 20 000 ppm, pero gran parte se encuentra como componente estructural de los suelos minerales, no siendo asimilables por las plantas. El K disponible es el que se encuentra disuelto en la solución del suelo, y en los sitios de intercambio en la superficie de las partículas de arcilla. (Yacabi, 2014)

Potasio no disponible

Este se encuentra en los minerales (rocas). El K es liberado a medida que los minerales se intemperizan, pero esto sucede en forma lenta que no se hace disponible para las plantas en crecimiento. (INPOFOS, 2000)

Potasio disponible en forma lenta

Este tipo de potasio está “fijado” o atrapado entre las capas de ciertas arcillas del suelo. Estas arcillas se encogen y se expanden con los suelos secos y húmedos respectivamente, los iones (K⁺) pueden ser atrapados entre estas capas haciéndose no disponibles o disponibles lentamente. Este potasio es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales, tales como la Illita, que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores (INPOFOS, 2000).

Potasio disponible del suelo

El K disponible en forma inmediata se encuentra en la solución del suelo, más el K retenido en forma intercambiable de las arcillas y la materia orgánica (INPOFOS, 2000).

La nutrición potásica adecuada mejora aspectos de la calidad de los cultivos: mayor porcentaje de proteínas en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora el color y sabor de las frutas, aumento del tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y vida larga de frutas y hortalizas en los anaqueles del supermercado. (Imas, 2012)

Importancia del potasio

El potasio actúa principalmente como un activador en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, participa en la abertura y cierre de estomas y tiene funciones de regulación osmótica. El potasio estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades. El potasio es absorbido por las raíces en forma elemental (K^+) y dentro de la planta es un elemento movilizado desde las hojas más viejas hacia las más nuevas. La falta de potasio en la planta reduce el porcentaje de sacarosa y una cantidad excesiva del mismo aumenta el contenido de almidón. (Fuentes, 2014)

Tabla 10

Clasificación según niveles de potasio extractable.

POTASIO EXTRACTABLE	
Rangos	K
Bajo	< 150 ppm < 0.4 meq/100 g suelo
Medio	150 - 250 ppm 0.4 - 0.6 meq / 100g suelo
Alto	250 - 800 ppm 0.6 - 2.0 meq / 100g suelo
Muy Alto	> 800 ppm > 2.0 meq / 100g suelo

Fuente: Agrolab, 2005.

2.4. Definición de términos básicos

Acidez intercambiable: se refiere a la cantidad de iones de H⁺ intercambiables por fracciones de Materia Orgánica en suelo y determina “la cantidad” de mejoradores necesarios a aplicar para combatir el pH.

Agregados: Cuando las partículas individuales de la estructura se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

Biodiversidad: término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano.

Calicata: Es una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media. Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar.

Calidad Ambiental: Es el órgano encargado de promover la mejora y preservación de la calidad del ambiente, mediante la adecuada gestión y control de la calidad del agua, aire y suelo.

Capa arable del suelo: Es el nivel superior del suelo destinado a cultivo, puede oscilar entre 10 a 50 centímetros, en general.

Capacidad amortiguadora: La capacidad que tiene un suelo de inactivar los efectos negativos de los contaminantes. Es la cantidad de ácido o base que una solución amortiguada puede absorber antes de que su pH comience a cambiar significativamente. La capacidad de

amortiguar de un suelo es importante para determinar cómo su pH cambiará.

Características físicas del suelo: Cualidades, propiedades o factores que pueden servir para establecer el carácter del suelo, estos son: textura, consistencia, estructura, permeabilidad, color.

Características químicas del suelo: Los atributos químicos por ejemplo incluyen, pH. Salinidad, estatus de aireación, materia orgánica, capacidad de cambio catiónico.

Coloides: Aquella sustancia que, al encontrarse en un líquido, se dispersa poco a poco.

Compactación del suelo: Es el proceso artificial por el cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos.

Compresibilidad: Es una propiedad de la materia a la cual hace que todos los cuerpos disminuyan de volumen a someterlos a una presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros.

Densidad aparente: Se define como el peso seco de una unidad de volumen de suelo, es una medida de la estructura del suelo.

Densidad real: El peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros.

Ecosistemas: Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico.

Elementos nocivos: Es todo elemento considerado como peligroso o dañino para la vida una persona, de cualquier ser vivo y del ambiente.

Elementos tóxicos: Es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad (es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos).

Estratos del suelo: Cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos.

Estructura del suelo: Es la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla.

Factores ambientales: Componentes que actúan directamente sobre los seres vivos. Estos componentes pueden ser bióticos (predación, competencia) y abióticos (climáticos, edáficos, químicos).

Fosforo lábil: Disponibilidad en que se encuentra un elemento nutritivo de reserva, cuando esta pronto y ampliamente disponible para el cultivo.

Fosforo no lábil: Fosforo no aprovechable en una temporada de cultivo.

Humus: Es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias).

Impacto: Es el efecto negativo o positivo que produce la actividad humana o fenómenos naturales al medio ambiente.

Manejo ambiental: Plan que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales.

Materia orgánica: Es materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural.

Material parental: Es el material geológico inalterado (generalmente roca madre o de un depósito superficial o arrastrado) en donde se irán formando los horizontes del suelo.

Mineralogía: Ciencia que estudia las propiedades físicas de los minerales, sus componentes químicos y sus características simétricas.

Mitigar: La reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento.

Morfología del suelo: Son los atributos observables a campo del suelo dentro de los varios horizontes de suelo, con la descripción de la clase y el arreglo de los horizontes.

Parámetro: Datos que se consideran como imprescindibles y orientativos para lograr evaluar o valorar una determinada situación.

Ph: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. El pH neutro es 7: si el número es mayor, la solución, es básica, y si es menor, es ácida.

Roca madre: Es el horizonte basal de la estructura de un suelo. La roca consolidada bajo las zonas recubiertas por materiales alterados o disgregados, suelos o regolitos, de la superficie de un planeta terrestre.

Silicatos: Son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más del 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas.

Simbiosis: Es la interacción biológica, a la relación estrecha y persistente entre organismos de diferentes especies.

Suelo ácido: Cuando el grado de acidez es menor a 7.

Suelo alcalino: El grado de acidez es mayor a 7.

Suelo neutro: El grado de acidez es 7.

Textura del suelo: Es la proporción en la que se encuentran distribuidas variadas partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en 3 grupos básicos que son: la arena, el limo y las arcillas, etc.

CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis de tablas y gráficos

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el caserío El Triunfo, distrito La Encañada provincia de Cajamarca, se ubica al Este de la ciudad de Cajamarca en el Km. 34 de la carretera Cajamarca - Celendín. La presente investigación analiza las características físicas y químicas del suelo para mejorar la calidad del manejo ambiental del suelo y la calidad de los cultivos del caserío El Triunfo. Se realizó trabajos en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA Cajamarca.

Así mismo se determinó el análisis basado en los valores y normas técnicas peruanas que permitió conocer las condiciones y la calidad del suelo como una estrategia óptima de mejora en cumpliendo la Ley General del Ambiente N° 28611, Art 31, que define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA), como la medida que establece el nivel de concentración, sustancias físico, químicos y biológicos presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor, y que mediante D.S. N° 002-2014-MINAN se establece disposiciones complementarias para la aplicación de los ECA para suelo y que por Resolución Ministerial N° 137-2016-MINAN, aprobado el 02 de junio de 2016, se resuelve cumplir el Art. 1 actualizar los métodos de ensayo para el análisis de los parámetros de los ECA, para suelo. Para determinar los porcentajes de suelo se aplicó bajo la norma ASTM AD- 422.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se presenta la denominación de parcelas y puntos de muestreos:

Tabla 11

Zonas y puntos de muestreos El Triunfo, 2017.

caserío	Zonas	Denominación parcelas	Puntos de muestreos
El Triunfo	0	La Orilla	O0-10
			O0-30
	1	Bosque	B1-10
			B1-30
	2	El Capulí	Ca2-10
			Ca2-30
	3	Cipreses	Ci3-10
			Ci3-30
	4	Zapato	Z4-10
			Z4-30
	5	El Goñor	G5-10
			G5-30
	6	Quishuar	Q6-10
			Q6-30

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Los puntos de muestreo se seleccionaron entre 10 y 30 metros por parcela, previamente se visitó el terreno y con ayuda del técnico del Laboratorio de INIA Cajamarca se seleccionó los puntos a medir para sacar las muestras respectivas, se demarcó el área a trabajar como se detalla a continuación:

3.1.1. Descripción de las zonas a estudiar

De las 45 parcelas en estudio solo se trabajó con 06 puntos en cada uno se obtuvo 02 muestras cada muestra a una distancia de 10 y 30 metros de cada parcela de punto de muestreo, dichos puntos se tomaron en cuenta por el área de terreno por lo que se consideró la distancia descrita anteriormente, para la toma de muestras de suelo.

La selección de muestras se tomó en base a los siguientes 3 criterios como se muestra en la siguiente figura.



Figura 14: Mapa con zonas de muestreo.
Fuente: Google Earth, 2016.

3.1.2. Muestras y análisis de suelo

Las muestras de suelo se tomaron en 06 puntos de cada parcela, a una distancia de 02 denominaciones a 10 y a 30 m por parcela, los puntos se ubicaron cada 10 m a un lado de la línea media (Figura 14).

Para medir la densidad aparente, se insertó un cilindro de metal Inox de 5,4 x 10 cm (Arshad et al., 1996), que fue retirado con mucha precaución para obtener el volumen exacto (Figura 15). El suelo fue recogido en bolsas plásticas gruesas y debidamente identificadas.

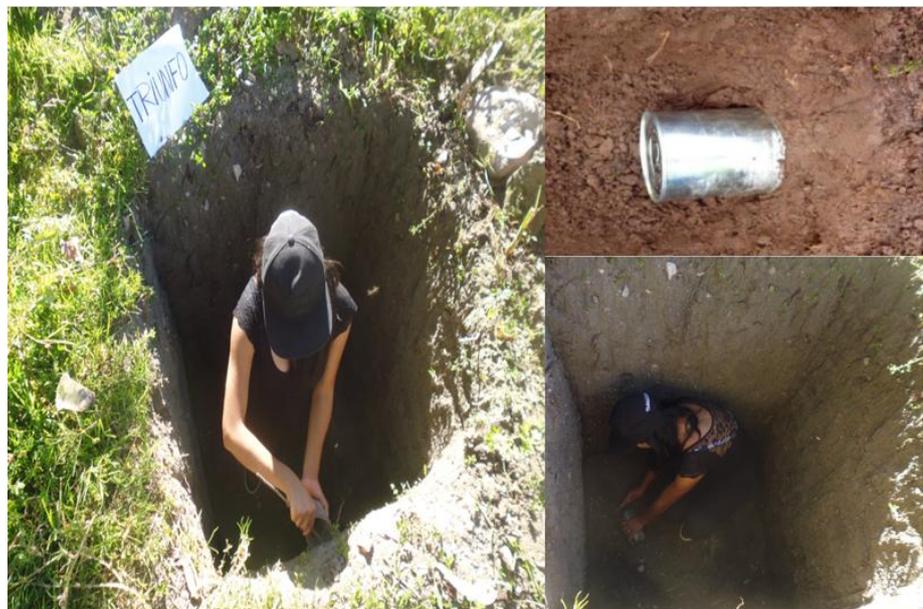


Figura 15. Toma de muestras para determinar la densidad aparente.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para calcular la densidad aparente y la humedad, las muestras se pesaron en cuanto fueron tomadas en el campo, con una balanza de 0,1 gr de sensibilidad. Luego las bolsas se dejaron abiertas durante 15 días en un lugar seco, bien ventilado y sin recibir luz solar directa.



Figura 16. Bolsas y vasos con muestras de suelo.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.1.3. Determinación de las características fisicoquímicas

Las muestras de suelo se tomaron en 06 puntos de cada parcela, las cuales fueron llevadas al Laboratorio del Área de suelos de INIA Cajamarca, ubicado en el centro experimental Baños del Inca a 17 Km de la ciudad de Cajamarca.

Las muestras de los suelos fueron tamizadas con una rejilla de 2mm. Por cada muestro se obtuvo una muestra compuesta, de la cual se enviaron 500 gr al Laboratorio de Suelos de INIA Cajamarca, donde se realizaron los análisis químicos, donde las muestras secas se la dejaron al aire y fueron pesadas y homogenizadas, con balanza de 0,01 gr de sensibilidad. Después se tomó una alícuota de 40 gr, para secarlos en un horno a 105°C por 48 hrs y así obtener el peso seco, a partir del cual se extrapolaron los datos a la muestra entera.



Figura 17. Toma de muestras de suelo en vasos.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

a. Determinación de las característica físicas del suelo

Textura

La textura se determinó a partir de la norma ASTM Internacional D422-63 – Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils”. Con el empleo del hidrómetro, se cuantificó la masa de partículas finas en la muestra de suelo a partir del proceso de sedimentación en una suspensión durante un tiempo determinado y con el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962).

Se realizaron dos submuestras de 50 g y se conservó en vasos de precipitados de 250 mL y se preparó una solución de hexametáfosfato de sodio (NaPO_3) de 40g/L, para la dispersión de las arcillas. Esta solución se trasvasó a una fiola para enrasar a un volumen de 1 L.



Figura 18. Determinación de la textura en laboratorio.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Densidad aparente

La densidad aparente se determinó con el método del cilindro (USDA, 1999). El cálculo se basa en la razón entre la diferencia de masa y volumen conocido del cilindro metálico.

Para ello, la muestra de suelo contenida en el cilindro se la colocó en una placa Petri, se secó en la estufa a 105 °C por 24 horas, y se pesó en la balanza con precisión de un decimal.

El valor de la densidad aparente de cada muestra se obtuvo con el siguiente cálculo:

$$D.A = \frac{\text{Peso de la muestra seca a } 105^{\circ}\text{C (g)}}{\text{Volumen de la lata (cm}^3\text{)}} = x \text{ g/cm}^3$$

Según la norma USDA, cuanto mayor sea el valor de la D.A., menor es el espacio poroso para el movimiento del agua, el crecimiento y penetración de las raíces, y el desarrollo de las plántulas. (USDA, 1999)

Potencial de hidrógeno

Se utilizó el **método potenciométrico** en una solución extracto de suelo, se utilizaron *80 g de suelo/80 mL de agua*. Con esa relación se obtuvo el volumen de solución suficiente para tomar las lecturas.



Figura 19. Medida de pH, mediante el método potenciométrico.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

b. Determinación de las características químicas del suelo

Se analizaron 12 muestras en total: 2 muestra por punto, más 1 muestra adicional del punto OO-10%, y a OO-30% como muestra control, del caserío el Triunfo. A continuación se describen los métodos utilizados para las 06 zonas seleccionadas de las 06 parcelas a una distancia de 10 y 30 m.

Para el fósforo disponible

Para su determinación se aplicó el método de Olsen el cual se basa en el uso de una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0,5 M a pH 8,5 para disminuir las concentraciones de Ca^{2+} soluble en la solución, a través de la precipitación de carbonato de calcio, y de los iones solubles de Al^{3+} y Fe^{3+} , con la formación de hidróxidos de Al^{3+} y Fe^{3+} esta disminución favorece la disolución de los fosfatos de calcio. (Thomas, 2000)

Para el potasio disponible

Por ello, el método es utilizado para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables. Se utilizó el método de acetato de amonio 1 N, pH 7,0, el cual “usa una solución normal de acetato de amonio, ajustado a un pH 7,0, para reemplazar los cationes presentes en el complejo de intercambio”. (Gilabert de Brito, et al., 1990)

Para la materia orgánica (MO)

Se determinó en cumplimiento de la norma ASTM Internacional D2974–87 – “*Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic oils*”.



Figura 20 .Peso de muestras del suelo.

Fuente: Laboratorio de INIA. Baños del Inca-Cajamarca.

3.5. Interpretación de los resultados

Para el presente trabajo de investigación se analizó las características químicas de los suelos muestreados del centro poblado el Triunfo, donde se encontraron los siguientes resultados, obtenidos desde el 04 de enero de 2017 al 04 de mayo de 2017, los cuales se presentan a continuación:

a. Resultados logrados en cuanto a Textura

La presente trabajo de investigación alcanzó los siguientes resultados en vista que la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío el triunfo, distrito la Encañada,

presentaron los siguientes porcentajes como se detalla a continuación:

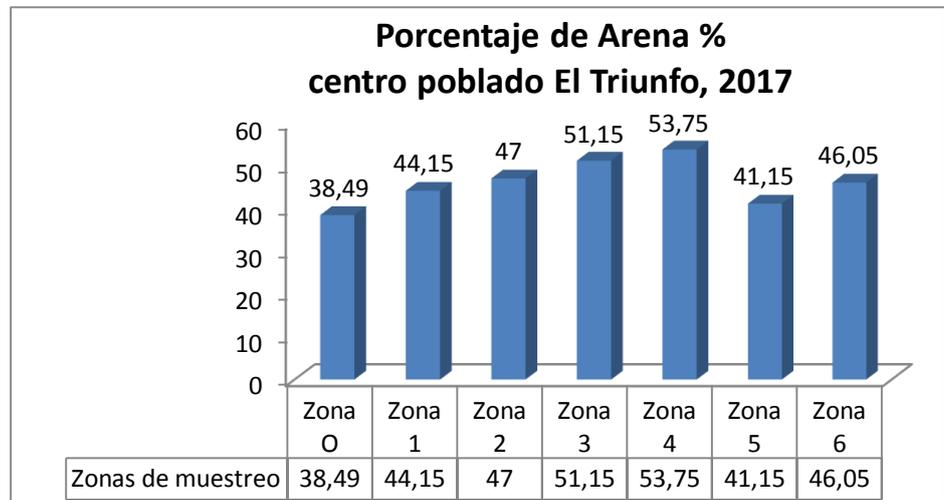


Figura 21. Gráfico del Porcentaje de arena de las zonas de estudio.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para el porcentaje de arena %

Como se aprecia en la Figura 21, el mayor porcentaje de arena del Centro Poblado El Triunfo, corresponde a la zona 4 que corresponde a 53.8% de la parcela el Zapato Z4-10 y Z4-30, seguido de la zona 3 con 51.2% de la parcela el Cipreses Ci3-10 y Ci3-30, seguido de la zona 2 con 47% de la parcela el Capulí Ca2-10 y Ca2-30. seguido de la zona 6 con 46.9% de la parcela el Quishuar Q6-10 y Q6-30. Según el triángulo textural los suelos arenosos retienen poca agua y se secan fácilmente; las raíces de las plantas penetran con facilidad pero no encuentran los nutrientes suficientes para el desarrollo de algunos tipos de plantas, zonas 4 y 3 y 2 son aptos la papa, yuca, ajo, cebolla y algunos árboles como la higuera.

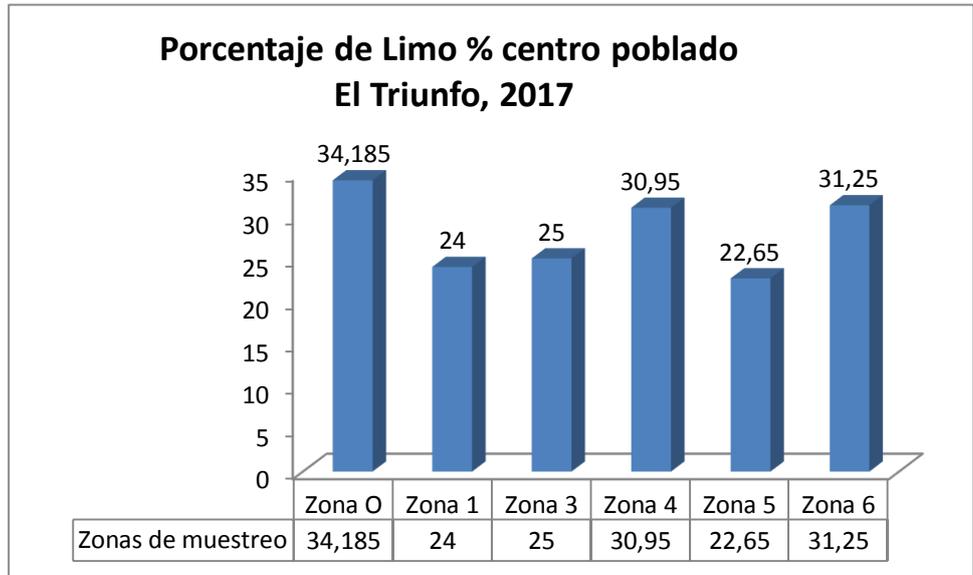


Figura 22. Gráfico de porcentaje de limo de las zonas de estudio.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se aprecia en la Figura 22, el mayor porcentaje de Limo encontrado del Centro Poblado El Triunfo, corresponde a la zona O que corresponde a 34.19% de la parcela La Orilla O0-10 y O0-30, seguido de la zona 6 con 31.25% de la parcela el Quishuar Q6-10 y Q6-30. Seguido de la zona 4 con 30.95% de la parcela el Zapato, Z4-10 y Z4-10, manteniéndose la zona 1, 3 y 5 con un promedio de 23.5 % Según el triángulo textural en los suelos con mayor porcentaje de limo se retiene mayor cantidad de agua y minerales, sin embargo no son muy recomendables para frutales; los suelos de las zona O, 6 y 4 son suelos aptos para verduras, hortaliza, alfalfa y pastos.

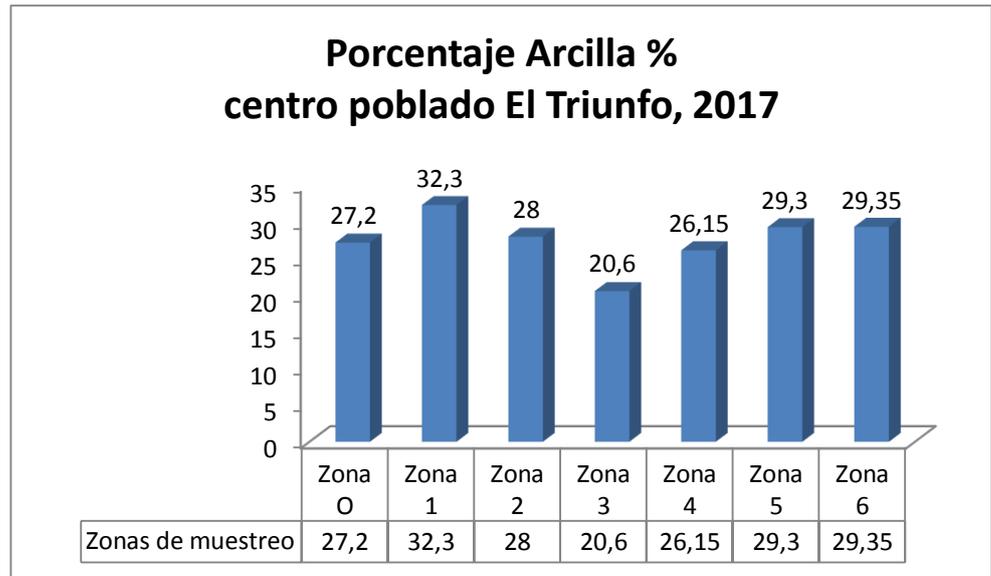


Figura 23 .Gráfico de porcentaje de arcilla en la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se aprecia en la Figura 23, el mayor porcentaje de Arcilla encontrado del Centro Poblado El Triunfo, corresponde a la Zona 1 que corresponde a 32.3% de la parcela El Bosque B1-10 y B1-30, seguido de las Zonas 5 y 6 con 29.3% de la parcelas El Goñor G5-10y G5-30 y el Quishuar Q6-10 y Q6-30. Los suelos con elevado porcentaje de arcilla poseen poco espacio entre partículas, razón por la cual el agua, aire y las raíces de las plantas no pueden penetrar con facilidad, las zonas 1, 2, 5 y 6 son aptos para sembrar hortalizas, papa, alfalfa.

b. Clasificación textural en el centro poblado El Triunfo

Se encontró la siguiente clasificación textural, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 12
Clasificación textural de las muestras.

Zonas de muestreo	Clasificación textural
Zona 0	Franco
	Franco
Zona 1	F.Ar.
	F.Ar.
Zona 2	F.Ar.A.
	F.Ar.A.
Zona 3	F.Ar.A.
	F.Ar.A.
Zona 4	F.Ar.A.
	F.Ar.A.
Zona 5	F.Ar.
	F.Ar.
Zona 6	F.Ar.A.
	F.Ar.A.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Como se aprecia en la Tabla 12, que la clasificación textural encontrada en la zona de estudio corresponde a que en la zonas 2, 4 y 6 se encontró que el tipo de suelo son Franco Arcilloso Arenoso; la Zona 2 con un porcentaje de 47% de arena, 24% de limo y 28% de arcilla; la zona 4 con 53.75% de arena, 30.94 de limo, y 26.15 de arcilla; la zona 6 con un porcentaje de 46.05 de arena, 31.25 de limo y 29.35 de arcilla, mientras las zonas 1 y 5 corresponde a tipo de suelos Franco Arcilloso la zona 1 con porcentajes de 44.15 de arena, 24 de limo y 32.3 de arcilla; la zona 5 con 41.15 de arena, 22.65 de limo y 29.3 de arcilla, y solo dos tipos de suelo corresponde a tipo Franco.

b. Resultados logrados en densidad aparente

La presente trabajo de investigación alcanzó los siguientes resultados en densidad aparente en vista que la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito la Encañada.

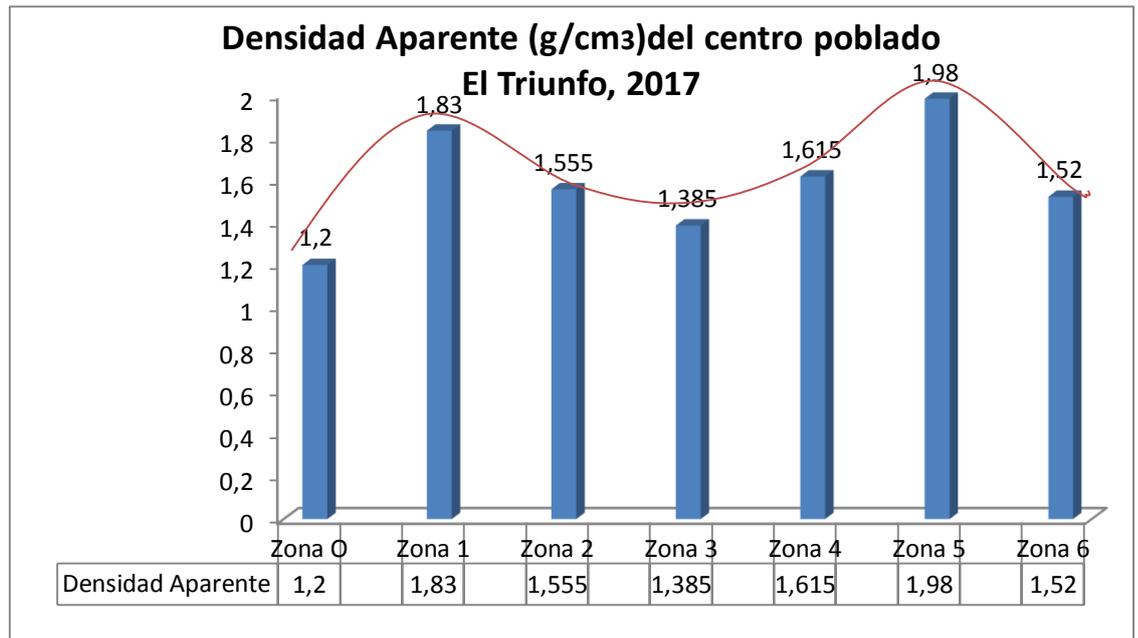


Figura 24 .Densidad aparente del Triunfo.
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 24, el mayor porcentaje de Densidad aparente lo contiene la Zona 5 con 1.98 (g/cm³) que corresponde a la parcela El Goñor encontrado en el punto de muestro G5-30, así como también, seguido de la Zona 1 con 1.83 (g/cm³) que corresponde a la parcela El Bosque encontrado en el punto de muestro B1-10, seguido de la Zona 4 con 1.61 (g/cm³) que corresponde a la parcela El Zapato encontrado en el punto de muestro Z4-30. Según la norma USDA, cuanto mayor sea el valor de la D.A., menor es el espacio poroso para el movimiento del agua, el crecimiento y penetración de las raíces, y el desarrollo de las plántulas. (USDA, 1999)

Por lo tanto en la parcela El Goñor, El Bosque y El Zapato el desarrollo de las plantas es menor debido a su alta densidad aparente.

c. Resultados obtenidos del pH

Los resultados del caserío el Triunfo, del distrito de la encañada, se aprecian en la siguiente figura (Ver Figura 25).

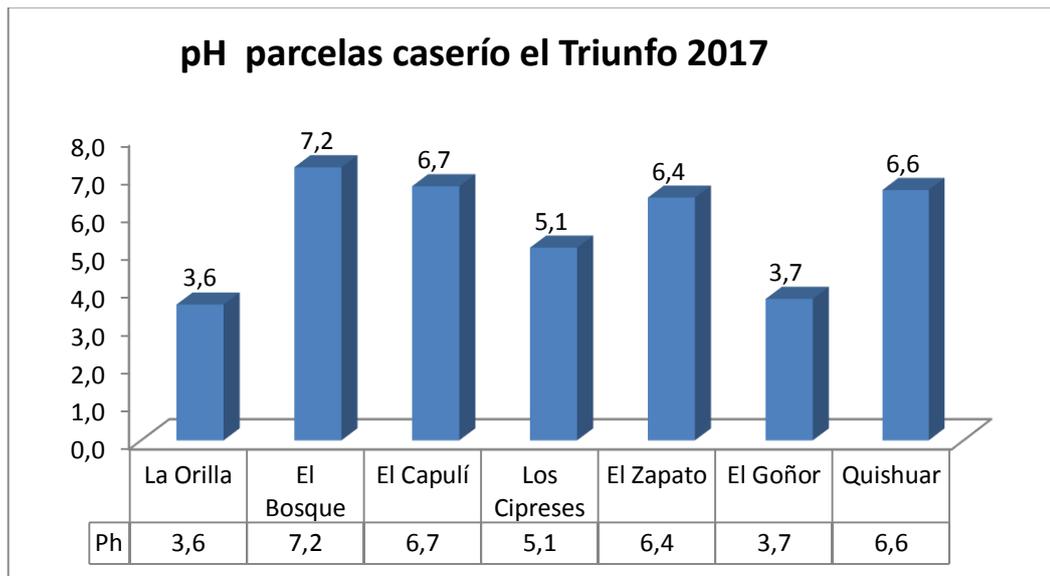


Figura 25 .pH de las parcelas estudiadas.

Fuente: Laboratorio de INIA. Baños del Inca-Cajamarca.

Como se aprecia en la Figura 25, la zona 1, El Bosque presenta un pH de 7.2, siendo la zona con pH más elevado seguido de la zona 2 El Capulí con un pH de 6.7, seguido de la zona 6 Quishuar con un pH de 6.6, seguido de la zona 4 El Zapato con pH, La zona O presenta el pH más bajo de 3.6 seguido de la zona 5 El Goñor. El pH del suelo es un factor importante en el desarrollo de las plantas junto con otros factores ambientales como la radiación solar, la temperatura, debido a si este es muy alto o muy bajo algunos nutrientes pueden estar disponibles en forma excesiva resultando toxico para la planta.

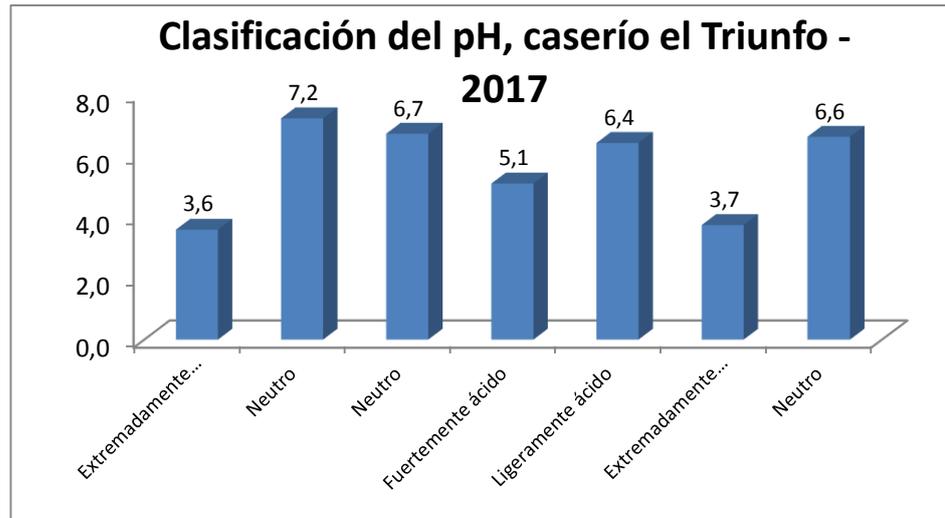


Figura 26. Clasificación de suelos según el pH.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se aprecia en la Figura 26, la zona 1, El Bosque presenta un pH 7.2 suelo neutro, seguido de la zona 2 El Capulí con un pH de 6.7 suelo neutro, seguido de la zona 6 Quishuar con un pH de 6.6 ligeramente alcalino; por lo tanto las zonas 1,2 y 6 son los suelos más aptos para la agricultura, cuentan con una condición adecuada para la asimilación de los nutrientes y para el desarrollo de las plantas, La zona O presenta el pH más bajo de 3.6 extremadamente ácido seguido de la zona 5 El Goñor ultra ácido; las zonas O y 5 son suelos no recomendables para la agricultura debido a que son pobres en bases como calcio, magnesio, potasio, la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye, al precipitarse con el hierro y el aluminio.

d. Resultados analizados de macronutrientes P, K, M.O

Los resultados del caserío el Triunfo, del distrito de la Encañada, se aprecian en la siguiente tabla (Ver Tabla 13).

Tabla 13
Macronutrientes P, K, M.O y Al, caserío el triunfo 2017.

macronutrientes P, K, M.O y Al, caserío el triunfo 2017					
ZONA	Código Muestra	P(ppm)	K (ppm)	M.O %	Al Meq/100g
Zona 0	O0-10	5.70	180.0	1.5	0.4
	O0-30	6.90	198.0	1.7	1.6
Zona 1	B1-10	3.80	270.0	2.4	3.9
	B1-30	4.20	270.0	2.5	6.6
Zona 2	Ca2-10	1.20	250.0	1.9	1.45
	Ca2-30	1.90	267.0	2.9	6.7
Zona 3	Ci3-10	3.30	220.0	2.8	4.9
	Ci3-30	4.90	222.0	2.9	3.1
Zona 4	Z4-10	1.95	235.0	1.9	0.4
	Z4-30	2.78	237.0	1.3	1.6
Zona 5	G5-10	1.95	235.0	1.9	0.4
	G5-30	2.78	237.0	1.3	1.6
Zona 6	Q6-10	1.95	235.0	1.9	0.4
	Q6-30	2.78	237.0	1.3	1.6

Fuente: Laboratorio de INIA.

De la tabla 13, de macronutrientes analizados, se aprecia que los P (ppm), K (ppm), M.O % y Al Meq/100g en el laboratorio de INIA, Cajamarca, analizado de las 07 parcelas en estudio.

Los expuestos datos son tomados desde la ejecución del presente trabajo profesional del caserío el Triunfo, del distrito de la Encañada, los cuales se aprecian en la siguiente figura (Ver tabla 27).

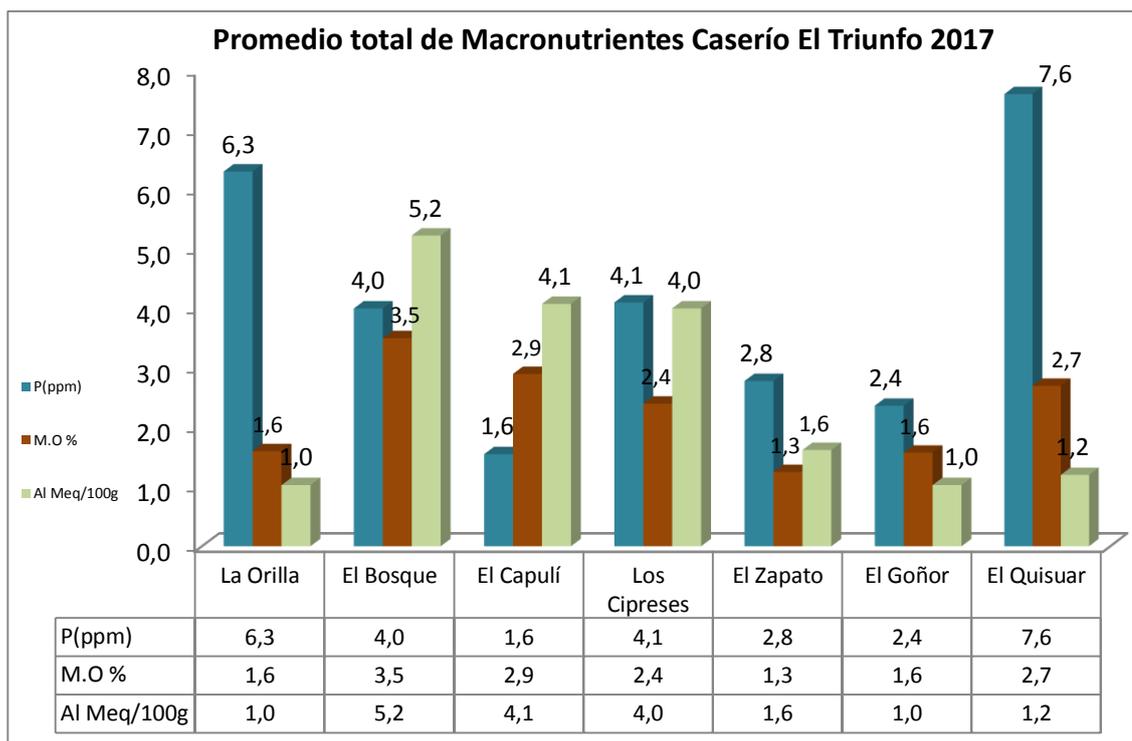


Figura 27. Promedio total de macronutrientes del caserío El Triunfo.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 27, de promedio total de macronutrientes del caserío El Triunfo 2017, se aparecía que de las 07 parcelas se obtiene los siguientes resultados:

Para el P (PPM): De las 07 parcelas analizadas en el laboratorio de INIA Cajamarca, se aprecia que la parcela El Quishuar obtiene un 7.6 ppm de fósforo realizado en los siguientes puntos de muestreo Q6-10 y Q6-30. Seguido de la parcela La Orilla que obtiene un 6.3 ppm de fósforo realizado en los siguientes puntos de muestreo O0-10 y O0-30. Más las parcelas del Bosque y Los Cipreses presentan un promedio de 4.1 ppm de fósforo realizado en los siguientes puntos de muestreo Ci3 -10; Ci3-30 y B1-10 B1-30, respectivamente, teniendo la mínima cantidad de fosforo la parcela del capulí 1.6 ppm de fósforo realizado en los siguientes puntos de muestreo Ca2-10 y Ca2-30.

Para la M.O: De las 07 parcelas analizadas en el laboratorio de INIA Cajamarca, se aprecia que la parcela El Bosque obtiene un 3.5 % de materia orgánica realizado en los siguientes puntos de muestreo B1-10 y B1-30 siendo el suelo con mayor contenido de materia orgánica. Seguido de la parcela El Capulí que presenta 2.9 % de materia orgánica realizado en los siguientes puntos de muestreo Ca2-10 y Ca2-30, seguido de la parcela El Quishuar que presenta 2.7 % de materia orgánica realizado en los siguientes puntos de muestreo Q6-10 y Q6-30. Las parcelas El Bosque, El Capulí y El Quishuar son suelos medios. Las parcelas La Orilla presenta 1.6 % de materia orgánica, El Zapato presenta 1.3 % de materia orgánica y El Goñor presenta 1.6 d % de materia orgánica; estas parcelas son pobres en materia orgánica.

Para el Al Meq/100g: De las 07 parcelas analizadas en el laboratorio de INIA Cajamarca, se aprecia que la parcela El Bosque obtiene el mayor porcentaje 5.2 de Al Meq/100g realizado en los siguientes puntos de muestreo B1-10 y B1-30. Seguido de la parcela El Capulí que obtiene 4.1 de Al Meq/100g realizado en los siguientes puntos de muestreo Ca2-10 y Ca2-30, seguido de la parcela Los Cipreses que obtiene 4Al Meq/100g realizado en los siguientes puntos de muestreo Ci3-10 y Ci3-30 las parcelas que tiene menor cantidad de aluminio son la parcela La Orilla y El Goñor con 1.0 de Al Meq/100g realizado en los siguientes puntos de muestreo O0-10 y O0-30; G5-10 Y G5-30.

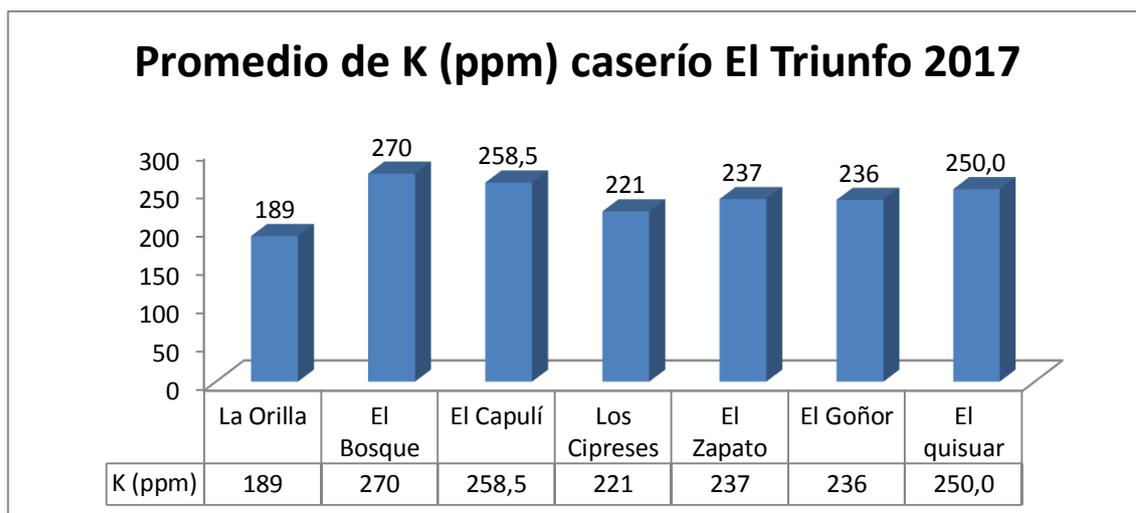


Figura 28 .Promedio de potasio en el caserío El Triunfo.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 28, de promedio total de K (ppm) del caserío El Triunfo 2017, se aparecía que de las 07 parcelas se obtiene los siguientes resultados:

Para el K (ppm): De las 07 parcelas analizadas en el laboratorio de INIA Cajamarca, se aprecia que la parcela El Bosque obtiene el mayor contenido de potasio con 270 ppm de potasio analizado en los siguientes puntos de muestreo B1-10 y B1-30. Seguido de la parcela El Capulí con 258.5 ppm de potasio analizado en los siguientes puntos de muestreo Ca2-10 y Ca2-30, seguido de la parcela El Quishuar con 250 ppm de potasio analizado en los siguientes puntos de muestreo Q6-10 y Q6-30. Las parcelas El Zapato con 237 ppm de potasio analizado en los siguientes puntos de muestreo Z4-10 Y Z4-30; El Goñor con 236 ppm de potasio analizado en los siguientes puntos de muestreo G5-10 Y G5-30; Los Cipreses con 221 ppm de potasio en los siguientes puntos de muestreo Ci3-10 y Ci3-30; La Orilla con 189 ppm de potasio en los siguientes puntos de muestreo O0-10 Y O0-30. Las parcelas El Bosque, El Capulí y Quishuar se clasifican en suelos altos

en cuanto a potasio. Sin embargo las parcelas El Zapato, El Goñor, Los Cipreses y La Orilla se clasifican como suelos medios.

3.5.1. Manejo de la calidad ambiental de los suelos del Caserío El Triunfo

Después de haber realizado el análisis de suelo en el laboratorio de INIA Cajamarca, de la muestra en estudio, para establecer un índice que permita evaluar la calidad de los suelos del caserío El Triunfo para orientar las decisiones en el uso de los mismos de forma más racional. Al analizar las características químicas de los suelos muestreados de las 06 parcelas La Orilla, Bosque, El Capulí Cipreses, Zapato, Goñor y Quishuar, se determinó la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito, la Encañada para mejorar producción teniendo en consideración el medio ambiente, la salud humana y la sostenibilidad de la zona en estudio.

Por lo que se determinó la **"calidad del suelo"** representando una nueva forma de evaluación del suelo que pretenda ser más completa, para conocer los diferentes estados de degradación de las 06 zonas en estudio para conocer sus potencialidades en condiciones óptimas de utilización, para conservar su capacidad productiva y ambiental, evitando que las actuaciones humanas sobre él, disminuyan esta capacidad o provoquen la pérdida de algunas de sus funciones, para encontrar la calidad del suelo por zona se realizó los siguientes pasos:

Índice de respiración del suelo:

La respiración es la producción de dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la actividad biológica en el suelo, realizada por microorganismos, raíces vivas, y macroorganismos tales como lombrices, nematodos o insectos (Doran & Parkin 1994). El dióxido de carbono emitido desde el suelo es un gas incoloro e inodoro que entra en la atmósfera y anualmente supera la cantidad emitida por todas las actividades humanas. La actividad de organismos en el suelo es considerada como un atributo positivo para la calidad del suelo.

- a. Determinación del índice estandarizado de respiración del suelo del Caserío El Triunfo:** Para temperaturas del suelo de entre 0 y 15° C se usa la siguiente ecuación:

$$I_{rS^{\circ}} = I_{rS^{\circ}} \times 4^{[(25-T) \%10]}$$

Dónde:

$I_{rS^{\circ}}$ = Índice estandarizado de respiración del suelo

$I_{rS^{\circ}}$ = Índice de respiración del suelo.

Para las mediciones de respiración de suelo se debe emplear la primera de las ecuaciones indicadas más arriba, para el índice estandarizado de respiración del suelo se calculó para las 06 zonas en estudio como se detalla a continuación.

Tabla 14

Mediciones de respiración suelo por parcela.

Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: O0 -10.	Parcela: La Orilla
Índice de respiración 15 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 22° C	
Actividad biológica 55%	
$[(25^* - 22) \div 10] = 0.3$	
$4^{0.3} = 1.5$	
$(15 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 18 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: B1-10.	Parcela: El Bosque
Índice de respiración 13 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 21° C	
Actividad biológica 45%	
$[(25^* - 21) \div 10] = 0.7$	
$4^{0.3} = 1.7$	
$(13 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 16 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: Ca2-10.	Parcela: El Capulí
Índice de respiración 17 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 23° C	
Actividad biológica 40%	
$[(25^* - 23) \div 10] = 0.3$	
$4^{0.3} = 1.3$	
$(17 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 20.4 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: Ci3-10.	Parcela: Los Cipreses
Índice de respiración 16 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 19° C	
Actividad biológica 57%	
$[(25^* - 21) \div 10] = 0.7$	
$4^{0.3} = 1.7$	
$(16 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 19.2 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: Z4-10. Parcela: El Zapato	
Índice de respiración 15 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 21° C	
Actividad biológica 60%	
$[(25^* - 21) \div 10] = 0.7$	
$4^{0.3} = 1.7$	
$(15 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 18 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: G5-10 Parcela: El Goñor	
Índice de respiración 14 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 22° C	
Actividad biológica 60%	
$[(25^* - 22) \div 10] = 0.3$	
$4^{0.3} = 1.5$	
$(14 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 16.8 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo	
Zona: Q6-10 Parcela: El Quishuar	
Índice de respiración 17 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día	
Temperatura del suelo de 19° C	
Actividad biológica 56%	
$[(25^* - 19) \div 10] = 0.6$	
$4^{0.3} = 2.2$	
$(17 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 20 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$	
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 14, de Mediciones de respiración suelo de la parcela Orilla, se compararon los índices de respiración de suelo por parcela, se compararon los índices de respiración de los punto de muestreo de la Zona O, donde su índice de respiración fue de 1.5 l/a/dibras/acre/día, Zona 1 donde su índice de respiración fue de 1.7 l/a/dibras/acre/día,, Zona 2 donde su índice de respiración fue de 1.3 l/a/dibras/acre/día, Zona 3 donde su índice de respiración fue de 1.7 l/a/dibras/acre/día, Zona 4 donde su índice de respiración fue de 1.7 l/a/dibras/acre/día, Zona 5 donde su índice de respiración fue de 1.5 l/a/dibras/acre/día y Zona 6 donde su índice de respiración fue de 2.2 l/a/dibras/acre/día, tomando en consideración el promedio de las dos muestras de temperatura realizada en épocas diferentes, así como también se consideró la actividad biológica por parcela en porcentaje de cada zona de muestreo (Ver Tabla 14)

Con los puntos de muestreo a O0-10 m y O0-30 m, en épocas diferentes, y se consideró las diferencias en temperatura del suelo y el contenido de agua del suelo. La zona O.

El suelo de la zona 06 El Quishuar presenta un elevado índice de respiración que es indicativo de un suelo que está perdiendo su materia orgánica. Un suelo relativamente más oscuro con el mismo índice de respiración podría ser considerado sano.

El color oscuro del suelo, indica la presencia de materia orgánica. Las labranzas y la cultivación pueden ocasionar la pérdida de carbono del suelo y un aumento del CO₂ liberado. El suelo es aflojado, lo cual crea mejor

accesibilidad para el oxígeno necesario para la respiración y descomposición de la materia orgánica, produciendo una liberación de CO₂. (Reicosky & Lindstrom, 1995)

Las labranzas y la cultivación pueden ocasionar la pérdida de carbono del suelo y un aumento del CO₂ liberado. El suelo es aflojado, lo cual crea mejor accesibilidad para el oxígeno necesario para la respiración y descomposición de la materia orgánica, produciendo una liberación de CO₂.

b. Análisis de resultados del índice de respiración del suelo del caserío El Triunfo: Para temperaturas del suelo de entre 0 y 15° C se usa la siguiente ecuación:

Tabla 15
Mediciones actividad biológica por parcela.

Parcelas	Temperatura S°/C	Actividad biológica	CO2 - C1b/a/d
La Orilla	22	55%	18
Bosque	21	45%	16
El Capulí	23	40%	20.4
Cipreses	19	57%	19.2
Zapato	21	60%	18
El Goñor	22	60%	16.8
Quishuar	19	56%	20

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la tabla 15 de Mediciones actividad biológica por parcela se aprecia la actividad biológica de cada parcela como se detalla a continuación en la siguiente figura (Ver Figura 29)

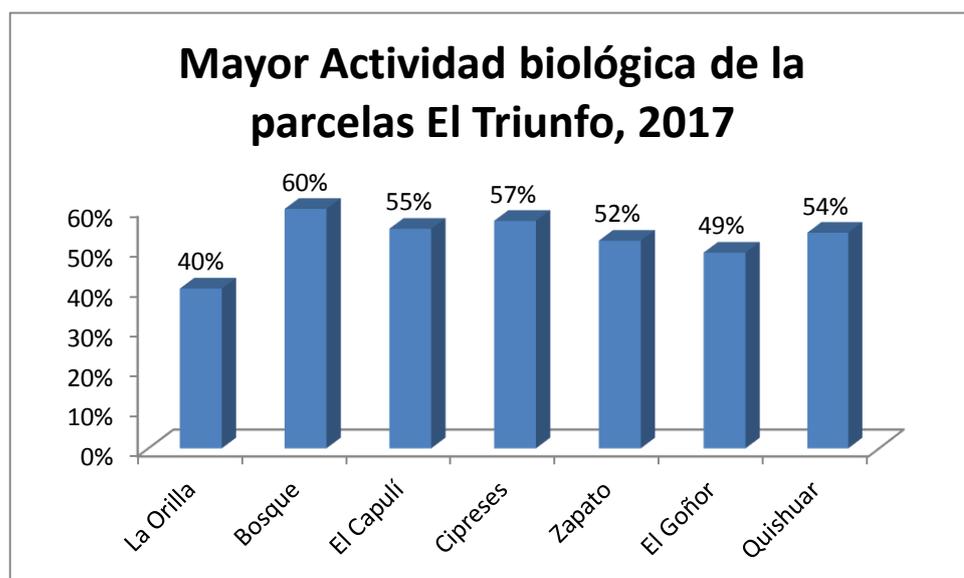


Figura 29 .Actividad biológica del caserío El Triunfo.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la tabla 15 de Mediciones actividad biológica por parcela se aprecia que la actividad biológica de cada parcela, no supera el 60%, logrando el mayor porcentaje la parcela El Bosque con mayor contenido en actividad biológica de 60%, seguido de la parcela el Cipreses con 57%, luego la parcela el capulí y El Quishuar con un promedio de 54%. Por lo que se infiere que de los suelos analizados, solo 03 parcelas presentan mejor calidad con elevados valores de calcio asimilable y potasio de cambio en las primeras componentes del horizonte más profundo porque son suelos naturales con presencia de carbono orgánico con actividad biológica adecuada. Siendo la respiración uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana. Por lo que se detalla el índice de respiración de las parcelas en estudio del caserío el triunfo como se detalla a continuación:

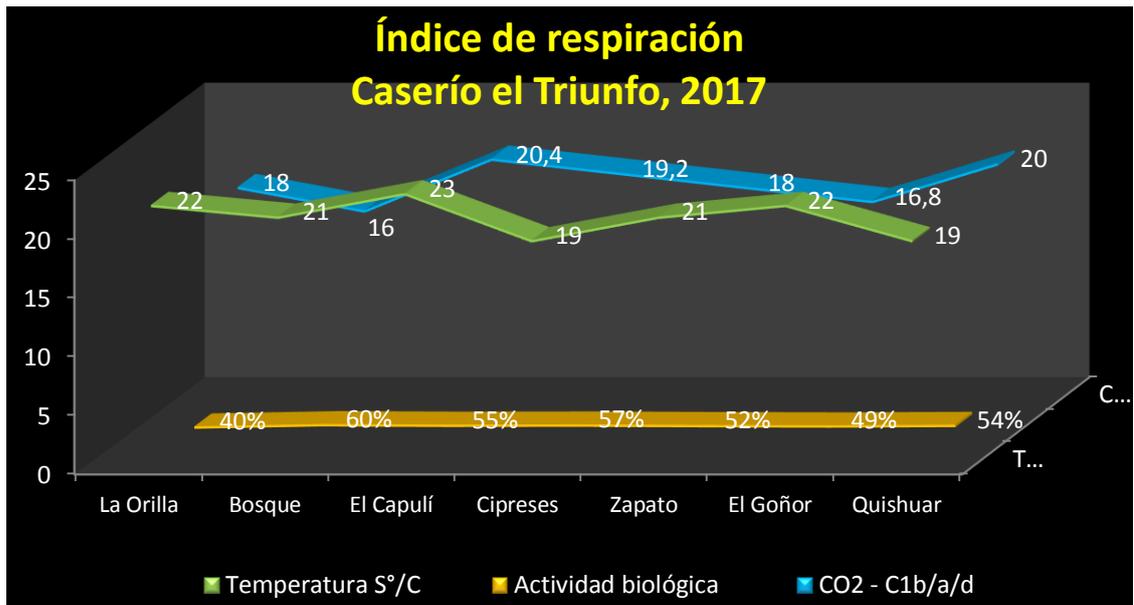


Figura 30 .Índice de respiración del suelo, caserío El Triunfo.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30 de Índice de respiración del caserío el Triunfo, 2017 por parcela se aprecia el mayor índice de respiración por parcela es de la parcela el Capulí con 20.4 CO₂- C1b/a/d, seguida del Quishuar con 20 CO₂- C1b/a/d, y el zapato con 19.2 CO₂- C1b/a/d. Lo que infiere que la respiración cuantifica la actividad microbiana y representa la oxidación de la materia orgánica hasta la formación del CO₂ por organismos aeróbicos del suelo, que por lo tanto utilizan O₂ como aceptor final de electrones, hasta el CO₂.

Tabla 16

Índices generales para clases de respiración del suelo.

Índices generales para clases de respiración del suelo, y estado del suelo en el caserío El Triunfo		
kg C (en CO₂)/ha/d	Clase	Estado del Suelo
0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril.
< 10.64	Actividad del suelo muy baja.	El suelo ha perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica.
10.64 – 17.92	Actividad del suelo moderadamente baja.	El suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja.
17.92 – 35.84	Actividad del suelo mediana.	El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica.
35.84 – 71.68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas poblaciones de microorganismos.
> 71.68	Actividad del suelo inusualmente alta.	El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tiene elevados niveles de materia orgánica disponible, posiblemente a través del agregado de grandes cantidades de materia orgánica fresca o abonos.

Fuente: Woods End Research, 1997.

Según la Tabla 16, de Índices generales para clases de respiración del suelo, y estado del suelo (Woods End Research, 1997), se aprecia: Un índice elevado de respiración del suelo es indicativo de una elevada actividad biológica y puede ser buen signo, indicativo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, En la Tabla 16, según los índices de clases de respiración de suelo del caserío el Triunfo, 2017, se aprecia que en la parcela el Capulí, el Quishuar y el zapato logran un **actividad del suelo mediana**. Donde según el estado del suelo se está aproximando, a un estado ideal de actividad biológica. En cambio los suelo de las parcelas El Bosque, y El Goñor presentar una

muy baja actividad del suelo considerándose un suelo que ha perdido mucha materia orgánica y presenta poca actividad biológica.

La actividad biológica es un reflejo directo de la degradación de materia orgánica del suelo. Esta degradación indica que están sucediendo dos procesos: Pérdida de carbono del suelo y Entrega de nutrientes.

Las cuales se clasifican de acuerdo a las densidades aparentes que presentes en base a sus nutrientes del suelo, en relación a la clasificación de textura del suelo como se detalla:

Tabla 17

Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular.

Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo del caserío el triunfo			
Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, areno-franco	< 1.60	1.69	>1.80
Franco-arenosa, franco	< 1.40	1.63	>1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	< 1.40	1.6	>1.75
Franco-limosa, franco arcillo-limosa	< 1.40	1.55	>1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa,	< 1.10	1.39	>1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	< 1.10	1.39	>1.47

Fuente: Arshad et al., 1996.

Tabla 18

Relación general de D.A. pH.

Parcelas del triunfo	D.A	Clasificación textural	Descripción	pH	Interpretación	recomendación
La Orilla	1.2	Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	D. A. ideales	3.6	Extremadamente ácido	
El Bosque	1.83	Franco-arenosa, franco	D. A. ideales	7.2	Neutro	son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos Suelos de pradera semi-árida
El Capulí	1.56	Arcillo-arenosa, arcillo-limosa	D. A. ideales	6.7	Neutro	son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos
Los Cipreses	1.38	Franco-arcilla-arenosa,	D. A. ideales	5.1	Fuertemente ácido	
El Zapato	1.61	Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	D. A. ideales	6.4	Ligeramente alcalino	son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos Suelos conteniendo excesos de sales de calcio
El Goñor	1.98	Arena, areno-franco	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)	3.7	Ultra ácido	
Quishuar	1.52	Franco-limosa, franco arcillo-limosa	D. A. ideales	6.6	Ligeramente alcalino	son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos

Fuente: Arshad et al., 1996

En la Tabla 18, de relación general de D.A. pH se aprecia que de las 06 zonas estudiadas las parcelas el bosque, el capulí, el zapato y Quishuar, se consideran con densidades aparentes ideales con una elevada actividad biológica y puede ser buen signo, indicativo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas, tal como se detalla en la siguiente figura de suelos clasificados:

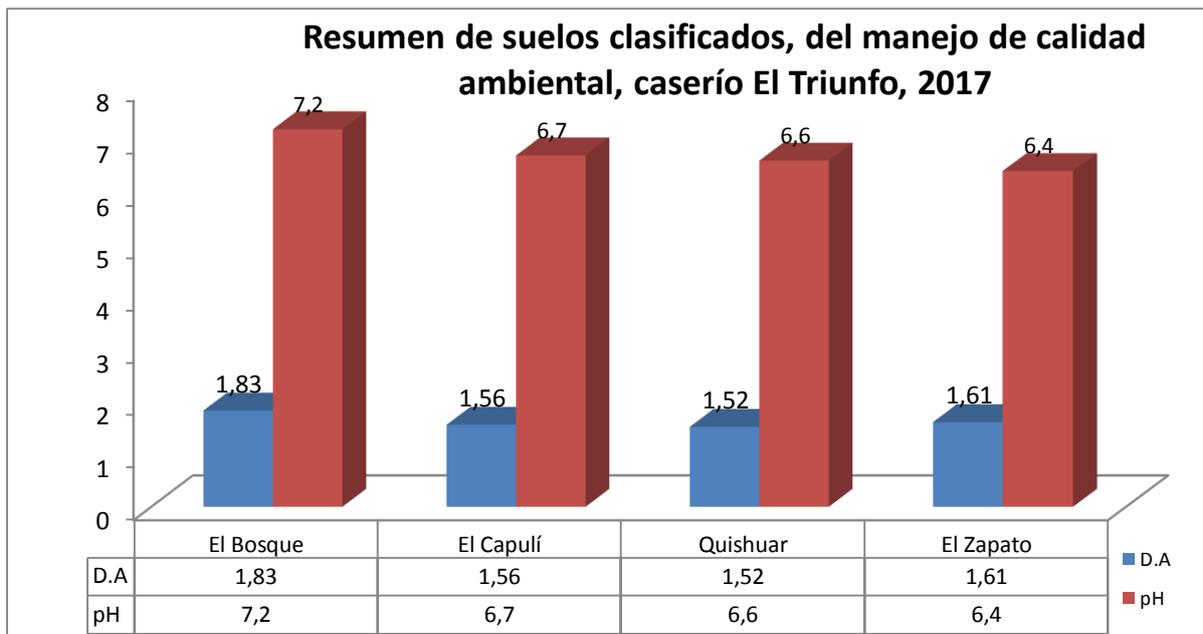


Figura 31 .Resumen de suelos clasificados.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31, de resumen de suelos clasificados, del manejo de calidad ambiental, caserío El Triunfo, 2017 se aprecia que de las 06 zonas estudiadas, solo 04 parcelas presentan pH adecuado, la parcela El Bosque presenta 7.2 de pH, El Capulí con 6.7pH, El Quishuar con 6,6 de pH y EL Zapato con 6.4 de pH, presentando la mayor densidad aparente la parcela el Bosque con 1.83 y la parcela El Zapato con 1.61, El Capulí, El Zapato y Quishuar, se consideran con densidades aparentes ideales con una elevada actividad, por lo que se consideran parcelas con alto contenido de actividad biológica, aptos para siembra biológica y puede ser buen signo, indicativo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas, pudiendo sembrar las plantas que a continuación se detallan de acuerdo a su Rangos adecuados de pH para cultivos seleccionados en el presente trabajo de investigación:

Tabla 19
pH recomendando para la productividad de cultivos.

Rangos adecuados de pH para cultivos seleccionados	pH recomendando para la productividad de cultivos en el caserío en función calidad ambiental						
	PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH
cultivo	PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH
Alfalfa					6.5	7	7.5
Arvejas					6.5	7	
Cebada				6	6.5	7	
cebolla					6.5	7	
Chirivia				6.0	6.5	7	
Col				6.0	6.5	7	
Gramíneas			5.5	6.0	6.5	7	
Habas				6.0	6.5	7	
Hortensia	4.5	5.0					
Lechuga					6.5	7	
Maíz				6.0	6.5	7	
papa		5.0	5.5	6.0			
Rabanito				6.0	6.5		
Sorgo			5.5	6.0	6.5	7	
Trigo			5.5	6.0	6.5	7	
Zanahoria				6.0	6.5	7	

Fuente: Thomas, 2000.

Recomendaciones parcela El Bosque: De acuerdo a la calidad ambiental de la parcela, por tener un pH de 7.2 y tomando en cuenta la altitud de la parcela y las condiciones ambientales de esta, se recomienda sembrar alfalfa que es un cultivo que crece mejor en suelo de pH neutro o ligeramente alcalino, se puede cultivar desde los 700 hasta 4.000 metros sobre el nivel del mar, en zonas con niveles de precipitación de 400 a 1.400 milímetros anuales y con temperaturas de entre 6 a 25 grados centígrados.

Recomendaciones parcela El Capulí: De acuerdo a la calidad ambiental, contar con un tener un pH de 6.7 lo clasifica como suelo ideal para el cultivo y tomando en cuenta la altitud de la parcela se recomienda sembrar alfalfa, arveja, cebada, cebolla, chiviría, col, gramíneas, lechuga, maíz, sorgo, trigo, y zanahoria.

Recomendaciones parcela Quishuar: Se recomiendo de acuerdo a la calidad ambiental encontrada, su pH 6.6, su altura de 3150 msnm y las condiciones ambientales de la parcela sembrar: alfalfa, arveja, cebada, cebolla, chiviría, col, gramíneas, lechuga, maíz, sorgo, trigo, y zanahoria.

Recomendaciones parcela Los Cipreses: Se recomiendo de acuerdo a la calidad ambiental encontrada, su pH 5.1, su altura de 3150 msnm y las condiciones ambientales de la parcela sembrar: papa, sorgo, trigo y gramíneas.



Figura 32: Recomendaciones de sembrado para la población.
Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 33: Recomendaciones de sembrado para la población.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de las parcelas estudiadas en un promedio de 52% en los suelos del caserío El Triunfo distrito La Encañada, Cajamarca.

Las características físicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito la Encañada, fueron obtenidas de 06 puntos de muestreo, con respecto a la textura se analizaron 06 zonas con 02 muestras de suelo tomadas a 10 y a 30 m de cada unidad de muestreo. La zona 0, La Orilla pertenece a suelos francos; la zona 01, El Bosque y la zona 05 El Goñor pertenecen a suelos franco arcillosos y las zonas 02 El Capulí, zona 03, Los cipreses, zona 04 El Zapato, y la zona 06 Quishuar pertenecen a suelos franco arcillo arenosos.

Las características químicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca, se obtuvieron de 12 muestras, distribuidos en 06 zonas donde se aprecia que el potasio (K) presenta el valor 270 ppm encontrados en la zona 1, de la muestra B1-30, que pertenece a la zona 1, en relación con el fósforo el mayor punto de muestreo lo presenta en la zona 0, con 6.90 en O0-30, y la parcela El Bosque presenta 7.2 de pH, seguida por El Capulí con 6.7pH, concluyendo que existen 04 parcelas en estudio aptas para la siembra de alimentos que se adapten a su altura y clima.

Se determinó el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, de las 06 zonas estudiadas, resultando que las parcelas el bosque (1.83 mg/m^3) de densidad, el capulí (1.56 mg/m^3) de densidad, el zapato (1.38 mg/m^3) de densidad, y Quishuar (1.52 mg/m^3) de densidad, se consideran con densidades aparentes ideales mayor a 1.32 mg/m^3 con una elevada actividad biológica, buen signo, indicativo de una rápida descomposición de residuos orgánicos hacia nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas en los lugares de estudio y de las 06 zonas estudiadas 03 zonas El Bosque, El Capulí y Quishuar presentan los contenidos de pH, potasio, materia orgánica y densidad aparente

apropiados para cultivos, clasificándose como los suelos más aptos para cultivos y suelos con mejor manejo de su calidad ambiental.

RECOMENDACIONES

Corregir el pH en suelos muy ácidos añadiendo cal a los suelos ácidos incorporándola al menos hasta 15 cm de profundidad. Las partículas deben ser lo más finas posibles y siempre menores de 2 mm.

Corregir los niveles de materia orgánica, fósforo, calcio, potasio de los suelos muestreados de acuerdo a los parámetros del tipo de cultivo que se desee sembrar.

Para obtener un buen manejo de la calidad del suelo debe tener en cuenta que cada cultivo necesita cantidades diferentes de fósforo, potasio, materia orgánica y pH, por lo que es necesario tomar en cuenta las características fisicoquímicas de cada suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arshad, M.A., Lowery, B., Grossman, B., 1996. Ensayos físicos para monitorizar el suelo calidad. Métodos para evaluar la calidad del suelo. Madison, Estados Unidos: Soil Sci. Soc.

Banco Mundial. (2007). *Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible*. Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org>.

Bautista, A., Etcheveres, J., Del Castillo, R.F., Gutiérrez, C. (2004). La Calidad del suelo y sus indicadores. *Asociación Española de Ecología Terrestre*, 2, (90-97).

Bidwell, R.G, (2002). Fisiología Vegetal. D.F, México: AGT.

Bogado, K.L. (2013). Calidad del Suelo en Diferentes Sistemas de Manejo Utilizando algunos indicadores Biológicos (tesis de maestría). Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

Bouyoucos.G.J., 1962. Método del hidrómetro mejorado para realizar análisis de tamaño de partícula De los suelos. J. 54: 464 - 465.

Calvache, M. (2009). Curso de física de suelos. Quito, Ecuador: Trillas.

Carmona, S.I., Ángel, E. & Villegas, L.C. (2001). Gestión Ambiental en Proyectos de desarrollo. Medellín, Colombia: (BAC).

Casanova, E.F. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. Caracas, Venezuela: CDCH UCV.

Casanova, M., Vera, W., Luzio, W., Salazar, O. (2004). Edafología. Santiago, Chile: SAG.

Celaya, H & Castellanos, A (2011). Mineralización de Nitrógeno en el Suelo de Zonas Áridas y Semiáridas, *Terra Latino Americana*, 29, (344).

De la Rosa, D. (2008). *Evaluación Agro-Ecológica de los suelos*. Barcelona, España: Mundi-Prensa.

Delgado, A. (2015). Evaluación del efecto de actividades agropecuarias sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en El Carmelo, Carchi. (Tesis de grado). Universidad Central de Ecuador. Quito, Ecuador.

Fassbender, H.W. (1975). *Química del Suelo*. Turrialba, Costa Rica: IICA.

Fassbender, H. W. (1984). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica: IICA.

Fassbender, H. W. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: Orton.

Fassbender, H.W & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa: IICA.

Fernández, L., Rojas, N., Roldán, T., Ramírez, M., Zegarra, H., Uribe, R.,...Arce, J (2006). *Manual de técnica de análisis de suelos aplicados a la remediación de sitios contaminados*. México.

Fernández, M (2007). Fosforo: Amigo o Enemigo, *Redalyc*, 41, (53-54).

Frers, C. 2008. Los problemas de degradar el suelo. Recuperado de <http://www.ecojoven.com/cinco/07/suelo.html>

Fuentes, J. (2014). *Evaluación de cuatro niveles de potasio (KCl) sobre el rendimiento y calidad del plátano (Musa paradisiaca, Musaceae), en la aldea de San Isidro, Malacatán, San Marcos* (tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Malacatán, San Marcos.

Gilabert de Brito, J., López de Rojas, I., Herrera, L. García, E. 1990. Estimación de las necesidades actuales y potenciales de fertilizantes y enmiendas en función de los análisis de suelos. Maracay, Venezuela: FONAIAP.

Gómez, D. & Gómez, T. (2013). Evaluación de impacto Ambiental. Madrid, España: Mundi Prensa.

González, A. (2009). Proyecto: "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio y Valoración de Tierras Rurales de la Cuenca del Río Guayas escala 1:25 000". Guayas, EC. MAGAP.

Gregorich, E.G., M.R. Carter, D.A. Angers, C. M. Monreal, y B.H. Ellert. (1994). Hacia un Conjunto de datos mínimos para evaluar la calidad de la materia orgánica del suelo en suelos agrícolas. Soil Sci, 74, 367 - 386.

Holford, I.C. (1997). Fósforo del suelo: su medición, y su absorción por las plantas. Australia: Aust j Soil.

Huerta, H.E. (2010). Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, QRO., y su relación con el crecimiento bacteriano. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

IMAS, P. 2012. El Potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. s.e. 5 p consultado 30 jun 2014 Disponible en:
http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf

IMPOFOS. (2000). Efecto de la fertilización potásica sobre la Producción y calidad del naranjo Valencia late plantado en un suelo Ferrítico Rojo Camagüey. México.

Jaramillo, D.F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Colombia.

Jiménez. M.L. (2010). Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal. (tesis de grado). Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Sevilla, España. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Recuperada de: <http://antoniojordan.weebly.com/edafologia-lic-en-biologia.html>

Lechón, M. (2014). *Determinación de la variabilidad en el grado de fertilidad de los suelos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha* (tesis de grado). Universidad central de Ecuador, Quito, Ecuador.

Leiva, E. 2015. Nivel de fertilidad natural de los suelos con influencia minera en el caserío de Apalina Alta. Tesis de grado. Universidad Alas Peruanas, Cajamarca. Perú.

Luna, C. (2006). Aumento de la Productividad de Caña de Azúcar por Unidad de Área Cultivada. Recuperado de http://www.tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no18_2006_p4-19.pdf

Mendoza, L. (2007). Caracterización y comparación de dos perfiles bajo diferente uso del suelo y diagnóstico nutrimental en el área agrícola. (Tesis de grado). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Miralles, I. (2006). Calidad de suelos en ambientes calizos Mediterráneos: Parque Natural de Sierra María – Los Veléz. (Tesis doctoral). Granada, España.

Navarro, G. & Navarro, S. (2013). Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. España: Mundi Prensa.

Padilla, W. (2007). Fertilización de Suelos y Nutrición Vegetal. Quito, Ecuador. Clínica Agrícola. Recuperado de <https://www.ute.edu.ec/posgrados/revistaEIDOS/edicion2/art010.html>

Perdomo, C., Barbazán, M., Durán, M. 2001. Nitrógeno. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/312031311_PRODUCION_D E_CEBADA_Hordeum_vulgare_L_CON_UREA_NORMAL_Y_POLIMERIZADA_EN_PINTAG_ECUADOR](https://www.researchgate.net/publication/312031311_PRODUCION_D_E_CEBADA_Hordeum_vulgare_L_CON_UREA_NORMAL_Y_POLIMERIZADA_EN_PINTAG_ECUADOR)

Porta, J. & López, M. (2008). Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo. Cataluña. Cataluña España: Mundi-Prensa

Porta, J., López, M., Poch, R.M. (2014). Edafología: Uso y Protección de los suelos. Madrid, España: Mundi Prensa.

Pulido, M. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. (Tesis de grado). Universidad de Extremadura. España.

Quiñones, V.G. (2006). Metodología, Formulación y Aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla – La Mancha (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

Reicosk, D., Lindstrom, M. 1995. Impacto de la labranza de otoño y flujo de dióxido de carbono a corto plazo. Michigan, Estados Unidos: Editor de Lewis.

Samaniego, D.S. (2012). Manejo ecológico del suelo como fundamento de los procesos de transición hacia la agroecología. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Silva, S. y Correa, F. (2009). Análisis de la Contaminación del Suelo: Revisión de la Normativa y Posibilidades de la Regulación Económica, *Semestre Económico*, 12, (17).

Tarigo, A., Repetto, C., Acosta, D. (2004). Evaluación Agronómica de Biofertilizantes en la Producción de Lechuga. (Tesis de grado). Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay.

Thomas, G.W. 2000. PH del suelo y acidez del suelo. Métodos de análisis del suelo: Parte 3-Métodos químicos. Madison, Estados Unidos. Serie de libros no 5. SSSA y ASA.

Thompson, L. & Troeh, F. (1998). *Los suelos y su fertilidad*. Estados Unidos: Reverte.

Tiessen, H. & J.O. Moir. 1993. Caracterización del P disponible por extracción secuencial. En: M.R. Muestreo del suelo y métodos de análisis. Sociedad Canadiense de Ciencia del suelo. Florida, Estados Unidos: Boca Raton.

Vargas, L. (2012). Caracterización física-química de los suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en Acosa, Parroquia Laso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Vásquez, I. (2009). Estudio geoquímico de suelo y aguas como base para evaluar la Contaminación: Relación Roca- Suelo- Agua. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España

Watler, R.W & Thompson, C.D. (2002). Clasificación y Caracterización 90 Taxonómica Agrológica de los suelos de la Microcuenca Cuscamá, con una propuesta Agro ecológica del uso mayor de la Tierra. El Tuma - La Dalia, Municipios del Departamento de Matagalpa. Periodo 2001 al 2002. Managua, Nicaragua.

Woods End Research. 1997. Guía para la prueba de solvita y manejo de su suelo. Laboratory, Inc., monte Vernon, Estados Unidos.

Yacabi, K.S. (2014). Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina de San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

ZEE. (2010). *Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca*. Recuperado de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Tabla 20

Influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental del suelo del caserío El Triunfo, distrito de la encañada, Cajamarca, 2017.

PROBLEMA(S) DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO(S) DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema principal:</p> <p>-¿Cómo influyen las características fisicoquímicas en el manejo ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, Cajamarca?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>- Determinar la influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>-Las características fisicoquímicas influyen significativamente en el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca.</p>	<p>v.i.</p> <p>Caracterización física del suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Arena - Limo - Arcilla 	<p>-Datos de laboratorio</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>No Experimental: Porque se observa, se toma de muestras de suelo y se analizan los resultados.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Descriptiva - Correlacional: Porque describirá las características fisicoquímicas del suelo y las compara para verificar la calidad del suelo.</p> <p>Método de investigación</p> <p>Hipotético- deductivo</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>No Experimental</p> <p>Población</p> <p>Todas las unidades agrarias de los caseríos del distrito de la Encañada, Cajamarca.</p> <p>Muestra</p> <p>Seis parcelas del caserío El Triunfo</p> <p>Técnicas de recolección de datos</p> <p>Unidades agrarias donde se realizará la toma de muestras de suelo. Observación Revisión bibliográfica y documental Entrevistas Análisis de resultados.</p>
<p>Problemas secundarios:</p> <p>-¿Cuáles son las características físicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito, la Encañada, Cajamarca?</p> <p>-¿Cuáles son las características químicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca?</p> <p>-¿Cuál es el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>-Determinar las características físicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito la Encañada, provincia de Cajamarca.</p> <p>-Determinar las características químicas de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada, Cajamarca.</p> <p>- Determinar el manejo de la calidad ambiental de los suelos del caserío El Triunfo, distrito de la Encañada.</p>		<p>Caracterización Química del suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pH, - materia orgánica - N, P y K 	<p>-Encuestas</p>	
			<p>v.D.</p> <p>Calidad ambiental</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Cultivo de alfalfa -Cultivo de pastos naturales -Eucaliptos -Pinos 		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 2: Encuesta para los dueños de las parcelas a estudiar en el caserío El Triunfo, distrito La Encañada, Cajamarca 2017.

CUESTIONARIO

INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN EL MANEJO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS SUELOS DEL CASERÍO EL TRIUNFO, DISTRITO LA ENCAÑADA, CAJAMARCA, 2017.

Introducción	
La calidad de los suelos es de gran importancia para nuestro desarrollo, el suelo es la base para el desarrollo de la mayoría de nuestras actividades, por lo que es necesario darle un buen manejo suelo de acuerdo a cada una de sus características.	
Elaborado por la Bachiller:	Salazar Rojas, Maritza Isabel
Título de la tesis:	Influencia de las características fisicoquímicas en el manejo de la calidad ambiental en los suelos del caserío El Triunfo, distrito La Encañad, Cajamarca 2017.
Universidad de procedencia:	Universidad Alas Peruanas - Filial Cajamarca

Considera y responde:

Nº	Preguntas
1	¿Cuál es el uso que usted le da a sus parcelas?
2	¿Qué tipo de cultivo siembra usted en sus parcelas? a. pastos b. Plantaciones forestales c. Otros
3	¿Cuál es la calidad del cultivo que produce sus parcelas? a. Bueno b. Regular c. malo
4	¿Cree usted que le está dando el uso adecuado al suelo o podría darle un mejor uso?

Anexo 3: Capacitaciones Caserío El triunfo

Tabla 21

Cuadro de capacitaciones, caserío El Triunfo.

CASERIO ELTRIUNFO					
Título	INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN EL MANEJO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS SUELOS DEL CASERÍO EL TRIUNFO, DISTRITO LA ENCAÑADA, CAJAMARCA, 2017				
Tesista	SALAZAR ROJAS, MARITZA ISABEL				
CASERÍO	TEMA DESARROLLADO	Nº DE ASISTENTES			MATERIAL ENTREGADO
		Hombres	Mujeres	Total	
ALFALFA					
El Progreso	Manejo de Cultivo de Alfalfa	16	23	49	
PASTOS					
El Triunfo	Instalación y Manejo de Pastos	20	9	29	Hojas divulgativas de Instalación de Pastos, cuadernos, lapiceros
El Porvenir	Instalación y Manejo de Pastos	15	25	40	Hojas divulgativas de Instalación de Pastos, cuadernos, lapiceros
Pabellón	Instalación y Manejo de Pastos	52	18	70	Hojas divulgativas de Instalación de Pastos, cuadernos, lapiceros
Bellavista Alta	Instalación y Manejo de Pastos	58	22	80	Hojas divulgativas de Instalación de Pastos, cuadernos, lapiceros
Bellavista Baja	Instalación y Manejo de Pastos				Hojas divulgativas de Instalación de Pastos, cuadernos, lapiceros
ANÁLISIS DE SUELOS					
El Triunfo	Interpretación de Análisis de Suelo y Cálculo de Soportabilidad	20	15	35	Separatas de Manejo e Instalación de Pasturas
El Porvenir	Interpretación de Análisis de Suelo y Cálculo de Soportabilidad	20	12	32	Separatas de Manejo e Instalación de Pasturas
Pabellón	Interpretación de Análisis de Suelo y Cálculo de Soportabilidad	35	9	44	Separatas de Manejo e Instalación de Pasturas
Bellavista Baja	Interpretación de Análisis de Suelo y Cálculo de Soportabilidad	37	13	50	Separatas de Manejo e Instalación de Pasturas
GANADO					
El Porvenir	Experiencia de Mejoramiento Genético de Ganado Lechero en la zona rural	14	8	22	
Pabellón	Experiencia de Mejoramiento Genético de Ganado Lechero en la zona rural	17	3	20	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 4: Propietarios de cada parca de Caserío El triunfo

Tabla 22

Nombre de los propietarios de las parcelas caserío El Triunfo.

CASERIO ELTRIUNFO									
siembra	Nº	NOMBRE Y APELLIDOS	HAS PROGRAMADAS			FECHA DE SIEMBRA	HAS INSTALADAS		
			SIEM	MEJ O	TOTAL		SIE M	MEJ O R	TOTA L
1	1	ANTONIO TACILLA ALCANTARA	1		1	15/02/2008	1.00		1.00
1	2	WALTER RAMOS HUAMAN	1		1	20/03/2008	0.25		#¡REF!
1	3	CLEMENTE CERCADO FLORES, OSMAR CRUZADO RAMIREZ	2		2	15/02/2008	2.00		2.00
1	4	PEDRO FUENTES CHAVARRI	1		1	12/03/2008	1.00		1.00
1	5	ENCARNACION TACILLA HUAMAN	1		1	15/02/2008	1.00		1.00
1	6	ARNULFO FUENTES LLANOS	1		1	10/03/2008	1.00		1.00
1	7	AVELINO CERCADO FLORES	1		1	15/02/2008	1.00		1.00
1	8	RAUL GUTIERREZ LLANOS	0.3	0.8	1	26/02/2008	0.25	0.75	1.00
1	9	JUAN LLANOS CHUGNAS	1		1	20/03/2008	0.25	0.75	1.00
1	10	MARCELO GUTIERRES SAUCEDO	1		1	27/03/2008	1.00		1.00
1	11	REINALDO GUTIERREZ TACILLA	0.25		0.25	27/03/2008	0.25		0.25
1	12	JOSE ROSAS TACILLA MARIN	1		1	08/03/2008	1.00		1.00
1	13	GILBERTO TACILLA CHILON	0.75		0.75	28/03/2008	0.75		0.75
1	14	ALEJANDRO CERCADO GUTIERREZ	0.5		0.5	15/03/2008	0.50		0.50
1	15	ALFONSO JUAREZ LLANOS	0.5		0.50	20/02/2008	0.50		0.50
1	16	MARIO CHAVEZ ACOSTA	0.5		0.50	28/03/2008	0.50		0.50
1	17	REYNA TACILLA CHILON, JUAN CARLOS LLANOS SANCHEZ	0.5		0.50	23/02/2008	0.50		0.50
1	18	MARGARITA TACILLA CHILON	0.5		0.50	09/03/2008	0.50		0.50
1	19	JUAN CARLOS CHUGNAS QUISPE	0.3	0.3	0.50	20/03/2008	0.07	0.43	0.50
1	20	ISRAEL FUENTES LLANOS		1	1.00	01/04/2008		1.00	1.00
2	21	HECTOR MEDOZA CRUZADO	1		1.00				0.00
2	22	SEGUNDO CLEMENTE CERCADO FLORES	1		1.00	15/05/2009		1.00	1.00
1	23	NELSON FUENTES LLANOS	1		1.00	01/11/2008	0.25		0.25
2	24	FILADELFO CABANILLAS BAZAN	1		1.00				0.00
2	25	MARCIAL SAENZ FUENTES	0.5		0.50				0.00
2	26	SEGUNDO CRUZ LLANOS CRUZADO	1		1.00				0.00
1	27	JOSE NIEVES GUTIERRES HERAS		1	1.00	25/11/2008		1.00	1.00
1	28	SEGUNDO REYNALDO CERCADO FLORES	1		1.00	15/01/2009	1.00		1.00
1	29	SAUL FUENTES LLANOS		1	1.00	25-02-08		0.50	0.50
1	30	JUANA CHUGNAS CERQUIN		1	1.00	01/02/2009		1.00	1.00
2	31	ELADIO CERCADO FLORES	1		1.00				0.00
1	32	VIDAL CHUGNAS CERQUIN	0.3	0.8	1.00	01/02/2009		1.00	1.00
1	33	JOSEFINA CUGNAS CERQUIN	1		1.00	01/02/2009		1.00	1.00

2	34	LEONCIO TACILLA HUAMAN	0.5	0.5	1.00	01/05/2009		1.00	1.00
2	35	HIPOLITO MANTILLA NONTOL	1		1.00			1.00	1.00
1	36	DOTOREO MESTANZA SAUCEDO	1		1.00	15/01/2009		1.00	1.00
1	37	JUSTO MESTANZA TACILLA		1	1.00	15/01/2009	1.00		1.00
2	38	BERBELINDA CERCADO FLORES	1		1.00	nov.09		1.00	1.00
2	39	ELISEO CERCADO FLORES	0.3	0.8	1.00	25/03/2009		1.00	1.00
1	40	SEBERINO CORONADO MARCELO		1	1.00	01/02/2009		1.00	1.00
2	41	JOSE ANTONIO TACILLA CHILON	0.5		0.50	01/01/2009		0.50	0.50
1	42	PEDRO BAUTISTA MESTANZA	0.5		0.50			0.50	0.50
1	43	SANTOS TAICA CHUGNAS	0.1	0.4	0.50	01/01/2009		0.50	0.50
2	44	ALEJANDRO CRUZADO CORONADO	1		1.00				0.00
2	45	JUAN MOROCHO QUISPE	1		1.00	20/01/2009	1.00		1.00
1	46	ALEJANDRO TONGO LLANOS	1		1.00	Oct. 08		1.00	1.00
2	47	JORGE LUI JUAREZ LLANOS	0.5	0.5	1.00	01/04/2009		1.00	1.00
		TOTAL	32	9.9	42.00		16.57	17.93	#iREF!

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 5: Parcelas del caserío El Triunfo

Tabla 23*Total de parcelas analizadas del caserío El Triunfo.*

TOTAL DE PARCELAS CASERIO EL TRIUNFO			
N°	Nombre de parcela	Código Laboratorio	Fecha
1	El Capulí	SU0418-EEBI-08	13/02/2016
2	Cipreses	SU0421-EEBI-08	14/02/2016
3	La orilla	SU0413-EEBI-08	15/02/2016
4	rollo	SU0420-EEBI-08	16/02/2016
5	Pampa y Capulí	SU0437-EEBI-08	17/02/2016
6	Rolo 2	SU0397-EEBI-08	18/02/2016
7	Soldadito	SU0427-EEBI-08	19/02/2016
8	Zapato	SU0440-EEBI-08	20/02/2016
9	El Goñor	SU0423-EEBI-08	21/02/2016
10	Quishuar	SU0442-EEBI-08	22/02/2016
11	Pacha Chica	SU0436-EEBI-08	23/02/2016
12	El Suro	SU0422-EEBI-08	24/02/2016
13	El bosque	SU0424-EEBI-08	25/02/2016
14	Peña Blanca	SU0435-EEBI-08	26/02/2016
15	El pino	SU0411-EEBI-08	27/02/2016
16	La Matara	SU0425-EEBI-08	28/02/2016
17	Cortaderas	SU0416-EEBI-08	24/02/2016
18	El sauco	SU0398-EEBI-08	01/03/2016
19	Manzanas	SU0439-EEBI-08	02/03/2016
20	Cucho y Molino	SU0400-EEBI-08	03/03/2016
21	El establo	SU0430-EEBI-08	04/03/2016
22	San Martin	SU0419-EEBI-08	05/03/2016
23	El Puquio	SU0410-EEBI-08	06/03/2016
24	Los Alisos	SU0414-EEBI-08	07/03/2016
25	Cartuchos	SU0405-EEBI-08	08/03/2016
26	Poroporo	SU0431-EEBI-08	09/03/2016
27	La Huerta	SU0434-EEBI-08	10/03/2016
28	El Pozo	SU0407-EEBI-08	11/03/2016
29	La Era	SU0401-EEBI-08	12/03/2016
30	Las Piedras	SU0428-EEBI-08	13/03/2016
31	El Puquio	SU0409-EEBI-08	14/03/2016
32	Derrumbo	SU0403-EEBI-08	15/03/2016
33	Piedra liza	SU0402-EEBI-08	16/03/2016
34	El pino	SU0408-EEBI-08	17/03/2016

35	El Capulí	SU0417-EEBI-08	18/03/2016
36	La fila	SU0406-EEBI-08	19/03/2016
37	La fragua	SU0412-EEBI-08	20/03/2016
38	Cortaderas	SU0399-EEBI-08	21/03/2016
39	Los Saucos	SU0432-EEBI-08	22/03/2016
40	Perlamayo	SU0438-EEBI-08	23/03/2016
41	El ciprés	SU0429-EEBI-08	24/03/2016
42	Shirac	SU0426-EEBI-08	25/03/2016
43	La Laguna	SU0415-EEBI-08	26/03/2016
44	La era	SU0441-EEBI-08	27/03/2016
45	El Uicho	SU0443-EEBI-08	28/03/2016

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Anexo 6: Tiempo de lectura ASTM Internacional

Tabla 24

Tiempos de lectura ASTM Internacional.

Caserío	Zonas	Código	Tiempos de lectura (ASTM Internacional D422-63-2017- INIA CAJAMARCA)						
			40	2	5	15	30	60	120
El Triunfo		O0-10	24,8	22,1	19,7	17,3	15,2	12,4	10,4
		O0-30	26,4	22,4	19,2	17,2	16,2	14,3	11,6
	2	B1-10	26,7	22,9	19,5	16,3	14,3	11,8	9,5
		B1-30	27,6	23,6	20,6	16,8	14,6	11,8	9,8
	3	Ca2-10	30,7	26,9	19,5	16,3	14,3	11,8	9,5
		Ca2-30	31,6	27,6	23,9	19,9	17,0	14,1	12,2
	4	Ci3-10	30,6	24,3	20,6	15,7	13,7	11,6	9,8
		Ci3-30	30,6	25,2	21,1	16,4	15,4	13,4	9,5
	5	Z4-10	25,9	21,7	18,2	14,7	13,1	11,4	9,8
		Z4-30	26,6	21,9	18,2	14,7	14,2	11,6	10,4
	6	G5-10	20,4	15,4	12,5	10,0	8,5	7,2	5,5
		G5-30	29,9	24,1	20,1	15,2	13,3	11,8	10,3

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 7: Índice de respiración del suelo

Tabla 25

Mediciones del índice de respiración del suelo.

Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: O0 -10. Parcela: La Orilla
Índice de respiración 15 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 22° C
Actividad biológica 60%
$[(25^*-22) \div 10]= 0.3$
$4^{0.3} =1.5$
$(15 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 18 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: B1-10. Parcela: El Bosque
Índice de respiración 13 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 21° C
Actividad biológica 60%
$[(25^*-21) \div 10]= 0.7$
$4^{0.3} =1.7$
$(13 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 16 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: Ca2-10. Parcela: El Capulí
Índice de respiración 17 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 23° C
Actividad biológica 60%
$[(25^*-23) \div 10]= 0.3$
$4^{0.3} =1.3$
$(17 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 20.4 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: Ci3-10. Parcela: Los Cipreses
Índice de respiración 16 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 19° C
Actividad biológica 60%
$[(25^*-21) \div 10]= 0.7$
$4^{0.3} =1.7$
$(16 \text{ CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 19.2 \text{ CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: Z4-10. Parcela: El Zapato
Índice de respiración 15 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 21° C

Actividad biológica 60%
$[(25^*-21) \div 10]= 0.7$
$4^{0.3} =1.7$
$(15\text{CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 18 \text{CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: G5-10 Parcela: El Goñor
Índice de respiración 14 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 22° C
Actividad biológica 60%
$[(25^*-22) \div 10]= 0.3$
$4^{0.3} =1.5$
$(14 \text{CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 16.8 \text{CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)
Mediciones de respiración de suelo Caserío El Triunfo
Zona: Q6-10 Parcela: El Quishuar
Índice de respiración 17 C (en CO ₂ – C) libras/acre/día
Temperatura del suelo de 19° C
Actividad biológica 60%
$[(25^* - 19) \div 10]= 0.6$
$4^{0.3} =2.2$
$(17\text{CO}_2 - \text{Clbs/a/d}) \times 1.2 = 20 \text{CO}_2 - \text{C1b/a/d}$
*Promedio de respiración estandarizada es de 25°C)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Anexo 8: Clases texturales del suelo

Tabla 26
Clases texturales de suelos, según USDA.

Nombres de suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase Textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86 - 100	0 - 14	0 - 10	Arenoso
	70 - 86	0 - 30	0 - 15	Franco Arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50 - 70	0 - 50	0 - 20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23 - 52	28 - 50	7 - 27	Franco
	20 - 50	74 - 88	0 - 27	Franco limoso
	0 - 20	88 - 100	0 - 12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20 - 45	15 - 52	27 - 40	Franco arcilloso
	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Franco arenoso arcilloso
	0 - 20	40 - 73	27 - 40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45 - 65	0 - 20	35 - 55	Arcillo arenoso
	0 - 20	40 - 60	40 - 60	Arcillo limoso
	0 - 45	0 - 40	40 - 100	Arcilloso

Fuente: USDA, 1999.

Anexo 9: Diseño de puntos de muestreo

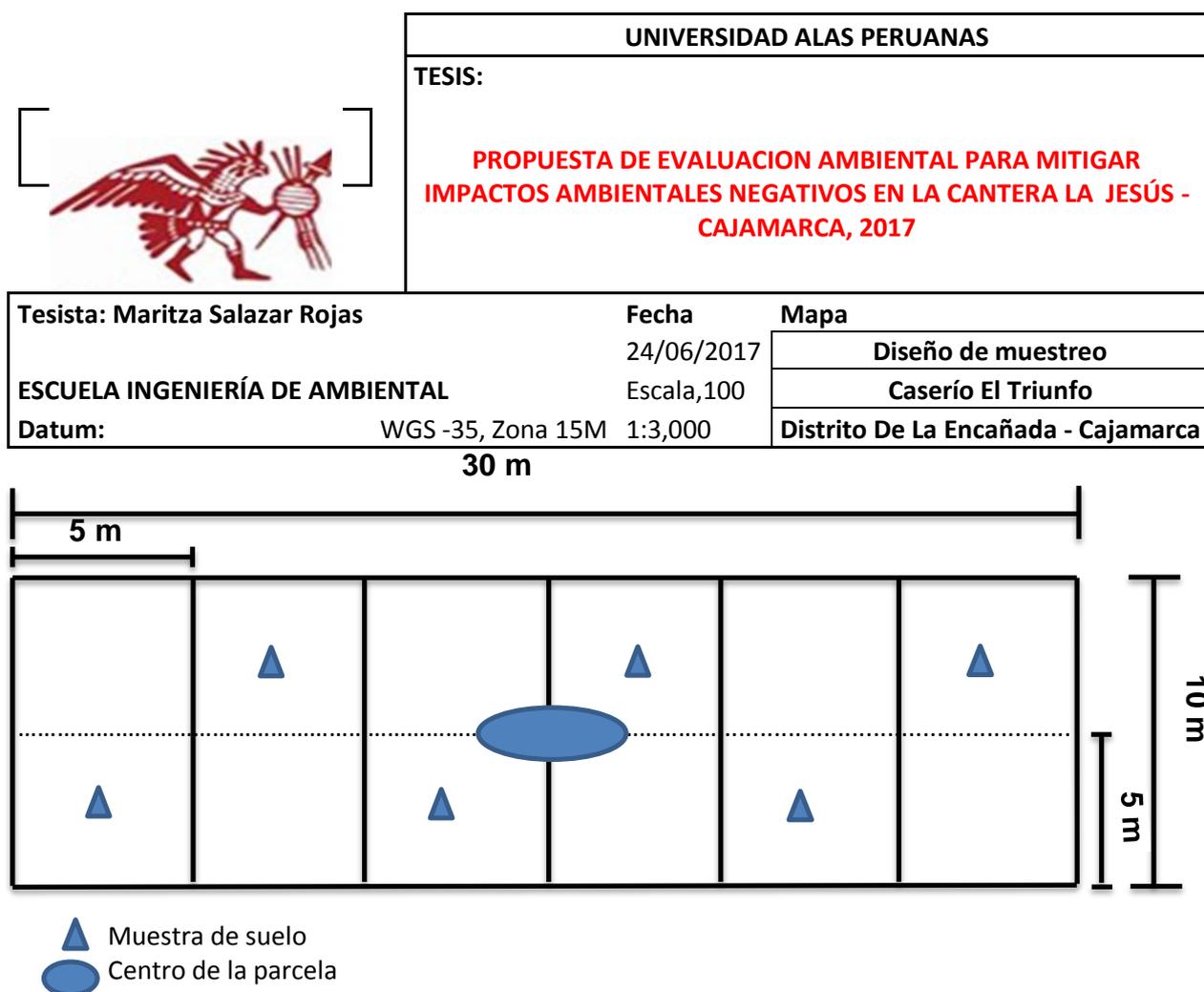


Figura 34: diseño de puntos de muestreo.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Parcelas del caserío El Triunfo



Figura 35: Elaboración de calicata.
Fuente: Elaboración propia, 2017.



Figura 36: Toma de medida de Calicata.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 37: Toma de muestras de suelo.
Fuente: Elaboración propia, 2017.