

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRARIA



TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LOS
SUELOS DEL FUNDO “BELLA ESPERANZA”, DISTRITO
PAPAYAL, PROVINCIA ZARUMILLA, REGIÓN TUMBES”**

EJECUTOR:

Bach. DEYVIS YEMISON FELLES ALEJANDRO

ASESOR:

Dr. HONORIO ELOY MUNIVE JÁUREGUI

HUACHO – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 010-2018/UCSS/FIA

Siendo las 13:00 horas, del día 28 de junio de 2018, en el Aula N° 04 de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – Sede Huacho, los miembros del Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Ing. Geóg. Francisco Alejandro Alcántara Boza | Presidente |
| 2. Ing. Agr. Silvia Gutiérrez Bustamante | Primer Miembro |
| 3. Ing. Agr. Yuri Holsin Calle Cheje | Segundo Miembro |
| 4. Ing. Agr. Honorio Eloy Munive Jáuregui | Asesor |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LOS SUELOS DEL FUNDO "BELLA ESPERANZA", DISTRITO PAPAYAL, PROVINCIA ZARUMILLA, REGIÓN TUMBES", que presenta el bachiller en Ciencias Agrarias, el Sr. **Deyvis Yemison Felles Alejandro** cumpliendo así con los requerimientos exigidos en el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrario**.

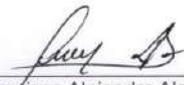
Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar, acuerda:

APROBAR

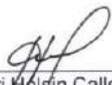
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGRARIO.

Firmado en Huacho, 28 de junio de 2018.


Ing. Geóg. Francisco Alejandro Alcántara Boza
PRESIDENTE


Ing. Agr. Silvia Gutiérrez Bustamante
1° MIEMBRO


Ing. Agr. Yuri Holsin Calle Cheje
2° MIEMBRO


Ing. Agr. Honorio Eloy Munive Jáuregui
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza para continuar cuando estuve caído y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Esperanza Alejandro Leandro y Saúl Felles Claros, quiénes me formaron con buenos principios, valores y sentimientos; por ser líderes y enseñarme que el poder de la mente es para poder lograr lo que nos proponemos en la vida. Gracias por confiar y creer siempre en mí.

Para mis hermanos Charlie y Denisse por la paciencia que me han tenido y por su apoyo incondicional, muchas veces poniéndose en papel de protectores.

A mi tía Paulina Felles Claros que veló por mí durante una etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Dr. Honorio Eloy Munive Jáuregui, una persona excepcional y un reconocido profesional, quién me introdujo en el mundo de la investigación, un mundo que tanto le apasiona; por su paciencia, esfuerzo, apoyo y dedicación. Por ayudarme, enseñarme y sobre todo por el cariño y complicidad en muchos momentos. Siempre le echaré de menos.

Al Ingeniero José Víctor Ruíz Ccance y a la Srta. Laura Mendoza Seperak, de quienes recibí sabios consejos para no perder nunca la ilusión de conseguir todos mis objetivos.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, sede Huacho, por haberme apoyado en todo momento y trasmitirme los conocimientos en el desarrollo de mi formación profesional.

Al fundo “Bella Esperanza” por el apoyo económico brindado durante el proceso de la elaboración de la Tesis, ya que sin ello no hubiera sido posible su ejecución.

A mi hermano Charlie Felles Alejandro, a su esposa Deysi Silva Coronel y a sus colaboradores por su hospitalidad y colaboración en las tareas de campo realizadas como parte de mi trabajo experimental.

A la ingeniera Flor por el constante apoyo, el especial afecto y colaboración que me brindo durante todo este tiempo.

A mis amigos Eder, Fernando, Jerson, Juan José y Randy, con quienes conformamos un especial equipo para llegar hasta el final del camino con la esperanza de seguir siendo amigos por siempre. También mi agradecimiento a todas las personas que directa o indirectamente me brindaron su valioso apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE APÉNDICES	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. BASES TEÓRICAS	6
1.2.1. El suelo	6
1.2.2. Propiedades del suelo	7
1.2.2.1. Pendiente	7
1.2.2.2. Relieve – microrrelieve	9
1.2.2.3. Profundidad	9
1.2.2.4. Textura	10
1.2.2.5. Pedregosidad	11
1.2.2.6. Drenaje	12
1.2.2.7. pH	13
1.2.2.8. Erosión	13
1.2.2.9. Salinidad	14
1.2.2.10. Inundación	16
1.2.3. Clasificación de los suelos	17
1.2.4. Tipos de clasificación de los suelos	19
1.2.4.1. Soil Taxonomy	19

1.2.4.2. Clasificación FAO/UNESCO	23
1.2.5. Clasificación de tierras por su Capacidad de Uso Mayor	28
1.2.5.1. Categorías del sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor	29
a. Grupos de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras	29
b. Clases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras	31
c. Subclases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras	34
d. Condiciones especiales	34
1.2.6. Cultivos adaptables a la zona de estudio	35
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
2.1.1. Lugar y fecha de ejecución	36
2.1.1.1. Geología	36
2.1.1.2. Geomorfología	37
2.1.1.3. Climatología	37
2.1.1.4. Ecología y vegetación	39
2.1.2. Población y muestra	40
2.1.3. Tipo de investigación	40
2.1.4. Descripción de la investigación de campo	40
2.1.4.1. Fase preliminar	40
2.1.4.2. Fase de campo	41
2.1.4.3. Fase de laboratorio	42
2.1.4.4. Fase de gabinete	43
2.1.4.5. Identificación de las variables y su mensuración	53
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL FUNDO “BELLA ESPERANZA”	55
3.1.1. UE01: Suelos superficiales de reacción muy ácida	55
3.1.2. UE02: Suelos superficiales de reacción básica	56
3.1.3. UE03: Suelos moderadamente profundos de reacción ácida	57
3.1.4. UE04: Suelos superficiales de reacción neutra	58
3.1.5. UE05: Suelos alterados por acción mecánica	59

3.2. EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR	62
3.2.1. Grupos de capacidad de uso mayor	63
3.2.1.1. Grupo I de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3slf(r), C3slf(r), P3slf(3t)	63
3.2.1.2. Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sf(r), C2sf(r), P2sf(3t)	65
3.2.1.3. Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sewf(r), C3sewf(r), P2sewf(3t)	67
3.2.1.4. Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sef(r), C2sef(r), P2sef(3t)	69
3.2.1.5. Grupo V de Capacidad de Uso Mayor: X (Tierras de protección)	70
3.3. CULTIVOS ADAPTABLES A LA ZONA DE ESTUDIO	72
3.3.1. Cultivo del palto	72
3.3.2. Cultivo del limonero	74
3.3.3. Cultivo de maracuyá	75
3.3.4. Cultivo de vid	77
3.3.5. Cultivo de forrajes	79
3.3.5.1. Cultivo de la alfalfa	79
3.3.5.2. Cultivo de la maralfalfa	79
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	81
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
TERMINOLOGÍA	90
APÉNDICES	92

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las partículas del suelo menores a 2 mm	11
Tabla 2. Datos meteorológicos del distrito de Papayal	38
Tabla 3. Clases de pendiente	44
Tabla 4. Grupos de microtopografía o microrrelieve	44
Tabla 5. Clases de profundidad efectiva	45
Tabla 6. Grupos texturales	45
Tabla 7. Clases de fragmentos rocosos (Gravosidad, Guijarrosidad o Pedregosidad)	46
Tabla 8. Grados de erosión hídrica	46
Tabla 9. Clases de pedregosidad superficial	47
Tabla 10. Clases de drenaje	48
Tabla 11. Rangos de pH	49
Tabla 12. Clases de salinidad y/o sodicidad (Alcalinidad)	49
Tabla 13. Clases riesgo de anegamiento y/o inundación fluvial	50
Tabla 14. Tipos de clima	50
Tabla 15. Clases de fertilidad del suelo	51
Tabla 16. Parámetros que definen la fertilidad del suelo	51
Tabla 17. Categorías de la clasificación por capacidad de uso mayor	52
Tabla 18. Variables, unidades de medida y métodos de análisis de los parámetros físico-mecánicos y químicos a evaluarse	53
Tabla 19. Descripción del perfil modal (Calicata 14)	56
Tabla 20. Descripción del perfil modal (Calicata 12)	57
Tabla 21. Descripción del perfil modal (Calicata 4)	58
Tabla 22. Descripción del perfil modal (Calicata 9)	59
Tabla 23. Descripción del perfil modal (Calicata 5)	60
Tabla 24. Descripción del perfil modal (Calicata 6)	61
Tabla 25. Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3slf(r), C3slf(r), P3slf(3t)	63

Tabla 26. Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3sf(r), C2sf(r), P2sf(3t)	65
Tabla 27. Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la Clases A3sewf(r), C3sewf(r), P2sewf(3t)	67
Tabla 28. Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3sef(r), C2sef(r), P2sef(3t)	69
Tabla 29. Forma y grado de pendiente	95
Tabla 30. Micro topografía	95
Tabla 31. Profundidad	95
Tabla 32. Humedad	96
Tabla 33. Textura	96
Tabla 34. Estructura del suelo (por su forma)	96
Tabla 35. Fragmentos superficiales	97
Tabla 36. Drenaje	97
Tabla 37. Consistencia (en húmedo)	97
Tabla 38. Permeabilidad	98
Tabla 39. Materia orgánica	98
Tabla 40. Escorrentía superficial	98
Tabla 41. Reacción del suelo	99
Tabla 42. Erosión hídrica	99
Tabla 43. Riesgo de anegamiento o inundación	99
Tabla 44. Límites	100
Tabla 45. Nitrógeno total	100
Tabla 46. Salinidad	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía del perfil modal y características generales de la UE01	55
Figura 2. Fotografía del perfil modal y características generales de la UE02	56
Figura 3. Fotografía del perfil modal y características generales de la UE03	57
Figura 4. Fotografía del perfil modal y características generales de la UE04	58
Figura 5. Fotografía del perfil modal y características generales de la calicata 5	59
Figura 6. Fotografía del perfil modal y características generales de la calicata 6	60
Figura 7: Interpretación de las categorías y sus limitantes	62

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Plano de ubicación y puntos de muestreo del fundo “Bella Esperanza”	92
Apéndice 2. Plano de caracterización del fundo “Bella Esperanza”	93
Apéndice 3. Plano de clasificación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras del fundo “Bella Esperanza”	94
Apéndice 4. Descripción de perfiles de suelos	95
Apéndice 5. Tablas para la evaluación de tierras por capacidad de uso mayor	101
Apéndice 6. Fichas de descripción de los perfiles del fundo “Bella Esperanza”	104
Apéndice 7. Análisis de suelos de caracterización del fundo “Bella Esperanza”	110
Apéndice 8. Tomas fotográficas de los suelos del fundo “Bella Esperanza”	113

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo “Bella Esperanza”, distrito Papayal, provincia de Zarumilla en la región Tumbes, con la finalidad de clasificar los suelos de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.

Luego de la caracterización de los 15 perfiles de suelos distribuidos en el área en estudio que tiene 24,14 hectáreas, se ha encontrado cinco Unidades Edáficas: (a) UE01: Suelos muy superficiales de reacción muy ácida; (b) UE02: Suelos superficiales de reacción básica; (c) UE03: Suelos moderadamente profundos de reacción ácida; (d) UE04: Suelos superficiales de reacción neutra; y (e) UE05: Suelos alterados por acción mecánica.

Después de la evaluación y clasificación de estas tierras se encontraron cinco grupos de capacidad: (a) Grupo I conformado por las clases A3slf(r), C3slf(r), P3slf(3t), estas tierras tienen limitaciones por escasa profundidad, pH fuertemente ácido, moderada concentración de sodio intercambiable y baja fertilidad (2,68 ha); (b) Grupo II conformado por las clases A3sf(r), C2sf(r) y P2sf(3t), estas tierras tienen limitaciones por escasa profundidad, el pH moderadamente básico y baja fertilidad (6,17 ha); (c) Grupo III conformado por las clases A3sewf(r), C3sewf(r) y P2sewf(3t), tierras que tienen limitaciones por pendiente inclinada, textura fina, drenaje imperfecto, pH moderadamente ácido y baja fertilidad (5,02 ha); (d) Grupo IV conformado por las clases A3sef(r), C2sef(r) y P2sef(3t), estas tierras tienen limitaciones por pendiente moderadamente inclinada, escasa profundidad y baja fertilidad (6,54 ha); y (e) Grupo V que son tierras de protección X por haber sufrido un proceso de alteración reciente (3,73 ha).

En el área estudiada se pueden cultivar especies comerciales como palto, limonero, vid, maracuyá, alfalfa y maralfalfa teniéndose en cuenta las limitaciones que caracterizan a cada clase de estas tierras.

Palabras clave: Capacidad de uso mayor, salinidad, sodicidad, perfil trunco, desarrollo pedogenético.

ABSTRACT

This research was carried out in the "Bella Esperanza" Farm, district of Papayal, province of Zarumilla in the Tumbes region, with the purpose of classifying the soils according to the National Regulation for Lands Classification by Greater Capacity Use.

After the characterization of the fifteen soil profiles distributed in the study area that has 24.14 hectares, five soil units have been found: (a) EU01: very shallow soils with very acidic reaction; (b) EU02: Basic reaction shallow soils; (c) EU03: Moderately deep soils with acid reaction; (d) EU04: Neutral shallow soils; and (e) EU05: Altered soils by mechanical action.

After the evaluation and classification of these lands five groups of capacity have been found: (a) Group I conformed by the classes A3slf (r), C3slf (r), P3slf (3t). These lands have limitations due to low depth, pH strongly acid, moderate exchangeable sodium concentration and low fertility (2,68 ha); (b) Group II conformed by the classes A3sf (r), C2sf (r) and P2sf (3t), these lands have limitations due to low depth, moderately basic pH and low fertility (6,17 ha); (c) Group III conformed by classes A3sewf (r), C3sewf (r) and P2sewf (3t), lands that have limitations due to inclined slope, fine texture, imperfect drainage, moderately acidic pH and low fertility (5,02 ha); (d) Group IV conformed by classes A3sef (r), C2sef (r) and P2sef (3t), these lands have limitations due to the moderately inclined slope, the low depth and the low fertility (6,54 ha); and (e) Group V that are X Protection land for having undergone a recent leveling process (3,73 ha).

In these lands can grow commercial species such as avocado, lemon, grapevine, passion fruit, alfalfa and maralfalfa, taking into account the limitations that characterize each land classes.

Key words: High capacity use, salinity, sodicity, truncated profile, pedogenetic development.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema natural heterogéneo producto de la relación climo-tempo-espacial, resultante de la acción de un conjunto de procesos naturales (factores bióticos, topografía, génesis, periodo de formación, entre otros), que constituyen el perfil modal de los horizontes edafogénéticos, susceptible de ser clasificados taxonómica y técnicamente; su perfil revela directamente su naturaleza en función de sus características propias, de su evolución y posibilidades de uso, en función de su capacidad de soporte y resiliencia. En este sentido, el suelo es uno de los elementos ambientales de mayor sensibilidad frente a las acciones naturales y antrópicas del medio, los cuales condicionan su dinamismo y equilibrio.

Los estudios de suelos son necesarios para obtener datos concretos del recurso suelo para clasificarlos con la finalidad de darle un uso racional, adquiriendo estos estudios especial importancia, cuando se trata de la apertura de nuevas áreas mediante la agricultura bajo riego, sobre todo en estas épocas actuales donde las condiciones climatológicas han sufrido una grave alteración debido al desequilibrio ecológico producido por el hombre.

La evaluación de las propiedades físicas y químicas de los suelos permiten la clasificación de este importante recurso natural de acuerdo a la capacidad de uso mayor a fin de darle una correcta utilización para evitar que pierda su capacidad de uso agrícola con el tiempo, teniéndose en cuenta que en muchas zonas del país y muy especialmente en la zona de Papayal, provincia de Zarumilla, región Tumbes, los suelos tienen una textura muy variable, con baja a moderada aptitud agrícola. Los suelos arcillosos suelen tener un mal drenaje, encharcándose cuando el riego es excesivo y a la vez agrietándose cuando están secos, por tal motivo debe llevarse un control al utilizar el agua, debido a las deficiencias en el riego y al mal drenaje, la salinización es la desventaja principal.

En el Perú, dentro de la finalidad y los alcances del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, se contempla promover y difundir el uso racional continuado del recurso suelo con el fin de conseguir el óptimo beneficio social y económico dentro de la concepción y principios del desarrollo sostenible, evitando la degradación de los suelos como medio natural de la bioproducción y fuente alimentaria, estableciendo un sistema de clasificación de las tierras de acuerdo a las características ecológicas, edáficas y

de la diversidad de ecosistemas de las regiones naturales del Perú. Este reglamento permite caracterizar el potencial de los suelos en el ámbito nacional, determinando su capacidad e identificando sus limitaciones (Ministerio de Agricultura [MINAG], 2009).

Por tales razones al plantearse la siguiente interrogante: ¿La evaluación de las características ecológicas, edáficas y de la diversidad de ecosistemas de los suelos del fundo “Bella Esperanza” permitirá hacer una eficiente clasificación de estos suelos según su capacidad de uso mayor?, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Caracterizar los suelos del fundo “Bella Esperanza” para conocer los niveles en que se encuentran las propiedades físicas y químicas en estos suelos.
2. Clasificar los suelos del fundo “Bella Esperanza” por su Capacidad de Uso Mayor de acuerdo al Sistema Nacional de Clasificación de Tierras, con la finalidad de elaborar el mapa de clasificación CUM.
3. Sugerir el establecimiento de los principales cultivos de importancia económica para ser desarrollados de acuerdo a la capacidad de uso mayor de los suelos del fundo “Bella Esperanza”.

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. ANTECEDENTES

Torres (2013) realizó la evaluación de suelos por capacidad de uso mayor de las tierras de la provincia de Alto Amazonas – Loreto la planificación del desarrollo agropecuario y forestal de la zona, en relación armónica con el medio ambiente. De acuerdo a su origen encontró cuatro grupos de suelo: aluviales recientes ubicados en las terrazas bajas; aluvial subreciente en las terrazas medias; aluviales antiguo, ubicados en terrazas altas y colinas; montañas altas. Taxonómicamente se identificaron cuatro órdenes de suelos Entisols, Inceptisols, Histosols y Ultisols. Para la interpretación técnica o práctica de los suelos, se siguió lo establecido por el Reglamento de Clasificación de Tierras (D.S. N° 017-2009-AG) (MINAG, 2009), determinándose los siguientes grupos de Capacidad de Uso Mayor: Tierras aptas para cultivo en limpio (A) con 35 109 ha, tierras aptas para cultivo permanente (C) con 308 305 ha, tierras aptas para pastos (P) con 9 951 ha, tierras aptas para la producción forestal (F) con 721 261 ha, tierras de protección (X) con 903 132 ha y cuerpos de agua con 26 529 ha, haciendo un total de 2 004 288 ha.

Escobedo y Rabanal (2009) realizaron un estudio a nivel semidetallado sobre la capacidad de uso mayor de las tierras en las de Lamas y El Dorado – San Martín, sobre una superficie aproximada de 38 451 ha, reconociendo fisiográficamente planicies aluviales de formación reciente, colinas y montañas e identificando dos órdenes de suelo: Entisol e Inceptisol. En la zona de estudio se ha determinado cinco rangos de pendiente: plana a ligeramente inclinada (0 a 4 por ciento), moderada a fuertemente inclinada (4 a 15 por ciento), moderadamente empinada (15 a 25 por ciento), empinada (25 a 50 por ciento), muy empinada (+ de 50 por ciento). La aptitud de uso de las tierras de la zona de estudio, de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú (MINAG, 2009) fue la siguiente: Tierras aptas para cultivos en limpio (A) con 133 ha,

tierras aptas para cultivos permanentes (C) con 11 290 ha, tierras aptas para pastoreo (P) con 573 ha, tierras aptas para producción forestal (F) con 15 406 ha y tierras de protección (X) con una extensión de 11 049 ha.

Escobedo (2006) realizó un estudio de suelos por capacidad de uso mayor en la provincia de Tocache - San Martín. El área estudiada abarcó una superficie aproximada de 625 121 ha. Para la interpretación técnica o práctica de los suelos, se siguió con lo establecido por el Reglamento de Clasificación de Tierras (D.S. N° 0062-75- AG), habiéndose determinado los siguientes grupos de Capacidad de Uso Mayor: Tierras aptas para cultivo en limpio (A) con 23 872 ha, tierras aptas para cultivo permanente (C) con 60 022 ha, tierras aptas para pastos (P) con 19 437 ha, tierras aptas para producción forestal (F) con 72 004 ha y tierras de protección (X) con 442 590 ha. Cuerpos de agua 6 898 ha y áreas urbanas con 298 ha.

Díaz (2000) estudió la génesis, morfología y clasificación de algunos suelos de Pucallpa en los distritos de Gallería, Yarinacocha y Campo Verde, del departamento de Ucayali, en un área aproximadamente de 25 000 ha. Los factores más importantes que influyeron en la formación de los suelos, fueron el clima y la vegetación. Climáticamente, la zona presenta regímenes de humedad Udic y de temperatura Isohyperthermic. Ambos factores ejercieron influencia beneficiosa aportando biomasa, conservando la fertilidad del suelo, mejorando el aprovechamiento de las aguas de lluvia y manteniendo el régimen Udic del suelo. Además, se ha identificado siete tipos de suelos Barrizal, Restinga, Cashibococha de perfil tipo A/C, Yarinacocha, Aguajal, Colina son del tipo A/Bw/C y Campo Verde del tipo A/Bt/C.

Quispe (1996) al evaluar las tierras de las lomas de Atiquipa (Perú), cubierta por una superficie de 22 800 ha, con el objetivo de planificar la conservación y utilización de estos en forma racional y en armonía con el medio ambiente, encontró dos ámbitos climáticamente contrastantes, el semiárido correspondientes a las lomas y el árido circundante a ésta. Fisiográficamente las lomas están dominadas por laderas de montaña, en las cuales ocurre el desarrollo del “ecosistema de lomas”; también se ha

diferenciado formas secundarias tales como un cono de deyección y una terraza marina, bajo condiciones de marcada aridez. La humedad disponible en las lomas permite la presencia de una vegetación arbustiva a arbórea permanente y otra herbácea estacional, que enriquecen los horizontes superficiales del suelo con residuos orgánicos, que al descomponerse y mineralizarse dan la tonalidad oscura al epipedón, permitiendo la formación de subhorizontes de diagnóstico como el cámbico, horizonte inferior parcialmente alterado por el desarrollo de una estructura incipiente o por el cambio de color; apreciándose un ligero incremento de arcilla, alcanzando valores de 30 por ciento, favoreciendo el incremento de la retención de nutrientes como el Ca, Mg y K. El análisis químico da valores de pH ligeramente ácidos (5,4 a 6,1).

Comparativamente, las zonas áridas presentan suelos sin desarrollo en los que es muy fácil distinguir el material parental, el cual solo ha sido alterado físicamente dando lugar a texturas arenosas muy permeables con CIC muy baja. Taxonómicamente, se diferencian dos grupos de suelos: una en la zona de lomas, que muestra un ligero desarrollo genético, y otro en la zona árida, sin desarrollo. En base a los resultados obtenidos en el estudio edáfico, más las características topográficas y climáticas de la zona, se realizó la Clasificación de las Tierras según la Capacidad de Uso Mayor, concluyéndose que la zona en estudio tiene tierras aptas para cultivo en limpio (2 955 ha), tierras aptas para pastos (2 380 ha) y tierras de protección (17 465 ha) (Quispe, 1996).

Rodríguez et al. (1996) al estudiar la capacidad de uso mayor de las tierras de la Reserva Nacional Pacaya - Samiria – Loreto (3 236 878 ha) encontraron que cerca del 57 por ciento del área estudiada son terrazas bajas con diferentes tipos de drenaje seguido por un 20 por ciento de tierras misceláneas. Las terrazas medias, colinas y lomadas bajas, representan el 18 por ciento. En el área estudiada la mayor parte son suelos jóvenes con escaso desarrollo genético, formados a partir de sedimentos recientes y sub-recientes con aceptable fertilidad natural y aptitud agrícola, y suelos pobres derivados de materiales residuales y sedimentos aluviales antiguos.

De acuerdo al Soil Taxonomy se identificó ocho grandes grupos de suelos, siendo los más abundantes los Entisols y los Inceptisols. Según la Clasificación por Capacidad de Uso Mayor, se encontraron las siguientes clases: Tierras aptas para cultivo en limpio, agrupados en la subclase: A3l (280 575 ha), tierras aptas para cultivos permanentes: subclases C3s y C3se (149 690 ha), tierras aptas para producción forestal: subclases F2w, F2se, F3w, F3sw (1 936 421 ha), tierras de protección, que incluye ríos, meandros, lagunas y localidades con 870 192 ha (Rodríguez et al., 1996).

Calero (1987) al estudiar la génesis, morfología y taxonomía de varios tipos de suelos en el departamento de Piura, seleccionó siete perfiles (Cooperativa – Independiente, Miraflores, Pueblo Nuevo, Koyma y Wayakanes en la provincia de Ayabaca; Chorros y Palambra en la provincia de Huancabamba). Concluyendo que los suelos de la Cooperativa – Independiente necesitan ser lavados, Miraflores posee un peligro potencial de salinización progresiva debiendo controlarse el riego; Koyma, Wayakanes, Chorros y Palambra requieren aplicaciones de fertilizantes, especialmente fosfatados, Wayakanes y Chorros necesitan ser encalados en forma moderada. Para Calero los suelos de la costa Norte, están afectados en mayor o menor grado por la salinización (92 por ciento) y requieren de rehabilitación. No existen estudios genéticos ni taxonómicos en la región, especialmente en la sierra, por eso se considera a Pueblo Nuevo, Koyma, Wayakanes, Chorros y Palambra como núcleos estratégicos de desarrollo si manejan racionalmente sus recursos agropecuarios.

Puño (1987) al realizar un estudio de las condiciones de drenaje y salinidad para riego y drenaje del campo de la Universidad Nacional de Tumbes, en un área de 68,87 ha; dividida en dos fundos: Overall con 50,05 ha y la Punta con 15,32 ha (las otras 3,5 ha restantes corresponden a infraestructura de riego, drenaje y caminos actualmente instalados, mediante la instalación de 56 pozos de observación y realizada la evaluación en dos épocas: una seca que va desde setiembre a diciembre y otra húmeda que se inicia en el mes de enero y corresponde a toda la temporada de riegos del cultivo de arroz, encontró que en la época seca el nivel freático varía desde 2,03 m de profundidad (mes de diciembre en el fundo Punta) hasta 0,20 m (mes diciembre en el fundo Overall). En

la época húmeda el nivel freático varió desde 1,68 a 0,14 m (mes de enero en el fundo Overal).

La salinidad en estos suelos varió desde 0,3 mmhos.cm⁻¹ a 25°C (capa de 60 a 90 cm) hasta 28 mmhos.cm⁻¹ a 25 °C (capa de 0 a 30 cm). En total se encuentran afectados por un elevado nivel freático (<1m); 33,72 ha corresponde al fundo Overal con más alto porcentaje (81 por ciento del área afectada); y por un elevado índice de salinidad (>4 mmhos.cm⁻¹ a 25 °C) afectando a 20,27 ha ubicadas en el fundo Overal. Para la recuperación del campo en estudio planteó la construcción de un nuevo sistema de drenaje; con distanciamientos de 60 m con la aplicación de una suficiente lámina de riego (13 riegos con una frecuencia 10 días y con 60,64 mm cada uno) (Puño, 1987).

Namuche (1973) estudió las condiciones hidrogeológicas del valle de Zarumilla (Tumbes) que tienen problemas de sequías constantes, se inventariaron 101 pozos, de los cuales 15 fueron tubulares y el resto tipo tajo abierto. La exploración anual del agua subterránea es de 7 300 000 m³. Se deduce que la recarga del acuífero proviene del río Zarumilla, la profundidad del nivel freático varía entre 1 a 12 m.

La hidrogeoquímica de la zona de estudio para uso agrícola es de tolerable a buena, para uso doméstico es mediocre a buena. Según su aspecto hidrogeoquímico son bicarbonatadas cálcicas y/o sódicas. La salinidad disminuye con la profundidad, encontrándose acuíferos superficiales salinos, profundos dulces y confinados; la conductividad eléctrica varía de 0,2 a 1,5 mmhos.cm⁻¹. Las mejores zonas para futuras perforaciones están al sur de la carretera Panamericana, entre las localidades de Aguas Verdes y el cruce a Puerto Pizarro. La dureza del agua varía en su mayor parte de la zona de estudio de 100 ppm; siendo aceptable desde el punto de vista doméstico y con cierta limitación para el uso industrial (Namuche, 1973).

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. El suelo

Para Buckman y Brady (1977) los suelos constituyen el medio natural en que las plantas crecen. Las plantas brindan las fibras y alimentos necesarios para el hombre y para los animales. Frecuentemente, las características de la naturaleza no son bien comprendidas, apreciadas para muchos, el suelo es uno de ellos. El agricultor considera al suelo como un hábitat para plantas y del suelo saca su medio de vida, y por esta razón está obligado a prestarle más atención a las características y cualidades de este importante recurso natural; por lo tanto, el suelo para él, mas que útil, es indispensable.

Para Gisbert (2010) el suelo que es una mezcla de diferentes materiales como los minerales, la materia orgánica, el agua y el aire, es considerado como el hábitat en donde se desarrollan las raíces de las plantas, permitiendo el crecimiento vegetal, y por tanto precisa de los elementos químicos presentes en los minerales y del nitrógeno procedente de la materia orgánica. Gisbert agrega que el suelo es un cuerpo natural independiente que se ha formado por las alteraciones de las rocas, debido a la acción del clima y los seres vivos, con una geomorfología dada en un periodo de tiempo. Asimismo el suelo es el producto de la erosión de las rocas en las partes superiores de la corteza terrestre y que contiene restos de materia orgánica descompuesta o en descomposición, es una mezcla de partículas sólidas intemperizadas, agua y aire, que provistas de los elementos nutritivos puede servir como sustentadores de una vegetación. El suelo es un cuerpo natural consistente en capas u horizontes que difieren del material parental en su morfología y propiedades físicas, químicas y mineralógicas, así como en sus características biológicas.

La Agencia Internacional para el Desarrollo [AID] (1966) indica que de todos los dones de la naturaleza, ninguno es más indispensable para el hombre que la tierra. Esta mezcla compleja de materia animal, vegetal y mineral, que cubre el núcleo

rocoso del globo terrestre a profundidades diversas, es uno de los cuatro elementos primarios indispensables para la vida, junto con la luz solar, el aire y el agua. La tierra nutre la vida vegetal y sustenta a todos los seres vivos.

Según Campos (1981) el suelo desde un punto de vista agrícola, es la capa superior de la corteza terrestre, formada por meteorización de las rocas, en la que se enraízan las plantas. Los requisitos principales que debe reunir son constituir un buen soporte para las plantas y proveer adecuadamente las necesidades fisiológicas y alimenticias de los vegetales. El suelo es fundamental para la producción de alimentos y fibras puesto que su fertilidad está estrechamente relacionada con su productividad, siendo su conocimiento fundamental para la preservación medioambiental.

1.2.2. Propiedades del suelo

1.2.2.1. Pendiente

Buol, Hole y Cracken (2000) imaginaron una masa de tierra que inicialmente se elevó con rapidez y luego se degradó, hasta convertirse en llanura. En su modelo, la degradación se produjo al principio, sobre todo por erosión de corrientes de agua, que produjeron valles profundos y escarpados. La intemperización y otros procesos de formación de suelos dieron suelos profundos que se vieron sometidos a deslizamientos y cierta erosión de láminas. Las laderas graduales, como los arroyos graduales, son productos de un equilibrio entre los procesos de intemperización y los de eliminación. Hay cinco elementos de ladera: cresta (ladera en disminución, donde se forma el suelo y se producen deslizamientos), escarpamientos (zonas de desgaste por erosión de los bordes y desprendimientos), ladera de escombros (zona de intemperización de desprendimientos de los escarpamientos), pie de ladera (zona de desplazamiento de materiales de suelos por flujo lineal y laminar) y el fondo aluvial de la ladera.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009) el grado de pendiente se refiere a la inclinación de la superficie alrededor del sitio; es importante realizar un registro apropiado de las variaciones mínimas del grado de pendiente, especialmente para erosión, riego y drenaje. Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] (2015) la pendiente se refiere a la inclinación que presenta la superficie del suelo con respecto a la horizontal; está expresada en porcentaje, es decir la diferencia de altura en 100 metros horizontales.

Para Corbella, Tonatto y Ullivarri (2017) la pendiente debe ser analizada no solo por sus relaciones con la evolución y distribución de los suelos, sino que debe considerarse también sus relaciones con el uso y manejo probable o actual del suelo tales como: proporción y cantidad del escurrimiento, riesgo de erosión, uso de la maquinaria agrícola, traficabilidad, sistemas de riego, entre otros. La pendiente es una parte integral de cualquier suelo en su condición de cuerpo natural. Las pendientes pueden ser simples si tienen una sola dirección o sentido dominante, y complejas cuando tienen varios sentidos. Debido al escurrimiento, los suelos situados en pendientes fuertes reciben menos agua que el promedio, mientras que los situados en depresiones reciben más.

Porta, Acevedo y Poch (2011) explican que la pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno, a mayor inclinación mayor valor de pendiente. El Perú es un país muy accidentado debido a la presencia de la Cordillera de los Andes. Solo parte de la Selva y de la Costa muestran topografía llana. Por esta razón la pendiente es una de las principales características que determinan la aptitud de un suelo en el país. La importancia de la pendiente radica por lo siguiente:

- Determina el grado de erosión de los suelos.
- Limita el uso de la mecanización agrícola.
- Influye en el sistema de irrigación.
- Determina el escurrimiento superficial sobre el suelo.
- Tiene influencia sobre el desarrollo del perfil.
- Actúa sobre la intensidad de la erosión del suelo.

1.2.2.2. Relieve - microrrelieve

Corbella et al. (2017) afirman que el relieve implica elevaciones relativas que se define como las elevaciones o desigualdades de la superficie del terreno considerado colectivamente. El microrrelieve se refiere a las diferencias de pequeña escala dentro del relieve general, es decir a diferencia del relieve las distancias son muy cortas o diferencias locales de topografía en pequeña escala generalmente menores de 2 metros. Además, para Trudgill (1985) las diferencias en el microrrelieve se deben a la composición química, mineral y de la textura de la roca.

El relieve y microrrelieve influye en la formación del suelo, en primer lugar, por su efecto sobre la relación que se establece entre la infiltración y el escurrimiento superficial del agua; En segundo lugar, influye a través de las variaciones en la exposición al sol, al viento y en el movimiento del aire (Corbella et al., 2017).

1.2.2.3. Profundidad

Campos (1981) señala que el suelo debe tener la profundidad suficiente para que las raíces puedan desarrollar sin trabas, y asimismo, para que puedan explorar un volumen de tierra adecuado para satisfacer sus necesidades nutritivas. La profundidad es el espesor de la capa del suelo en donde las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. Su límite inferior está dado por capas de arcillas muy

densas, capas extremadamente duras, materiales fragmentarios (gravas, piedras o rocas) o la napa freática permanente, que actúa como limitantes del desarrollo normal de las plantas (SERFOR, 2015).

Ramírez y Salgado (2005) se refieren a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se considera parte de la profundidad efectiva los horizontes "R" o capas endurecidas en forma natural o por efectos de la labranza. Se considera como limitante de la profundidad. La FAO (2009) agrega que la profundidad de los límites superiores e inferiores de cada horizonte se reporta en centímetros; se mide desde la superficie (incluyendo cobertura orgánica y mineral) del suelo hacia abajo. La mayoría de los horizontes no tienen una profundidad constante.

1.2.2.4. Textura

Navarro y Navarro (2013) señalan que la textura del suelo es la composición centesimal de las partículas. Para Buol et al. (2000) es la proporción relativa de los diferentes suelos separados en un material de suelo. Corbella et al. (2017) se refieren que es la proporción relativa en peso de una masa de suelo con distintas fracciones granulométricas menores de 2 mm de diámetro, agrupadas en clases por tamaño. Específicamente se refiere a los porcentajes de arcilla, limo y arena, que constituyen la fase sólida mineral de una muestra de suelo.

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partículas (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural del suelo (FAO, 2009). Una muestra de suelo está constituida por distintas combinaciones de arenas, limos y arcillas. Estas diferentes

combinaciones reciben el nombre de clases texturales (Corbella et al., 2017).

Atendiendo exclusivamente al tamaño de las partículas de la tierra fina, éstas se clasifican de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de las partículas del suelo menores a 2 mm

Clasificación	Tamaño (mm)
Arena Gruesa	2 – 0,5
Arena fina	0,5 – 0,05
Limo	0,05 – 0,002
Arcilla	Inferior a 0,002

Fuente: Fuentes (1999).

En las arenas y los limos predominan los minerales primarios, mientras que en la fracción arcillosa abundan los minerales secundarios.

1.2.2.5. Pedregosidad

Corbella et al. (2017) expresan que la pedregosidad está constituida por fragmentos rocosos libres que tienen un mayor tamaño que la arena muy gruesa. Los fragmentos rocosos son descritos por su tamaño, forma, y para algunos, por la clase de roca. Las clases pueden ser gravas, guijarros, lajas, pizarras y esquistos. Las gravas y guijarros (< 250 mm de diámetro), difieren de las piedras y bloques pedregosos (> 250 mm de diámetro), estos últimos cuando se encuentran en la superficie, aún en pequeña proporción, interfieren con las labores de cultivo y cosecha. El número, tamaño y espaciamiento de las piedras y bloques (> 250 mm) en la superficie de un suelo, incluyendo aquellos que se encuentran parcialmente enterrados, tienen importantes efectos en el uso y manejo del suelo.

La pedregosidad superficial se refiere a la proporción relativa de piedras mayores a 25 cm de diámetro que se encuentra en la superficie del suelo (SERFOR, 2015). Ramírez y Salgado (2005) agregan que la pedregosidad se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (0,045 m de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea de materiales de origen o transportados como materiales aluviales.

1.2.2.6. Drenaje

El drenaje de un suelo expresa la rapidez con que se elimina el agua sobrante con relación a las aportaciones, la porosidad total de un suelo es la suma de los poros grandes (macroporosidad) y los poros pequeños (microporosidad). Según Campos (1981) el agua circula a través de grandes poros y fisuras existentes en el suelo, la relación óptima entre aire y agua en el interior del suelo se obtiene cuando los poros contienen aire y agua en partes iguales. En términos generales, si los síntomas indicativos de un mal drenaje aparecen a una profundidad inferior a 45 cm, se deduce que se trata de un terreno con malas condiciones para desarrollo de las plantas. Los suelos con drenaje natural deficiente suelen tener una coloración distinta a la de los suelos bien drenados, además, las principales consecuencias derivadas a suelos mal drenados son el deterioro de la estructura del suelo, dificultad en la respiración de las raíces, el laboreo y siembra se hacen con dificultad, pérdida de fertilidad de los suelos, entre otros (Fuentes, 1999).

Corbella et al. (2017) explican por drenaje del suelo a la rapidez y facilidad con que el exceso de agua que se adiciona o se elimina del suelo, especialmente por escurrimiento superficial y por percolación a través del suelo hacia los espacios profundos. El drenaje como condición del suelo, se refiere a la frecuencia y duración de los períodos durante los cuales el suelo no está saturado de agua total o parcialmente.

1.2.2.7. pH

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas (FAO, 2009). Para Buol et al. (2000) la determinación de los valores de pH es probablemente la medición química más importante que puede hacerse en los suelos. La información acerca de la reacción del suelo es necesaria para determinar los requerimientos de cal y la respuesta de las plantas al uso de los fertilizantes.

Fuentes (1999) señala que la acidez está determinada por la concentración de protones o hidrogeniones (H^+) en la solución del suelo. Se expresa con la notación pH y su valor se define como logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno. El pH ejerce una gran influencia en la asimilación de elementos nutritivos ya que facilita o dificulta su disolución y crea, a veces, antagonismo iónico.

Considerando en conjunto el comportamiento de todos los elementos nutritivos se puede decir que el intervalo de pH comprendido entre 6,5 y 7,5 es el más adecuado para la adsorción de nutrientes (Fuentes, 1999).

1.2.2.8. Erosión

El equilibrio favorable entre la erosión del suelo y la formación de nuevas tierras que prevalecen bajo condiciones naturales fue alterado casi desde el momento mismo en que el hombre empezó a cultivar la tierra para procurarse alimento. Al eliminar la vegetación nativa y roturar la superficie de la tierra con rudimentarios implementos, los primitivos agricultores y sus sucesores, aceleraron inconscientemente el grado de remoción del suelo (AID, 1966). Para el SERFOR (2015), erosión se refiere al desprendimiento, transporte y deposición del material del suelo por el escurrimiento superficial.

Fuentes (1999) agrega que la erosión es el desgaste de la superficie terrestre ocasionado por los agentes principales como el aire y el agua, que transportan las partículas del suelo. Estos dos agentes originan la erosión eólica y la erosión hídrica, respectivamente. El proceso erosivo produce la pérdida de una capa de suelo más o menos uniforme mediante el flujo del agua que discurre por una superficie uniforme e inclinada.

En la descripción de la erosión del suelo, se debe dar más énfasis a la erosión acelerada o la inducida por el hombre. No siempre es fácil distinguir entre la erosión natural y la acelerada ya que están a menudo muy relacionadas. La erosión inducida por el hombre es el resultado de un uso irracional y manejo pobre, como las prácticas agrícolas inapropiadas, sobrepastoreo y extracción o sobreexplotación de la vegetación natural (FAO, 2009).

1.2.2.9. Salinidad

De acuerdo con Navarro y Navarro (2013) la salinización se produce por la presencia de las sales en el suelo producido por la falta de lavado acumulándose progresivamente en la capa superficial. Los suelos afectados están presentes en todos los continentes y en casi en todas las condiciones climáticas. Su distribución es relativamente más amplia en regiones áridas y semiáridas, en comparación con las regiones húmedas. La alta concentración de sales a niveles altos ocasiona propiedades muy particulares en los suelos. La presencia de excesos de sales en la superficie y en la zona radicular es la característica de los suelos salinos. La salinización afecta al crecimiento de la mayoría de los cultivos y plantas sensibles siendo este muy escaso, los rendimientos son menores de los potenciales y económicamente no son rentables.

Porta et al. (2011) agregan que la acumulación de sales se producen por un proceso natural o antrópico, raramente se produce *in situ*, derivado de un proceso de meteorización de rocas y minerales. Lo más común es el movimiento de cationes y aniones liberados y transportados por el agua, al producirse la hidrólisis de la albita. La contaminación antrópica es producto de un deficiente manejo del suelo por parte del hombre. También riegos con aguas salinas y el empleo excesivo de fertilizantes, pueden causar la salinización de los suelos.

Navarro y Navarro (2013) sostienen que la solubilidad de las sales es una propiedad muy importante, pues afecta a la solución del suelo. Cuanto mayor sea la solubilidad de una sal, mayor es su toxicidad, pues darán soluciones muy concentradas. Por el contrario, las sales con baja solubilidad no presentarán ningún problema ya que se precipitarán antes de alcanzar niveles perjudiciales. Las sales solubles presentes en el suelo están constituidas principalmente por los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , y los aniones SO_4^- , Cl^- , lo que provoca una concentración elevada en la solución suelo (Porta et al., 2011). Si la presencia de Na^+ en la disolución del suelo es elevada (más del 50 por ciento), al precipitar al Ca^{2+} y Mg^{2+} como consecuencia de la concentración de la disolución, el Na^+ llega a ser predominante en la misma y, por tanto, sus niveles en el complejo coloidal pueden ser elevados, dando lugar así a un nuevo problema derivado de la salinidad a la alcalinidad. Como consecuencia, se origina el suelo salino, sódico y salino-sódico.

Fuentes (1999) señala que las sales están contenidas en la solución del suelo y adsorbidas por el complejo coloidal. Los coloides del suelo son retenidos por una fuerza de atracción y otras de repulsión. Cuando hay predominancia de las fuerzas de atracción coloides flocculan formándose los agregados, cuyos poros de mayor tamaño facilitarían la circulación del aire y del agua. Al predominar las fuerzas de repulsión los coloides se dispersan desmoronándose y taponando los poros del suelo,

disminuyendo así la porosidad, haciendo que el aire y el agua circulen con dificultad.

1.2.2.10. Inundación

Corbella et al. (2017) mencionan que la caracterización de los suelos sujetos a inundaciones debe incluir la descripción de la frecuencia, duración y regularidad de las mismas, con todo el detalle que permitan las evidencias disponibles. Según Montico (2003) aunque se reconoce una multiplicidad de causas por las cuales se producen las inundaciones, que van desde el conocido cambio en el uso del territorio hasta la más elemental falta de prevención en el manejo de las cuencas, surgen interrogantes respecto a cómo afectan los recursos productivos de la región estos eventos, y en el sector rural, más específicamente, al suelo.

Para Montico (2003) deben iniciarse las acciones tendientes a revertirlas. Antes de iniciar cualquier acción, es necesario efectuar un diagnóstico de la situación para la posterior toma de decisiones, considerando los siguientes aspectos:

a. Homogeneidad de la humedad superficial

Es importante recorrer el área afectada y determinar la presencia de depresiones anegadas, tamaño, ubicación y cómo se desempeñarán frente a próximas precipitaciones abundantes. Además debe examinarse la superficie con el objetivo de advertir la presencia de sedimentos y de una capa mucilaginosa que sella el suelo, formada generalmente por limo, materia orgánica mal descompuesta, algas y hongos.

b. Profundidad de la napa freática

Conviene realizar un pozo hasta la napa a fines de determinar la profundidad a la que se encuentra. De acuerdo a la pendiente del lote pueden dejarse abiertos pozos como estos, desde la parte más alta a la más baja, para analizar la evolución de la napa en el tiempo.

c. El estado físico y químico del suelo

Es imprescindible la extracción de muestras de diferentes espesores a efectos de conocer la estabilidad de la estructura, el contenido de materia orgánica, tipo y cantidad de nutrientes, y la presencia de sales y sodio.

d. Características de la vegetación

La vegetación siempre es una indicadora de la condición en que habita, la variedad y cantidad de especies para permitir hacer inferencias sobre el estado del suelo, desde su compactación hasta la salinidad o sodicidad conocida comúnmente como alcalinidad.

1.2.3. Clasificación de los suelos

Zavaleta (1992) señala que cuando se diseña un sistema de clasificación los diferentes suelos son agrupados de acuerdo a los criterios de diagnóstico en categorías, el concepto central categoría está definido por características diferenciadoras. En un área de estudio, los sistemas de clasificación forman una base para la leyenda del mapeo, aunque ésta puede también incluir varias características no diagnosticables pero que son de importancia práctica, tales como el agrupamiento de los suelos por pedregosidad, pendiente y erosión.

Según Patrick (2001) una de las principales tareas de los especialistas en suelos es la realización de estudios agrológicos así como la elaboración de mapas de suelos, los que representan una tarea científica muy delicada, puesto que los suelos en general, carecen de límites bien definidos, debido a que presentan áreas de transición entre sí, esta transición no se manifiesta en forma clara en la superficie de la tierra y deberá determinarse por medio de observaciones en calicatas o a cielo abierto, o por medio de perforaciones.

Zavaleta (1992) agrega que existen varios sistemas de clasificaciones científicas o naturales o técnicas, siendo los más conocidos el del “Soil Taxonomy” (USDA) y los sistemas ruso, francés y el propuesto por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. En el Perú, los sistemas de clasificación más utilizados son el “Soil Taxonomy” y el de “la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [FAO/UNESCO]”.

Brady y Weil (2008) agregan que la historia de la clasificación de suelos sugiere tres clases de conceptos: (a) los suelos como hábitat de las plantas, (b) los suelos como el manto superficial constituido por rocas intemperizadas, (c) los suelos como cuerpos naturales. El primer concepto es debido a su relación con la práctica de la agricultura, es el más antiguo. Por otro lado, las clasificaciones técnicas son de tipo interpretativo, realizado por planificadores, agricultores y políticos. Estas clasificaciones expresan el uso adecuado que los suelos deben recibir.

Las clasificaciones técnicas del suelo mencionan a dos originarias de los Estados Unidos de América, la primera corresponde al Departamento de Agricultura de ese país y agrupa a los suelos en ocho clases de “Capacidad de Uso” y la segunda procede del Buró de Rehabilitación de Suelos del Departamento del Interior y que reúne a los suelos en seis clases de “aptitud para el riego” (Ortiz & Ortiz, 1990).

La acción conjunta de los factores que condicionan la formación y evolución del suelo conduce al desarrollo de diferentes perfiles o tipos de suelos. La clasificación de estos puede basarse en criterios diversos. Podemos citar: (a) características intrínsecas del suelo, dependientes de los procesos genéticos que los desarrollan, (b) propiedades del suelo como permeabilidad, salinidad, composición y que se relacionan estrechamente con los factores de formación y (c) según su aptitud para diferentes usos, fundamentalmente agrícola.

1.2.4. Tipos de clasificación de los suelos

1.2.4.1. Soil Taxonomy

Según Gisbert (2010), la Soil Taxonomy (Taxonomía del Suelo) es un sistema de clasificación natural, está basada en las propiedades de los suelos que se encuentran en el paisaje. Un objetivo del sistema es agrupar suelos con una génesis similar y utilizar un criterio específico para poner los suelos en grupos de acuerdo con sus propiedades. Ésta es la causa por la que la Soil Taxonomy está jerarquizada, de modo de cada suelo está agrupado en una categoría que a su vez queda englobada en otra más amplia que alberga más categorías.

Los niveles jerárquicos del Soil Taxonomy son órdenes, subórdenes, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Cada nivel está basada en las características observables (campo o laboratorio) del suelo. La categoría de orden está basada en los procesos de formación del suelo que indican la presencia o ausencia de los principales horizontes de diagnóstico. Un orden dado incluye suelos que tienen diferentes propiedades desde el punto de vista de su génesis.

Los órdenes del Soil Taxonomy, son los siguientes:

a. Gelisols

Soil Survey Staff (2006) agrupa a suelos que tienen un permafrost dentro de los 100 cm de superficie del suelo. Los materiales gelic son materiales de los suelos minerales u orgánicos que presentan evidencia de segregación de hielo en la capa activa (capa de deshielo estacional) y/o la parte superior del permafrost.

b. Histosols

Son suelos predominantemente orgánicos y son la mayoría de suelos comúnmente conocidos como pantanos, ciénagas y turbas. Un suelo se clasifica como Histosols si no tienen permafrost y está dominado por materiales orgánicos del suelo (Gisbert, 2010).

c. Spodosols

Son suelos en que las mezclas amorfas de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro, se han acumulado. En suelos no alterados hay normalmente un horizonte suprayacente eluvial, generalmente de gris a gris claro. La mayoría de Spodosoles tienen poca arcilla silicatada. La clase de textural en su mayoría es arenosa, franco-gruesa, o limoso-grueso (Gisbert, 2010).

d. Andisols

Agrupa a suelos dominados por minerales de bajo grado de ordenamiento. Incluye desde suelos poco alterados con gran cantidad de vidrio volcánico que es una de las características utilizadas en la definición de las propiedades andic de los suelos. Los materiales con propiedades andic de los suelos comprenden el 60 por ciento o más del espesor entre la superficie mineral del suelo o la

parte superior de una capa orgánica con propiedades andic de los suelos y una profundidad de 60 cm o una capa limitante para el desarrollo radicular si es más superficial (Soil Survey Staff, 1999).

e. Oxisols

Son suelos de las regiones tropicales y subtropicales. Se encuentran en pendientes suaves en superficies antiguas. Son mezclas de cuarzo, caolín, óxidos libres, y materia orgánica. Para la mayor parte son suelos casi uniformes sin horizontes claramente marcados. Las diferencias en las propiedades con la profundidad son tan graduales que los límites del horizonte son generalmente arbitrarios (Soil Survey Staff, 1999).

f. Vertisols

Agrupación a suelos que tienen un alto contenido de arcilla expandible y que tienen en algún momento del año grietas profundas. Estos suelos se retraen cuando están secos y se expanden cuando se humedecen (Soil Survey Staff, 2006).

g. Aridisols

Para Núñez (2000) suelos demasiado secos comunes de las zonas desérticas. Estos tienen un régimen de humedad arídico y un epipedión antrópico y saturación con aguas dentro de los 100 cm superficiales del suelo durante un mes o más en años normales. Un régimen de humedad arídico es aquel que en años normales no tiene agua disponible para las plantas durante más de la mitad del tiempo acumulativo en que la temperatura del suelo a 50 cm bajo la superficie es $>5^{\circ}\text{C}$ y no tiene períodos tan largos como 90 días consecutivos cuando hay agua disponible para las plantas mientras la temperatura del suelo a 50 cm es continuamente $> 8^{\circ}\text{C}$.

h. Ultisols

Son suelos que tienen un horizonte que contiene una cantidad apreciable de arcilla silicatada translocada (un horizonte argílico o kándico) y pocas bases (saturación base menos del 35 por ciento). La saturación base en la mayoría de Ultisoles decrece con la profundidad (Gisbert, 2010).

i. Mollisols

Agrupar a suelos que tienen un horizonte superficial color oscuro y son ricos en bases. Casi todos tienen un epipedión móllico. Muchos tienen también un horizonte argílico o nátrico o un horizonte cálcico. Unos pocos tienen un horizonte álbico. Algunos tienen también un duripán u horizonte petrocálcico (Soil Survey Staff, 1999).

j. Alfisols

Son suelos que tienen un horizonte argílico, kándico, o nátrico y una saturación base del 35 por ciento o mayor. Normalmente tienen un epipedión ócrico, pueden tener un epipedión úmbrico, un horizonte petrocálcico, un fragipán o un duripán. Posee agua disponible para las plantas mesofíticas al menos durante tres meses consecutivos en la estación cálida de crecimiento. Son suelos cuyo aprovechamiento agrícola es intensivo, debido a su régimen hídrico y a su elevado porcentaje de saturación de bases (Gisbert, 2010).

k. Inceptisols

Según Gisbert (2010) son suelos de regiones húmedas y subhúmedas que tienen horizontes alterados que han perdido bases o hierro y aluminio pero retienen algunos minerales meteorizables. Estos no tienen un horizonte iluvial enriquecido con arcillas silicatada y carbono orgánico. Asimismo, para Núñez (2000) son suelos jóvenes

pero más desarrollados que los entisols, presentando horizontes de diagnóstico y epipedones bien diferenciados.

1. Entisols

Son suelos que tienen escasa o ninguna evidencia de desarrollo de horizonte pedogénicos, son suelos de origen muy reciente que normalmente desarrollados sobre abanicos aluviales, llanuras de inundación. Muchos Entisols tienen un epipedión ócrico y algunos tienen un epipedión antrópico. Muchos son arenosos o muy superficiales (Núñez, 2000).

1.2.4.2. Clasificación FAO/UNESCO

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [FAO/UNESCO] (1998) inicialmente se consideraron solamente dos niveles (1974), Grupos Principales y Unidades de Suelos, pero en la versión de 1990 se incluyó un tercer nivel denominado subunidades de suelos, con el fin de que cada edafólogo introduzca sus propios ejemplos. En 1994 se presentó una revisión que introduce innumerables cambios, de la siguiente manera:

Grupos principales de suelos y unidades de suelos

Se han definido 28 Grupos Principales de Suelos en la clasificación FAO/UNESCO de 1998. La gran mayoría de los nombres de los grupos principales terminan en "sol" (soles, en plural) y le antecede un prefijo que corresponde a una característica importante del suelo. También se han definido 152 Unidades de Suelos cuyos nombres están constituido por dos palabras. La primera es la del grupo principal al que pertenecen y la segunda refleja el carácter principal que define a cada unidad y la diferencia del concepto central del grupo principal.

La FAO/UNESCO (1998) agrupa a los suelos del mundo por algunos de sus rasgos más característicos:

a. Suelos orgánicos

- **Histosoles:** Suelos orgánicos, materia orgánica sin descomponer, saturados en agua por largos períodos. Son las turbas. Perfil H (Dorronsoro, 2016).

b. Suelos condicionados por influencias antrópicas

- **Antrosoles:** Formados por acción humana, por movilizaciones de tierras, acumulación de cascajos, escombreras o por continuos aportes de materiales orgánicos (estiércol). Suelos de los corrales. Perfil A-C (Site, 2012).

c. Suelos de baja evolución condicionados por el material originario

- **Andosoles:** Con un alto contenido en materiales amorfos. Casi siempre a partir de materiales volcánicos. Solo con: móllico, úmbrico, ócrico, cámbico. Perfil A-Bw-C o A-C. A. úmbrico (Contreras, 2009).
- **Arenosoles:** Muy arenosos. Muy baja evolución. Solo con: ócrico y/o álbico (excluir a fluvisoles y andosoles). Perfil A-C.
- **Vertisoles:** Alto contenido en arcillas (>35 por ciento). Abundantes grietas muy anchas (>1 cm de diámetro) y profundas (hasta al menos 50 cm). A veces con microrrelieve gilgai. Perfil A-C. V. cálcico (Dorronsoro, 2016).
- **Leptosoles:** Muy delgados (espesor < 30 cm), sobre una roca dura (material > 40 por ciento de CaCO₃). Solo con: móllico, úmbrico y ócrico. Perfil A-R. L. móllico. L. úmbrico (Site, 2012).

- **Regosoles:** Sobre materiales originales sueltos o con roca dura a + de 30cm. Solo con: ócrico o úmbrico. Perfil A-C. R. úmbrico. R. calcárico (Contreras, 2009).

d. Suelos de baja evolución condicionados por la topografía

- **Fluvisoles:** A partir de materiales fluviales recientes. Cerca de los ríos. Materia orgánica decrece irregularmente o es abundante en zonas muy profundas. Solo con: móllico, o úmbrico, u ócrico, o hístico. Perfil típico estratificado A-C-Ab-C-Ab-C-Ab-C. (FAO/UNESCO, 1998).
- **Gleysoles:** Suelos con hidromorfía (por manto freático) permanente o en los primeros 50 cm (a más profundidad aparecen las unidades gleycas de otros Grupos Principales). Horizontes grises, verdosos o azulados. Sobre materiales no consolidados. Solo con: cualquier epipedón, B cámbico, cálcico o gypsico. Perfil A-B-C (o R) con "r" en alguno de ellos. G.móllico. G. úmbrico (Contreras, 2009).

e. Suelos típicamente de clima árido o semiárido

- **Solonchaks:** Suelos con un alto contenido en sales solubles. Solo con: cualquier epipedon, un cámbico, cálcico o gypsico. Perfil A-C, A-B-C con "z" y/o "y" en cualquier horizonte (Contreras, 2009).
- **Solonetz:** Con nátrico (árgico con arcillas saturadas en sodio). Frecuentemente estructura columnar. Suelos no frecuentes. Perfil A-E-Btn-C (FAO/UNESCO, 1998).
- **Calcisoles:** Suelos con cálcico, petrocálcico. Solo con epipedon ócrico; pueden tener un cámbico o un árgico, pero si tienen árgico este ha de estar impregnado de CaCO_3 . Perfil A-C o A-B-C (o R) con "k" (Dorronsoro, 2016).

- **Gypsisoles:** Como los calcisoles pero con sulfatos en vez de carbonatos. Perfil A-C o A-B-C (o R) con "y" (obligado en B) (Site, 2012).

f. Suelos típicamente de clima estepario

- **Chernozems:** Suelos con móllico de color muy oscuro y con carbonatos secundarios en el horizonte inferior. Horizonte A muy rico en materia orgánica, muy bien humificada, con muy buena estructura, muy espeso. Suelos de las estepas y praderas. Perfil A-B-C, o A-C, con "k" siempre en profundidad (Dorrnsoro, 2016).
- **Kastanozems:** Como los chernozems, pero con el móllico de color castaño (pueden tener gypsico) (FAO/UNESCO, 1998).
- **Phaeozems:** Con móllico, pero sin acumulación de carbonatos ni sulfatos en los horizontes profundos. Saturados. Perfil A-B-C o A-C (Contreras, 2009).
- **Greyzems:** Móllico oscuro y con granos de arena y limo sobre la superficie de los agregados. Con árgico. Suelos raros. Perfil A-B-C (FAO/UNESCO, 1998).

g. Suelos típicamente de clima templado húmedo

- **Cambisoles:** Suelos con cámbico. Solo con úmbrico u ócrico, también móllico pero entonces el cámbico estará desaturado. Perfil A-Bw-C (o R). C. húmico (Contreras, 2009).

Los suelos que siguen y tienen un asterisco (*) son suelos que obligatoriamente han de tener un árgico. Generalmente tienen un ócrico o úmbrico, pueden tener móllico si el árgico está desaturado. Perfil típico A-E-Bt- C, a veces sin horizonte E. Suelos típicamente de clima mediterráneo húmedo (con estación seca intensa) (FAO/UNESCO, 1998).

- **Luvisoles:** Saturados en el Bt. En cualquier clima excluidos los tropicales y subtropicales. L. crómico. L. háplico (Site, 2012).
- ***Alisoles:** Desaturados en el Bt. ácidos. En cualquier clima excluidos los tropicales y subtropicales. A. húmico (Dorronsoro, 2016).

h. Suelos típicamente de clima tropical y subtropical

- ***Lixisoles:** Saturados en el Bt, pero solo en climas tropicales y subtropicales (Site, 2012).
- ***Acrisoles:** Desaturados en el Bt, pero solo en climas tropicales y subtropicales (FAO/UNESCO, 1998).
- **Ferralsoles:** Suelos con horizonte ferrálico, es decir con un horizonte de máxima alteración. Las arcillas se destruyen y quedan solo óxidos de Fe y Al. Suelos exclusivos de los climas tropicales. Perfil A-B-C (FAO/UNESCO, 1998).
- **Plintosoles:** Suelos de los climas tropicales con plintita (costras endurecidas de arcilla, hierro y cuarzo). Perfil: A-B-C (Dorronsoro, 2016).

i. Suelos típicamente de clima frío y húmedo

- **Podzoles:** Con Bh, o Bs, o Bhs. Iluviación de materia orgánica y/o óxidos de Fe y/o Al. Perfil muy evolucionado A-E-Bh-Bs-C, muy raramente sin E. P. háplico 1. P. háplico 2. P. háplico 3 (Site, 2012).

j. Suelos con árgico muy evolucionados

- ***Planosoles:** Con hidromorfía superficial, en el horizonte E; límite E / Bt con cambio textural brusco. Perfil A-Eg-Btg-Bt-C (Dorronsoro, 2016).

- **Podzoluvisoles:** Lenguas (anchas interpenetraciones) del hor. E en el Bt. Perfil A-E-E/B-Bt-C (Contreras, 2009).
- ***Nitisoles:** Como los luvisoles, alisoles, lixisoles, o acrisoles pero con un Bt homogéneo (semejante porcentaje de arcilla en todo su espesor) y de gran desarrollo (Bt de más de 150 cm). Propiedades níticas. Límite entre hor. A y B gradual o difuso (Site, 2012).

1.2.5. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Los suelos son cuerpos heterogéneos muy variables de un lugar a otro, en relación a los factores de formación y a las propiedades físico-químicas y biológicas, de las que dependen. Para darle un mejor uso se ha establecido diversos sistemas de clasificación. En el Perú, está vigente el Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG, del 1° de Setiembre del 2009 (MINAG, 2009).

La finalidad y alcances de este reglamento son:

- a. Promover y difundir el uso racional continuado del recurso suelo con el fin de conseguir de este recurso el óptimo beneficio social y económico dentro de la concepción y principios del desarrollo sostenible.
- b. Evitar la degradación de los suelos como medio natural de bioproducción y fuente alimentaria, además de no comprometer la estabilidad de las cuencas hidrográficas y la disponibilidad de los recursos naturales que la conforman.
- c. Establecer un Sistema Nacional de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor adecuado a las características ecológicas, edáficas y de la diversidad de ecosistemas de las regiones naturales del país.
- d. El presente reglamento de clasificación de tierras permite caracterizar el potencial de suelos en el ámbito nacional, determinando su capacidad e

identificando sus limitaciones, todo ello dentro del contexto agrario, permitiendo implementar medidas de conservación y aprovechamiento sostenido.

- e. El Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor es de alcance nacional, correspondiendo su aplicación a los usuarios del suelo en el contexto agrario, la Zonificación Ecológica Económica y el Ordenamiento Territorial, las instituciones públicas y privadas, así como por los gobiernos regionales y locales.

1.2.5.1. Categorías del sistema de clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor

El Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor (MINAG, 2009) está conformado por tres (03) categorías de uso: Grupo de Capacidad de Uso Mayor, Clase de Capacidad de Uso Mayor, y Subclase de Capacidad de Uso Mayor.

a. Grupos de capacidad de uso mayor de las tierras

Esta categoría representa la más alta abstracción del sistema, agrupa a las tierras de acuerdo a su máxima vocación de uso, es decir, a tierras que presentan características y cualidades similares en cuanto a su aptitud natural para la producción sostenible, de *cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos, producción forestal*, las que no reúnen estas condiciones son consideradas *tierras de protección*. El grupo de capacidad de uso mayor es determinado mediante el uso de claves de las zonas de vida.

De acuerdo al Decreto Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG, del 1° de Setiembre del 2009 (MINAG, 2009), esta categoría está conformada por los siguientes grupos:

- **Tierras aptas para cultivo en limpio (Símbolo A)**

Agrupación de tierras con características climáticas, de relieve y edáficas aptas para *cultivos en limpio* que requieren de araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras también pueden destinarse a otros usos como cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección, en relación a las políticas de interés social del Estado, y del sector privado, sin contravenir los principios de uso sostenible de la tierra.

- **Tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)**

Agrupación de las tierras con características climáticas, topográficas y edáficas que no son favorables para la producción de cultivos en limpio pero permiten la producción de *cultivos permanentes*, ya sean arbustivos o arbóreos (frutales principalmente). Estas tierras también pueden destinarse, a otras alternativas de uso como la producción de pastos, producción forestal, protección, sin contravenir los principios de uso sostenible de la tierra.

- **Tierras aptas para pastos (Símbolo P)**

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio ni permanentes, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados destinados al pastoreo continuado o temporal. Estas tierras según su condición ecológica (zona de vida), pueden destinarse para la producción forestal o protección cuando así convenga, de acuerdo a las políticas e interés social del Estado y del sector privado, sin contravenir los principios de uso sostenible.

- **Tierras aptas para la producción forestal (Símbolo F)**

Agrupación a las tierras con características climáticas, topográficas y edáficas que no son favorables para cultivos en limpio, permanentes, ni pastos, pero sí para la producción de especies forestales maderables, también pueden destinarse a la producción forestal no maderable o protección cuando así convenga, de acuerdo a las políticas e interés social del Estado y del sector privado, sin contravenir los principios de uso sostenible.

- **Tierras de protección (Símbolo X)**

Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes o producción forestal. Las limitaciones o impedimentos son muy severos de orden climático, edáfico y de relieve que determinan que estas tierras sean declaradas de protección.

En este grupo se incluyen, los escenarios glaciáricos (nevados), formaciones líticas, tierras con cárcavas (erosionadas), zonas urbanas, zonas mineras, playas del litoral, centros arqueológicos, ruinas, cauces de ríos y quebradas, cuerpos de agua (lagunas) y otros no diferenciados, las que según su importancia económica pueden ser destinadas para la producción minera, energía, fósiles, hidro-energía, vida silvestre, valores escénicos y culturales, recreativos, turismo, científico y otros que contribuyen al beneficio del estado.

b. Clases de capacidad de uso mayor de las tierras

Asimismo, en concordancia con el Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG, del 1° de Setiembre del 2009 (MINAG,

2009), el segundo nivel categórico de este Sistema de Clasificación reúne a unidades de suelos tierra según su *Calidad Agrológica* dentro de cada grupo, teniéndose en cuenta que un grupo de Capacidad de Uso mayor (CUM) reúne numerosas clases de suelos que presentan una misma aptitud o vocación de uso general ni tienen la misma calidad agrológica ni las mismas limitaciones, requiriendo prácticas de manejo específicas de diferente intensidad.

La calidad agrológica, en tal sentido, viene a ser la síntesis de las siguientes condiciones: (a) las propiedades de fertilidad del suelo, (b) las condiciones físicas, (c) las relaciones suelo-planta, y (d) las características del relieve y climáticas, dominantes.

La calidad agrológica, en resumen, representa la potencialidad del suelo para producir plantas específicas o secuencias de ellas bajo un conjunto de prácticas de manejo, estableciéndose, en concordancia al MINAG (2009), tres (03) clases de calidad agrológica: *Alta, media y baja*.

- *Calidad Alta (1)*, esta clase agrupa a las tierras de mayor potencialidad y que requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos de menor intensidad.
- *Calidad Media (2)*, clase que reúne a las tierras con algunas limitaciones y que exigen prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos.
- *Calidad Baja (3)*, clase que reúne a las tierras de menor potencialidad dentro de cada grupo, que requieren de mayores e más intensas prácticas de manejo y conservación de suelos para la obtención de una producción económica y continuada.

- **Clases de tierras aptas para cultivos en limpio (Símbolo A):**

Se establece las siguientes clases: **A1** (Calidad Agrológica Alta), **A2** (Calidad Agrológica Media) y **A3** (Calidad Agrológica Baja). La Calidad Agrológica disminuye progresivamente de la Clase A1 a la A3, y ocurre lo inverso con las limitaciones, incrementándose estas de la A1 a la A3.

- **Clases de tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C):**

Se establece las siguientes clases: **C1** (Calidad Agrológica Alta), **C2** (Calidad Agrológica Media), y **C3** (Calidad Agrológica Baja). La calidad agrológica del suelo disminuye progresivamente de la clase C1 a la C3.

- **Clases de tierras aptas para pastos (Símbolo P)**

Se establecen las siguientes clases de potencialidad: **P1** (Calidad Agrológica Alta), **P2** (Calidad Agrológica Media) y **P3** (Calidad Agrológica Baja). La calidad agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase P1 a la P3.

- **Clases de tierras aptas para la producción forestal (Símbolo F)**

Se establecen las siguientes clases de aptitud: **F1** (Calidad Agrológica Alta), **F2** (Calidad Agrológica Media) y **F3** (Calidad Agrológica Baja). La Calidad Agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase F1 a la F3.

- **Tierras de protección (Símbolo X)**

Estas tierras no presentan clases de capacidad de uso, debido a que presentan limitaciones tan severas de orden edáfico, climático o de relieve, que no permiten la producción sostenible de cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos, ni producción forestal.

c. Subclases de capacidad de uso mayor de las tierras

Es la tercera categoría de acuerdo al Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG, del 1° de Setiembre del 2009 (MINAG, 2009). La Subclase de Capacidad de Uso, agrupa tierras de acuerdo al tipo de limitación o problema de uso. Lo importante en este nivel categórico es puntualizar la deficiencia o condiciones más relevantes como causal de la limitación del uso de las tierras.

En este sistema de clasificación son considerados seis tipos de limitación que caracterizan a las subclases de capacidad:

- Limitación por suelo (s)
- Limitación de sales (l)
- Limitación por topografía-riesgo de erosión (e)
- Limitación por drenaje (w)
- Limitación por riesgo de inundación (i)
- Limitación por clima (c)

d. Condiciones especiales

En el sistema también se reconocen *tres condiciones especiales* que caracterizan la subclase de capacidad:

- Uso temporal (t)
- Terráceo o andenería (a)

- Riego permanente o suplementario (r)

1.2.6. Cultivos adaptables a la zona de estudio

Los cultivos que se pueden adaptar a la zona en estudio desde el punto de vista económico y técnico son los siguientes: **Palto** (*Persea americana* Mill.), **Limonero** (*Citrus limón* (L.) Osbeck), **Vid** (*Vitis vinífera* L.), **Maracuyá** (*Passiflora edulis* Sims) y **Forrajes: Alfalfa** (*Medicago sativa* L.) y **Maralfalfa** (*Pennisetum purpureum* Schumach.).

Se hace necesario tener en cuenta que algunas propiedades deben ser corregidas para lograr una buena implementación de los cultivos sugeridos, especialmente con respecto al bajo contenido de materia orgánica, la acidez del suelo, la baja fertilidad, la sodicidad del suelo y la escasez de agua.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo experimental se desarrolló en el fundo “Bella Esperanza” ubicado en el distrito de Papayal, en la provincia de Zarumilla, en la parte Nororiental de la región Tumbes, comprendido entre 03°34’25’’ de Latitud Sur y 80°14’00’’ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich con una altitud promedio de 43 msnm (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2013).

Según García y Chunga (2014) los pobladores del distrito de Papayal tienen como principal actividad las labores agropecuarias, cultivan predominantemente plátano, y en menor escala limón, cacao y maíz. Un menor porcentaje se dedica al comercio, o se encuentran desocupados temporalmente, los agricultores conducen sus parcelas, lo que significa que las parcelas son de su propiedad en una mayor proporción, quienes utilizan mayoritariamente la mano de obra familiar.

2.1.1.1. Geología

El área de estudio de acuerdo al Mapa Geológico del Perú según el Ministerio de Energía y Minas [MEM] (1999) pertenece a la Era Cenozoica, Sistema Cuaternario, Serie Pleistoceno, Unidad Estratigráfica, Depósitos Aluviales (Qp-al), ubicado en una llanura casi plana con alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre 32 a 48 metros.

2.1.1.2. Geomorfología

Según Namuche (1973) la geomorfología corresponde a una zona de pampa que es una llanura con una altitud que aumenta de 10 a 100 m, su máxima declinación es hacia el norte, es decir hacia el mar. Su límite con la zona de esteros lo constituye un acantilado que se levanta a 10 msnm y su límite sur está dado por la cadena de cerros Lomillos que tienen una altitud de más de 100 m.

Esta zona está surcada por quebradas encajonadas, cuyo curso es de sur a norte, desembocando al mar. Una capa de grava de espesor variable cubre casi toda la zona, dicha cubierta va adelgazando hacia el sur (Namuche, 1973).

2.1.1.3. Climatología

El departamento de Tumbes presenta un clima tropical que corresponde a una zona de transición entre el clima ecuatorial y el clima desértico de la costa peruana. Se considera a Tumbes como el departamento más cálido de la costa peruana, presenta una temperatura promedio casi uniforme en todo el año, siendo las más altas temperaturas entre los meses de enero a abril (30° C) y las más bajas o frescas, entre junio a septiembre (23° C). La Corriente de “El Niño” y la migración hacia el sur del frente ecuatorial ocasionan la caída de fuertes lluvias estacionales en todo el departamento. Cuando ocurre el fenómeno de “El Niño”, se producen anomalías atmosféricas y en el Océano Pacífico se registra el proceso de calentamiento de la temperatura superficial del mar, lo que origina la formación de nubes que a su vez desencadenan las lluvias que producen inundaciones en extensas zonas del territorio departamental. Esto repercute en la economía, impactando negativamente en la economía familiar generando condiciones de miseria y supervivencia en los segmentos más vulnerables de la población. El fenómeno de “El Niño” tiene también efectos positivos, pues permite la mayor

disponibilidad del recurso hídrico y crecimiento sostenido del bosque seco tropical; incrementando además la presencia de especies hidrobiológicas de gran importancia comercial (Gobierno Regional de Tumbes [GRT], 2004).

Tabla 2

Datos meteorológicos del distrito de Papayal

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación Total (mm)	Velocidad del Viento (km/h)
	Mínima Mensual	Máxima Mensual	Promedio Mensual			
Enero	23,9	31,2	27,6	77	16,8	10,4
Febrero	24,1	31,1	27,7	82	64,9	7,8
Marzo	24,2	30,7	27,5	84	267,5	7,5
Abril	23,9	31,2	27,2	84	24,7	6,4
Mayo	23,9	31,6	27,4	84	67,1	6,7
Junio	22,5	31,2	26,5	83	6,7	6,6
Julio	22,4	30,4	26,0	79	0,1	7,4
Agosto	21,7	28,7	24,7	81	0,0	7,9
Setiembre	22,0	29,4	25,2	80	0,2	7,9
Octubre	22,9	29,4	25,5	83	6,6	7,4
Noviembre	23,5	30,1	26,1	80	2,2	7,6
Diciembre	24	31,7	27,2	79	2,9	8,3
Total	279,04	366,7	318,3	975,12	459,7	91,9
Promedio	23,25	30,56	26,53	81,26		7,66

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2015).

Presenta las siguientes características climatológicas: temperaturas medias mensuales entre 24,7°C a 27,7°C con una media anual de 26,5°C, con una precipitación anual de 459,7 mm, las mayores precipitaciones se presentan entre febrero a mayo. La humedad relativa promedio anual es de 81,3 por ciento (Ministerio de Agricultura, 2015).

2.1.1.4. Ecología y vegetación

Según el Atlas del Perú (2003) Tumbes se diferencia de otros departamentos porque no sufre el efecto de la corriente de Humboldt, la ecología está directamente ligada a la cantidad de lluvia que cae sobre sus tierras, luminosidad y las altas temperaturas. Las precipitaciones son copiosas marcadamente estacionales, con un pico en el verano que coincide con la llegada de la corriente cálida de “El Niño”. La evidencia es la variada vegetación que cubre la zona (Brack & Mendiola, 2000).

De acuerdo al Atlas del Perú (2003) la flora encuentra condiciones para desarrollarse a plenitud. La fauna silvestre es un factor de vital importancia en la composición ecológica de estas tierras con la mezcla de especies originarias de diversos y remotos ambientes: ardillas y zorros procedentes del bosque seco del sur; jaguares y monos de evidente filiación amazónica; venados y gatos monteses procedentes de los Andes.

Si el extremo norte del departamento de Tumbes es tierra de bosques húmedos, la región del sur es el reino del matorral y el bosque seco, de acuerdo con el modelo Holdridge, cuenta con las zonas de vida denominadas monte espinoso y bosque seco. Se trata de la porción más septentrional del tablazo sechurano, un territorio de quebradas áridas que reviven solo de décadas de sequías y de pampas interminables, donde la sombra protectora de los algarrobos se convierte en la única posibilidad para la supervivencia de las criaturas (Atlas del Perú, 2003).

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de diez meses, iniciándose el mes diciembre del año 2016 y culminó en el mes de octubre del año 2017.

2.1.2. Población y muestra

La población estuvo compuesta por los suelos del fundo “Bella Esperanza” que tiene una extensión de 300 hectáreas, ubicado en el distrito de Papayal que soportan el desarrollo de especies agrícolas necesarias para la producción de alimentos básicos para ser destinados al mercado local, principalmente.

La muestra estuvo representada por el Lote 1, 2 y 3 del Fundo “Bella Esperanza” que tiene una extensión aproximada de 24,14 hectáreas, en el mismo que se construyeron 15 calicatas que están representadas en el plano de ubicación y puntos de muestreo del fundo “Bella esperanza” (ver Apéndice 1) del presente estudio.

2.1.3. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo no experimental, exploratorio y descriptivo debido a que se trata de conocer la aptitud de los suelos por su capacidad de uso mayor, mediante un método de estudio basado en la interpretación de las propiedades físicas y químicas de los suelos, sin alterarlos ni manipularlos.

2.1.4. Descripción de la investigación de campo

El estudio se realizó a través de una secuencia de diversas actividades que comprendiendo la fase preliminar, fase de campo, fase de laboratorio y fase de gabinete, ejecutadas de la siguiente manera:

2.1.4.1. Fase preliminar

Esta fase comprendió las siguientes actividades:

- a.** Preparación de materiales, planificación, recopilación y análisis de la información básica existente de la zona con referencia a la ubicación medio de acceso y características climáticas.

- b.** Determinación de las zonas de vida en base al Mapa Ecológico del Perú.
- c.** Elaboración del Mapa Base con la ubicación de las calicatas consideradas como puntos de muestreos mediante el plano topográfico de Papayal.

2.1.4.2. Fase de campo

Esta fase se desarrolló en tres etapas:

- a.** En primer lugar, se hizo el reconocimiento general del área en estudio con la finalidad de observar las principales características edáficas de los suelos de acuerdo al Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG (MINAG, 2009).
- b.** Luego de la apertura de las calicatas, se hizo la descripción morfológica de los perfiles de suelos (caracterización) de acuerdo a la hoja de descripción de perfiles (Apéndice 6) como adicional que indica el estado de desarrollo actual de los suelos en estudio, considerando las características generales de la zona en estudio (número de calicata, serie, clasificación clásica, clasificación taxonómica, material madre, precipitación y temperatura, vegetación o cultivo, fisiografía, relieve, altitud, pendiente, erosión, distribución de raíces, salinidad, pedregosidad, permeabilidad, drenaje, escorrentía superficial, napa freática, humedad, porosidad y sodicidad) y luego la descripción de los perfiles (horizontes, profundidad, color, textura, modificadores texturales, estructura, consistencia, pH, presencia de CO₃ y límites). Estos datos son necesarios para hacer una mejor interpretación del estado en que encuentran los suelos del área estudiada y la identificación preliminar de las unidades edáficas.

- c. Finalmente se recolectaron las respectivas muestras (porción de aproximadamente 1,0 kg de peso) de cada horizonte de los perfiles estudiados para ser enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para sus respectivos análisis.

Al momento de la toma de muestras se tuvo la precaución de obtener muestras de suelos sin contaminación ni mezclas con los suelos de otros horizontes, para lo cual primero se tomaron las muestras de los horizontes inferiores y luego obtener la muestra de los horizontes superiores, utilizándose bandejas para cada una de las muestras, las mismas que una colectadas fueron embolsadas, selladas e identificadas cuidadosamente para evitar una posible mezcla.

2.1.4.3. Fase de laboratorio

Las muestras de suelos recolectadas en el campo fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El tipo de análisis requerido fue el “Análisis de Caracterización” para determinar las siguientes propiedades:

- a. La reacción de suelo (pH) fue medida mediante el método del Potenciómetro.
- b. La Conductividad Eléctrica (CE) por el método del Conductímetro.
- c. Carbonatos determinados por el método del Gaso-Volumétrico.
- d. La determinación del carbono orgánico se basó en el método de Walkley y Black (Mehlich, 1984).
- e. La determinación del Fósforo por el método Olsen modificado.

- f.** Determinación del potasio disponible por el método de Absorción Atómica.
- g.** La textura fue determinada por el método del Hidrómetro de Bouyucos, también llamado método del Hidrómetro.
- h.** La capacidad de intercambio catiónico fue determinado por el método de saturación con acetato de amonio.
- i.** Los cationes cambiabes fueron determinados por el método del Fotómetro de Llama.
- j.** El porcentaje de saturación de bases fue determinado por el método práctico de cálculo en base a la capacidad de intercambio catiónico y los contenidos de los principales cationes cambiabes.

2.1.4.4. Fase de gabinete

En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

- a.** Ordenamiento y tabulación de datos

Para la caracterización de los suelos se utilizaron los resultados del “Análisis de Caracterización” que fueron interpretados de acuerdo al reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (MINAG, 2009), en base a las siguientes tablas:

Tabla 3

Clases de pendiente

Pendientes Cortas (Laderas cortas)	Pendientes Largas (Laderas largas)
0 – 4	0 – 2
4 – 8	2 – 4
8 – 15	4 – 8
15 - 25	8 – 15
25 – 60	15 – 25
50 – 75	25 – 50
+ 75	50 – 75
	+ 75

Nota: la unidad de pendiente se expresa en porcentaje (%).

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 4

Grupos de microtopografía o microrrelieve

Símbolo	Grupo	Clase
1	Plano	: Ausencia de micro ondulaciones o micro depresiones
2	Ondulado suave	: Con micro ondulación es muy espaciadas
3	Ondulado	: Con micro ondulaciones de igual anchura y profundidad
4	Micro quebrado o micro accidentado	: Presentan micro ondulaciones más profundas que anchas

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 5

Clases de profundidad efectiva

Profundidad (cm)	Clases
< de 25	Muy superficialmente
25 - 50	Superficiales
50 – 100	Moderadamente profundo
100 – 150	Profundo
> 150	Muy profundo

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 6

Grupos texturales

Símbolo	Grupos	Textura
G	Gruesa	Arena, Arena franca
MG	Moderadamente gruesa	Franco arenoso
M	Media	Franco, Franco limoso, Limoso
MF	Moderadamente fina	Franco arcilloso, Franco arcillo limoso, Franco arcillo arenoso
F	Fina	Arcillo arenoso, Arcillo limoso, Arcilloso

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 7

Clases de fragmentos rocosos (Gravosidad, Guijarrosidad o Pedregosidad)

Símbolo	Clase
(0)	Libre o ligeramente gravoso (Guijarroso o Pedregoso): Contiene menos del 15 por ciento de fragmentos rocosos por volumen de peso.
(1)	Gravoso (Guijarroso o Pedregoso): Contiene 15 a 35 por ciento de fragmentos rocosos por volumen de suelo.
(2)	Muy gravoso (Guijarroso o Pedregoso): Contiene 35 a 60 por ciento de fragmentos rocosos por volumen de suelo
(3)	Muy gravoso (Guijarroso o Pedregoso): Contiene más de 60 por ciento de fragmentos rocosos por volumen de suelo

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 8

Grados de erosión hídrica

Grado de erosión	Descripción
Muy ligera	Se observa síntoma de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo.
Ligera	Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizado por la remoción y arrastre laminar casi imperceptible de partículas del suelo y presencia de canalículos. Ausencia de surcos y cárcavas.
Moderada	Se observa síntomas de erosión a través de la existencia de regular cantidad de surcos. Ausencia o escasez de cárcavas.
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles por las labores de cultivo.
Extrema	Suelos prácticamente destruidos o truncados. Presencia de muchas cárcavas que en conjunto conforman los “Badlands” (malpaís).

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 9

Clases de pedregosidad superficial

Símbolo	Clase
(0)	Libre o ligeramente pedregoso: No interfiere con la labranza. Las piedras o pedrejones cubren entre 0,01 y 0,1 por ciento de la superficie. Las piedras ocasionales se encuentran a distanciamientos mayores a 20 m.
(1)	Moderadamente pedregoso: Presencia de piedras que dificultan la labranza. Requieren de labores de desempiedro para cultivos transitorios. Las piedras o pedrejones cubren de 0,1 a 3 por ciento de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 a 20 m.
(2)	Pedregoso: Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir cultivos transitorios, pero permiten la siembra de cultivos perennes. Las piedras o pedrejones cubren entre el 3 y 15 por ciento de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 a 3 m.
(3)	Muy pedregoso: Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir toda posibilidad de cultivo económico, pero permite el pastoreo o extracción de madera. Las piedras o pedrejones cubren entre el 15 y 50 por ciento de la superficie. Las piedras se distancian entre 0,5 a 1 m.
(4)	Extremadamente pedregoso: Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir todo uso económico inclusive ganadero y producción forestal. Las piedras o pedrejones cubren entre el 50 y 90 por ciento de la superficie. Las piedras se distancian a menos de 0,5 m.

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 10

Clases de drenaje

Símbolo	Clases
A	Excesivo: El agua del suelo es removida muy rápidamente. Esta clase de drenaje se presenta en los suelos muy arenosos, áreas muy empinadas (escarpadas) o ambas; puede incluir subgrupos líticos.
B	Algo excesivo: El agua es removida del suelo rápidamente. Esta clase de drenaje incluye suelos porosos, de permeabilidad moderadamente rápida y/o escurrimiento rápido, áreas empinadas o ambos. El solum está normalmente libre de moteaduras y gley.
C	Bueno: El agua es removida del suelo con facilidad pero no rápidamente. Incluye generalmente suelos de textura media. Puede haber moteaduras de gley en la parte inferior del horizonte C o a profundidades mayores.
D	Moderado: El agua es removida del suelo algo lentamente, de tal manera que el perfil este mojado por un período pequeño, pero significativo de tiempo. Por ejemplo suelos con napa algo alta, capa ligeramente impermeable del suelo a menudo hay moteaduras de gley en el horizonte B.
E	Imperfecto: El agua es removida lo suficientemente lenta como para mantenerlo mojado por periodos significativos, pero no todo el tiempo. Por ejemplo suelos de napa alta, capa poco permeable superficial. A menudo hay moteaduras de gley en la parte inferior del horizonte A o inmediatamente después de éste.
F	Pobre: el agua es removida del suelo tan lentamente que el suelo permanece mojado por un largo período de tiempo.

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 11

Rangos de pH

Rangos	Clases
Menos de 3,5	Ultra ácido
3,6 - 4,4	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino
Más de 9,0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 12

Clases de salinidad y/o sodicidad (alcalinidad)

Símbolo	Descripción
0	Libres o muy ligeramente afectados de excesos de sales y sodio: Prácticamente ningún cultivo se encuentra inhibido en su crecimiento o muestra daños provocados por exceso de sales o sodio. Los suelos muestran conductividad eléctrica inferior a 4 dS.m ⁻¹ . El porcentaje de sodio es menor del 4 por ciento.
1	Ligeramente afectados por sales y sodio: El crecimiento de las especies sensibles está inhibido, pero las plantas tolerantes pueden subsistir. La conductividad eléctrica varía de 4 a 8 dS.m ⁻¹ . El porcentaje de sodio es de 4 a 8 por ciento.
2	Moderadamente afectados por sales y sodio: El crecimiento de los cultivos está inhibido y muy pocas plantas pueden desarrollar adecuadamente. La conductividad eléctrica varía de 8 a 16 dS.m ⁻¹ . El porcentaje de sodio está entre 8 a 15 por ciento.
3	Fuertemente afectados por sales y sodio: No se puede cultivar económicamente. La conductividad eléctrica es mayor de 16 dS.m ⁻¹ . El porcentaje de sodio sobrepasa el 15 por ciento.

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 13

Clases riesgo de anegamiento y/o inundación fluvial

Símbolo	Descripción
0	Sin riesgo o peligro de inundación: Incluye años de inundación muy excepcionales y por breve duración.
1	Inundación ligera: El anegamiento es de poca profundidad y por periodos cortos en ciertos meses de todos o algunos años. Permite cultivos tanto perennes como estacionales.
2	Inundación moderada: El anegamiento de gran profundidad y por periodos moderadamente prolongados en todos los años. Esto hace muy difícil o imposible el uso del suelo para cultivos perennes, permitiendo sin embargo, el cultivo estacional de algunas plantas en cultivos en limpio o pastos.
3	Inundación severa: El anegamiento es profundo y frecuente, por periodos muy prolongados que no permiten la instalación de ningún cultivo o el cultivo de pastos continuados.
4	Inundación extrema: De duración casi permanente.

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 14

Tipos de clima

CLAVE	ZONA DE VIDA	TIPOS CLIMÁTICOS	GRUPO DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
			A	C	P	F	X
			CALIDAD AGROLÓGICA				
1	d-T, D-S, d-Tc d-PT, d-PS, d-PTc, d-MBT, d-MBS.	Árido-cálido	1(r)	1(r)	-	-	-
2	md-T, md-S, md-Tc, md-PT, md-MBT, md-MBS, md- BTc, mte-T, mte-S, mte-PT.	Árido-templado cálido, Semiárido-templado Cálido	1(r)	1(r)	3(t)	-	-
3	d-MT, d-MS, d-MTc, md-MT, md-MS.	Árido-templado cálido	-	-	3(t)	-	-
4	ee-MBT, ee-MBS.	Semiárido-templado Cálido	2(r)	-	2(t)	-	-
5	e-MT, e-MS.	Semiárido-semifrío	3(r)	-	2(t)	-	-

Nota: En los desiertos se incluye los que están en condición desecado, árido y semiárido

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 15

Clases de fertilidad del suelo

Símbolo	Descripción
1	Fertilidad alta: Todos los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio son altos.
2	Fertilidad media: Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos.
3	Fertilidad baja: Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es bajo.

Fuente: MINAG (2009).

Tabla 16

Parámetros que definen la fertilidad del suelo

NIVEL	MATERIA ORGÁNICA (%)	FÓSFORO DISPONIBLE (ppm)	POTASIO DISPONIBLE (ppm)
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100
Medio	2 – 4	7 – 14	100 – 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240

Fuente: MINAG (2009).

- b.** Agrupamiento de las categorías de tierras de acuerdo a la Capacidad de Uso Mayor

Tabla 17

Categorías de la Clasificación por Capacidad de Uso Mayor

CATEGORÍAS					
GRUPO (Tipo de Tierra)		CLASE (Calidad agrológica)		SUB CLASE (Limitaciones predominantes)	
Denominación	Simb	Nivel	Simb	Factor	Simb
Tierras aptas para cultivos en limpio	A	Alto	A1		
		Medio	A2	Suelo	s
		Bajo	A3	Salés	l
Tierras aptas para cultivos permanentes	C	Alto	C1	Topografía/erosión	e
		Medio	C2	Drenaje	w
		Bajo	C3	Riesgo de inundación	i
Tierras aptas para pastos	P	Alto	P1	Clima	c
		Medio	P2		
		Bajo	P3	Riego permanente	r
Tierras aptas para la producción forestal	F	Alto	F1	Andenería	a
		Medio	F2	Uso temporal	t
		Bajo	F3		
Tierras de protección	X				

Fuente: MINAG (2009).

- c. Elaboración del Mapa de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor del área en estudio teniéndose en cuenta el porcentaje de cada una de las categorías de tierras (ver Apéndice 3).
- d. Elaboración del informe final del trabajo de investigación.

2.1.4.5. Identificación de las variables y su mensuración (Metodología)

Tabla 18

Variables, unidades de medida y métodos de análisis de los parámetros físico-mecánicos y químicos a evaluarse

VARIABLES EN ESTUDIO	UNIDADES DE MEDIDA	MÉTODO
- Pendiente	Porcentaje	Método de la escuadra
- Microrrelieve	Visual	De campo
- Profundidad	Centímetros	De campo
- Textura	Porcentaje	Hidrómetro de Bouyucos
- Pedregosidad	Porcentaje	De campo
- pH	Rangos	Método del Potenciómetro
- Erosión	Tipos de erosión	De campo
- Salinidad	dS.m ⁻¹	Conductímetro
- Inundación	Nivel de riesgo	De campo
- Drenaje	Tipos de drenaje	De campo

Fuente: Elaboración propia.

a. Método de campo

- **Microrrelieve:** Se ha determinado por la observación de las desigualdades de la superficie del terreno o la micro topografía dentro del relieve, es decir, a distancias muy cortas.
- **Profundidad:** Se ha determinado por la medición en centímetros desde la superficie del suelo hacia abajo.
- **Pedregosidad:** Se ha determinado por la presencia física en un metro cuadrado.
- **Erosión:** Se ha determinado por la pérdida de la capa superficial del suelo en función de la pendiente y escorrentía superficial (MINAG, 2009).
- **Inundación:** Por el tipo de relieve y la distancia en que se encuentra el río más próximo (Namuche, 1973).

- Drenaje: Por la escorrentía superficial, la textura, la presencia o ausencia de moteaduras y la profundidad de la napa freática (MINAG, 2009).

La caracterización y descripción de perfiles se hizo de acuerdo al Manual de Descripción y Muestreo de Suelos del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (Field Book for Describing and Sampling soils. Natural Resources Conservation Service. Nebraska, USA), propuesto por Schoeneberger, Whyssocki, Benham y Broderson (1990), (ver Apéndice 4).

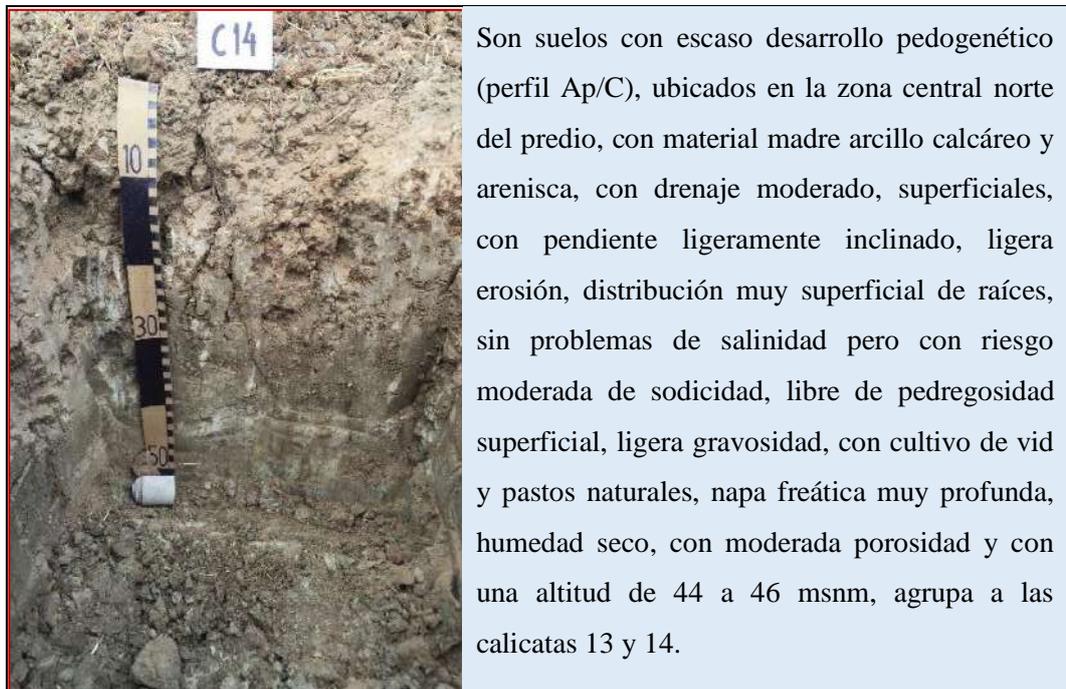
Los parámetros para la determinación de la aptitud de los suelos para la implantación de cultivos en los suelos en estudio, estuvo basado en el Reglamento Nacional de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, Decreto Supremo N° 017-2009-AG (MINAG, 2009), cuyas tablas de evaluación se indican en el Apéndice 5.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL FUNDO “BELLA ESPERANZA”

Al hacer la caracterización de los suelos del fundo “Bella Esperanza” se han encontrado cinco Unidades Edáficas (UE), las mismas que son las siguientes:

3.1.1. UE01: Suelos superficiales de reacción muy ácida



Son suelos con escaso desarrollo pedogenético (perfil Ap/C), ubicados en la zona central norte del predio, con material madre arcillo calcáreo y arenisca, con drenaje moderado, superficiales, con pendiente ligeramente inclinado, ligera erosión, distribución muy superficial de raíces, sin problemas de salinidad pero con riesgo moderada de sodicidad, libre de pedregosidad superficial, ligera gravosidad, con cultivo de vid y pastos naturales, napa freática muy profunda, humedad seco, con moderada porosidad y con una altitud de 44 a 46 msnm, agrupa a las calicatas 13 y 14.

Figura 1: Fotografía del perfil modal y características generales de la UE01.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Descripción del perfil modal (Calicata 14)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0-30	Horizonte mineral de textura franco arcillo arenosa, color marrón rojizo (2.5 YR 4/4), bloques subangulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, fuertemente ácido (pH 5,5), contenido bajo de materia orgánica (6,1 g.kg ⁻¹), bajo o pobres en fósforo (2,7 mg.kg ⁻¹) y medio en potasio (118 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
AC	30-45	Horizonte mineral de textura franco arcillo arenosa, color rojo pálido (2.5 YR 4/2), bloques angulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, neutro (pH 6,9), contenido bajo de materia orgánica (0,6 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (1,5 mg.kg ⁻¹) y bajo en potasio (65 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
C	+ 45	Material madre.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. UE02: Suelos superficiales de reacción básica

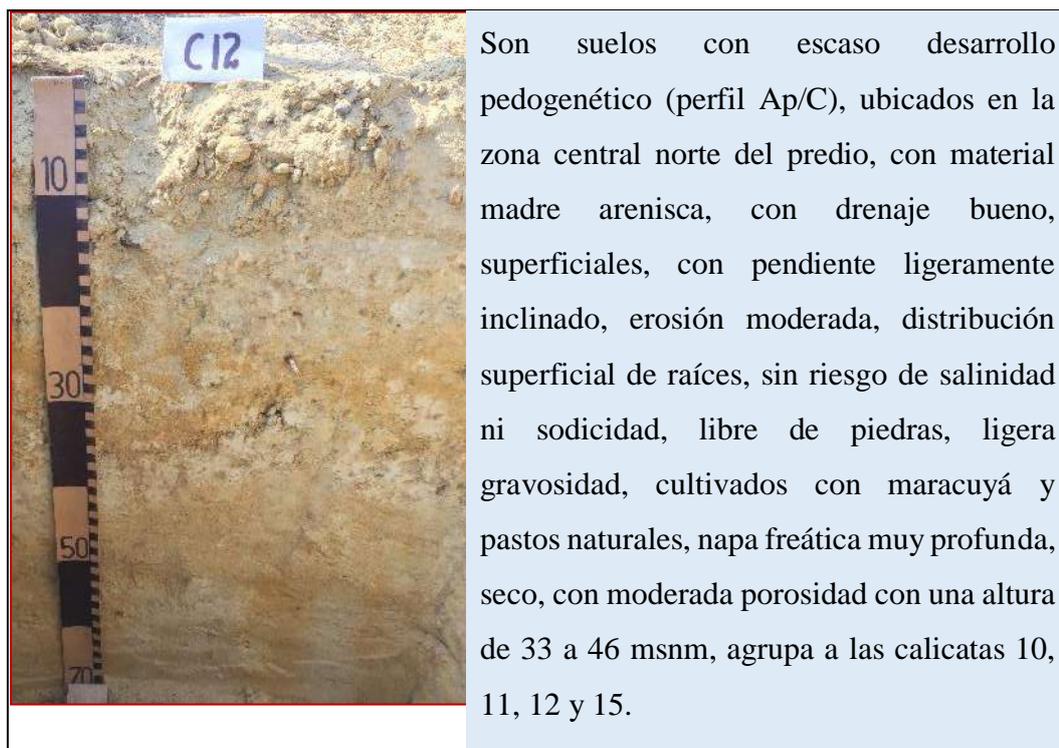


Figura 2: Fotografía del perfil modal y características generales de la UE02.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Descripción del perfil modal (Calicata 12)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0-15	Horizonte mineral de textura franco arcilloso, gris claro (2.5 Y 7/2), estructura granular, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, moderadamente básico (pH 8,2), contenido bajo de materia orgánica (0,4 g.kg ⁻¹), medio en fósforo (8,0 mg.kg ⁻¹) y potasio (103 mg.kg ⁻¹), límite claro.
AC	15-45	Horizonte mineral de textura franco arenoso, amarillo rojizo (10 YR 6/6), bloques subangulares, de consistencia friable en seco, permeabilidad moderada, moderadamente básico (pH 8,0), contenido bajo de materia orgánica (0,4 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (2,3 mg.kg ⁻¹) y bajo en potasio (83 mg.kg ⁻¹), límite claro.
C	+ 45	Material madre.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. UE03: Suelos moderadamente profundos de reacción ácida



Son suelos con escaso desarrollo pedogenético (perfil Ap/C), ubicados en la zona central norte del predio, con material madre arcillo calcáreo y arenisca, con drenaje imperfecto, moderadamente profundo, con pendiente inclinado, severa erosión, distribución superficial de raíces, sin problemas de salinidad pero con ligera sodicidad, libre de pedregosidad y con ligera gravosidad, con cultivo de limonero y pastos naturales, napa freática muy profunda, humedad seco, con baja porosidad con una altura de 32 a 49 msnm, a este grupo pertenecen las calicatas 1, 2, 3 y 4.

Figura 3: Fotografía del perfil modal y características generales de la UE03.

Fuente: Elaboración propia.

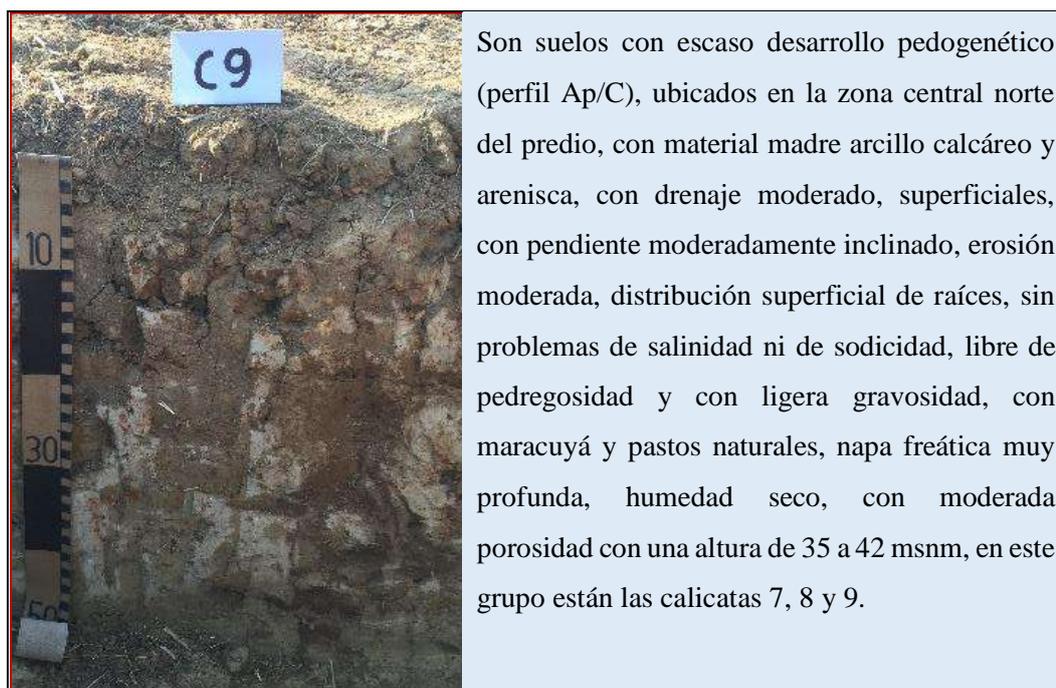
Tabla 21

Descripción del perfil modal (Calicata 4)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0-30	Horizonte mineral de textura arcillosa, color rojo débil (2.5 YR 4/2), bloques angulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad lenta, moderadamente ácido (pH 5,7), contenido bajo de materia orgánica (3,4 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (1,70 mg.kg ⁻¹) y medio en potasio (182 mg.kg ⁻¹), límite abrupto.
AC	30-50	Horizonte mineral de textura arcillosa, color marrón oscuro (10 YR 3/3), bloques angulares, de consistencia friable en húmedo, permeabilidad lenta, ligeramente alcalino (pH 7,5), contenido bajo de materia orgánica (3,1 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (1,8 mg.kg ⁻¹) y medio en potasio (156 mg.kg ⁻¹), límite abrupto.
C	+ 50	Material madre

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. UE04: Suelos superficiales de reacción neutra



Son suelos con escaso desarrollo pedogenético (perfil Ap/C), ubicados en la zona central norte del predio, con material madre arcillo calcáreo y arenisca, con drenaje moderado, superficiales, con pendiente moderadamente inclinado, erosión moderada, distribución superficial de raíces, sin problemas de salinidad ni de sodicidad, libre de pedregosidad y con ligera gravosidad, con maracuyá y pastos naturales, napa freática muy profunda, humedad seco, con moderada porosidad con una altura de 35 a 42 msnm, en este grupo están las calicatas 7, 8 y 9.

Figura 4: Fotografía del perfil modal y características generales de la UE04.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Descripción del perfil modal (Calicata 9)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0-10	Horizonte mineral de textura franco arcillo arenosa, color marrón oscuro (7.5 YR 4/4), bloques angulares, de consistencia muy firme en seco, permeabilidad moderada, neutros (pH 7,3), contenido bajo de materia orgánica (5,3 g.kg ⁻¹), medio en fósforo (10,6 mg.kg ⁻¹) y alto en potasio (271 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
AC	10-42	Horizonte mineral de textura franco arcillo arenosa, color gris parduzco claro (10 YR 6/2), bloques angulares, de consistencia muy firme en seco, permeabilidad moderada, ligeramente alcalino (pH 7,4), contenido bajo de materia orgánica (0,4 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (2,7 mg.kg ⁻¹) y en potasio (98 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
C	+42	Material madre.

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. UE05: Suelos alterados por acción mecánica



Son suelos con escaso desarrollo pedogenético (perfil A/AC/C alterado), ubicados en la zona central norte del predio, con material madre arcillo calcáreo, con drenaje imperfecto, moderadamente profundos por haber sufrido un proceso de nivelamiento, con pendiente ligeramente inclinado, moderada erosión, sin raíces, sin problemas de salinidad ni sodicidad, libre pedregosidad superficial y con ligera gravosidad, sin vegetación natural, napa freática muy profunda, humedad seco, con moderada porosidad y a una altura de 32 msnm.

Figura 5: Fotografía del perfil modal y características generales de la Calicata 5.

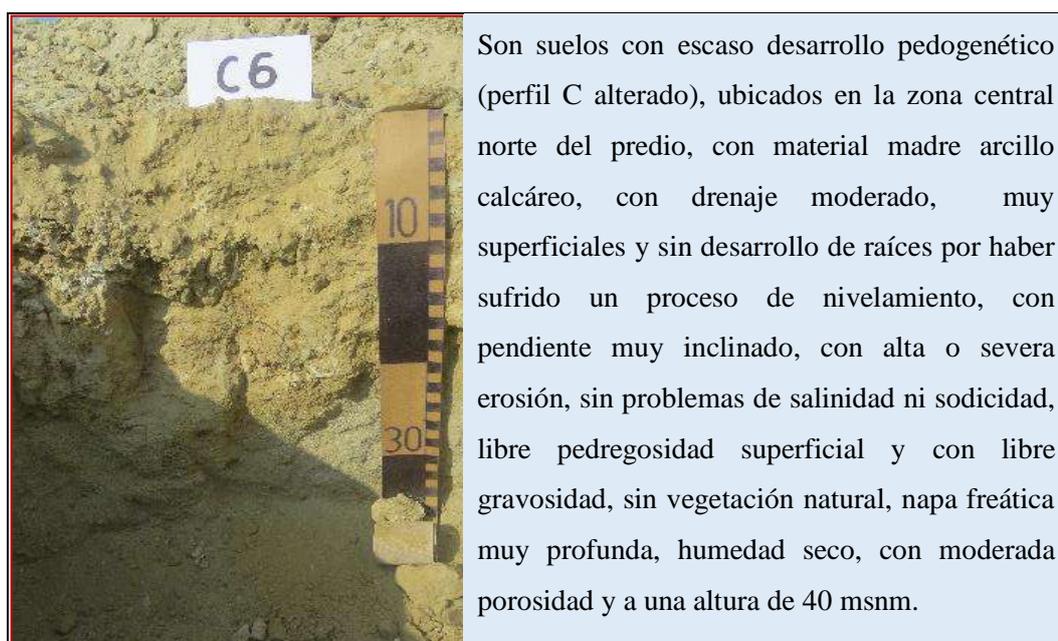
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23

Descripción del perfil modal (Calicata 5)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
A	0-30	Horizonte mineral alterado, de textura franco arcilloso, color gris oscuro (10 YR 4/1), bloques angulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, ligeramente ácido (pH 6,2), contenido bajo de materia orgánica (11,7 g.kg ⁻¹), alto en fósforo (16,6 mg.kg ⁻¹) y también en potasio (229 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
AC	30-50	Horizonte de textura franco arcilloso arenoso, color marrón grisáceo oscuro (10 YR 4/2), bloques angulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, neutro (pH 7,0), contenido bajo de materia orgánica (4,3 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (3,4 mg.kg ⁻¹) y medio en potasio (136 mg.kg ⁻¹), límite difuso.
C	+ 50	Material madre

Fuente: Elaboración propia.



Son suelos con escaso desarrollo pedogenético (perfil C alterado), ubicados en la zona central norte del predio, con material madre arcillo calcáreo, con drenaje moderado, muy superficiales y sin desarrollo de raíces por haber sufrido un proceso de nivelamiento, con pendiente muy inclinado, con alta o severa erosión, sin problemas de salinidad ni sodicidad, libre pedregosidad superficial y con libre gravosidad, sin vegetación natural, napa freática muy profunda, humedad seco, con moderada porosidad y a una altura de 40 msnm.

Figura 6: Fotografía del perfil modal y características generales de la Calicata 6.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Descripción del perfil modal (Calicata 6)

Horizonte	Profundidad (cm)	Características
C	0-20	Horizonte mineral truncado, de textura franca, color gris claro (2.5 YR 7/2), bloques angulares, de consistencia firme en seco, permeabilidad moderada, fuertemente básico (pH 8.6), contenido bajo de materia orgánica (1,1 g.kg ⁻¹), bajo en fósforo (1,1 mg.kg ⁻¹) y medio en potasio, (116 mg.kg ⁻¹), límite abrupto.

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, todos los suelos en estudio son superficiales con una napa freática profunda, aunque Namuche (1973), encontró al hacer un estudio en los suelos de Zarumilla, que la napa freática esta entre uno a doce metros de profundidad lo cual concuerda con lo que se ha encontrado en el presente estudio, pero también indica que el agua subterránea encontrada a menor altura tiene problemas de sodicidad mientras que el agua más profunda es libre de bicarbonatos cálcicos y/o sódicos.

Por otro lado, la mayoría de los suelos tienen una textura media con contenidos de arcilla entre 30 a 40 por ciento, lo cual indica que la CIC alta favorecerá la retención de cationes especialmente Ca, Mg y K; tal como señala Quispe (1996).

Con respecto a la salinidad los niveles encontrados no significan ningún problema con respecto a esta característica, aunque Puño (1987), al hacer un estudio de los suelos de Tumbes encontró que la salinidad de estos suelos varía de 0,3 hasta 28 ds.m⁻¹, agregando que los suelos de la costa están afectados en mayor o menor grado por la salinización.

En cuanto a la sodicidad los niveles encontrados están por debajo del 15 por ciento de Na⁺ lo cual indica que en momento del muestreo los suelos no tienen serios problemas de sodicidad, pero si los planes posteriores de manejo son deficientes

y se produce un aumento de la concentración de sodio podrían causar serios problemas de acuerdo a lo que señala Fuentes (1999) quien reporta que la materia orgánica y la estructura del suelo son seriamente alterados taponando el espacio poroso del suelo y dificultando la libre circulación del aire y del agua e impidiendo el desarrollo normal de las raíces.

3.2. EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR

La Clasificación por Capacidad de Uso Mayor (CUM) fue realizada en base a cada Unidad Edáfica (UE) determinadas mediante la caracterización de los perfiles de suelos y la utilización de la Clave 2 del Reglamento de Clasificación de Tierras (MINAG, 2009), de acuerdo a la zona de vida en que se encuentra el fundo “Bella Esperanza” (mte-T: Monte espinoso tropical).

La Clave 2 considera que dentro la zona de vida de monte espinoso tropical solo puede existir los grupos de capacidad A (suelos agrícolas para cultivos en limpio), C (suelos aptos para cultivos permanentes), P (suelos aptos para pasturas), con sus respectivas clases y subclases y X (suelos de protección y para vida silvestre).

Para la determinación de los grupos, clases y subclases de capacidad de uso mayor se ha tenido en cuenta la normativa vigente, cuya simbología se muestra a continuación (ver Figura 7).

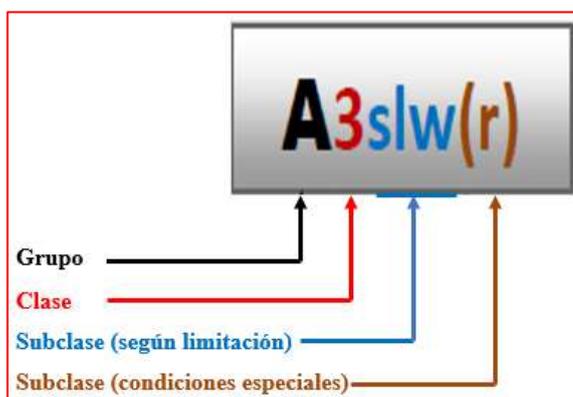


Figura 7: Interpretación de las categorías y sus limitantes.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Grupos de Capacidad de Uso Mayor

3.2.1.1. Grupo I de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3slf(r), C3slf(r), P3slf(3t)

Tabla 25

Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3slf(r), C3slf(r), P3slf(3t)

Calicata	Horiz.	Clases de Pendiente	Microrrelieve o Microtopografía	Profundidad Efectiva	Clase Textural	Gravosidad	Clases de Drenaje
14	Ap AC C	6% (Ligeramente Inclinado)	Plano	Superficial	Moderadamente Fina	< 5 %	Moderado
		A C P (2) (1) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P (3) (2) (2)	A C P (2) (2) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P (2) (2) (1)

(Continuación)

Calicata	Horiz.	Reacción del Suelo (pH)	Erosión Hídrica	Salinidad y/o Sodicidad	Clases de Anegamiento	Tipo Climático	Fertilidad del Suelo
14	Ap AC C	5,5 (fuertemente ácido)	Ligera	1,10/ 11,04 (Moderada)	Sin riesgo	mte-T (Semi árido) Templando cálido	Baja MO: 6,1 g.kg ⁻¹ P: 2,7 mg.kg ⁻¹ K: 118 mg.kg ⁻¹
		A C P (3) (3) (2)	A C P (1) (1) (1)	A C P (3) (3) (3)	A C P (1) (1) (1)	A C P 1(r) 1(r) 3(t)	A C P (3) (3) (2)

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 25 de acuerdo a la capacidad de uso mayor son clasificadas estas tierras agrícolas [**A3slf(r)**], con baja calidad agrológica por tener limitaciones severas debidas principalmente al factor suelo (superficiales con una profundidad efectiva entre 30 a 45 cm) y un pH fuertemente ácido, factor que no permitirá un desarrollo normal de las especies susceptibles a la acidez provocando excesos de algunos elementos menores y una probable fijación del fósforo. Este grupo de suelos tiene una ligera salinidad pero una alcalinidad (sodicidad) considerada como moderada con un porcentaje de sodio intercambiable (Na⁺) cerca al 15 por ciento que de llegar a este nivel producirá la alteración de la estructura del suelo y una acelerada descomposición de la escasa materia orgánica que tienen estos suelos, afectando el desarrollo normal de las plantas y como consecuencia un bajo rendimiento de las

especies que se pueden implantar en esta clase de suelos (Fuentes, 1999). La fertilidad es baja como consecuencia de un contenido bajo de materia orgánica y fósforo disponible aunque con contenido medio de potasio disponible. Además, estos suelos requieren de agua de riego, especialmente en el periodo de sequía que en la zona es bastante prologado.

Del mismo modo estos suelos son aptos para cultivos permanentes [**C3slf(r)**] especialmente frutales, con las mismas limitaciones de la clase anterior. Al riesgo del pH que es fuertemente ácido, se suma la escasa profundidad efectiva y el factor sodicidad que se encuentra en valores que impiden el desarrollo normal de especies susceptibles y que de aumentar esta implicaría la destrucción de la estructura y de la materia orgánica del suelo, disminuyéndose así el espacio poroso y afectando la libre circulación del aire y del agua e impidiendo el desarrollo normal de las raíces, limitando así la elección de un rango más amplio de cultivos y en casos extremos los suelos perderían su capacidad de soportar el desarrollo normal de las plantas. Por otro lado, al tener bajo nivel de disponibilidad de fósforo y un pH fuertemente ácido se producirá la fijación del fósforo; además, al existir una alta solubilidad del Al, Fe y Mn podrían alcanzar niveles tóxicos para los vegetales (Schoeneberger et al., 1990; Fuentes, 1999).

Estos suelos tienen una baja calidad agrológica para el cultivo de pastos [**P3slf(3t)**] debiéndose por lo tanto, tener en cuenta la escasa profundidad efectiva, el pH fuertemente ácido y la sodicidad aparentemente moderada que no permitiría el desarrollo normal de las plantas sensibles a la sodicidad, factores que podrían afectar seriamente a los pastos cultivados, reduciendo como consecuencia la posibilidad de elegir un amplio rango de especies a cultivarse, requiriendo también un manejo eficiente del agua que es escaso en el periodo seco y excesivo en la época de mayor precipitación pluvial.

Es necesario hacer énfasis que las tres clases de Capacidad de Uso Mayor de este grupo de suelos A, C y P están consideradas como de baja aptitud agrícola (3) debido a que además de la escasa profundidad (s) y moderada alcalinidad (l), se suma la baja fertilidad de los suelos (f), limitaciones que pueden ser superadas en un corto tiempo mediante la aplicación de enmiendas orgánicas y un plan de fertilización, sin dejar de lado las condiciones físicas y químicas de los suelos y las necesidades de los cultivos a implantarse. El problema de la fertilidad en los suelos de la clase P (pasturas) es menor. Además, la posibilidad de que el suelo pueda mantener un exceso de humedad, especialmente en la época lluviosa y una deficiencia en el periodo de sequía, puede ser superada mediante un buen manejo del agua de riego que necesariamente tiene que implementarse en la zona en estudio. Los suelos de estas clases ocupan un área de 2,68 hectáreas, representando el 11,10 por ciento de las tierras estudiadas del fundo “Bella Esperanza”.

3.2.1.2. Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sf(r), C2sf(r), P2sf(3t)

Tabla 26

Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3sf(r), C2sf(r), P2sf(3t)

Calicata	Horiz.	Clases de Pendiente	Microrrelieve o Microtopografía	Profundidad Efectiva	Clase Textural	Gravosidad	Clases de Drenaje
12	Ap AC C	8% Ligeramente inclinado	Ondulado suave	Superficial	Moderadamente Fina	< 10 %	Bueno
		A C P (2) (1) (1)	A C P (2) (2) (2)	A C P (3) (2) (2)	A C P (2) (2) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P (1) (1) (1)

(Continuación)

Calicata	Horiz.	Reacción del Suelo (pH)	Erosión Hídrica	Salinidad y/o Sodicidad	Clases de Anegamiento	Tipos Climático	Fertilidad del Suelo
12	Ap AC C	8,2 (Moderadamente Básico)	moderada	0,33/1,19 Libre	Sin riesgo	mte-T (Semiárido Templando cálido)	Baja MO: 0,4 g.kg ⁻¹ P: 8,0 mg.kg ⁻¹ K: 103 mg.kg ⁻¹
		A C P (3) (3) (2)	A C P (2) (2) (2)	A C P (1) (1) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P 1(r) 1(r) 3(t)	A C P (3) (3) (2)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 26, las tierras del Grupo II son agrícolas con baja calidad agrológica [**A3sf(r)**] por tener limitaciones por el factor suelo (s) ya que son superficiales con una profundidad efectiva entre 15 a 45 cm, con pH moderadamente básico que podrían estar afectando a las raíces del cultivo como es el caso del maracuyá, que se está desarrollando en estos suelos. Además de la moderada erosión que se incrementará en la época lluviosa.

Por otro lado, estas tierras son mejores para los cultivos permanentes [**C2sf(r)**] con una aptitud agrológica media pero siempre habrá que tener cuidado con respecto a las limitaciones por la escasa profundidad y el pH que está sobre 8, a lo que se suma el factor de moderada erosión en épocas de lluvia y el factor fertilidad por el bajo contenido de materia orgánica, medio de fósforo y potasio disponible, respectivamente. Estos suelos requieren de agua de riego, especialmente en el periodo de sequía.

Asimismo, este grupo de tierras son mejores para la implementación de pasturas [**P2sf(3t)**] pero también debe tenerse en cuenta la escasa profundidad efectiva y el pH fuertemente básico que no permitiría el desarrollo normal de las plantas sensibles al pH produciendo además la inminente fijación de fósforo, factores que podrían afectar seriamente a los pastos cultivados, reduciendo como consecuencia la posibilidad de elegir un amplio rango de especies a cultivarse.

El problema de la baja fertilidad natural presente en estos suelos tanto de las clases de capacidad de uso mayor A, C y P, puede ser corregida satisfactoriamente mediante la aplicación de un plan de abonamiento y fertilización. Estas tierras también requieren de la implementación de un plan de disponibilidad de agua para riego y el trazado técnico de canales de distribución del agua. Este grupo de suelos ocupa un área de 6,17 hectáreas, representando el 25,56 por ciento de las tierras estudiadas del fundo “Bella Esperanza”.

3.2.1.3. Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sewf(r), C3sewf(r), P2sewf(3t)

Tabla 27

Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la Clases A3sewf(r), C3sewf(r), P2sewf(3t)

Calicata	Horiz.	Clases de Pendiente	Microrrelieve o Microtopografía	Profundidad Efectiva	Clase Textural	Gravosidad	Clases de Drenaje
04	Ap	15%	Ondulado	Moderadamente	Fina	< 5 %	Imperfecto
	AC	Inclinado	suave	Profundo			
	C						
		A C P (3) (3) (2)	A C P (2) (2) (2)	A C P (2) (1) (1)	A C P (3) (3) (3)	A C P (1) (1) (1)	A C P (3) (3) (2)

(Continuación)

Calicata	Horiz.	Reacción del Suelo (pH)	Erosión Hídrica	Salinidad y/o Sodicidad	Clases de Anegamiento	Tipos Climático	Fertilidad del Suelo
04	Ap	5,7	Severa	0,83/4,73	Sin riesgo	mte-T	Baja
	AC	(Moderada		(Ligera)		(Semiárido	MO: 3,4 g.kg ⁻¹
	C	mente ácido)				Templando	P: 1,7 mg.kg ⁻¹
		A C P (2) (2) (2)	A C P (2) (2) (2)	A C P (3) (2) (2)	A C P (1) (1) (1)	A C P 1(r) 1(r) 3(t)	A C P (3) (3) (2)

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 27, estas tierras son de la clase agrícola [A3sewf(r)], con limitaciones por la pendiente inclinada con microrrelieve ondulado suave y textura fina que afectará la circulación del agua y aire, además con drenaje imperfecto y sujeta a una severa erosión en épocas de lluvia, limitaciones que no permitirán el uso agrícola de estos suelos, salvo que se programara un plan de terráceo, el mismo que es casi imposible debido a la escasa capa superficial. Además, en estos suelos se hace necesaria de un plan de medidas agronómicas para evitar la erosión acelerada y el drenaje imperfecto sobre todo en el periodo lluvioso por la textura fina, limitaciones que no permitirán un desarrollo normal de las raíces y la retención de la suficiente cantidad de agua, impidiendo un desarrollo normal de las plantas y un buen rendimiento de las especies de cultivos que se pueden implantar en esta clase de suelos. En los periodos de

sequías requieren de agua de riego. Además, estos suelos que sin tener problemas de salinidad están sujetos a un pH moderadamente ácido y de aumentar la alcalinidad (sodicidad) afectaría la a la estructura del suelo, así como produciría la desintegración de la escasa materia orgánica presente estos suelos.

Estas tierras tienen baja aptitud para el desarrollo de cultivos permanentes [C3sewf(r)] debido a las limitaciones por la escasa profundidad, la pendiente, la microtopografía ondulada y la posible acumulación excesiva de humedad en las épocas lluviosas por la textura fina y el drenaje imperfecto, limitantes que favorecerían una erosión severa causando la pérdida constante de la capa arable (Ap). Los cultivos que se implanten en los suelos de este grupo de capacidad de uso mayor necesariamente deben ser protegidos con medidas agronómicas para el control de la erosión, mediante la siembra de frutales en curvas a nivel o en el mejor de los casos aplicar la técnica del terráceo individual.

Entre tanto, la clase [P2sewf(3t)] es aparentemente mejor para la implementación de pasturas teniéndose en cuenta la pendiente pronunciada, escasa profundidad efectiva, el drenaje imperfecto, la excesiva retención de la humedad por la textura fina así como el microrrelieve ondulado, la sodicidad ligeramente elevada y el pH de 5,7 que estarían disminuyendo la elección de un rango más amplio de pastos cultivados, estos factores que podrían afectar seriamente a los pastos cultivados si es que no se aplican medidas agronómicas para controlar la erosión, sugiriéndose, aparte de un buen manejo, hacer el uso de la técnica de cultivos en fajas, donde los riegos deben aplicarse con sumo cuidado a fin de no provocar la remoción de la capa arable y así evitar que los suelos pierdan su capacidad productiva. Otra alternativa importante sería la implantación de barreras vivas, entre fajas y fajas.

La fertilidad deficiente en todas las clases de suelos de este grupo que tiene un contenido bajo de materia orgánica y fósforo disponible, aunque el contenido de potasio disponible es medio, puede ser superada mediante

la adición de cantidades suficientes de materia orgánica y la aplicación de un plan de fertilización de acuerdo a las condiciones físicas y químicas de estos suelos, basados en los resultados del análisis de los suelos. Este grupo de suelos ocupa un área de 5,02 hectáreas, representando el 20,80 por ciento de las tierras estudiadas del fundo “Bella Esperanza”.

3.2.1.4. Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: Clases A3sef(r), C2sef(r), P2sef(3t)

Tabla 28

Evaluación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de las Clases A3sef(r), C2sef(r), P2sef(3t)

Calicata	Horiz.	Clases de Pendiente	Microrrelieve o Microtopografía	Profundidad Efectiva	Clase Textural	Gravosidad	Clases de Drenaje
09	Ap	9 %	Ondulado	Superficial	Moderadamente	< 5 %	Moderado
	AC	Moderadamente	suave		Fina		
	C	Inclinado					
		A C P (3) (2) (2)	A C P (2) (2) (2)	A C P (3) (2) (2)	A C P (2) (2) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P (2) (2) (1)

(Continuación)

Calicata	Horiz.	Reacción del Suelo (pH)	Erosión Hídrica	Salinidad y/o Sodicidad	Clases de Anegamiento	Tipos Climático	Fertilidad del Suelo
09	Ap	7,3	Moderada	0,57/ 2,38	Sin riesgo	mte-T (Semiárido Templando cálido)	Pobre MO: 5,3 g.kg ⁻¹ P: 10,6 mg.kg ⁻¹ K: 271 mg.kg ⁻¹
	AC	(Neutro)					
	C						
		A C P (1) (1) (1)	A C P (2) (2) (2)	A C P (1) (1) (1)	A C P (1) (1) (1)	A C P 1(r) 1(r) 3(t)	A C P (3) (3) (2)

Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con la Tabla 28, estas tierras pueden ser utilizadas como tierras agrícolas [A3sef(r)] con una baja calidad agrológica por tener limitaciones por el factor suelo debido a una profundidad efectiva superficial y al factor pendiente que es moderadamente inclinado permitiendo la erosión moderada en estos suelos.

Por otro lado, estas tierras pueden permitir el desarrollo de cultivos permanentes [C2sef(r)] por tener una aptitud agrológica media con

limitaciones por la escasa profundidad y pendiente moderadamente inclinada, una moderada erosión lo cual limitará la elección de un más amplio rango de cultivos con alto valor económico, como son el cultivo de frutales que podrían implementarse en estos suelos.

Asimismo, esta clase de tierras son mejores para la implementación de pasturas [P2sef(3t)] pero también debe tenerse en cuenta la escasa profundidad efectiva de estos suelos y la pendiente moderadamente inclinada factores que podrían afectar seriamente a los pastos cultivados, incidiendo en su rendimiento y calidad.

Los suelos tanto de las clases A3sef(r), C2sef(r) y P2sef(3t), por tener una fertilidad baja por el contenido bajo de materia orgánica, medio de fósforo disponible aunque el contenido de potasio disponible es alto, son considerados de baja aptitud agrológica pero esta deficiencia no es determinante ya que la baja fertilidad puede ser mejorada mediante la aplicación de niveles adecuados de materia orgánica y de un plan de fertilización de acuerdo a las condiciones físicas y químicas de estos suelos, basados en los resultados del análisis de los suelos y en las necesidades de las especies a cultivarse. Este grupo de suelos ocupa un área de 6,54 hectáreas, representando el 27,09 por ciento de las tierras estudiadas del fundo “Bella Esperanza”.

3.2.1.5. Grupo V de Capacidad de Uso Mayor: X (Tierras de protección)

Los suelos de la Calicata 6 por haber sido alterados debido al nivelamiento ejecutado recientemente, haciendo que prácticamente pierda todo el horizonte A y solo sea evaluado el remanente horizonte C, y los suelos de la calicata 5 que ha recibido el material removido de los suelos de la calicata 6 produciendo el enterrado del perfil son considerados dentro de la clase **X (Tierras de protección)**, por lo tanto no es posible considerar a estos suelos para el uso agrícola (A), ni para cultivos permanentes (C) o para el cultivo de pastos (P), por presentar perfiles alterados y que requieren de un periodo de tiempo suficiente para

estabilizarse. Por lo tanto, esta clase de suelos solo estará destinado a la vida silvestre y recreación por ser tierras de protección (X), al menos por un periodo suficiente hasta que logren un desarrollo del perfil de acuerdo a las condiciones predominantes de la zona como lo son los factores edáficos, topográficos y climáticos, especialmente.

Sin embargo, a manera de mejoramiento y recuperación de estos suelos, la siembra de pastos podría acelerar la recomposición debido a que la cobertura del suelo tiene una acción protectora por la absorción del impacto directo de la gota de lluvia, preservando y mejorando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma (Adams, 1966). Además, para Lal (1995) luego de la emergencia de los pastos, ocurre una efectiva protección del suelo y hay una considerable reducción de la pérdida de suelo teniendo en cuenta que estos suelos solo necesitan estabilizarse o que logren un desarrollo del perfil. Por ello, podría encajar adecuadamente el cultivo de la maralfalfa que es un pasto de la hibridación del *Pennisetum americanum* L. con el *P. purpureum* Schum (Correa, Ceron, Arroyave, Henao y López (2004) u otra especie adaptada a la zona que soporte las condiciones actuales de estas tierras, sin esperar un retorno económico.

Por otro lado, se debe de considerar que los cultivos en desarrollo no reducen la erosión tan eficientemente como lo hacen sus residuos de cosecha mantenidos en contacto directo con la superficie del suelo, la utilización de los residuos de cosecha como cobertura del suelo es la manera más eficiente, simple y económica del control de la erosión, sumando que ayuda para el mantenimiento o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Costa et al., 1992). Esta clase de suelos ocupa un área de 3,73 hectáreas, representando el 15,45 por ciento de las tierras estudiadas del fundo “Bella Esperanza”.

3.3. CULTIVOS ADAPTABLES A LA ZONA EN ESTUDIO

En estas tierras, teniéndose en cuenta la importancia económica de la región y los factores limitantes señalados en el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (MINAG, 2009), no es factible desarrollar cultivos alimenticios de corto periodo vegetativo pero si son de mejor aptitud para cultivos permanentes como frutales y sin dejar de lado las implicancias que significan las deficiencias que tienen estos suelos. En consecuencia, pueden soportar el desarrollo de los siguientes cultivos: Limonero, palto, vid, maracuyá y pastos permanentes (alfalfa y maralfalfa).

3.3.1. Cultivo del palto

En los suelos del Grupo I de Capacidad de uso Mayor: **[C3sfl(r)]**, el problema para el cultivo del palto es la escasa profundidad efectiva, ya que según Garbanzo (2011) la profundidad no debe ser menor de 1,50 m, aunque contrariamente Gardiazabal (2004) reporta que el palto podría desarrollarse con algunas restricciones en profundidades de 40 cm. Otro inconveniente es el pH que es fuertemente ácido ya que según la Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios [SFA] (2011) el palto se desarrolla adecuadamente a pH que oscilan entre 5,6 a 7,0. Otro factor limitante que se debe tener en cuenta es la salinidad que según Ruiz et al. (2013) no debe exceder de $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, estos suelos tienen una sodicidad o alcalinidad que sobrepasa el 10 por ciento de Na^+ , lo cual implicaría, sobre todo si se acerca al 15 por ciento, la destrucción de la estructura del suelo y la desintegración violenta de la materia orgánica, afectando seriamente la libre circulación tanto del aire como del agua en el suelo, afectando del mismo modo el normal desarrollo de las raíces de las plantas

En los suelos del Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sf(r)]**, la profundidad efectiva del suelo es una limitación importante. Estos suelos también tienen una baja fertilidad natural y requieren de agua de irrigación, a lo que se suma el pH que es moderadamente básico con valores por encima de 8.

Los suelos del Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: **[C3sewf(r)]**, además de tener limitaciones por ser suelos superficiales, aunque el pH moderadamente ácido es aparente para el cultivo del palto (5,7), se suma negativamente la textura que es arcillosa con un drenaje imperfecto y la pendiente que supera el 14 por ciento lo cual permite un alto riesgo de erosión en la época lluviosa, debiéndose tener en cuenta la indicación de SFA (2011) que señala que el palto requiere de suelos de textura ligera, bien drenados y con pH que oscile entre 5,6 a 7,0. Estos suelos no tienen problemas de salinidad aunque la sodicidad está ligeramente sobre el 4 por ciento de Na^+ y también un microrrelieve ondulado suave aunque Ruiz et al. (2013) dice que es preferible realizar las plantaciones de palto en terrenos ligeramente ondulados que permitan una buena ventilación. Estos suelos también tienen una baja fertilidad natural y requieren de agua de irrigación.

Los suelos del Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sef(r)]**, además de tener limitaciones por ser suelos superficiales, se suma negativamente la pendiente moderadamente inclinada con riesgo erosión en la época lluviosa. Estos suelos no tienen problemas de salinidad ni sodicidad (Na^+) pero tienen una baja fertilidad natural y requieren de agua de irrigación.

La baja fertilidad de estos cuatro grupos de suelos puede ser superada mediante la aplicación de enmienda orgánicas y de un eficiente plan de fertilización, tal como recomienda Ataucusi (2015) una fertilización con una fórmula 150-100-120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de NPK además de las cantidades suficientes de Ca, Mg y S, a lo que se debe agregar lo recomendado por Ruiz et al. (2013), quién sugiere que para obtener una tonelada de frutos cosechados la absorción de nutrientes es en una relación de 11 kg de N; 2 kg de P; 20 kg de K; 0,2 kg de Ca; 0,8 kg de Mg y 0,8 kg de S, por tonelada de producto obtenido, pero sin dejar de lado los resultados del análisis del suelo. Las deficiencias de agua en los meses de sequía pueden ser amenguadas mediante la implementación de un eficiente sistema de riego, según SFA (2011) este cultivo requiere de 1 000 a 2 000 mm de precipitación.

3.3.2. Cultivo del limonero

En los suelos del Grupo I de Capacidad de Uso Mayor: **[C3slf(r)]**, la escasa profundidad, la sodicidad moderada, el pH fuertemente ácido, la baja fertilidad natural y la escasez de agua serán los factores que limitarán un rendimiento económico del limonero, por lo que este cultivo requiere de una profundidad efectiva de 90 cm en promedio, en general, el 60 por ciento de las raíces se encuentra en los primeros 0,5 m y el pH requerido varía de 5,6 a 6,8 (Monte & Palenque, 2006). Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (1994) el rango de pH va de 6,0 a 8,3, con un óptimo de 7.0 pero la salinidad/sodicidad aparentemente altas, muy especialmente la sodicidad o alcalinidad, pueden representar un peligro latente, sobre todo si la concentración del sodio intercambiable siga en aumento y sobrepase el 15 por ciento.

En los suelos de Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sf(r)]**, las principales limitaciones están dadas por la escasa profundidad, el pH moderadamente básico por lo que está por encima de 8 y el rango de pH va de 6,0 a 8,3, con un óptimo de 7,0 (FAO, 1994) y también los suelos de este grupo tienen una fertilidad natural muy baja y además requieren de un sistema adicional de riego.

Las principales limitantes de los suelos del Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: **[C3sewf(r)]**, son la escasa profundidad efectiva, la textura muy fina (arcillosa) ya que, de acuerdo con Monte y Palanque (2006) el limonero se desarrolla mejor en suelos sueltos. Asimismo el drenaje imperfecto será otra limitación debido a que el limonero requiere suelos bien drenados (Benacchio, 1982). También se tiene un ligero riesgo producido por la sodicidad (>4 por ciento de Na⁺), microrrelieve ondulado y la pendiente pronunciada superior al 14 por ciento que ocasionará erosión en épocas de lluvia, también por un pH moderadamente ácido y la fertilidad muy pobre que es una de las características resaltantes de todos los suelos del fundo “Bella Esperanza”. Estos suelos también requieren de suficiente cantidad de agua que debe ser aportada mediante la irrigación.

En los suelos del Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: [C2sef(r)], tienen limitaciones por a la pendiente moderadamente inclinada, la escasa profundidad, el moderado riesgo de erosión a que están sujetos en periodo de lluvia y a la baja fertilidad natural que es característica general de todos los suelos del fundo “Bella Esperanza”. Estos suelos también requieren riegos adicionales, especialmente en el periodo seco o de ausencia de lluvias.

En general, en estos suelos se hace necesaria la incorporación de enmiendas orgánicas y de una exigente fertilización con una fórmula de 250 - 60 - 120 kg.ha⁻¹ de NPK tal como recomienda Ruiz et al. (2013). También este cultivo requiere de 900 a 1 200 mm de precipitación (Vega & Narrea, 2011) y la precipitación de la zona en estudio apenas bordea los 450 mm, se hace necesaria la implementación de un sistema de riego técnicamente manejado.

3.3.3. Cultivo de maracuyá

El cultivo del maracuyá es posible en la zona en estudio, pero se debe tener en cuenta las limitaciones que tiene el fundo con respecto a las necesidades edafoclimáticas e hídricas que requiere.

En los suelos del Grupo I de Capacidad de Uso Mayor: [C3slf(r)], las limitaciones están dadas por la escasa profundidad ya que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2000) este cultivo requiere de suelos con profundidades que oscilen entre 50 a 150 cm, el pH fuertemente ácido. Según la FAO el valor apto del pH para el desarrollo del cultivo oscila entre 6 y 8, presentando valores extremos de 5,5 y 8,5. La alta sodicidad puede representar serios problemas si es que sobrepasa el valor de 15 por ciento en la concentración de sodio intercambiable (Na⁺), ya que actualmente el de sodio sobrepasa al 10 por ciento de concentración; Hanson, Grattan y Fulton (2006) agrega que presenta baja tolerancia a la salinidad (<4 dS.m⁻¹); por lo que más bien se considera un cultivo sensible a la presencia de sales. Por la baja fertilidad que hace evidente tener en cuenta la aplicación de fertilizantes y por la falta de

suficiente humedad en el periodo seco del año ya que según García (2002) este cultivo requiere de 900 a 1200 mm de precipitación. No existiendo problema alguno en relación a la pendiente, textura ni salinidad.

En los suelos de Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sf(r)]**, las principales limitaciones se deben a la escasa profundidad y al pH que es moderadamente básico, lo cual podría tener un efecto negativo al disminuir la disponibilidad del fósforo del suelo por las altas concentraciones de calcio produciendo además la deficiencia de los elementos menores. Aunque según la FAO (2000), se desarrolla bien en suelos con profundidades de 50 – 150 cm, pudiéndose desarrollar en suelos someros con profundidades de 20 – 50 cm. Al igual que los suelos de los otros grupos, también tienen limitaciones por la baja fertilidad natural y a escasez de agua en el periodo seco.

Las principales limitantes de los suelos del Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: **[C3sewf(r)]**, son el microrrelieve ondulado, el drenaje imperfecto que producirá la acumulación excesiva de agua en el periodo de lluvias debido a que los suelos de este grupo tienen una textura arcillosa. Asimismo la pendiente es pronunciada por encima del 14 por ciento lo cual traerá consecuentemente problemas de erosión y además de la ligera limitación por la sodicidad que es superior a 4 por ciento de sodio intercambiable y la moderada acidez. Para Castro, Paredes y Muñoz (2009) en casos extremos se debe sembrar en terrenos con ligera pendiente (10 por ciento) previa adecuación de estos. Los mejores suelos para este cultivo son los francos arenosos, con buena capacidad de retención de humedad y buen drenaje. Tienen limitaciones por la baja fertilidad y por la escasez de agua en el periodo de sequía.

En los suelos del Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sef(r)]**, las limitaciones se deben también a la pendiente y que es causa de una inminente erosión especialmente en el periodo de lluvia, a lo que suma la profundidad efectiva y que según la FAO (2000) esta característica debe estar entre 50 a 150 cm. Estos suelos también tienen limitaciones por la falta de humedad en el periodo seco.

Por otro lado, las deficiencias debidas a la baja fertilidad de los suelos pueden ser amenguadas mediante una buena fertilización considerándose la fórmula sugerida por Castro et al. (2009) quién recomienda la aplicación de 160-15-140 kg.ha⁻¹ de NPK más 115 kg de Ca, 10 kg de Mg, 20 kg de S, 230 g de boro, 150 g de Cu, 600 g de hierro, 220 g de Mn y 200 g de Zn, sin dejar de lado la importancia de realizar una enmienda orgánica en concordancia con los resultados del análisis de suelos. Para obtener un producto de buena calidad se debe tener en cuenta que la humedad ambiental y disponibilidad de agua en el suelo es de suma importancia por lo que el riego suplementario y oportuno durante el desarrollo del cultivo debe tenerse en cuenta (Amaya, 2009).

3.3.4. Cultivo de vid

En los suelos del Grupo I de Capacidad de Uso Mayor: [C3s1f(r)], la profundidad superficial es una de las limitaciones más importantes para el cultivo de la vid, ya que esta especie requiere de suelos muy profundos de acuerdo a lo que señala Benacchio (1982), a lo que suma un pH fuertemente ácido y una sodicidad que está por encima de los 10 por ciento de sodio intercambiable (Na⁺) no hay problema de salinidad pero se debe de tener en cuenta la disminución del rendimiento en función de diversos niveles de conductividad eléctrica del suelo que son la siguiente: 0 por ciento para 1,5 dS.m⁻¹; 10 por ciento para 2,5 dS.m⁻¹; 25 por ciento para 4,1 dS.m⁻¹ (Ayers & Westcot, 1985); y la deficiente fertilidad natural. La FAO (1994) señala que el pH debe de estar en un rango de 5,5 a 7,0, pero se desarrolla en un pH óptimo alrededor de 6,5 y por otro lado, la escasez de agua durante el periodo de sequía que es bastante prolongado en la zona en estudio, aumentaría el riesgo de falta de humedad en el suelo por la escasa profundidad, haciéndose de vital importancia la dotación de agua mediante la irrigación.

Los suelos de Grupo II de Capacidad de Uso Mayor: [C2sf(r)], tienen limitaciones también por la profundidad superficial y al pH que es moderadamente básico ya que la FAO (1994) señala que la vid se desarrolla en pH que varían entre 5,0 a 8,0 pero estos suelos tienen un pH que supera el rango de 8. Así como sucede en la

mayoría de los suelos del fundo “Bella Esperanza”, también la fertilidad natural es baja o pobre.

Las principales limitantes de los suelos del Grupo III de Capacidad de Uso Mayor: **[C3sewf(r)]** son el drenaje que es imperfecto, la microrrelieve ondulado suave y la textura arcillosa que permitirán una acumulación excesiva de humedad muy especialmente en la época lluviosa, para Weaver (1976) se debe de evitar suelos arcillosos prefiriendo suelos con textura franca a arenosa y también prefiere buen drenaje. Asimismo, los suelos de este grupo tienen una pendiente pronunciada superior al 14 por ciento que determinará una moderada a severa erosión si es que no se toman las medidas agronómicas necesarias. Aunque no se tienen problemas de salinidad existe un ligero riesgo por la sodicidad que se encuentra con valores superiores al 4 por ciento, el pH moderadamente ácido y la escasa profundidad tampoco es aparente para el cultivo de la vid ya que esta especie requiere mayores profundidades. La fertilidad natural es baja y estos suelos requieren de agua de irrigación especialmente en la época de extrema aridez.

En los suelos del Grupo IV de Capacidad de Uso Mayor: **[C2sef(r)]**, las limitaciones están dadas por la pendiente moderadamente inclinada lo cual hacen a estos suelos sujetos a un proceso erosivo y que le dificulten la implementación de sistema de conducción para el cultivo de la vid, también la escasa profundidad efectiva. La fertilidad natural baja es otra limitación que se debe tomar en cuenta.

Finalmente, las deficiencias debidas a la baja fertilidad de los suelos pueden ser amenguadas mediante una buena fertilización y además de considerar la importancia de realizar las enmiendas orgánicas en concordancia con los resultados del análisis de los suelos y tener en cuenta a Brignardello (2015) quién recomienda 117 kg de N.ha⁻¹, 21 kg de P.ha⁻¹ y 99 kg de K.ha⁻¹ para una producción de 30 toneladas.ha⁻¹. Según Santibáñez (1994) un déficit hídrico moderado en el suelo durante la maduración es favorable para la acumulación óptima de azúcares, el promedio de la humedad atmosférica debería ser inferior al 60 por ciento, el máximo no debería superar el 75 por ciento y no debe haber ocurrencia de neblina.

3.3.5. Cultivo de forrajes

Los suelos de la zona tienen un mejor potencial para la implementación de pasturas con fines del desarrollo ganadero y dentro de las especies de forrajes que se pueden cultivar están: alfalfa y maralfalfa.

3.3.5.1. Cultivo de la alfalfa

Esta especie requiere de suelos profundos con textura liviana y con buen drenaje, tal como lo señala Soto (1983), las condiciones de pH de los suelos estudiados, a excepción de los suelos muy ácidos, permitirán una buena nodulación producida por la simbiosis de esta especie con el *Rhizobium meliloti*, lo cual mejoraría sustancialmente la fertilidad del suelo, especialmente en su contenido de nitrógeno (Segarra, 2005). Para mejorar el contenido de fósforo y potasio; Argote y Andía (2006) recomiendan la aplicación de 20 kg de nitrógeno y 100 kg de fósforo, previa a la siembra. Además, se debe tener en cuenta que según Fuentes (1999) la alfalfa es muy sensible a la salinidad del suelo pero tolera al contenido alto de sodio (sodicidad o alcalinidad entre 40-60 por ciento).

3.3.5.2. Cultivo de la maralfalfa

La maralfalfa es una especie que bien puede adaptarse a las condiciones de los suelos de fundo “Bella Esperanza”, por su alta calidad y alta producción de forraje, además de tener un alto contenido de carbohidratos y superar en crecimiento a otras especies forrajeras, así como su bajo costo en el manejo, mantenimiento y más que todo es resistente a la sequía (Florián, 2015), es un forraje que merece atención, debiéndose tomar interés en hacer ensayos para conocer y luego mejorar sus bondades.

Un inconveniente que merece la atención es que la maralfalfa requiere de suelos de reacción ácida ricos en materia orgánica (Cunhuay &

Choloquina, 2011). Además, para Sevilla (2011), el suelo deben estar lo más suelto posible prefiriendo suelos franco-arcillosos a franco-arenosos, con un clima relativamente seco, con pH de 4 a 5, con buen drenaje y resiste épocas de sequía y es tolerante al exceso de humedad, necesitando una lámina de humedad de 7 – 12 cm.m² a lo largo del cultivo. Esta especie requiere de una fertilización de 10-20-20 kg.ha⁻¹ de NPK, cantidades que debe ser aplicadas después de cada uno de los diez cortes que se pueden cosechar durante un año (Florián, 2015).

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Como resultado de la interpretación y discusión de los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. En el fundo “Bella Esperanza” se han encontrado cinco Unidades Edáficas (UE): las Unidades Edáficas 01, 02 y 04 tienen suelos superficiales excepto la Unidad Edáfica 03 que es moderadamente profundo, un pH desde muy ácido a básico, no presentan problemas de salinidad aunque la UE 01 tiene riesgo de sodicidad. Todas las unidades edáficas se caracterizan por tener un material parental arcillo calcáreo con mezclas de areniscas, escaso desarrollo pedogenético, con napa freática muy profunda, con textura de fina a moderadamente fina y de baja fertilidad, en las UE 03 y 04 la pendiente por ser inclinada se presentan problemas de erosión en periodo de lluvias. Las Unidades Edáficas 05 y 06 son suelos alterados recientemente por un proceso de nivelamiento. En caso de la calicata 6, que está ubicada en la parte alta tiene un perfil constituido con el material madre (C), debido a que el horizonte A ha sido removido y trasladado sobre los suelos de la calicata 5.
2. Según la CUM todos los grupos, a excepción del grupo V, son tierras aptas para cultivo en limpio (A) con baja calidad agrológica (A3), requiriendo prácticas más intensas para evitar el deterioro y mantener una productividad sostenible. Son mejores para la implementación de cultivos permanentes (C), los grupos I y III son de calidad agrológica baja (C3), los grupos II y IV tienen una calidad agrológica media (C2) requieren de prácticas agronómicas moderadas para evitar el deterioro y mantener la productividad sostenible, con pH moderadamente básico en el grupo II. También mejores para la implementación de pasturas, ya sean pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuo o temporal, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo. El grupo I son de calidad agrológica baja debido a un pH fuertemente ácido y una sodicidad que sobrepasa el 10 por ciento de Na^+ pero que no llega a ser una limitación severa para las tierras de aptitud A, C y P. Los cuatro primeros grupos presentan limitantes por la baja

fertilidad, las necesidades de riego y por ser superficiales, excepto el grupo III que tiene una profundidad efectiva moderadamente profunda, los grupos III y IV tienen pendientes moderadamente inclinadas con riesgo de una moderada a severa erosión en el periodo de lluvias, el grupo III por tener textura fina, drenaje imperfecto y pH moderadamente ácido.

3. Las tierras del grupo X representadas por las calicatas 5 y 6 no están aptos para cultivos en limpio (A), ni para cultivos permanentes (C), ni para pasturas (P) y están consideradas como tierras de protección (X), por tener perfiles alterados por acción mecánica de nivelación reciente.

4. Los cultivos palto, limonero, maracuyá y vid consideradas especies de importancia económica, las limitaciones según el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor en los grupos I, II, III y IV el factor suelo por tener una profundidad efectiva superficial, baja fertilidad y deficiencias de agua, excepto del grupo III que son moderadamente profundos, en caso del limonero y vid enfrentarían un mayor problema por la escasa profundidad. Por otro lado, los tres primeros grupos tienen un pH de fuertemente ácido a moderadamente básico, el cultivo del palto afrontaría el mayor problema debido a que requiere un pH de 5,6 - 7,0; sumándose que los grupos I y III los problemas de sodicidad que sin ser alta puede ser un serio inconveniente. Los grupos III y IV tienen limitaciones por pendiente y el riesgo de una moderada a severa erosión, que dificultaría las labores propias del cultivo de maracuyá y vid. Por último, en el grupo III por tener limitaciones por la textura fina y un drenaje imperfecto requiere la implementación de un sistema de drenaje, especialmente en la época de lluvias que en caso de la zona de estudio es de corta duración.

5. Las pasturas que están consideradas dentro del plan de expansión ganadera que se tiene en mente desarrollar en el fundo “Bella Esperanza”, deben tenerse en cuenta que el cultivo de alfalfa requiere de suelos profundos y bien drenados con pH entre 6,2 a 7,8 para favorecer la simbiosis de esta especie con el *Rhizobium*. El cultivo de la maralfalfa merece la atención porque se puede cultivar en suelos de pH que va desde 4,0 a 5,0, soportando la escasez de agua en épocas de sequía, pero requiere suelos bien drenados y sueltos, un inconveniente se presenta en el grupo III que tiene textura fina. Sin embargo, el cultivo de la maralfalfa es una alternativa interesante que debe tenerse en cuenta.

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

- 1.** Conociéndose que el Valle de Zarumilla es netamente agrícola, pero con problemas de sequías constantes se recomienda estudiar los recursos hídricos subterráneos teniéndose en cuenta la recarga del acuífero proveniente del río Zarumilla, que tiene un nivel freático que varía de uno a doce metros de profundidad, con la finalidad de implementar un eficiente sistema de riego.
- 2.** En las parcelas que tienen problemas de un imperfecto drenaje y de una aparente salinidad/sodicidad se recomienda la implementación de un sistema de drenaje que permita eliminar el exceso de agua, especialmente en la época de lluvia para el lavaje de los suelos con niveles altos de salinidad y/o sodicidad.
- 3.** Al haberse determinado que los suelos estudiados tienen niveles bajos de materia orgánica y de fósforo disponible, es recomendable que de iniciarse el desarrollo de algún cultivo, no debe dejarse de lado la aplicación de enmiendas orgánicas así como de un plan de fertilización de acuerdo a los resultados del análisis de los suelos y a las necesidades de cada cultivo.
- 4.** Al iniciar los cultivos de las especies económicamente rentables como el palto, limonero, vid y maracuyá, se recomienda tener en cuenta las limitaciones señaladas en el presente estudio, con la finalidad de no cometer errores que afectarían seriamente la calidad de los productos a obtenerse con desmedro de la economía de los agricultores de la zona.
- 5.** Es necesario que en los lotes considerados como tierras de protección (X) se implementen cultivos, especialmente leguminosas, que aceleren la estabilidad de los perfiles y en un corto periodo puedan recuperar su calidad productiva y estar aptos para soportar el desarrollo de las plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J. (1966). Influence of mulches on runoff, erosion and soil moisture depletion. (pp. 110-14). Soil Science Society of America Proceedings, Madison. Florida.
- Agencia Internacional para el Desarrollo. (1966). Manual de conservación de suelos (pp. 1). Centro regional de ayuda técnica. [AID]. México.
- Amaya, J. (2009). El Cultivo del maracuyá *Passiflora edulis* F. flavicarpa. (pp. 30). Gerencia agraria. La Libertad. Trujillo, Perú.
- Argote, G. & Andia, W. (2006). Guía práctica de pastos cultivados. (pp. 37). REDESA CARE (1era ed.).
- Ataucusi, S. (2015). Manejo técnico del cultivo del palto. Primera edición. Editado por cáritas del Perú - PRA Buenaventura. Lima, Perú.
- Atlas del Perú (2003). Atlas departamental del Perú. (pp. 112, 139, 140). PEISA S.A.C. Lima, Perú.
- Ayers, R. & Westcot, W. (1985). Water quality for agricultura. (pp. 186). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rev. 1. Paper 29. Roma.
- Benacchio, S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. (pp. 202). FONAIAP-Centro nacional de investigación agropecuaria. Ministerio de agricultura y cría. Maracay, Venezuela.
- Brady, N. & Weil, R. (2008). The nature and properties of soils. Fourteenth edition. Prentice hall, Upper saddle river. New Jersey, USA.
- Brack, A. & Mendiola, C. (2000). Ecología del Perú. Programa de las naciones unidas para el desarrollo PNUD. Asociación editorial Bruño. Lima, Perú.
- Brignardello, J. (2015). Nutrición y fertilización de la vid. (pp. 80). Siuva Norte. Piura, Lima.
- Buckman, H. & Brady, N. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. (pp. 1,2). Aragón, España.
- Buol, S., Hole, F., & Cracken, R. (2000). Génesis y clasificación de suelos. (pp. 38, 44, 198-200). Trillas, México.
- Calero, M. (1987). *Génesis, morfología, y taxonomía de aridisols, entisols, inceptisols, alfisols y ultisols del departamento de Piura. Perú.* (Tesis de maestría). Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Campos, I. (1981). Suelos, abonos y fertilizantes. (pp. 11, 12, 41, 42). Vecchi, S.A. Barcelona, España.

- Contreras, V. (2009). *Características fluviales y análisis multivariado, aplicado a la migración de meandros*. (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México.
- Castro, J., Paredes, C. & Muñoz, D. (2009). Cultivo de maracuyá. (pp. 24). Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo. Perú.
- Corbella, R., Tonatto, M. & Ullivarri, J. (2017). Metodologías para los estudios de suelos de campos. (pp. 27). Cátedra de edafología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Correa, H., Ceron, J., Arroyave, H., Henao & López, A. (2004) Pasto maralfalfa: mitos y realidades. (pp. 231 – 274). IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa Colanta, Hotel Intercontinental de Medellín.
- Costa, M., Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E., Wildner, L., Alcantara, P., Miyasaka, S. & Amado, T. (1992). Abono verde en sur de Brasil. (pp. 346). Agricultura familiar e agroecología. Rio de Janeiro, Brasil.
- Cunuhuay, J. & Choloquina, M. (2011). *Evaluación de la adaptación del pasto de maralfalfa (*pennisétum sp*), en dos pisos altitudinales con tres distancias de siembras en el campus Juan Lunardi y Naste del Cantón Paute*. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Díaz, Z. (2000). *Génesis, morfología y clasificación de algunos suelos de Pucallpa*. Perú. (Tesis Maestría). Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Dorronsoro, C. (2016). Edafología. Departamento de edafología y química agrícola. Unidad docente e investigadora de la facultad de ciencias. Universidad de Granada. Granada, España.
- Escobedo, T. (2006). Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de la tierra de la Provincia de Tocache. San Martín.: Recuperado de:
http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/zeetocache/documentos/04_Suelos_Capacidad_uso_2006.pdf
- Escobedo, T., & Rabanal, R. (2009). Capacidad de uso mayor de las tierras de los distritos de Alonso de Alvarado Roque y San Martín, provincias de Lamas y El Dorado. San Martín. Recuperado de: www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/383/3591
- Fuentes, Y. (1999). El suelo y los fertilizantes. (pp. 21, 72-75, 137-140, 157-160, 333-336). Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Florián, L. (2015). Pasto maralfalfa. (pp. 2). Gerencia regional de agricultura. Trujillo. Lima.
- Garbanzo, M. (2011). Manual de aguacate: buenas prácticas de cultivo variedad Hass. (pp. 89). Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José. Costa Rica.
- García, M. (2002). Cultivo de maracuyá amarillo. CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.

- García, C., & Chunga, A. (2014). Análisis del mercado de trabajo rural en la región Tumbes. (pp. 6). Caso estudio: Papayal. Zarumilla, Tumbes.
- Gardiazabal, F. (2004). Factores agronómicos a considerar en la implantación de un huerto de paltos. (pp. 17). Chile.
- Gisbert, J. (2010). Génesis de suelos. (pp. 13 – 21, 200 – 220). Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España.
- Gobierno Regional de Tumbes. (2004). Plan regional de prevención y atención de desastres naturales. (pp. 83). Tumbes, Perú.
- Hanson, R., Grattan, S. & Fulton. A. (2006). Agricultural salinity and drainage. (pp. 164). Division of agriculture and natural resources publication 3375. University of California. USA.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). *Directorio Nacional de Municipalidades Provinciales, Distritales y de Centros Poblados*. [Archivo de datos]. Lima: [INEI].
- Jamioy, O., Menjivar, F. & Rubiano, S. (2014). Indicadores químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del piedemonte de los llanos orientales de Colombia. (pp. 302-307). Acta Agron 64 (4).
Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n4/v64n4a03.pdf>
- Lal, R. (1995). Tillage systems in the tropics: Management options and sustainability implications. (pp. 71). Soils bulletin. Rome, Italy.
- Mehlich, A. (1984). Photometric determination of humic matter in soils a proposed method. (pp. 1414-1422). Communication in soil science and plant analysis 12 (12).
- Ministerio de Agricultura. (2009). Decreto supremo N° 017-2009-AG. Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. (pp. 33). Lima, Perú. [MINAG].
- Ministerio de Agricultura. (2010). Decreto supremo N° 013-2010-AG. Reglamento para la ejecución del levantamiento de suelos. (pp. 21). Lima, Perú. [MINAG].
- Ministerio de Agricultura (2015). Datos climatológicos. (pp. 10). Centro experimental Tumpis. Proyecto especial Binacional Puyango, Tumbes, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas (1999). Mapa geológico del cuadrángulo de Tumbes. (pp. 1). Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima. Perú [MEN].
- Miranda, T., Suset, A., Cruz, A., Machada, H. & Campos, M. (2007) El desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época. Pastos y forrajes. (pp. 1). Vol. 30, N° 2. Recuperado de:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000200001

- Monte, E. & Palenque, M. (2006). Sistema de producción ecológica limón persa. (pp. 36). Chiapas. México.
- Montico, S. (2003). Manejo de tierras. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- Namuche, V. (1973). *Estudio de las condiciones hidrogeológicas del valle de Zarumilla. Perú.* (Tesis de Grado). Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Navarro G. & Navarro, G. (2013). Química agrícola. (pp. 51, 217-219). Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Núñez, J. (2000). Fundamentos de edafología. Editorial universidad estatal a distancia. (pp. 188). San José. Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1994). ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. Rome, Italy. [FAO]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (1998). Base de referencia para los suelos del mundo. Roma. Italia. [FAO/UNESCO]. Recuperado de: <https://kevinbarreraunam.es.tl/SUELOS-d-la-FAO.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2000). ECOCROP. Roma. Italia. [FAO]. Recuperado de: www.ecocrop.fao.org.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). Guía para la descripción de suelos. (pp. 99). Roma, Italia. [FAO].
- Ortiz, B. & Ortiz, C. (1990). Edafología, suelos. (pp. 331). Editorial de la Universidad Autónoma de Chapingo. 7ma. Edición en Español. Chapingo, México.
- Patrick, F. (2001). El suelo, su formación, clasificación y distribución, CECSA. México D. F., México.
- Plaster, E. (2005) La ciencia del suelo y su manejo. Thompson Editores. 2da. Reimpresión. Madrid, España.
- Porta, C., Acevedo, R., & Poch, C. (2011). Introducción a la edafología. (pp. 280,281). Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Puño, L. (1987). *Estudio de las condiciones de drenaje y salinidad para el diseño de la infraestructura de riego y drenaje del campo de la Universidad Nacional de Tumbes. Perú.* (Tesis de Grado). Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Quispe, J. (1996). *Levantamiento, edafología y evaluación de tierras de las lomas de Atiquipa. Perú.* (Tesis de Grado). Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.

- Ramírez, C. & Salgado, J. (2005). Manual para levantamiento de campo. Unidad técnica de evaluación nacional forestal. Honduras. 80 pp.
- Rodríguez, F., Escobedo, R., Ramírez, J., Bendayán, L., Rojas, C., Calle, C., Riva, R. & Marquina, L. (1996). Características de los suelos y capacidad de uso mayor de las tierras de la reserva nacional Pacaya – Samiria. (pp. 29-63). Folia Amazónica 8(1). Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL638.pdf>.
- Ruiz, J., Medina, G., Gonzáles, I., Flores, H., Ramírez, G., Ortiz, C., Byerly, K. & Martínez, R. (2013). Requerimiento agroecológico de cultivos. (pp. 564). 2da edición. INIFAP. Tepatlán de Morelos, Jalisco, México.
- Santibáñez, F. (1994). Crop requirements: temperate crops. (pp. 174-188). Handbook of agricultural meteorology. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York, USA.
- Segarra, D. (2005). Manual técnico de cultivos agrícolas bajo riego. El cultivo de alfalfa. (pp. 131). Pacific consultants international. Ecuador.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2015). Guía rápida para el levantamiento de suelos en campo. (pp. 25). Lima, Perú. [SERFOR].
- Sevilla, P. (2011). *La utilización de maralfalfa como alimento principal en la explotación bovina de carne de la finca Pulpaná del Cantón Sigchos*. (Tesis de Grado). Universidad técnica de Ambato. Cevallos. Ecuador.
- Site, L. (2012). Clasificación de los distintos tipos de suelos. Equipominoblog. Recuperado de: <https://equipominoblog.wordpress.com/2012/10/24/clasificacion-de-los-distintos-tipos-de-suelo/>
- Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting Soil Surveys. (pp. 436). edition 2da. Natural resources conservation service. Department of agriculture handbook. USA.
- Soil Survey Staff (2006). Keys to Soil Taxonomy. (pp. 341). USDA-natural resources. Conservation service. Edic. 10ma. Washington.
- Soto, P. (1983). Alfalfa, recomendaciones para su establecimiento en la zona centro sur de riego. (pp. 8). Quilamapu (17).
- Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios. (2011). Monografía de cultivos – aguacate. (pp. 12). SEGARPA. México. [SFA].
- Schoeneberger, D., Wysocki, E., Benham, E., & Broderson, W. (1990). Field book for describing and sampling soils. Natural resources conservation service. Nebraska, USA.
- Torres, G. (2013). Evaluación del temático de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras de la provincia de Alto Amazonas, Loreto. Recuperado de: <http://siar.regionloreto.gob.pe/documentos/informe-evaluacion-tematico-suelos-capacidad-uso-mayor-las-tierras>.

- Trudgill, S. (1985). Limestone geomorphology. Geomorphologytexts. (pp. 194). Longman, New York.
- Vega, U. & Narrea, M. (2011). Manejo integrado del cultivo de limón. (pp. 43). Sullana. Piura.
- Weaver, J. (1976). Grape growing. (pp. 371). New York, USA.
- Zavaleta, A. (1992). Edafología, el suelo en relación con la producción. Primera Edición. Lima, Perú.

TERMINOLOGÍA

a. Unidades de mapa del suelo

Bases para establecer los límites en un mapa de suelos, puede ser fases de series, familias u otras unidades taxonómicas, o ser asociaciones de dichas unidades (MINAG, 2010).

b. Sostenibilidad

Es la capacidad de permanecer. El desarrollo que atiende a las necesidades de la generación actual sin poner en peligro las necesidades de las futuras generaciones. Cualidad por la que un elemento, sistema o proceso, se mantiene activo en el transcurso del tiempo (Miranda, Suset, Cruz, Machada y Campos, 2007).

c. Degradación de suelos

Es un proceso simple antrópico que afecta negativamente al suelo para sostener vida en un ecosistema, mediante el almacenamiento y reciclaje del agua, la materia orgánica y los nutrientes. Además el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de un deficiente uso y manejo (Fuentes 1999).

d. Calidad del suelo

Es la disminución de la capacidad para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados están en un estado en que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales porque han perdido su calidad (Jamioy, Menjivar y Rubiano, 2014).

e. Perfil modal

Es el perfil representativo de un grupo de calicatas con características físicas, morfológicas y químicas similares, que representa a una determinada unidad taxonómica de suelos (MINAG, 2010).

f. Napa freática

Es la acumulación de agua subterránea que se encuentra a una profundidad relativamente pequeña bajo el nivel del suelo. Concretamente es un acuífero. De ellas se alimentan los pozos y las fuentes de agua, útiles para el consumo y la agricultura (Namuche, 1973).

g. Unidad de capacidad de la tierra

Grupo de suelos muy parecidos en su conveniencia para el crecimiento de las plantas, que se puede manejar a la vez (Plaster, 2005).

h. Perfil del suelo

Sección vertical del suelo que muestra todos sus horizontes y se extiende hasta el material parental (Gisbert, 2010).

i. Análisis de caracterización

Consiste en la determinación de las características físico - mecánicas y químicas del suelo mediante procedimientos de laboratorio y comprende lo siguiente: pH, calcáreo total, materia orgánica, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico, cationes cambiabiles, conductividad eléctrica y textura (MINAG, 2010).

j. Áreas misceláneas

Son unidades esencialmente no edáficas, que pueden o no soportar algún tipo de vegetación, debido a factores desfavorables que presenta, como por ejemplo, una severa erosión activa, lavado por intensa escorrentía superficial, condiciones desfavorables del suelo, o actividades del hombre. Por lo general, estas áreas no presentan interés para fines agropecuarios, ni forestal (MINAG, 2010).

k. Materia orgánica

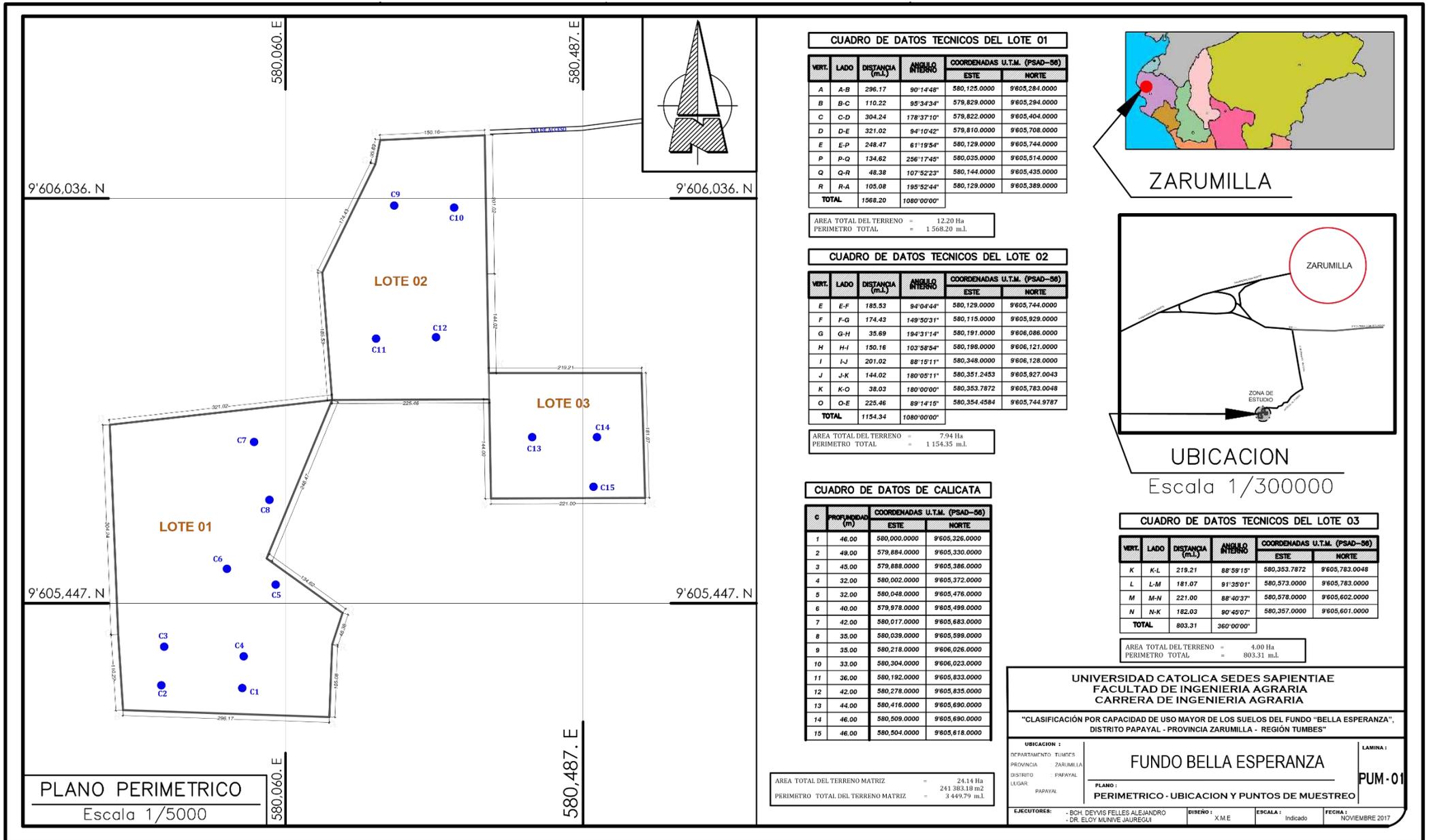
Es la parte que está compuesta por la biomasa viva, los residuos orgánicos parcialmente descompuesto de animales y plantas, en un horizonte superficial de un suelo mineral únicamente se tiene entre un uno y un cinco por ciento de materia orgánica (Gisbert, 2010).

l. Horizonte del suelo

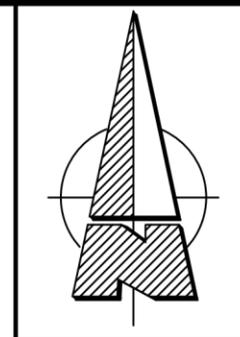
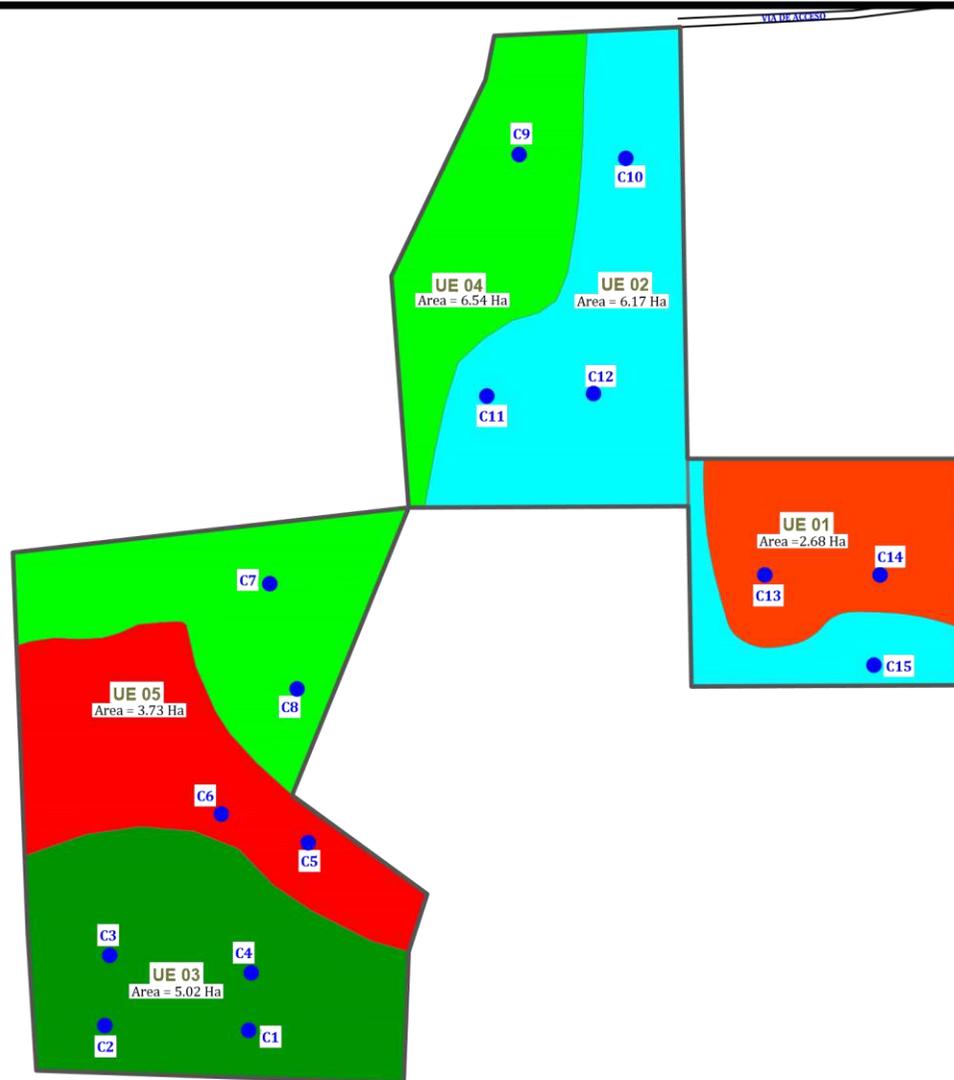
Una capa aproximadamente paralela a la superficie terrestre mostrando características impartidas con las capas adyacentes en cuanto a propiedades como el color, estructura, textura, contenido y composición química (Gisbert, 2010).

APÉNDICES

Apéndice 1. Plano de ubicación y puntos de muestreo del fundo "Bella Esperanza"



Apéndice 2. Plano de caracterización del fundo "Bella Esperanza"



UE	DESCRIPCION	AREA (Ha)	%
UE-01	Suelos Superficiales de Reacción Muy Ácida.	2.68	11.10
UE-02	Suelos Superficiales de Reacción Básica.	6.17	25.56
UE-03	Suelos Moderadamente Profundo de Reacción Ácida.	5.02	20.80
UE-04	Suelos Superficiales de Reacción Neutra.	6.54	27.09
UE-05	Suelos Alterados por Acción Mecánica.	3.73	15.45

PLANO DE CARACTERIZACION

Escala 1/6000

UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRARIA

"CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LOS SUELOS DEL FONDO "BELLA ESPERANZA", DISTRITO PAPAYAL - PROVINCIA ZARUMILLA - REGIÓN TUMBES"

UBICACION :
DEPARTAMENTO : TUMBES
PROVINCIA : ZARUMILLA
DISTRITO : PAPAYAL
LUGAR :
PAPAYAL

FONDO BELLA ESPERANZA

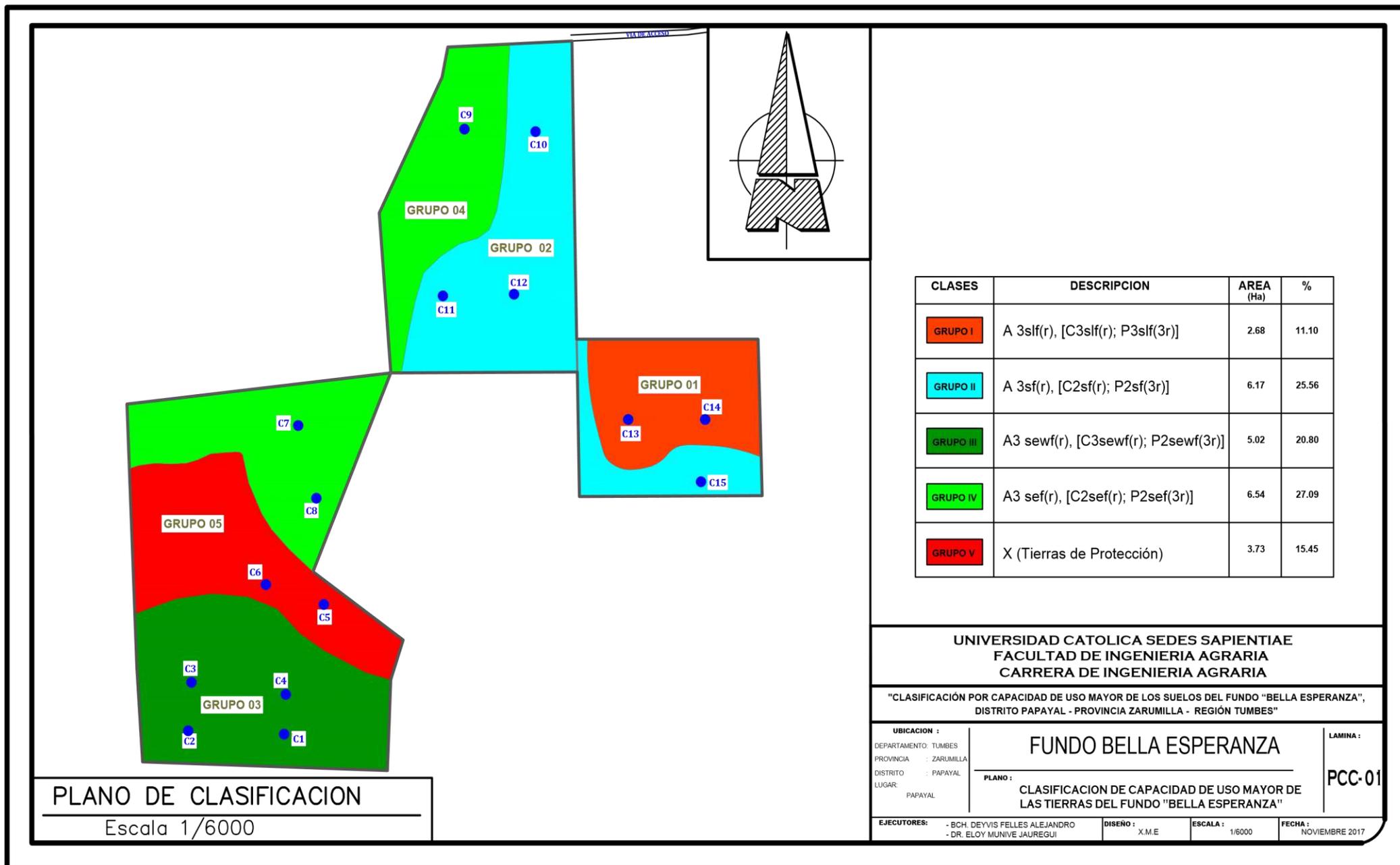
LAMINA :

PC-01

PLANO :
CARACTERIZACION

EJECUTORES : - BCh. DEYVIS FELLES ALEJANDRO
- DR. ELOY MUNIVE JAUREGUI
DISEÑO : X.M.E.
ESCALA : 1/6000
FECHA : NOVIEMBRE 2017

Apéndice 3. Plano de Clasificación por Capacidad de Uso Mayor de las tierras del fundo "Bella Esperanza"



PLANO DE CLASIFICACION

Escala 1/6000

UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRARIA

"CLASIFICACIÓN POR CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LOS SUELOS DEL FONDO "BELLA ESPERANZA",
DISTRITO PAPAYAL - PROVINCIA ZARUMILLA - REGIÓN TUMBES"

UBICACION :
DEPARTAMENTO: TUMBES
PROVINCIA : ZARUMILLA
DISTRITO : PAPAYAL
LUGAR:
PAPAYAL

FUNDO BELLA ESPERANZA

PLANO :
CLASIFICACION DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE
LAS TIERRAS DEL FONDO "BELLA ESPERANZA"

LAMINA :

PCC-01

EJECUTORES: - BCH. DEYVIS FELLES ALEJANDRO
- DR. ELOY MUNIVE JAUREGUI

DISENO : X.M.E

ESCALA : 1/6000

FECHA : NOVIEMBRE 2017

Apéndice 4. Descripción de perfiles de suelos

Tabla 29

Forma y grado de pendiente

Clases	Pendiente (%)	Definición
1	0 – 4	Llano
2	4,1 – 8	Ligeramente inclinado
3	8,1 – 12	Moderadamente inclinado
4	12,1 – 16	Inclinado
5	> 16	Muy inclinado

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 30

Micro topografía

Clases	Definición
A	Llano
E	Cóncavo
I	Convexo
O	Inclinado
U	Ondulado

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 31

Profundidad

Clase	Profundidad (cm)	Definición
MS	0 – 15	Muy superficial
S	15 – 30	Superficial
R	30 – 60	Regular
M	60 – 90	Mediana
P	90 – 150	Profunda
MP	> 150	Muy profunda

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 32
Humedad

Código	Clase de Humedad	Criterio
D	Seco	15 bares de tensión, cerca del punto de marchitamiento.
M	Húmedo	1/3 a 15 bares de tensión (capacidad de campo a punto de marchitez).
W	Mojado	0 a 1/3 bares de tensión (capacidad de campo o más saturado).
WN	Mojado no saturado	Películas de agua visibles pero no está presente agua libre.
WS	Saturado	El agua libre es fácilmente visible.

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 33
Textura

Clase	Calificación	Clase textural
F1	Muy fina	Mayor de 60% de arcilla.
F2	Fina	Franco arcillosa, franco arcillo arenosa, franco arcillo limosa, arcillo arenosa, arcillo limosa, arcilla
M	Media	Franca, franco limosa, limosa.
G1	Moderadamente gruesa	Franco arenosa.
G2	Gruesa	Arena franca, arena.

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 34
Estructura del suelo (por su forma)

Tipos	Código	Criterios de definición
Granular	GR	Poliedros pequeño con caras curvadas o muy irregulares.
Bloques angulares	ABK	Poliedros con caras que se interceptan en ángulos filudos (planos).
Bloques subangulares	SBK	Poliedros con caras redondeadas y planas, ausencia de ángulos pronunciados.
Laminar	PL	Unidades planas o tubulares.
Prismática	PR	Unidades elongadas verticalmente y planas.
Columnar	COL	Unidades alargadas verticalmente y redondeadas

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 35
Fragmentos superficiales

Clase	%	Definición
0	0 – 1	Exento de gravas y piedras
1	2 – 10	Ligera pedregosidad o gravosidad
2	11 – 20	Media pedregosidad o gravosidad
3	21 – 40	Intensa pedregosidad o gravosidad
4	41 – 80	Muy intensa pedregosidad o gravosidad
5	> 80	Extremada gravosidad o pedregosidad

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 36
Drenaje

Código	Definición
VP	Muy pobremente drenado
PD	Pobremente drenado
SP	Ligeramente bien drenado
MW	Moderadamente bien drenado
WD	Bien drenado
SE	Ligero excesivamente drenado
ED	Excesivamente drenado

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 37
Consistencia (en húmedo)

Código	Definición
L	Suelta
VFR	Muy friable
FR	Friable
FI	Firme
VFI	Muy firme
EF	Extremadamente firme

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 38
Permeabilidad

Código	Definición
IM	Impermeable
VS	Muy lenta
S	Lenta
MS	Moderadamente lenta
M	Moderada
MR	Moderadamente rápida
RA	Rápida
VR	Muy rápida

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 39
Materia orgánica

Clases	g.kg⁻¹	Criterio
1	Menor de 20,0	Bajo
2	20,0 a 40,0	Medio
3	Mayor de 40,0	Alto

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 40
Escorrenría superficial

Código	Definición
N	Insignificante (negligible)
VL	Muy lenta
L	Lenta
M	Media
H	Alta
VH	Muy alta

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 41
Reacción del suelo

Valor del pH	Definición
< de 3,5	Ultra ácido
3,5 a 4,4	Extremadamente ácido
4,5 a 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 a 5,5	Fuertemente ácido
5,6 a 6,0	Moderadamente ácido
6,1 a 6,5	Ligeramente ácido
6,6 a 7,3	Neutro
7,4 a 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 a 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 a 9,0	Fuertemente alcalino
> de 9,0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 42
Erosión hídrica

Clase	Calificación	Definición
A	Nula	Sin erosión.
E	Moderada	Ligera erosión, canalículos y surcos superficiales.
I	Severa	Abundantes canalículos, surcos profundos y cárcavas pequeñas.
0	Muy severa	Cárcavas abundantes y profundas.

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 43
Riesgo de anegamiento o inundación

Clase	Definición
0	Sin riesgo de inundación.
1	Ligera inundación y por período corto.
2	Moderada inundación de gran profundidad.
3	Severa inundación, frecuente por períodos largos, profundo que impide todo cultivo.
4	Extrema inundación de duración casi permanente.

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 44

Límites

Clases	Código	Criterio
Muy abrupto	V	< 0,5 cm.
Abrupto	A	0,5 – 2,0 cm.
Claro	C	2,0 – 5,0 cm.
Gradual	G	5,0 – 15 cm.
Difuso	D	> 6 = 15 cm.

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 45

Nitrógeno total

Clases	g.kg ⁻¹	Criterio
1	0,0 a 1,0	Bajo
2	1,0 a 2,0	Medio
3	Mayor de 2,0	Alto

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Tabla 46

Salinidad

Clase	C.E. (dS.m ⁻¹)	PSI	Definición
0	< de 2	0 – 4	No salino
1	2 a < 4	4 – 8	Muy ligeramente salino
2	4 a < 8	8 – 12	Ligeramente salino
3	8 a < 16	12 – 15	Moderadamente salino
4	> a 16	> 15	Fuertemente salino

Fuente: Schoeneberger et al. (1990).

Apéndice 5. Tablas para la evaluación de tierras por Capacidad de Uso Mayor

Drenaje (w)

CLASE DE DRENAJE		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Símbolo	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
A	Excesivo	3	3	2	2	-
B	Algo excesivo	2	2	2	1	-
C	Bueno	1	1	1	1	-
D	Moderado	2	2	1	1	-
E	Imperfeto	3	3	2	2	-
F	Pobre	-	-	3	3	-
G	Muy pobre	-	-	3*	3	X

*Solo si hay bofedales

Salinidad (l)

CLASE DE SALINIDAD		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Símbolo	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
0	Libre	1-2	1	1	1	-
1	Ligera	3	2	2	2	-
2	Moderada	-	3	3	3	-
3	Fuerte	-	-	-	-	X

Inundación (i)

CLASE DE INUNDACIÓN		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Símbolo	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
0	Sin riesgo	1	1	1	1	-
1	Ligera	2	2	1	1	-
2	Moderada	3	-	2	2	-
3	Severa	-	-	-	3	-
4	Extrema	-	-	-	-	X

Erosión (e)

CLASE DE EROSIÓN		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Símbolo	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
0	Muy ligera	1	1	1	1	-
1	Ligera	1	1	1	1	-
2	Moderada	2	2	2	2	-
3	Severa	-	-	-	3	-
4	Extremada	-	-	-	-	X

Microrrelieve (e)

CLASE DE MICRORRELIEVE		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Símbolo	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
1	Plano	1	1	1	1	-
2	Ondulado suave	2	2	2	2	-
3	Ondulado	3	3	3	3	-
4	Micro accidentado o micro quebrado	-	-	-	4	-

Profundidad efectiva (s)

CLASE DE PROFUNDIDAD		GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
Profundidad (cm)	Nombre	A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
+ 150	Muy profundo	1	1	1	1	-
100-150	Profundo	1	1	1	1	-
50-100	Moderadamente profundo	2	1	1	1	-
25-50	Superficial	3	2	2	2	-
< 25	Muy superficial	-	-	3	-	x

Pendiente larga (e)

Clase de pendiente (%)	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
	A	C	P	F	X
Calidad Agrológica					
0-2	1	1	1	1	-
2-4	1	1	1	1	-
4-8	2	1	1	1	-
8-15	3	2	2	1	-
15-25	3 (secano)	3	2	1	-
25-50	-	3 (secano)	3	2	-
50-75	-	-	-	3	-
> 75	-	-	-	-	X

Pendiente corta (e)

Clase de pendiente (%)	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
	A	C	P	F	X
Calidad Agrológica					
0-4	1	1	1	1	-
4-8	2	1	1	1	-
8-15	3	2	2	1	-
15-25	3 (secano)	3	2	1	-
25-50	-	3 (secano)	3	2	-
50-75	-	-	-	3	-
< 75	-	-	-	-	X

Pedregosidad (e)

Clase de Pedregosidad (superficie)	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
	A	C	P	F	X
	Calidad Agrológica				
0	1	1	1	1	-
1	2	1	1	1	-
2	-	2	2	2	-
3	-	-	3	2	-
4	-	-	-	-	x

Gravosidad o Guijarrosidad (s)

Clases de gravosidad o gujarrosidad	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
	A	C	P	F	X
	Calidad Agrológica				
0	1-2	1	1	1	-
1	3	2	2	1	-
2	-	3	3	1	-
3	-	-	-	2	-

Textura (s)

Símbolo	Grupo textural	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
		A	C	P	F	X
		Calidad Agrológica				
G	Gruesa	3	3	2	1	-
MG	Mod. gruesa	2	2	2	1	-
M	Media	1	1	1	1	-
MF	Mod. Fina	2	2	1	1	-
F	Fina	3	3	2	1	-

Fertilidad natural (s)

Clases de fertilidad	GRUPOS DE CAPACIDAD DE USO MAYOR				
	A	C	P	F	X
	Calidad Agrológica				
Alta	1	1	1	1	-
Media	2	2	2	1	-
Baja	3	3	3	2	-

Apéndice 6. Fichas de descripción de los perfiles del fondo “Bella Esperanza”

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

Nº de calicata: 04	Serie: Bella Esperanza
Asociación: Zarumilla	Clasificación técnica A3sew(r), C3sew(r), P2sew(3t)
Clasificación natural: Azonal	Clasificación taxonómica: Entisoles
Material madre: Arcillo Calcáreo y Arenisca	Precipitación: 459.7 Temperatura: 26.53°C
Fisiografía: Ladera	Vegetación o cultivo: Limonero y pastos naturales
Relieve: Ondulado	Permeabilidad: Lenta
Microrrelieve: Ondulado Suave	Drenaje: Imperfecto
Altitud: 32 msnm	Escorrentía superficial: Lenta
Pendiente: 15%	Napa freática: Muy profunda
Erosión: Severa	Humedad: Seco
Distribución de raíces: Superficial	Porosidad: Baja
Salinidad: Libre	Sodicidad: Ligera
Pedregosidad: Libre	Reacción del suelo: Moderadamente ácido

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				(H)	(S)	M			
Ap	0-30		2.5YR7/2	Ar	-5% grava	ABK		FI		5.7	0%	A
Ac	30-50		10YR3/3	Ar		ABK	FR			7.5	0.4%	A
C	+50											

c) Observaciones

.....

.....

.....

.....

Foto N°: 04 UTM: 0580002
9605372

.....

(continuación)

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

N° de calicata: 05 Serie: Bella Esperanza
Asociación: Zarumilla Clasificación técnica Tierras de protección(x)
Clasificación natural Azonal Clasificación taxonómica Entisoles
Material madre Arcillo calcáreo Precipitación 459,7 Temperatura 26,53°C
Fisiografía Plano Vegetación o cultivo Sin vegetación
Relieve Ondulado Permeabilidad Moderado
Microrrelieve Ondulado suave Drenaje Imperfecto
Altitud 32 manm Escorrentía superficial Lenta
Pendiente 6% Napa freática Muy profunda
Erosión Moderada Humedad Seco
Distribución de raíces No existe Porosidad Moderada
Salinidad Libre Sodicidad Libre
Pedregosidad Libre Reacción del suelo Ligeramente ácido

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				H	(S)	M			
A	0-30		10YR 4/1	Fr. Ar	-5% grava	ABK		FI		6.2	0%	D
AC	30-50		10YR 4/2	Fr. Ar. A		ABK		FI		7	0%	D
C	+50											

c) Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....
..... Foto N°: 05 UTM: 0580048
9605476
.....

(continuación)

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

N° de calicata: ...06..... Serie...Bella Esperanza.....
Asociación: Zarumilla..... Clasificación técnica Tierras de protección(x)
Clasificación natural Azonal..... Clasificación taxonómica Entisoles
Material madre Arcillo calcáreo..... Precipitación 459.7 Temperatura 26.53°c
Fisiografía Ladera inclinada..... Vegetación o cultivo Sin vegetación
Relieve Ligeramente ondulada..... Permeabilidad Moderada.....
Microrrelieve Plano inclinado..... Drenaje Moderado.....
Altitud 40 msnm..... Escorrentía superficial Fuerte.....
Pendiente 17%..... Napa freática Muy profunda.....
Erosión Severa..... Humedad Seco.....
Distribución de raíces No existe..... Porosidad Moderada.....
Salinidad Libre..... Sodicidad Libre.....
Pedregosidad Libre..... Reacción del suelo Fuertemente básico

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				H	(S)	M			
C _{Trunca}	0-20		2.5 y 3/4	Fr	-	ABK		FI		8.6		A
C	+20											

c) Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....
..... Foto N°: 06..... UTM: 0579978
9605499

(continuación)

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

Nº de calicata: 09 Serie: Bella Esperanza
Asociación: Zarumilla Clasificación técnica A3 sef(r), C2 sef(r), P2 sef(zt)
Clasificación natural Azonal Clasificación taxonómica Entisoles
Material madre Arcillo calcáreo y Arenisca Precipitación 459.7 Temperatura 26.53°C
Fisiografía Terraza plana Vegetación o cultivo Maracuyá y pastos naturales
Relieve Ligeramente ondulado Permeabilidad Moderada
Microrrelieve Ondulado suave Drenaje Moderado
Altitud 35 m s n m Escorrentía superficial Moderado
Pendiente 9% Napa freática Muy profunda
Erosión Moderada Humedad Seco
Distribución de raíces Superficial Porosidad Moderada
Salinidad Libre Sodicidad Libre
Pedregosidad Libre Reacción del suelo Neutro

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				H	(S)	M			
Ap	0-10		2.5YR 4/1	Fr. Ar. A	-5% grava	ABK		VFI		7.3	0%	D
Ac	10-42		10YR 6/2	Fr. Ar. A	-	ABK		VFI		7.4	0%	D
C	+42											

c) Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....
..... Foto Nº: 09 UTM: 0580218
..... 9606026
.....

(continuación)

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

N° de calicata: 12 Serie: Bella Esperanza
Asociación: Zarumilla Clasificación técnica A3sf(r), C2sf(r), P2sf(zt)
Clasificación natural Azonal Clasificación taxonómica Entisoles
Material madre Arenisca Precipitación 459.7 Temperatura 26.53°C
Fisiografía Terraza inclinada Vegetación o cultivo Maracuyá y pastos naturales
Relieve Ligeramente ondulado Permeabilidad Moderada
Microrrelieve Ondulado suave Drenaje Bueno
Altitud 42 msnm Escorrentía superficial Lenta
Pendiente 8% Napa freática Muy profunda
Erosión Moderada Humedad Seco
Distribución de raíces Superficial Porosidad Moderada
Salinidad Libre Sodicidad Libre
Pedregosidad Libre Reacción del suelo Moderadamente básico

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				H	(S)	M			
Ap	0-15		2.5Y 7/2	Fr. Ar	-10% grava	GR		FI		8.2	0.4%	C
Ac	15-45		10YR 5/6	Fr. Ar	-5% grava	SBK		FR		8.0	0%	C
C	+45											

c) Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....
.....
Foto N°: 12 UTM: 0580278
9605835

(continuación)

Hoja de Descripción de Perfiles

a) Características generales:

N° de calicata: 14..... Serie: Bella Esperanza.....
Asociación: Zarumilla..... Clasificación técnica A3s1f(r), [C3s1f(r), P3s1f(3t)]
Clasificación natural Azonal..... Clasificación taxonómica Entisoles.
Material madre Arcillo calcáreo y Arenisca Precipitación 459,7 Temperatura 26,53°C
Fisiografía Terraza inclinada..... Vegetación o cultivo Vid y pastos naturales
Relieve Ligeramente ondulado..... Permeabilidad Moderada.....
Microrrelieve Plano..... Drenaje Moderado.....
Altitud 46 msnm..... Escorrentía superficial Lenta.....
Pendiente 6%..... Napa freática Muy profunda.....
Erosión Ligera..... Humedad Seco.....
Distribución de raíces Muy superficial Porosidad Moderada.....
Salinidad Libre..... Sodicidad Moderada.....
Pedregosidad Libre..... Reacción del suelo Fuertemente ácido

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO ₃	Límite
		H	(S)				H	(S)	M			
Ap	0-30		2.5YR 4/4	Fr. Ar. A	-5% grava	JBK		FI		5.5	0%	D
Ac	30-45		2.5YR 4/4	Fr. Ar. A		ABK		FI		6.9	0%	D
C	+45											

c) Observaciones

.....
.....
.....
.....
.....
..... Foto N°: 14..... UTM: 0580509
9605690

Apéndice 7. Análisis de suelos de caracterización del fundo “Bella Esperanza”



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : FUNDO BELLA ESPERANZA

Departamento : TUMBES

Distrito : PAPAYAL

Referencia : H.R. 57204-002C-17

Fact.: 015

Provincia : ZARUMILLA

Predio :

Fecha : 11/01/17

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
008	C1-Ap	5.84	0.13	0.00	0.43	1.9	199	40	16	44	Ar.	34.24	23.60	5.75	0.72	0.47	0.20	30.74	30.54	89
009	C1-Bc	8.14	0.39	0.50	0.48	1.2	126	36	20	44	Ar.	38.40	25.70	5.15	0.42	1.83	0.00	33.11	33.11	86
010	C2-Ap	6.24	1.43	0.00	0.29	2.7	238	52	12	36	Ar.A.	27.20	15.50	4.70	0.66	2.39	0.00	23.25	23.25	85
011	C2-Ac	7.63	5.32	1.00	1.43	2.6	231	40	18	42	Ar.	28.80	19.09	5.28	0.71	3.71	0.00	28.80	28.80	100
012	C3-Ap	5.70	2.77	0.00	0.34	2.8	86	52	12	36	Ar.A.	29.12	15.70	5.17	0.32	1.60	0.20	22.98	22.78	78
013	C3-Ac	7.74	4.16	0.70	0.12	1.7	76	54	12	34	Fr.Ar.A.	26.88	18.85	5.07	0.30	2.67	0.00	26.88	26.88	100
014	C4-Ap	5.65	0.83	0.00	0.34	1.7	182	36	20	44	Ar.	31.52	19.80	5.08	0.55	1.49	0.30	27.22	26.92	85
015	C4-Ac	7.47	3.24	0.40	0.31	1.8	156	36	20	44	Ar.	30.72	22.78	4.85	0.41	2.68	0.00	30.72	30.72	100
016	C5-A	6.16	0.15	0.00	1.17	16.6	229	40	30	30	Fr.Ar.	22.40	11.50	4.05	0.48	0.41	0.00	16.44	16.44	73
017	C5-Ac	6.95	0.48	0.00	0.43	3.4	136	46	22	32	Fr.Ar.A.	21.44	12.50	3.97	0.37	1.32	0.00	18.16	18.16	85
018	C6-C	8.60	0.28	7.70	0.11	1.1	116	52	28	20	Fr.	17.60	13.97	2.90	0.36	0.37	0.00	17.60	17.60	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dr. Sady García Bendejón
Jefe del Laboratorio

(continuación)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : FUNDO BELLA ESPERANZA

Departamento : TUMBES

Distrito : PAPAYAL

Referencia : H.R. 57204-002C-17

Fact.: 015

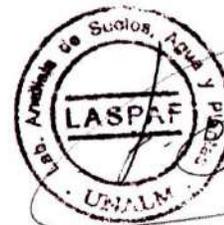
Provincia : ZARUMILLA

Predio :

Fecha : 11/01/17

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
019	C7-Ap	6.98	0.26	0.00	0.72	1.4	166	42	16	42	Ar.	32.00	22.40	6.03	0.58	0.28	0.00	29.30	29.30	92
020	C7-Ac	7.64	0.29	0.00	0.05	3.4	145	54	14	32	Fr.Ar.A.	27.52	20.86	5.38	0.44	0.83	0.00	27.52	27.52	100
021	C8-Ap	6.72	0.58	0.00	0.34	3.0	153	58	12	30	Fr.Ar.A.	23.04	14.40	3.23	0.32	1.49	0.00	19.44	19.44	84
022	C9-Ap	7.29	0.57	0.00	0.53	10.6	271	58	12	30	Fr.Ar.A.	21.44	15.36	4.73	0.83	0.51	0.00	21.44	21.44	100
023	C9-Ac	7.44	1.37	0.00	0.04	2.7	98	60	14	26	Fr.Ar.A.	18.72	12.83	4.33	0.29	1.26	0.00	18.72	18.72	100
024	C10-Ap	7.40	3.96	0.10	0.11	2.7	158	58	20	22	Fr.Ar.A.	16.80	11.66	3.52	0.44	1.19	0.00	16.80	16.80	100
025	C10-Ac	7.94	0.77	0.00	0.36	1.9	101	64	16	20	Fr.Ar.A.	16.96	12.63	3.42	0.35	0.56	0.00	16.96	16.96	100
026	C11-Ap	8.10	1.61	2.30	0.05	2.2	108	58	14	28	Fr.Ar.A.	22.08	16.52	3.92	0.44	1.20	0.00	22.08	22.08	100
027	C11-Ac	8.11	3.36	2.40	0.29	1.9	154	50	18	32	Fr.Ar.A.	22.40	14.46	4.45	0.43	3.06	0.00	22.40	22.40	100
028	C12-Ap	8.23	0.33	0.40	0.04	8.0	103	45	28	34	Fr.Ar.	16.00	12.77	2.58	0.45	0.19	0.00	16.00	16.00	100
029	C12-Ac	8.02	0.77	0.00	0.04	2.3	83	80	6	14	Fr.A.	13.92	11.10	2.20	0.32	0.30	0.00	13.92	13.92	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Sady García Bendezu
Jefe del Laboratorio

(continuación)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : FUNDO BELLA ESPERANZA

Departamento : TUMBES

Distrito : PAPAYAL

Referencia : H.R. 57204-002C-17

Fact.: 015

Provincia : ZARUMILLA

Predio :

Fecha : 11/01/17

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
030	C13-Ap	5.55	1.65	0.20	0.39	5.6	173	66	10	24	Fr.Ar.A.	20.80	16.00	3.63	0.60	0.57	0.00	20.80	20.80	100
031	C13-Ac	5.81	1.85	0.50	0.15	2.5	66	72	10	18	Fr.A.	17.28	13.59	3.25	0.25	0.19	0.00	17.28	17.28	100
032	C14-Ap	5.48	1.10	0.00	0.61	2.7	118	56	12	32	Fr.Ar.A.	19.20	7.56	4.27	0.40	2.12	0.20	14.55	14.35	75
033	C14-Ac	6.86	0.68	0.00	0.06	1.5	65	62	12	26	Fr.Ar.A.	13.44	5.39	2.62	0.20	1.85	0.00	10.06	10.06	75
034	C15-Ap	7.54	0.87	0.20	0.55	4.5	235	46	16	38	Ar.A.	31.80	25.21	5.37	0.69	0.53	0.00	31.80	31.80	100
035	C15-C	8.07	0.96	0.30	0.04	1.6	112	74	8	18	Fr.A.	19.20	14.74	3.80	0.30	0.36	0.00	19.20	19.20	100

A = Arena ; A Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso


Sady García Bendezu
Jefe del Laboratorio

Apéndice 8. Tomas fotográficas de los suelos del fundo “Bella Esperanza”



Fotografía 1: Vista panorámica del área de estudio del lote 01



Fotografía 2: Vista panorámica del área de estudio lote 01



Fotografía 3: Vista panorámica del área de estudio lote 02



Fotografía 4: Ubicación de los puntos de muestreo



Fotografía 5: Construcción de calicata



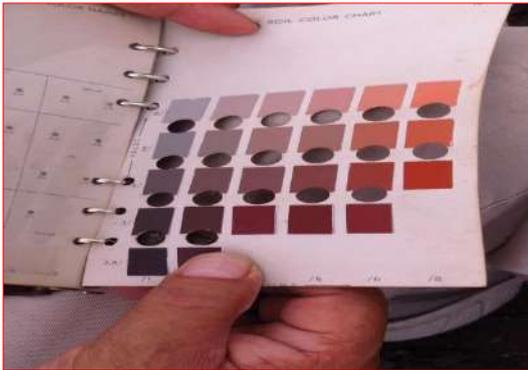
Fotografía 6: Construcción de calicata



Fotografía 7: Observación de la estructura



Fotografía 8: Medición de la pendiente



Fotografía 9: Identificación del color



Fotografía 10: Envasado de la muestra



Fotografía 11 y 12: Rotulado de la muestra y entrega de las muestras al laboratorio Agraria la Molina