

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Uso de suelos agrícolas bajo una agricultura sostenible en el Perú

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Rosa María VALGA VELIZ

Asesor:

Mg. Julio IBAÑEZ OJEDA

La Merced - Perú - 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Uso de suelos agrícolas bajo una agricultura sostenible en el Perú

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Ph. D Robert Richard RAFAEL RUTTE
PRESIDENTE

Ing. Segundo Tomás GUZMÁN SÁNCHEZ
MIEMBRO

Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 0134-2024/UIFCCAA/

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
VALGA VELIZ, Rosa María

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – La Merced

Tipo de trabajo
Trabajo de investigación

Uso de suelos agrícolas bajo una agricultura sostenible en el Perú

Asesor
Mag. IBAÑEZ OJEDA, Julio

Índice de similitud
29%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 17 de diciembre de 2024



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20-54825348 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17.12.2024 21:54:48 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

En memoria a mis abuelos **Braulio**

VELIZ CHINCHAY y **Julia**

FLORES De VELIZ y mi hermano

Luis Ricardo VALGA VELIZ

que, en vida, dieron su apoyo

incondicional en mis estudios

universitarios. Hoy Dios los

cobija en su recinto

A mis hijos **Sohail** y **Mileva**

ARATA VALGA por ser los motivos

y razón de seguir superándome

día a día y, ser para ellos

modelo a seguir

A mi esposo **Christian ARATA AVILES**

por su apoyo y amor incondicional.

Que siempre está a mi lado y en las

decisiones acertadas como el ser

Ingeniera Agrónomo

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas especiales a las que les gustaría dedicar este trabajo, por su amor, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Quiero darles las gracias por formar parte de mi vida, por todo lo que me han brindado.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, porque en sus aulas, recibí el conocimiento intelectual y humano de cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por darme la oportunidad de optar mi título profesional, especialmente a los catedráticos del curso de actualización de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

RESUMEN

Uno de los grandes problemas que aquejan a la humanidad es la destrucción acelerada de los recursos naturales. Dentro de los recursos naturales el suelo es quizás el que ha sufrido el mayor daño por intervención humana, aunque él es el que suministra los requerimientos diarios de nutrición para la misma humanidad.

La degradación o desgaste de los suelos es la causa fundamental por la cual no es posible llegar a una agricultura sostenible. La sostenibilidad del suelo debe preceder a cualquier forma de desarrollo económico sostenible. El hombre puede vivir sin industria, pero no subsistir sin suelo (**Amezquita, 2000**). Los sistemas actuales de manejo de los suelos para agricultura, han demostrado ser degradativos, por ello, es necesario desarrollar sistemas de manejo de suelos que dentro de un sistema económicamente productivo contribuyan a desarrollar suelos sostenibles.

La sostenibilidad de la agricultura y todas las actividades sociales y económicas que en un país o región estén relacionadas con el agro, dependen fundamentalmente del manejo adecuado, racional y productivo que se dé a las tierras agrícolas, ganaderas y forestales sobre las cuales se realizan estas actividades (**Amézquita, 2000**).

En países como el nuestro, donde el aumento de la población ha sido progresivo, la demanda por la producción de alimentos cada vez es mayor, esto ha creado la necesidad de extender más la frontera agrícola, muchas veces sin tomar las más mínimas precauciones de conservación del recurso suelo.

Palabra clave: Suelos agrícolas, Agricultura sostenible

ABSTRACT

One of the major problems facing humanity is the accelerated destruction of natural resources. Among natural resources, soil is perhaps the one that has suffered the greatest damage from human intervention, although it is the one that supplies the daily nutritional requirements for humanity itself.

Soil degradation or wear is the fundamental reason why it is not possible to achieve sustainable agriculture. Soil sustainability must precede any form of sustainable economic development. Man can live without industry, but he cannot survive without soil (Amezquita, 2000). Current soil management systems for agriculture have proven to be degrading, therefore, it is necessary to develop soil management systems that, within an economically productive system, contribute to developing sustainable soils.

The sustainability of agriculture and all social and economic activities in a country or region related to agriculture, depend fundamentally on the adequate, rational and productive management of agricultural, livestock and forest lands on which these activities are carried out (Amézquita, 2000). In countries like ours, where the population has increased progressively, the demand for food production is ever greater, which has created the need to further extend the agricultural frontier, often without taking the slightest precautions to conserve soil resources.

Keyword: Agricultural soils, Sustainable agriculture

INTRODUCCIÓN

Esto ha ocasionado que el suelo ha ido perdiendo en forma acelerada sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual a través del tiempo se ha reflejado en la disminución de su capacidad productiva.

Por otro lado, según la **FAO^a (2014)**, refiere que los persistentes y elevados niveles de hambre y malnutrición - 842 millones de personas en el mundo sufrieron hambre crónica en 2011-2013 - y la carga insostenible y creciente de las actividades humanas sobre la capacidad de la Tierra representan un enorme desafío para la agricultura, agravado aún más por el crecimiento continuo de la población mundial.

El mismo autor reafirma que, para satisfacer la creciente demanda de alimentos de los más de 9 000 millones de personas que poblarán el planeta en 2050, teniendo también en cuenta sus probables cambios dietéticos, será necesario aumentar la producción de alimentos a escala mundial en 60%, mientras que los países en desarrollo como el Perú, deberán aumentar la producción en 100 %. Al mismo tiempo, alrededor de un tercio de los alimentos producidos -1,300 millones de toneladas al año- se pierden o desperdician en todo el mundo a lo largo de la cadena de suministro, con enormes costes económicos y medioambientales.

Por ello es de mencionar que existe una clara relación entre el crecimiento en la agricultura y la erradicación del hambre y la pobreza. Al mismo tiempo, la agricultura entendida en sentido amplio - incluyendo la producción agrícola y ganadera, la pesca y la silvicultura - proporciona ingresos, puestos de trabajo, alimentos y otros bienes y servicios a la mayoría de las personas que viven actualmente en la pobreza. Como consecuencia y, de media, el crecimiento global del PIB derivado de la agricultura es al menos dos veces más eficaz en la reducción de la pobreza que el crecimiento generado

en los sectores no agrícolas, y hasta cinco veces más eficaz que otros sectores en los países de escasos recursos e ingresos bajos (FAO^a, 2014).

En tal sentido, el presente trabajo monográfico tiene como propósito conocer el uso de los suelos agrícolas en el Perú y la importancia que tiene la aplicación de la Agricultura Sostenible para garantizar un adecuado suministro de alimentos.

La autora

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Problema General	1
1.2.	Problemas específicos	3
1.3.	Objetivos:	3
	1.3.1. Objetivos Generales.....	3
	1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4.	Justificación.....	4

CAPITULO II

2.1.	Marco teórico conceptual	5
	2.1.1. Generalidades del Suelo	5
	2.1.2. Composición del Suelo.....	7
	2.1.3. Perfil del Suelo	7
	2.1.4. Propiedades Físicas del Suelo	9
	2.1.5. Materia Orgánica del Suelo	11

2.1.6. Fertilidad del Suelo.....	13
2.1.7. Degradación de los Suelos.....	15
2.2. Bases teóricas Científicas	17
2.2.1. Problemática de los Suelos Agrícolas	17
2.2.2. Clasificación de Suelos en el Perú.....	19
2.2.3. Potencial de los Suelos en el Perú	23
2.2.4. Conservación de Suelos.....	26

CAPITULO III

3.1. Metodología de la investigación.....	78
---	----

CAPITULO IV

4.1. Resultados y discusión	80
-----------------------------------	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Localización georeferenciada de los suelos del departamento de Ucayali.....	66
Tabla 2 Características generales de los suelos	76
Tabla 3 Parámetros físico-químicos generales de los suelos.....	84
Tabla 4 Distribución cuantitativa (%) de formas de materia orgánica en los suelos	87
Tabla 5 Distribución cuantitativa (%) de formas de materia orgánica en los suelos	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del departamento de Ucayali	61
Figura 2 Formación de suelos aluviales en relación a la creciente anual del río Ucayali (De: Hidalgo et al., 2003)	63
Figura 3 Suelos barrizal del caserío Vista Alegre	67
Figura 4 Suelos barrizal del caserío Vista Alegre	68
Figura 5 Suelos de restinga media Vista Alegre	69
Figura 6 Suelos de restinga media Vista Alegre	70
Figura 7 Suelos de restinga media alta Pacacocha	71
Figura 8 Suelos terraza media en carretera Federico Basadre.....	72
Figura 9 Suelos terraza alta en campo verde.	73
Figura 10 Distribución de las fracciones húmicas y lípidos en los horizontes superficiales	83
Figura 11 Distribución de las fracciones húmicas y lípidos en los horizontes profundos	83

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema General

Actualmente, la humanidad enfrenta desafíos significativos en los ámbitos social, ecológico y económico. La globalización económica intensifica la desigual distribución de ingresos y empleo. La constante emisión de gases de efecto invernadero altera el clima global, incrementando la frecuencia de eventos climáticos severos como sequías, inundaciones y tormentas. Simultáneamente, la biodiversidad disminuye y los suelos se degradan, lo que está directamente relacionado con el incremento de la pobreza y el hambre, siendo la pobreza tanto causa como efecto de la degradación ambiental.

Implementar a gran escala prácticas sostenibles de manejo del suelo es crucial para mitigar la pobreza y proteger el medio ambiente, contribuyendo a la estabilización de los sistemas de uso de la tierra frente a cambios climáticos continuos.

Se calcula que la mayoría de la población pobre mundial reside en áreas rurales, con dos tercios dependiendo de la agricultura, ya sea directa o

indirectamente. Muchos de estos son pequeños agricultores que sobreviven con lo mínimo que producen sus tierras y carecen de otras fuentes de ingreso o alternativas laborales, a menudo debido a la infertilidad del suelo, la lejanía de sus hogares o la falta de acceso a financiamiento. La creciente población y el aumento de los costos de vida los presionan a sobreexplotar los recursos naturales.

Según la Unión Europea (2012), actualmente cerca de mil millones de personas sufren de hambre y, para 2050, será necesario alimentar a 2,000 millones adicionales. Aunque el sector agrícola tiene el potencial de proporcionar alimentos nutritivos para todos, es imprescindible aumentar la producción agrícola sostenible, especialmente en los países en desarrollo, donde se espera la mayor parte del crecimiento demográfico. Las pequeñas explotaciones agrícolas son clave en esta solución y deben ser apoyadas para incrementar su productividad.

En Perú, la pobreza predomina en zonas rurales, donde el 77% de la población es pobre y la mitad de esta vive en pobreza extrema. Esta situación es más crítica en la sierra y la selva, donde el 70% y el 65% de sus habitantes, respectivamente, viven en pobreza. Muchos residentes en áreas rurales remotas de la sierra ni siquiera

ganan un dólar por día (Montes, 2008).

En ese sentido, la presente investigación monográfica se plantea conocer el uso de los suelos agrícolas en el Perú y la importancia que tiene la aplicación de la Agricultura Sostenible para garantizar un adecuado suministro de alimentos.

1.2. Problemas específicos

¿Cuál es el uso de los suelos agrícolas en el Perú y su aplicación a través de la Agricultura Sostenible?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivos Generales

Conocer los suelos agrícolas y la importancia de la agricultura sostenible en el Perú.

1.3.2. Objetivos específicos

Reconocer la composición, perfil, clasificación y propiedades que presentan los suelos del Perú.

Identificar la materia orgánica, fertilidad y degradación que presentan los suelos agrícolas del Perú.

Conocer la problemática, conservación, potencial y zonificación ecológica de los suelos en el Perú.

Reconocer los desafíos, reglas y dimensiones que presenta la Agricultura Sostenible y la seguridad alimentaria, así su aplicación a través de la agricultura de conservación.

Determinar la materia orgánica de los suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, en el departamento de Ucayali.

1.4. Justificación.

La búsqueda de información sobre el uso de los suelos en el Perú y el gran problema que se tiene en cuanto a deforestación, degradación y otros efectos antropogénicos negativos en contra de los suelos agrícolas, aun mas siendo éstos pobres, en un país con gran extensión territorial (solo el 19.86% de extensión es apta para agricultura y ganadería).

Por otro lado, la importancia de la Agricultura Sostenible, la misma que fue planteada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en 1992, y que enfatiza incrementar la producción de forma sostenible, preservar los recursos medioambientales, generar ingresos que alivien la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria.

Al respecto, urge la necesidad de conocer la Agricultura Sostenible, por cuanto en nuestro país muy poco se está aplicando a nivel de sector agrario, preferentemente en el ámbito de medios y pequeños agricultores d la costa, sierra y selva.

CAPITULO II

2.1. Marco teórico conceptual

El suelo

2.1.1. Generalidades del Suelo

Brack y Mendiola (1997) como MINAGRI (2013) describen el suelo como una mezcla de materiales minerales y orgánicos no consolidados en la superficie terrestre, que facilita el crecimiento natural de las plantas terrestres. Este sustrato se ha formado bajo la influencia de diversos factores ambientales, como el clima y los organismos de todos los tamaños, que interactúan con la roca madre durante periodos prolongados, dotando al suelo de características únicas en su estructura física, química, biológica y morfológica.

El suelo se caracteriza por su composición mineral y orgánica, lo que lo convierte en un recurso especial con aspectos tanto renovables como no renovables. La disponibilidad del recurso suelo en el país se ve restringida por diversos factores, como las condiciones fisiográficas, climáticas (como la aridez o temperaturas bajas), la fertilidad, la salinización y el drenaje deficiente.

Los desafíos en la gestión de suelos incluyen mejorar la tecnología para expandir su uso, zonificar correctamente el territorio para optimizar el aprovechamiento de los suelos, y evitar su degradación mediante prácticas de conservación y la prevención de la contaminación.

La formación del suelo ocurre a través de la interacción entre los factores climáticos (como la humedad, la temperatura, y el viento) y los seres vivos, actuando sobre diversos tipos de roca. Según Sullivan (2007) y Brack y Mendiola (1997), el proceso de formación del suelo incluye: a. La roca madre como base, que se descompone en fragmentos más pequeños por la acción de elementos climáticos como la precipitación, el frío, el calor y el viento, en un proceso conocido como meteorización, que puede ser física (por calor, frío, humedad) y química (por hidratación, hidrólisis, solución, oxidación, reducción). Los climas cálidos y húmedos, la vegetación, la topografía plana y los depósitos no consolidados con bajo contenido de cal son factores que aceleran este proceso.

- a. Las raíces de las plantas ayudan a fragmentar las rocas y, al descomponerse, enriquecen el suelo con materia orgánica mezclada con piedras y arena.
- b. El agua y el viento trasladan este material a zonas más bajas, donde se acumula en capas más gruesas. Los sedimentos transportados por agua se clasifican como aluviales y pueden ser fluviales, lacustres, marinos o glaciares, mientras que los transportados por el viento se denominan eólicos.
- c. La muerte de organismos vivos aporta residuos orgánicos al suelo, y la actividad de estos organismos, incluyendo sus movimientos, excreciones y secreciones, ayuda a remover y activar el suelo, enriqueciéndolo y transformándolo.

2.1.2. Composición del Suelo

La estructura del suelo varía considerablemente de un sitio a otro, como se muestra en la Figura 01. Según Brack y Mendiola (1997) y Sullivan (2007), los componentes principales del suelo son:

- a) **Materiales inorgánicos:** Estos incluyen el agua, el aire y partículas minerales de varios tamaños, como piedras, grava, arena, arcilla y limo.
- b) **Materiales orgánicos:** Comprenden restos de vegetación (como hojas, raíces, ramas, árboles, arbustos y hierbas muertas) y de animales, incluyendo sus desechos.
- c) **Organismos vivos:** Esto abarca tanto microorganismos como mesofauna. Los microorganismos, que son entidades microscópicas como protozoos, bacterias, hongos y algas, no son visibles a simple vista y son extremadamente numerosos, desempeñando un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica. La mesofauna incluye organismos más grandes y visibles, como lombrices, nemátodos, ciempiés, milpiés, insectos y caracoles, que se nutren de material orgánico.

2.1.3. Perfil del Suelo

Los suelos presentan variaciones verticales en su estructura, lo que significa que no son uniformes a lo largo de su profundidad y muestran distintas capas con composiciones y colores variados, como señalan Brack y Mendiola (1997). Estas capas verticales en un suelo se conocen como horizontes del suelo, y la secuencia de estos horizontes forma lo que se denomina el perfil del suelo.

Estos horizontes son el resultado de procesos tanto de formación como de erosión del suelo. Originalmente, el suelo comienza con la roca madre, referida como horizonte C. Con el tiempo, la descomposición de esta roca madre y la

contribución de materia orgánica por parte de organismos vivos, resulta en la formación de nuevos horizontes.

Según Brack y Mendiola (1997) y Sullivan (2007), un suelo ideal para la agricultura típicamente incluye cuatro horizontes principales, ilustrados en la Figura 02:

- ✓ Horizonte O: De color negro, compuesto principalmente de materia orgánica en varias etapas de descomposición. Es la capa más fértil del suelo.
- ✓ Horizonte A: De color pardo o marrón, contiene una mezcla de materia orgánica e inorgánica, como arena, arcilla, limo y cascajo.
- ✓ Horizonte B: Presenta variabilidad en sus colores, como castaño, amarillo, blanco y rojo, según su composición. Este horizonte está predominantemente compuesto por materiales inorgánicos como arena, arcilla, piedras y compuestos minerales.
- ✓ Horizonte C: Corresponde a la roca madre, que puede encontrarse a poca profundidad o muy profunda.

El autor indica que no todos los horizontes están siempre presentes en un perfil de suelo, lo cual puede deberse principalmente a dos razones:

- ✓ La erosión, es decir, el desgaste causado por el agua o el viento puede haber eliminado uno o más horizontes. Procesos erosivos pueden resultar en la desaparición de los horizontes O (material orgánico); los horizontes O y A; y, en casos más severos, los horizontes O, A y B.
- ✓ La ausencia de horizontes debido a que no se han completado los procesos de formación del suelo, situación común en zonas desérticas donde la falta de humedad impide el desarrollo vegetal y la formación de los horizontes O

y A. Si faltan estos dos primeros horizontes, el suelo tiene baja fertilidad y es poco adecuado para la agricultura y ganadería.

El perfil del suelo está continuamente sujeto a tres procesos principales:

- Adiciones al suelo: Incluyen aportes externos como agua (mediante precipitación, condensación o riego), elementos atmosféricos (oxígeno, CO₂, nitrógeno, azufre, etc.), materia orgánica de seres vivos y energía solar.
- Pérdidas desde el suelo: Involucran la eliminación de elementos como agua por evapotranspiración; CO₂ por descomposición microbiana; nitrógeno por desnitrificación; pérdida de volumen debido a la erosión; y energía por radiación.
- Transformaciones en el suelo: Se refieren principalmente a la circulación de nutrientes (ciclos biogeoquímicos), transformación de materia orgánica en humus, formación de compuestos minerales, interacciones entre materia orgánica y arcilla, y desarrollo de estructuras y concreciones en el suelo.

2.1.4. Propiedades Físicas del Suelo

El suelo consta de una combinación de componentes sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La relación adecuada entre estos elementos es crucial para la capacidad del suelo de sostener el crecimiento vegetal y proporcionar los nutrientes necesarios para las plantas. Esta proporción influye en diversas propiedades que se denominan físicas o mecánicas del suelo, incluyendo la textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color, según Brack y Mendiola (1997) y Sullivan (2007).

- a. La textura del suelo se define por la proporción de partículas minerales de distintos tamaños. Estas partículas se agrupan en cuatro categorías (Figura 03):
- ✓ Fragmentos rocosos: con un diámetro mayor a 2 mm, incluyen piedras, grava y cascajo.
 - ✓ Arena: con un diámetro que varía de 0,05 a 2 mm. La arena puede ser gruesa, fina o muy fina, y se caracteriza por ser áspera al tacto y por no formar agregados estables, manteniendo su individualidad.
 - ✓ Limo: con un diámetro entre 0,002 y 0,5 mm. Tiene una textura similar a la harina o al talco al tacto y posee una alta capacidad para retener agua.
 - ✓ Arcilla: con un diámetro menor a 0,002 mm. Es plástica y pegajosa cuando está húmeda y forma terrones duros al secarse.
- b. La estructura del suelo se refiere a cómo las partículas del mismo se agrupan para formar unidades cohesivas llamadas agregados. Existen varios tipos de estructuras en los suelos, como la esferoidal (agregados redondos), laminar (agregados en forma de láminas), prismática (agregados en forma de prisma), blocosa (agregados en bloques) y granular (agregados en forma de granos).
- c. La consistencia del suelo describe su resistencia a la deformación o fractura. Dependiendo de esta resistencia, los suelos pueden clasificarse como sueltos, suaves, duros, muy duros, entre otros. Esta característica afecta cómo se debe labrar el suelo y qué herramientas se deben utilizar, siendo necesaria más energía (animal, humana o mecánica) para labrar suelos más duros.
- d. La densidad del suelo se define como su peso por unidad de volumen y está relacionada con su porosidad. Un suelo más poroso tendrá menor densidad,

mientras que uno menos poroso será más denso. La presencia de materia orgánica aumenta la porosidad y reduce la densidad del suelo.

- e. La aireación se refiere a la cantidad de aire presente en el suelo, lo cual es crucial para el suministro de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. La aireación es especialmente importante en suelos que tienden a anegarse y puede mejorarse mediante prácticas como la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje y la adición de materia orgánica.
- f. La temperatura del suelo es vital ya que influye en la distribución de las especies vegetales y en los procesos bióticos y químicos del suelo. Cada especie de planta tiene requisitos de temperatura específicos para procesos como la germinación, que es viable a temperaturas por encima de los 5°C.
- g. El color del suelo varía según sus componentes y puede servir como indicador indirecto de ciertas propiedades del suelo. Cambia con el nivel de humedad; el rojo se debe a óxidos de hierro y manganeso, el amarillo a óxidos de hierro hidratados, el blanco y el gris a la presencia de cuarzo, yeso y caolín, y los tonos negros y marrones a la materia orgánica. Un suelo más oscuro generalmente indica mayor productividad debido a los beneficios de la materia orgánica.

2.1.5. Materia Orgánica del Suelo

Brack y Mendiola (1997) destacan que la materia orgánica es crucial para la fertilidad del suelo y la productividad agrícola, señalando que los suelos desprovistos de ella son deficientes y poseen propiedades físicas no adecuadas para el desarrollo de las plantas.

Sullivan (2007) explica que todos los residuos vegetales y animales constituyen materia orgánica, la cual, al descomponerse, se convierte en

componentes esenciales para el suelo y el crecimiento de las plantas. Esta materia orgánica bruta es procesada por microorganismos y convertida en humus, una forma parcialmente descompuesta de materia orgánica. El humus, que es insoluble en agua, previene la erosión y la pérdida de nutrientes, retiene múltiples veces su peso en agua evitando la desecación, mejora las condiciones del suelo en aspectos físicos, químicos y biológicos, aumenta la porosidad y la infiltración de agua, y es una fuente vital de nutrientes, facilitando la disponibilidad de elementos como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, sodio y otros para las plantas.

Los abonos verdes, que son cultivos destinados a ser enterrados para enriquecer el suelo con materia orgánica, descomponen gradualmente y mejoran la textura del suelo, además de prevenir la erosión y retener la humedad. Especies como la crotalaria, kudzu y alfalfa son altamente recomendadas para este propósito.

En el Perú, es común la práctica de quemar los residuos de cosechas, lo cual elimina una fuente vital de materia orgánica para los suelos. Por otro lado, el uso de estiércol o guano de animales es una práctica extendida que muestra beneficios significativos en los cultivos, especialmente en aquellos de carácter intensivo.

También se menciona el uso de turba, especialmente en la Sierra, que se está popularizando para jardinería y cultivos en invernaderos. Las turberas, que son acumulaciones de material vegetal en áreas pantanosas, pueden tener varios metros de profundidad. Adicionalmente, la producción de humus de lombriz mediante la lombricultura está ganando popularidad.

2.1.6. Fertilidad del Suelo

El suelo constituye la plataforma esencial para el crecimiento de las plantas verdes, las cuales generan materia orgánica a través de la fotosíntesis. Esta materia orgánica no solo nutre a las propias plantas, sino también a los animales y seres humanos. Para que el suelo sea capaz de sostener la vegetación, debe cumplir con ciertas condiciones que definen su fertilidad, que a su vez depende de múltiples factores (Brack y Mendiola, 1997):

- a. Disponibilidad de agua: Los suelos áridos, como los de los desiertos, son incapaces de sostener el crecimiento vegetal debido a la ausencia de agua, un elemento vital para las plantas. Además, la calidad del agua influye en el crecimiento vegetal; por ejemplo, el agua salina limita el crecimiento a las plantas que tienen una alta tolerancia a la salinidad.
- b. Profundidad del suelo útil: Se refiere a la capa de suelo que incluye los horizontes O, A y B, compuesta por materiales sueltos. La ausencia de los horizontes O o A indica una deficiencia en materia orgánica y, por ende, una baja fertilidad del suelo.
- c. **Cantidad de materia orgánica:** La materia orgánica, o humus, es crucial para mantener la fertilidad del suelo.
- d. **Organismos vivos en el suelo:** Estos organismos son fundamentales para procesar la materia orgánica y son esenciales para mantener la fertilidad del suelo. Sin embargo, su número puede disminuir o desaparecer si el suelo está contaminado por un exceso de pesticidas y fertilizantes químicos, lo que repercute negativamente en la fertilidad.
- e. **Capacidad de retención de nutrientes:** Conocida como fuerza de absorción, esta capacidad es mayor en los coloides del suelo, principalmente

en las arcillas y el humus, que gracias a su carga eléctrica pueden almacenar nutrientes minerales esenciales para las plantas. Los nutrientes esenciales incluyen:

- ✓ **Macronutrientes:** necesarios en mayores proporciones, incluyen carbono (C), hidrógeno (H), y oxígeno (O) derivados del agua y del aire; calcio (Ca), magnesio (Mg), y potasio (K) derivados de minerales; nitrógeno (N) derivado de materia orgánica; y fósforo (P) y azufre (S) derivados tanto de minerales como de materia orgánica.
- ✓ **Micronutrientes:** necesarios en menores proporciones, como el boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), y zinc (Zn).

- f. **Reacción química del suelo (pH):** El pH del suelo indica la concentración de iones de hidrógeno (H^+) y hidróxido (OH^-) y se mide en una escala de 1 a 14. Un valor menor a 6.5 sugiere suelos ácidos; entre 6.5 y 7.4, suelos neutros; y por encima de 7.5, suelos alcalinos. Los suelos ideales son neutros o cercanos a un pH neutro. Los suelos extremadamente ácidos o alcalinos son menos adecuados para la agricultura, aunque esta condición puede corregirse si es rentable hacerlo.

Nutrición vegetal:

Las plantas requieren nutrientes en proporciones variadas para completar su ciclo de vida y para su nutrición. Se han identificado aproximadamente 50 elementos en las plantas, pero solo 16 son esenciales. Los suelos deben proporcionar estos nutrientes en las cantidades necesarias y en un equilibrio adecuado. En entornos naturales, las plantas se adaptan a las condiciones nutricionales disponibles, mientras que en la agricultura moderna, se emplean

técnicas específicas para garantizar un aporte nutricional adecuado y obtener buenas cosechas.

Funciones de los nutrientes en las plantas:

El nitrógeno es vital para el color verde oscuro de las plantas y favorece su crecimiento vegetativo; el fósforo es crucial para el desarrollo de raíces, la floración y la formación de semillas; el potasio mejora la resistencia de las plantas a enfermedades, heladas y sequías. El calcio mejora la estructura del suelo y la función celular; el magnesio es esencial para la clorofila y la salud general de la planta; el azufre y el boro son importantes para el metabolismo y la estructura de las plantas; y el cloro, el cobre, el hierro, el manganeso, el molibdeno y el zinc son esenciales para varios procesos metabólicos y enzimáticos en las plantas (Brack y Mendiola, 1997; Sullivan, 2007).

2.1.7. Degradación de los Suelos

Según Brack y Mendiola (1997), a pesar de que el Perú cuenta con limitadas extensiones de tierras agrícolas y ganaderas, estas enfrentan un proceso continuo de degradación debido a la combinación de factores naturales y prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas.

La degradación del suelo se refiere al deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, ya sea de manera individual o combinada, lo que restringe o impide el desarrollo óptimo de los cultivos y la obtención de buenas cosechas. Los principales tipos de degradación incluyen (Figura 07):

- a. **Erosión por agua y viento:** En Perú, la erosión elimina anualmente miles de hectáreas de suelo fértil, fenómeno conocido como "el cáncer de la tierra". Este proceso ocurre cuando el agua y el viento remueven las capas superficiales del suelo, dejándolo estéril.

- ✓ **Erosión hídrica:** Ocurre cuando el agua de lluvia, ríos o mares arrastra las partículas del suelo. En terrenos inclinados y sin vegetación, las gotas de lluvia forman cárcavas. Los ríos erosionan sus orillas y el mar desgasta las costas, afectando significativamente las superficies y la topografía del terreno mediante huaycos, deslizamientos y arrastres. Este tipo de erosión es especialmente severo en los valles costeros, laderas y riberas fluviales.
 - ✓ **Erosión eólica:** Se da cuando el viento levanta y transporta partículas de suelo, creando dunas y torbellinos de polvo, y es particularmente relevante en las zonas áridas de la costa y las vertientes occidentales de los Andes.
- b. **Deterioro químico:** Este incluye la pérdida de nutrientes y materia orgánica, la salinización y la contaminación:
- ✓ **Pérdida de nutrientes:** Resulta del uso insuficiente de materia orgánica y la falta de reposición de nutrientes extraídos por los cultivos.
 - ✓ **Salinización:** Surge por un riego excesivo y un drenaje inadecuado, lo cual provoca la acumulación de sales minerales, común en zonas áridas.
 - ✓ **Contaminación:** Se produce por la acumulación de residuos, el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos, emisiones de minas y el uso de aguas residuales contaminadas.
- c. **Deterioro físico:** Este tipo de deterioro es causado por la compactación del suelo debido al uso inadecuado de maquinaria pesada; el sellado y encostramiento, que resultan del sobrepastoreo y el pisoteo de animales grandes como vacunos y equinos; y el anegamiento causado por un mal drenaje y el uso excesivo de agua de riego.

2.2. Bases teóricas Científicas

2.2.1. Problemática de los Suelos Agrícolas

Brack y Mendiola (1997) señalan que en Perú los problemas de los suelos son críticos, contribuyendo a su destrucción y afectando negativamente la producción agropecuaria (Figura 08).

a. En la Costa centro y sur:

- ✓ **Salinización:** El uso excesivo de riego junto con un drenaje deficiente provoca que las sales suban a la superficie, dañando el suelo. Aproximadamente el 40% de los suelos de la Costa enfrentan este problema en distintos niveles.
- ✓ **Erosión eólica:** La erosión del suelo por los vientos es intensificada por la tala y quema de vegetación. Esto se debe en parte a la destrucción de la vegetación cerca de los valles y la ausencia de barreras como cortinas rompevientos.
- ✓ **Erosión fluvial:** La falta de vegetación y protección en las orillas de los ríos permite que estos arrastren las tierras, deteriorando las áreas ribereñas.

b. En la Costa Norte:

- ✓ **Erosión hídrica y eólica:** La eliminación de vegetación mediante tala y quema, así como el sobrepastoreo por cabras, han llevado a la desaparición o reducción significativa de algarrobales y bosques secos en extensas áreas debido a la intervención humana.
- ✓ **Salinización:** El riego excesivo combinado con un drenaje inadecuado ha causado problemas de salinización en vastas zonas irrigadas, especialmente en Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad.

- ✓ **Desertificación:** La tala de bosques en zonas semidesérticas, incluyendo algarrobales y sapotales, está promoviendo la expansión del desierto y el avance de las dunas sobre las tierras agrícolas.
- c. En las Vertientes Occidentales:**
- ✓ **Erosión hídrica grave:** Ocurre con deslizamientos durante la temporada de lluvias, principalmente causada por la tala y quema de la vegetación en las laderas, así como el sobrepastoreo. Este problema es común en áreas con pendientes pronunciadas y escasa cobertura vegetal.
- d. En la Sierra y valles interandinos:**
- ✓ **Erosión hídrica (fluvial y pluvial):** La ausencia de cobertura vegetal y la quema de residuos de cosecha contribuyen a este problema, que impacta al 60% de los suelos agrícolas de la región.
 - ✓ **Sobrepastoreo y quema de pajonales:** Estas prácticas en las zonas altas deterioran la cobertura vegetal y causan erosión.
 - ✓ **Pastoreo con especies inadecuadas:** El uso de especies no aptas para el pastoreo, como ovinos, equinos y vacunos, en las áreas más áridas de la Sierra, resulta en la destrucción de los pastos naturales debido al arranque y pisoteo
- e. En la Selva Alta:**
- ✓ **Erosión hídrica grave:** Esta se produce debido a las pronunciadas pendientes, intensas precipitaciones y la deforestación descontrolada de laderas y riberas fluviales, lo que desencadena severos procesos erosivos como deslizamientos y huaycos. Este es un problema ampliamente extendido.

- ✓ **Pérdida de fertilidad:** Ocasionada por métodos agrícolas que extraen materia orgánica del suelo sin reponerla adecuadamente. Además, las técnicas agroforestales aún no están ampliamente implementadas.

f. En la Selva Baja:

- ✓ **Pérdida de fertilidad:** La fertilidad de los suelos amazónicos se sustenta en la cobertura vegetal que repone la materia orgánica. Sin embargo, el uso de sistemas agroforestales no es ampliamente adoptado.
- ✓ **Erosión fluvial:** La deforestación intensiva en las riberas de los ríos conduce a una rápida erosión de las tierras aluviales más fértiles.

2.2.2. Clasificación de Suelos en el Perú

Perú, a pesar de su vasto territorio, carece de una abundancia de suelos de buena calidad. De las 128,521,560 hectáreas que componen el país, solo 25,525,000 hectáreas (19,86%) son adecuadas para actividades agrícolas y ganaderas (Brack y Mendiola, 1997). Además, el país emplea diversas clasificaciones de suelos reconocidas a nivel mundial, siendo la clasificación sobre Regiones Geoedáficas (ONERN, 1985 en MINAGRI, 2013) una de las más utilizadas en Perú.

a. Región yermosólica:

El desierto de la costa (Figura 09) se caracteriza por extensas áreas de planicies sedimentarias, cerros y colinas, terrazas marinas, valles costeros, dunas y las primeras estribaciones andinas. En los valles que han sido irrigados, los suelos predominantes son los "fluvisoles", que son suelos fértiles y de alta calidad, enriquecidos por sedimentos minerales transportados por los 53 ríos que fluyen a través de estas áreas. En las zonas desérticas, predominan los suelos arenosos (regosoles), los suelos salinos

(solonchaks), y los suelos aluviales secos en los lechos de ríos intermitentes (fluvisoles secos). En los cerros y colinas, los suelos rocosos (litosoles) son los más comunes. En la costa norte (Piura y Tumbes), los suelos son arcillosos y alcalinos (vertisoles), mientras que en la costa sur se encuentran suelos volcánicos (andosoles) con una reacción neutra.

b. Región litosólica:

Situada en las vertientes occidentales de la cordillera de los Andes (Figura 10), que se extiende entre los 1000 y 5000 msnm, esta área se caracteriza por un terreno de gran pendiente y aspecto agreste. Los suelos predominantes son los "litosoles", que son capas superficiales de suelo sobre roca o roca expuesta directamente. En las zonas más bajas predominan los suelos arenosos, conocidos como "regosoles", y los suelos áridos con depósitos de calcio en el subsuelo, denominados "yermosoles cálcicos". Hacia el Este y en las zonas intermedias se encuentran los "yermosoles lúvicos", que contienen arcilla y cal; los "xerosoles", que presentan una capa superficial oscura y cal; y los "kastanozems" o suelos pardos.

c. Región paramosólica o andosólica:

Situada en la región alto Andina entre los 4000 y 5000 metros sobre el nivel del mar, esta zona presenta un relieve suavizado por procesos glaciales. Los suelos predominantes son los "paramosoles", que son ácidos y ricos en materia orgánica. Una variante de estos son los "páramo andosoles", que también son ricos en materia orgánica, pero derivan de rocas volcánicas arcillosas. Adicionalmente, se encuentran los suelos con predominancia de roca (litosoles), suelos calcáreos (rendzinas) y suelos neutros arcillosos oscuros (chernozems). En áreas cercanas a lagunas y zonas pantanosas, se

hallan suelos con altos niveles de materia orgánica, conocidos como "histosoles". La agricultura en estas altitudes es bastante restringida debido a las bajas temperaturas, siendo viable solo para cultivos específicos como la maca. Sin embargo, estas áreas son ideales para el pastoreo, especialmente para la cría de camélidos y ovinos.

d. Región kastanosólica:

Esta zona abarca los valles interandinos altos y zonas intermedias, situados entre los 2200 y 4000 metros sobre el nivel del mar. Predominan varios tipos de suelos, entre ellos los "kastanozems cálcicos", que son de textura media, alcalinos y de color o pardo rojizos. Los "kastanozems lúvicos" son similares, pero de textura arcillosa; también se encuentran los "phaeozems", que son suelos profundos y de textura fina. En las áreas de alta pendiente, los suelos rocosos y calcáreos son comunes.

En las mesetas y amplias planicies, como las del Titicaca (Figura 11), predominan los suelos derivados de antiguos lagos (planosoles) y aquellos con problemas de drenaje (gleisoles), además de suelos de origen volcánico. Esta región tiene una larga tradición agrícola, con una historia de uso intensivo que se remonta a miles de años atrás, donde se cultivan principalmente cereales, tubérculos, leguminosas y algunas hortalizas. Las zonas altas se utilizan para actividades pecuarias, mientras que las áreas más bajas se dedican a cultivos permanentes, como los frutales.

e. Región líto-cambisólica:

Situada en la parte más alta de la selva alta, entre los 2200 y 3600 msnm, esta área ocupa una amplia porción de la vertiente oriental de los Andes. El terreno es altamente irregular y presenta pendientes pronunciadas, con suelos

que son pobres y vulnerables a la erosión causada por intensas precipitaciones. Los suelos predominantes son superficiales y de formación reciente, con un horizonte superficial de color amarillento, conocidos como "cambisoles".

f. Región acrisólica:

Esta región también se encuentra en la selva alta, extendiéndose entre los 500 y 2200 msnm y caracterizada por un relieve escarpado que incluye algunos valles. Los suelos de esta área son derivados de la región lito-cambisólica, aunque son más profundos. La zona experimenta una intensa meteorización o descomposición del material de origen y tiene una reacción ácida. Predominan los suelos profundos con tonalidades amarillas y rojizas, ácidos y con buen drenaje, conocidos como "acrisoles" o "rojo amarillo podsólicos"; y los suelos arcillosos profundos (nitosoles) (Figura 12). Cerca de la transición a la selva baja se hallan suelos arcillosos con contenido de hierro (acrisoles plínticos). En los valles predominan los fluvisoles, gleisoles y suelos con arcillas expansibles (vertisoles).

g. Región acrisólica ondulada:

La La región geodáfica más grande se extiende a lo largo de la selva baja peruana, ubicada generalmente por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. En esta zona predominan los suelos ácidos y de baja fertilidad, que, según su capacidad de drenaje, pueden clasificarse como fluvisoles o gleisoles. Los "podzoles húmicos", que son suelos arenosos enriquecidos con materia orgánica y hierro, suelen encontrarse lejos de los cauces de los ríos. Además, la FAO ha categorizado los suelos en 31 unidades distintas, las cuales pueden aparecer en combinaciones diversas (Figuras: 13, 14a y 14b).

2.2.3. Potencial de los Suelos en el Perú

En Perú, el suelo con potencial para uso agrícola es bastante limitado. Más del 42% de los suelos están designados como zonas de protección y la cantidad de suelo utilizable para la agricultura es restringida (Figuras 15 y 16). Sin embargo, el potencial de uso de los suelos puede cambiar con la tecnología disponible; por ejemplo, recientemente en la costa se han transformado muchas áreas áridas en tierras cultivables gracias al uso de riego tecnificado y a los transvases de agua. La siguiente clasificación es la única a nivel nacional, pero es anticuada, por lo que se debe tener cuidado al evaluar esta información.

La clasificación de las tierras en Perú según su capacidad de uso mayor se fundamenta en las limitaciones permanentes de los suelos para sostener actividades agrícolas, pecuarias o forestales de manera económica y sin causar degradación al recurso. Esta clasificación toma en cuenta factores como el clima, el riesgo de erosión, las características intrínsecas del suelo que impactan la productividad y las condiciones de humedad (ONERN, 1985 en MINAGRI, 2013; Brack y Mendiola, 1997) (Figura 17). Los suelos se clasifican en:

a. Tierras aptas para cultivos en limpio:

Estas tierras son ideales para la agricultura arable e intensiva, adecuadas para cultivos diversificados como hortalizas, que pueden producir una o más cosechas al año (Figura 18). Representan las áreas de mayor calidad agrológica del país, con condiciones óptimas en términos de suelo, agua y clima, y presentan pocas limitaciones para la agricultura.

No obstante, estas tierras son bastante limitadas, constituyendo solo el 3.8% del territorio nacional. En la Costa, se encuentran principalmente en los valles irrigados, mientras que en la Sierra están en áreas de topografía suave y en

fondos de valles protegidos. En la Selva, se localizan en las terrazas recientemente formadas a lo largo de los ríos.

Los suelos son agrícolas y arables, aptos para cultivos anuales y bienales. Son terrenos planos con buenos horizontes O y A. En total, comprenden aproximadamente 4,800,000 hectáreas (3.81% del territorio nacional), distribuidas en la Costa (1,140,000 ha), en la Sierra (1,341,000 ha) y en la Selva (2,241,000 ha). Estos suelos están dispersos a lo largo del país, con solo unas pocas áreas importantes de concentración continua.

b. Tierras aptas para cultivos permanentes:

Estas tierras poseen condiciones ecológicas que no son adecuadas para la labranza periódica o para un desarrollo económico con cultivos en limpio, pero sí son aptas para el manejo de cultivos perennes, como los frutales. Estos cultivos tardan varios años en comenzar a producir, pero luego ofrecen cosechas valiosas durante muchos años con un mantenimiento relativamente bajo. Estas tierras son igualmente limitadas, representando solo el 2.1% del territorio nacional, y junto con las tierras aptas para cultivo en limpio, forman el potencial agrícola del país.

En la Costa, estas tierras se localizan principalmente en las cabeceras de los valles irrigados y en algunas zonas de pampas o desiertos. En la Sierra, se hallan en valles con topografía relativamente suave, mientras que en la Selva, se encuentran en algunos valles de la Selva Alta y en lomadas y terrazas de los valles amazónicos.

Estos suelos, que no son arables, están destinados a cultivos perennes y semiperennes, tales como frutales, café, cacao y otros. Cubren 2,707,000

hectáreas (2.11% del territorio), distribuidas en la Costa (496,000 ha), en la Sierra (20,000 ha), y en la Selva (2,191,000 ha).

c. Tierras aptas para pastos:

Estos suelos no reúnen las características necesarias para la agricultura, pero sí tienen la capacidad para soportar pastos naturales y la propagación de forrajes cultivados, lo que los hace adecuados para el desarrollo de actividades pecuarias (Figura 19). Ocupan una extensión considerable (14% del territorio nacional), con su mayor presencia en la Sierra, especialmente en la zona alto Andina por encima de los 3900 metros sobre el nivel del mar. En la Costa, estos suelos están asociados a los bosques secos del noroeste y en las lomas estacionales.

Son suelos adecuados para el establecimiento permanente de pastos, abarcando 17,916,000 hectáreas distribuidas en la Costa (1,622,000 ha), en la Sierra (10,576,000 ha), y en la Selva (5,178,000 ha).

d. Tierras aptas para producción forestal:

Las tierras aptas para la producción forestal están diseñadas para el aprovechamiento de recursos tanto maderables como no maderables. Representan una porción significativa del territorio nacional, cubriendo el 38% de su superficie. De estas, el 90% se ubica en la región Amazónica, mientras que el 8% se encuentra en la Sierra y solo una fracción mínima en la Costa.

Estas tierras son exclusivamente adecuadas para la producción forestal y deben mantenerse con cobertura boscosa, prohibiéndose la tala de árboles o requiriendo reforestación. En total, abarcan 48,696,000 hectáreas,

distribuidas entre la Costa (172,000 ha), la Sierra (2,092,000 ha) y la Selva (46,432,000 ha).

e. Tierras aptas para protección:

Estas tierras no cumplen con las condiciones ecológicas mínimas necesarias para los usos previamente descritos y, debido a sus características y ubicación, su función principal es la conservación del equilibrio ecológico, los suelos y las aguas. Esto contribuye a proteger las tierras agrícolas, la infraestructura vial y otros tipos, así como los centros poblados, y garantizar el suministro de agua para uso humano, agrícola e industrial. Estas áreas tienen un carácter de intangibilidad y representan más del 42% de la superficie nacional, siendo así las más extensas del país (Figura 20).

Los suelos de protección, que no permiten el desarrollo de actividades agropecuarias bajo condiciones normales, pueden ser utilizados para turismo, manejo de fauna y otras actividades que impliquen un uso indirecto. Cubren un total de 54,300,560 hectáreas, distribuidas en la Costa (10,207,000 ha), en la Sierra (25,169,000 ha) y en la Selva (18,924,560 ha).

2.2.4. Conservación de Suelos

Brack y Mendiola (1997) señalan que el suelo es un recurso natural renovable, lo cual significa que puede regenerarse si se gestiona adecuadamente. Esta regeneración se da gracias a la acción de las plantas, los animales y los organismos que habitan en el suelo, los cuales contribuyen materia orgánica vital para su recuperación.

La conservación del suelo requiere, fundamentalmente, educar a la población para eliminar tres prácticas particularmente dañinas:

- a. **Quema de rastrojos o residuos agrícolas:** Estos residuos constituyen materia orgánica esencial para mantener la fertilidad del suelo y deberían ser reincorporados al mismo en lugar de ser quemados.
- b. **Costumbre de quemar la vegetación:** El uso del fuego en áreas rurales se realiza a menudo con negligencia, provocando incendios frecuentes en las vertientes occidentales, en las laderas de los valles interandinos, en los pajonales de la puna y en la selva alta cada año.
- c. **Ocupación desordenada de tierras de aptitud forestal y de protección:** Esto es particularmente problemático en la selva alta, donde se invaden tierras no aptas para la agricultura o la ganadería (clases F y X) sin regulación alguna, llevando a la tala y quema de bosques y a la consiguiente degradación severa de las cuencas de los ríos y de la infraestructura vial y urbana.

La conservación del suelo se logra por métodos naturales y artificiales (Figura 21).

a. Métodos naturales

- ✓ Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ríos y en las laderas. Esto implica evitar la quema de la vegetación de cualquier tipo en laderas. El incendiar la vegetación es un acto criminal, que va en contra de la fertilidad del suelo; deteriora el hábitat de la fauna, y deteriora la disponibilidad del recurso agua.
- ✓ Reforestar las laderas empinadas y las orillas de ríos y quebradas.
- ✓ Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente, porque favorece la erosión.

- ✓ Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (agroforestería), y sembrar árboles como cercos, en laderas, como rompevientos, etc.
- ✓ Rotar cultivos, leguminosas con otros, para no empobrecer el suelo.
- ✓ Integrar materia orgánica al suelo, como los residuos de las cosechas.

b. Métodos artificiales

- ✓ Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.
- ✓ Construir zanjas de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.
- ✓ Construir defensas en las orillas de ríos y quebradas para evitar la erosión.
- ✓ Abonar el suelo adecuadamente para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas. El abonamiento debe evitar el uso exagerado de fertilizantes químicos, de lo contrario se mermará la microflora y microfauna del suelo y se pueden producir procesos de intoxicación de los suelos. Antes es conveniente hacer un análisis para determinar las deficiencias y según ello aplicar un programa de fertilización.

Uso Actual de Tierras

Brack y Mendiola (1997) destacan que los suelos con aptitud agropecuaria representan el recurso más limitado de Perú, ocupando solo un 7% del territorio nacional y siendo altamente vulnerables a procesos de deterioro. Esto incluye la salinización en la costa, la erosión progresiva en la sierra y la pérdida de fertilidad en la Amazonía (Figura 22). Un total de 8 millones de hectáreas están clasificadas como severamente erosionadas y otros 31 millones como moderadamente erosionadas.

Se calcula que al menos un 40% de los suelos agrícolas de la Costa están comprometidos por la salinización y problemas de drenaje. Adicionalmente, las inundaciones anuales de los ríos durante el verano y eventos como El Niño, junto con la falta de protecciones ribereñas, resultan en la pérdida de significativas extensiones de estas ya escasas tierras agrícolas (Cuadros: 01 y 02).

En la Sierra, aproximadamente un 60% de los suelos agropecuarios sufren de erosión de moderada a extrema severidad, debido a la falta de prácticas de manejo adecuado y a la destrucción de la cobertura vegetal en las laderas.

En la Amazonía, el 60% de los suelos en tierras ocupadas y colonizadas (aproximadamente 5 millones de hectáreas) están abandonados debido a la pérdida de fertilidad y la erosión, causadas por el uso de técnicas inadecuadas.

Zonificación Ecológica Económica (ZEE) de los Suelos en el Perú.

La Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) es un proceso participativo y de acuerdo mutuo, dinámico y adaptable, que facilita un análisis técnico y completo de una determinada área territorial (ya sea distrito, provincia, región o cuenca). Este proceso tiene como objetivo sectorizar la región y determinar diversas alternativas para un uso sostenible del suelo, evaluando sus potenciales y limitaciones a través de criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales (IIAP, 2006 en MINAGRI, 2013).

La implementación de la ZEE inicia un proceso social y político que moviliza la voluntad, conocimiento, iniciativas e intereses de todos los actores involucrados en el territorio. Este proceso fomenta un sentido de identidad y compromiso territorial que culmina en acciones concretas para el desarrollo local.

Una vez ratificada, la ZEE se establece como un instrumento técnico y guía para el uso sostenible del territorio y sus recursos naturales, dirigido a influir

en la toma de decisiones para un ordenamiento territorial óptimo. Este enfoque toma en cuenta las necesidades de la población local y busca la armonía con el medio ambiente.

A través de la evaluación de las Unidades Ecológicas Económicas (UEE), se identifican las diversas opciones de uso sostenible del territorio. Cada categoría de uso se define según la aptitud predominante identificada en la UEE correspondiente.

Las categorías de uso a utilizar en el proceso de ZEE serán las siguientes **(IIAP, 2006 en MINAGRI, 2013)**:

- a. Zonas productivas:** Estas áreas, dependiendo de las características del territorio, muestran mayor aptitud para diversos usos como agropecuario, forestal, industrial, pesquero, acuícola, minero, y turístico, entre otros.
- b. Zonas de protección y conservación ecológica:** Incluyen Áreas Naturales Protegidas según la legislación vigente, tierras de protección en laderas, y áreas de humedales como pantanos, aguajales y cochas. También abarcan las cabeceras de cuencas y zonas de colina, que por su topografía son consideradas áreas de protección según el reglamento de clasificación de tierras, así como las áreas adyacentes a los ríos determinadas por la autoridad de aguas.
- c. Zonas de tratamiento especial:** Comprenden áreas arqueológicas, histórico-culturales y aquellas que, debido a su naturaleza biofísica, socioeconómica, culturas diferenciadas y geopolíticas, necesitan una estrategia especial para la asignación de uso, como las zonas habitadas por indígenas en aislamiento voluntario o áreas designadas para la seguridad nacional.

- d. Zonas de recuperación:** Incluyen áreas que necesitan una estrategia específica para restaurar ecosistemas degradados o contaminados.
- e. Zonas urbanas o industriales:** Engloban las zonas urbanas e industriales existentes, aquellas con potencial de expansión, o el desarrollo de nuevos asentamientos urbanos o industriales.

La Agricultura Sostenible

La agroecología es una disciplina científica que estudia la agricultura desde una perspectiva ecológica y se define como un marco teórico diseñado para analizar los procesos agrícolas de una forma más integral. Este enfoque trata los ecosistemas agrícolas como las unidades esenciales de estudio, examinando y evaluando los ciclos minerales, las transformaciones energéticas, los procesos biológicos y las interacciones socioeconómicas de manera integrada (Altieri y Nicholls, 2000).

Según Pérez & Zabala (2006), el informe Brundtland, publicado en 1986 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, fue crucial para difundir el concepto de desarrollo sostenible, un marco dentro del cual se sitúa este enfoque agrícola.

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992 y con participación de la mayoría de los países, subrayó la relevancia de fomentar una agricultura sostenible que permita aumentar la producción de manera sostenible, conservar recursos medioambientales, generar ingresos para mitigar la pobreza y fortalecer la seguridad alimentaria. Entre las estrategias propuestas para promover la agricultura sostenible se incluyen el desarrollo y adopción de tecnologías adecuadas y novedosas; la implementación de una reforma agraria que mejore el

acceso a recursos productivos para los grupos vulnerables; la educación y participación de las comunidades rurales; la optimización en la gestión de recursos; y el fomento de la cooperación internacional.

No obstante, estas conclusiones fueron consideradas insuficientes por movimientos sociales y sectores académicos. En respuesta, las organizaciones no gubernamentales, en paralelo a la conferencia, adoptaron un Tratado sobre la Agricultura Sostenible que proporciona una definición más precisa de este concepto.

- ✓ **Ecología y economía:** La agricultura sostenible debe ser ecológicamente adecuada, económicamente viable, socialmente justa, culturalmente apropiada y basada en un enfoque científico integral.
- ✓ **Producción diversificada:** Genera una variedad de alimentos de alta calidad, así como fibras y medicamentos, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad.
- ✓ **Conservación de recursos:** Aplica técnicas que mantienen la fertilidad y calidad del suelo, protegen la pureza del agua, reciclan recursos naturales y optimizan el uso de energía.
- ✓ **Uso de recursos locales:** Prioriza el uso de recursos renovables y tecnologías adecuadas que son accesibles y asequibles localmente, minimizando la dependencia de insumos externos como fertilizantes, semillas, pesticidas y maquinaria, lo que aumenta la autosuficiencia local.
- ✓ **Intensiva en mano de obra:** Ofrece más empleo comparado con la agricultura mecanizada intensiva en capital, permitiendo que más personas se dediquen a cultivar la tierra.

- ✓ **Sostenibilidad y estabilidad económica:** Se centra en proporcionar a los campesinos ingresos estables a largo plazo y sistemas de sustento duraderos que puedan adaptarse a cambios futuros, en lugar de simplemente maximizar la productividad y los beneficios a corto plazo.
- ✓ **Respeto por el conocimiento local:** Valora y se basa en el conocimiento, la sabiduría y las técnicas tradicionales de la población rural, con el objetivo de que la ciencia moderna refuerce estas prácticas en lugar de reemplazarlas (Eade y Williams, 1995 en Pérez y Zabala, 2006).

Muro (2011) y Gliessman (2002) explican que el manejo sostenible de los agroecosistemas se define por una combinación equilibrada de tecnologías, políticas y prácticas, guiadas por principios económicos y consideraciones ecológicas. El objetivo es mantener o aumentar la producción agrícola para satisfacer las necesidades crecientes de una población mundial en expansión, sin comprometer la integridad del medio ambiente.

Las dos necesidades fundamentales de la dimensión ecológica de la agricultura sostenible son la conservación de los recursos productivos y del medio ambiente. Proporcionar alimentos sanos y seguros a un costo razonable son aspectos clave de la dimensión socioeconómica de esta forma de agricultura.

Como una alternativa a la revolución verde, Montes (2008) señala que las organizaciones de cooperación para el desarrollo, incluyendo ONGs y entidades religiosas, han adoptado prácticas que cumplen con los criterios de sostenibilidad. En regiones como África, Asia y América Latina, se han implementado proyectos que muestran cómo la agricultura sostenible puede duplicar la producción, especialmente entre los pequeños agricultores. Esta forma de agricultura no solo

ayuda a reducir el hambre en las zonas rurales, sino que también mejora significativamente la calidad de los suelos degradados.

Concepto de Agricultura Sostenible

Según Pérez & Zabala (2006), la agricultura sostenible se caracteriza por su bajo impacto ambiental y la conservación de recursos naturales, aprovechando recursos renovables locales y tecnologías accesibles y económicas. Además, minimiza la compra de insumos externos, fomentando un alto grado de autosuficiencia local.

Bonilla et al. (2007) describen la agricultura sostenible como un modelo alternativo al modelo agrícola industrial que depende intensamente de insumos químicos y no mantiene un respeto por el ambiente.

Muro (2011) define la agricultura sostenible como un sistema que, a largo plazo, contribuye a la mejora de la calidad ambiental y los recursos que sustentan la agricultura, satisface las necesidades de alimentos y fibras, es económicamente viable y mejora la calidad de vida de productores y la sociedad.

La Unión Europea (2012) argumenta que la sostenibilidad en agricultura trasciende el ámbito medioambiental para incluir la viabilidad económica y la aceptabilidad social. La capacidad de producir bienes públicos, como servicios medioambientales, está ligada a la sostenibilidad económica de la agricultura, su capacidad para generar ingresos adecuados y su aceptación social, buscando mejorar la calidad de vida en las áreas rurales.

El Diccionario de Lombricultura (2014) describe la agricultura sostenible como un sistema de producción agropecuaria que busca mantener su productividad a largo plazo, siendo útil para la sociedad, asegurando un

suministro de alimentos a precios razonables y siendo rentable para competir con la agricultura convencional, mientras preserva los recursos naturales.

Altieri y Nicholls (2000) nombran a la Agricultura Alternativa o Sostenible como aquel enfoque que promueve un medio ambiente equilibrado, manteniendo la fertilidad y rendimiento del suelo y controlando las plagas naturalmente, a través del diseño de sistemas agrícolas diversificados y el uso de tecnologías sostenibles.

Desafíos para la Agricultura Sostenible

FAO (2014) y Gliessman (2002) señalan que el modelo actual de crecimiento en la producción agrícola no es sostenible, debido a sus efectos negativos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Actualmente, una tercera parte de las tierras agrícolas está degradada, hasta el 75 % de la diversidad genética de los cultivos ha desaparecido, y el 22 % de las razas de ganado están en peligro. Además, más del 50 % de las poblaciones de peces están completamente explotadas y, durante la última década, aproximadamente 13 millones de hectáreas de bosques se transformaron anualmente para otros usos.

Los desafíos globales incluyen la creciente escasez y rápida degradación de los recursos naturales, justo cuando la demanda de alimentos, forrajes, fibras y otros bienes y servicios derivados de la agricultura (como cultivos, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura) está aumentando de manera acelerada.

Las áreas con las tasas más altas de crecimiento demográfico se encuentran en regiones que dependen de la agricultura y ya enfrentan elevados niveles de inseguridad alimentaria. Además, múltiples factores interrelacionados complican aún más esta problemática:

- a. **Intensificación de la competencia por recursos naturales:** Factores como la expansión urbana, los conflictos entre sectores agrícolas, la conversión de bosques en tierras agrícolas, el uso industrial del agua y el aprovechamiento recreativo de la tierra están aumentando la competencia por los recursos naturales. Esto a menudo excluye a los usuarios tradicionales del acceso a estos recursos y a los mercados.
- b. **Impacto del cambio climático en la agricultura:** Aunque la agricultura es una de las principales contribuyentes al cambio climático, también sufre significativamente sus consecuencias. El cambio climático disminuye la resiliencia de los sistemas de producción y acelera la degradación de los recursos naturales. En el futuro, se espera un aumento considerable en las temperaturas, cambios en los patrones de lluvia y mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos.
- c. **Amenazas emergentes por cambios ambientales y prácticas productivas:** La creciente movilidad de personas y mercancías, junto con los cambios ambientales y en las prácticas agrícolas, está generando nuevas amenazas como enfermedades (por ejemplo, gripe aviar) y especies invasivas (como la mosca de la fruta tefrítida). Estas afectan la seguridad alimentaria, la salud humana y la sostenibilidad de los sistemas productivos. Políticas insuficientes y capacidades técnicas limitadas pueden intensificar estos riesgos y comprometer cadenas alimentarias completas.
- d. **Desconexión entre políticas de producción y conservación:** Los programas de políticas y los mecanismos de conservación de recursos no suelen estar integrados. Falta una gestión coherente e integrada de ecosistemas y paisajes.

Para la (FAO^a, 2014), los desafíos mencionados dan lugar a cinco principios clave para guiar el desarrollo estratégico de nuevos enfoques y la transición hacia la sostenibilidad:

- a. **Principio 1:** Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos es fundamental para la agricultura sostenible.
- b. **Principio 2:** La sostenibilidad requiere acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.
- c. **Principio 3:** La agricultura que no logra proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social es insostenible.
- d. **Principio 4:** La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, de las comunidades y de los ecosistemas, sobre todo al cambio climático y a la volatilidad del mercado.
- e. **Principio 5:** La buena gobernanza es esencial para la sostenibilidad tanto de los sistemas naturales como de los sistemas humanos.

Para hacer frente al gran ritmo de cambio y a la creciente incertidumbre, hay que concebir a la sostenibilidad como un proceso, y no como un punto final determinado que hay que alcanzar. Esto, a su vez, requiere el desarrollo de marcos de gobernanza, de financiación, técnicos, y políticos, que apoyen a los productores agrícolas y a los gerentes de recursos involucrados en un proceso dinámico de innovación (FAO^a, 2014). En particular:

- a. **Necesidad de políticas e incentivos:** Es fundamental implementar políticas y establecer instituciones que ofrezcan incentivos para adoptar prácticas sostenibles, apliquen regulaciones y costos a las actividades que degraden o agoten los recursos naturales, y faciliten el acceso a los conocimientos y recursos necesarios para promover la sostenibilidad.

- b. **Integración de tecnología y conocimientos locales:** Las prácticas agrícolas sostenibles deben aprovechar al máximo los avances en tecnología, investigación y desarrollo, integrando de manera más efectiva los conocimientos locales que en el pasado. Esto requerirá establecer nuevas y sólidas alianzas entre organizaciones técnicas y aquellas enfocadas en la inversión.
- c. **Planificación basada en datos:** Para una gestión eficiente de los sectores agrícolas, es esencial contar con estadísticas fiables, mapas geoespaciales, información cualitativa y conocimientos detallados. El análisis debe abordar tanto los sistemas de producción como los recursos naturales y socioeconómicos que los sustentan.
- d. **Desafíos transfronterizos:** Los problemas relacionados con la gestión de recursos vivos y su uso sostenible a menudo exceden las fronteras nacionales. Por ello, los mecanismos de gobernanza y los acuerdos internacionales deben fomentar un crecimiento sostenible y una distribución equitativa de los beneficios en todos los sectores agrícolas, protegiendo los recursos naturales y minimizando los impactos negativos.

Reglas que respeta el Modelo de Agricultura Sostenible

Según **Bonilla et. al. (2007)** y **Gliessman (2002)**, mencionan que el modelo de agricultura sostenible permite respetar algunas reglas en el campo agrícola, las mismas son:

- ✓ Aumentar las cosechas.
- ✓ Bajar los gastos al sembrar.
- ✓ Proteger el medio ambiente y recuperar los recursos naturales.
- ✓ Rescatar el conocimiento que tienen los campesinos

- ✓ Rescatar las semillas nativas. Asegurarse que haya alimentos suficientes para las familias.
- ✓ Respetar la salud, economía y la cultura de las familias campesinas.
- ✓ Promover que las familias decidan qué cultivar de acuerdo con sus necesidades y no permitir que empresas internacionales les obliguen a sembrar otras semillas.
- ✓ Permite que las mujeres participen en todos los momentos de la siembra y tome decisiones al igual que los hombres.

Bonilla et. al. (2007), enfatiza además que el modelo de Agricultura Sostenible tiene cuatro dimensiones: Dimensión Agroecológica, Dimensión social, económica y cultural:

Dimensión Agroecológica

La agricultura sostenible integra los aspectos más positivos de los enfoques alternativos, siguiendo principios agroecológicos clave, entre los cuales destacan:

Diversidad de cultivos: Una parcela debe proporcionar el abono necesario para el suelo y alimento tanto para las plantas como para los animales, organizando estos recursos de manera que no afecten los cultivos. Un ejemplo es la combinación de plantas como maíz y frijol.

Ciclo natural: La vida y la muerte forman un ciclo interconectado. En una parcela, todo debe ser reciclado sin generar desperdicios; los restos vegetales, al descomponerse, se transforman en abono natural.

Nutrición adecuada: La agricultura sostenible respeta los procesos naturales de alimentación de las plantas, permitiendo que absorban los nutrientes del suelo de manera lenta y equilibrada. En contraste, la agricultura industrial

fuerza a las plantas a consumir más nutrientes en menos tiempo para maximizar el rendimiento, alterando este equilibrio.

Eficiencia energética: Este enfoque aprovecha la energía natural del sol y del suelo, recurriendo a abonos orgánicos generados por la propia tierra, que son abundantes y gratuitos. En cambio, la agricultura industrial depende de fertilizantes derivados del petróleo, que son costosos, contaminantes y limitados.

Protección natural: Las plantas más grandes actúan como protectoras de arbustos y plantas más pequeñas. Esto ayuda a mitigar los efectos dañinos del viento, la lluvia y el sol, que pueden erosionar el suelo, causar encharcamientos y disolver los nutrientes en el agua.

Salud del suelo: La materia orgánica en el suelo aporta vitaminas y minerales que mejoran su calidad de vida. Además, contiene elementos naturales como medicinas para el suelo y hormonas que favorecen el crecimiento de las plantas, demostrando la sabiduría inherente de la naturaleza.

En la agricultura sostenible se usan estos tipos de abonos naturales:

a. Abonos energéticos:

- ✓ Rastrojos de hierbas y cultivos
- ✓ Heces de animales y lombrices de tierra
- ✓ Aboneras y desperdicios de cocina
- ✓ Orina fermentada
- ✓ Aserrín y colcho de madera
- ✓ Abonos verdes procedentes de plantas diversas.

b. Abonos minerales:

- ✓ Ceniza de madera y ceniza volcánica
- ✓ Piedra caliza molida

- ✓ Harina de conchas de huevos y ostras
- ✓ Cal,
- ✓ Roca en polvo.

Las plantas abonadas con abonos orgánicos tienen estas cualidades:

- ✓ No son delicadas a las plagas y resisten más a enfermedades.
- ✓ Tienen más materia seca
- ✓ Dan mejor sabor
- ✓ No se arruinan rápido
- ✓ Son más nutritivas.

Bonilla et. al. (2007), sostiene que en la agricultura sostenible se debe manejar la asociación y rotación de cultivos, según el siguiente detalle:

a. Asociación y Rotación de cultivos:

La agricultura sostenible busca emular los procesos naturales al permitir la coexistencia de múltiples cultivos, lo que enriquece el suelo con materia orgánica (Bonilla et al., 2007). En contraste, la agricultura industrial se enfoca únicamente en el monocultivo a gran escala, priorizando la cantidad de cosechas por sobre la salud del suelo. Las familias que practican agricultura sostenible implementan estrategias de asociación y rotación de cultivos, como se muestra en la (tabla 03):

Asociación

Desde hace tiempo, las familias campesinas han reconocido los beneficios de sembrar dos o más cultivos simultáneamente en una misma parcela. Esta práctica de asociación tiene como objetivo obtener cosechas más abundantes, preservar la calidad del suelo y aumentar la disponibilidad de fertilizantes naturales.

Las asociaciones deben buscar lo siguiente:

- ✓ Que los cultivos se lleven bien
- ✓ Que haya espacio entre cada planta.
- ✓ Que haya plantas altas y rastreras y que unas tengan raíces profundas y otras más por encima.

Rotación

La rotación de cultivos implica plantar una especie diferente en cada ciclo de siembra, asegurándose de que cada cultivo aporte beneficios al que le seguirá. Una adecuada rotación contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, reduce la incidencia de plagas, enfermedades y malezas, y garantiza una mayor diversidad de alimentos para las familias. A continuación, se presentan algunos consejos para implementar esta práctica: Sembrar el siguiente cultivo después de 1 a 4 semanas de cosechar el anterior.

- ✓ Se dejan los rastrojos fermentándose en todo el suelo.
- ✓ Es bueno comenzar la rotación con cultivos que dan abonos: como las leguminosas y otros.
- ✓ Después se siembran plantas que chupan más comida del suelo.
- ✓ La asociación y rotación de cultivos puede hacerse al mismo tiempo. Por ejemplo: se pueden sembrar plantas que son atacadas por enfermedades con plantas que repelen a esa enfermedad.

b. Las Labranzas

Se sugiere realizar labores agrícolas en terrenos planos, utilizando dos pasadas de rastra, un arado y, en ocasiones, un subsolador.

En el enfoque de agricultura sostenible, la preparación del suelo se realiza con mínima o ninguna labranza. Este método aprovecha las asociaciones y

rotaciones de cultivos, así como la actividad natural de las lombrices de tierra para mejorar la estructura del suelo.

La agricultura sostenible no cuenta con un único método para preparar el suelo, ya que cada terreno tiene características específicas. Sin embargo, existen ciertas pautas generales que pueden aplicarse a cualquier tipo de suelo:

- ✓ No usar maquinaria muy pesada
- ✓ Hacer la labranza lo más rápido posible
- ✓ La labranza no debe ser más profunda de 20 centímetros.
- ✓ No se debe labrar mucho en los suelos pesados. Secos, duros y pegajosos
- ✓ Es mejor usar bestias y bueyes.
- ✓ Dejar los rastrojos como coberturas para el suelo
- ✓ Romper el piso de arado con subsolador, pero hay que sembrar rápido cultivos con raíces profundas para mantener fijo el suelo.

c. Las hierbas invasoras

Es importante replantear la percepción de que las hierbas invasoras son perjudiciales. Estas plantas cumplen una función protectora para el suelo, actuando como una especie de "piel". Además, muchas de ellas tienen propiedades medicinales, proporcionan polen a las abejas y ofrecen diversos beneficios.

El uso de herbicidas para eliminarlas puede generar un efecto adverso, ya que estas hierbas tienden a regenerarse con mayor vigor, requiriendo dosis mayores de químicos en el futuro. Por ello, la clave está en manejarlas de manera natural, evitando daños a la fertilidad del suelo y contaminación

ambiental. Para lograr un control eficaz, es fundamental comprender sus características:

- ✓ Crecen en forma asociada a otras plantas.
- ✓ Se adaptan fácilmente.
- ✓ Dan mucha semilla.
- ✓ Las plagas y las enfermedades las atacan poco.
- ✓ Matar las hierbas invasoras es romper el equilibrio de la naturaleza. Estos son algunos consejos para controlar las hierbas invasoras:

- ✓ Evitar los charcos.
- ✓ Cortar las hierbas antes que den semillas y de ellas se hace abono.
- ✓ Las orillas de los cultivos deben estar cubiertas con rastrojos.
- ✓ Practicar la asociación y rotación.
- ✓ Usar abonos verdes.
- ✓ Deshierbar en los 3 primeros días de luna tierna.

d. Las plagas y las enfermedades

Al igual que las hierbas invasoras, las plagas y enfermedades requieren un manejo adecuado. No es recomendable utilizar insecticidas o productos químicos para eliminarlas.

La naturaleza actúa con sabiduría, y las plagas y enfermedades forman parte de sus mecanismos para mantener el equilibrio ecológico. Un suelo fértil y saludable es menos propenso a estos problemas. Por ejemplo, la gallina ciega suele atacar suelos empobrecidos donde se practica el monocultivo de maíz y falta descomposición orgánica. De manera similar, las babosas proliferan en terrenos dedicados únicamente al cultivo de frijol y sin cobertura vegetal.

Se pueden aplicar las siguientes recomendaciones para su manejo:

- ✓ Escoger cultivos adecuados. Las semillas híbridas no aguantan las plagas, enfermedades ni resisten el clima. Es mejor cultivar semillas criollas que sí están bien adaptadas al lugar.
- ✓ Cada terreno es diferente, se deben sembrar sólo los cultivos que estén bien adaptados al suelo.
- ✓ Uso regulado de abono orgánico. Las plantas deben comer sólo los nutrientes que necesitan. Si se abona con mucha gallinaza se hace daño a la planta. Los abonos químicos dan plantas muy verdes y suculentas, pero en realidad están enfermas y son débiles.
- ✓ Practicar la asociación y rotación de cultivos
- ✓ Curación con métodos naturales: Sembrar cultivos trampas. Se puede proteger el tomate de la mosca blanca con surcos de maicillo.
- ✓ Soltar las gallinas para que se coman los insectos.
- ✓ Poner objetos de **colores para atraer a los insectos.**

e. Los árboles son amigos de las siembras

Sembrar árboles para proteger los cultivos es una manera de ayudar al suelo y a los cultivos. Algunas ventajas de sembrar árboles son:

- ✓ Los terrenos de laderas no se lavan fácilmente.
- ✓ Se controla la temperatura y la humedad del suelo.
- ✓ Dan leña y frutos.

Algunas maneras de cultivar árboles son las siguientes:

- ✓ **Cultivos en callejones.** Se siembran hileras de árboles o arbustos separadas de 8 a 10 metros. En medio de las hileras se puede sembrar. Ejemplo: Se siembra maíz y frijol entre árboles.

Las hileras deben podarse unas 4 veces al año para que no crezcan más de metro y medio.

- ✓ **Barreras vivas.** Se siembran árboles de varios tamaños asociados con plantas con las que se lleven bien para formar terrazas a través del tiempo. Las terrazas evitan la erosión.
- ✓ **Cercas vivas productivas.** Las parcelas y potreros se pueden dividir con muchas clases de árboles. Ejemplo: Hacer una cerca de coco, papaya y otros.

f. Uso de los animales en los cultivos

La agricultura moderna ha cambiado el modo de criar a los animales.

- ✓ Les han cambiado el alimento
- ✓ Están encerrados
- ✓ Les inyectan hormonas

Comen los mismos alimentos que los humanos.

La agricultura sostenible respeta el equilibrio existente entre plantas, animales y seres humanos. Así se tienen algunos beneficios.

- ✓ Los animales dan energía en las siembras como los bueyes y los caballos. Sus heces es abono.
- ✓ Los animales deben comer los rastrojos, así ayudar en la limpieza y a controlar los insectos.
- ✓ Los animales pueden ser vendidos en tiempos de escasez.
- ✓ Los animales criados de forma natural no compiten por la comida con los seres humanos.

Algunos beneficios de la Agricultura Sostenible en la dimensión productiva agroecológica.

- ✓ Se basa en los conocimientos, recursos, voluntad e iniciativa campesina
- ✓ Aprovecha la energía del sol, la biología del suelo y los ciclos de la materia orgánica.
- ✓ Promueve tecnologías sencillas, baratas y de resultado rápido
- ✓ Evita la dependencia de insumos externos y recicla los desechos que hay alrededor.
- ✓ Produce alimentos sanos.
- ✓ Se basa en los principios agroecológicos.
- ✓ Se apoya en el funcionamiento de la naturaleza para producir alimentos
- ✓ Promueve la biodiversidad para optimizar los recursos en vez de la maximización de la producción con monocultivo.
- ✓ Integra especies vegetales, animales y otros organismos de manera armónica.
- ✓ Evita la contaminación del suelo, agua y seres vivos.
- ✓ Promueve el rescate de la flora y fauna nativa.
- ✓ Ayuda a disminuir el riesgo de pérdidas por: plagas, enfermedades, alteraciones del clima (sequías, inundaciones, vientos...) y bajos precios en el mercado.

Dimensiones: Social, Cultural y Económica

La agricultura sostenible no sólo ayuda en las siembras. Las familias que las practican tienen beneficios sociales y culturales.

- ✓ Mejora la salud de las familias
- ✓ Da más importancia a la participación de las mujeres
- ✓ Da más empleo y disminuye la migración
- ✓ Organiza a las familias y comunidades

- ✓ Hace participar a niños y jóvenes
- ✓ Fortalece la solidaridad y organización campesina.

La agricultura sostenible rescata el saber de las abuelas y abuelos, pues aquí se dice ya era conocido de nuestros antepasados. Pero, además:

- ✓ Promueve valores
- ✓ Fortalece la autoestima de las familias
- ✓ Respeto la espiritualidad de las familias.

La agricultura moderna (**Tabla 04**) está hecha pensando en el dinero, busca producir en grandes cantidades para vender más. Los frutos pasan por manos de muchos negociantes antes de llegar a las familias, así los precios suben.

En cambio, la agricultura sostenible está hecha pensando en la vida de las personas, en el cuidado de la naturaleza. La producción es abundante, pero la venta es al menudeo. Así, los precios son bajos, sus cosechas son muy grandes y permanentes.

Seguridad Alimentaria

La seguridad alimentaria se refiere a que las familias cuenten con las condiciones adecuadas para producir alimentos suficientes y de calidad, garantizando su disponibilidad oportuna y un acceso seguro que cubra sus necesidades, todo ello respetando el medio ambiente. Según Bonilla et al. (2007), se considera que existe seguridad alimentaria si las familias:

Tienen tierra y recursos para producir su propio alimento.

Conocen el origen y calidad de los alimentos que consumen.

No llevar venenos químicos ni deben ser transgénicos.

Los alimentos deben ser variados

Tienen información y poder para decidir qué sembrar y cómo hacerlo en armonía con la naturaleza.

Con la agricultura sostenible se busca la soberanía alimentaria.

Hoy en día, gran parte de los alimentos provienen del exterior y a costos extremadamente altos, lo que convierte la alimentación en un privilegio exclusivo para quienes pueden costearla. Además, los créditos bancarios no deberían forzar a los agricultores a adquirir semillas híbridas o insumos químicos que afectan negativamente la vida y la biodiversidad del suelo.

La Agricultura de la Conservación (Ac)

Según FAO (2014), los sistemas de Agricultura de Conservación disminuyen el movimiento excesivo y la alteración del suelo, además de conservar los residuos de los cultivos en la superficie, con el objetivo de reducir el impacto ambiental. De esta manera, se logra:

- ✓ Garantizar y preservar condiciones óptimas en la zona radicular a la mayor profundidad posible, permitiendo que las raíces de los cultivos operen de manera eficiente y sin impedimentos para absorber agua y nutrientes esenciales para las plantas.
- ✓ Facilitar la infiltración del agua en el suelo para: (a) evitar que las plantas experimenten estrés hídrico, asegurando que puedan alcanzar su máximo potencial de crecimiento, y (b) promover el paso del agua excedente hacia el subsuelo o los cuerpos de agua cercanos, minimizando la escorrentía superficial.
- ✓ Potenciar la actividad biológica del suelo con el fin de: (a) conservar y mejorar su estructura; (b) reducir la presencia de patógenos del suelo mediante la competencia biológica; (c) incrementar el contenido de materia orgánica y

humus; y (d) mejorar la capacidad del suelo para capturar, retener y liberar gradualmente los nutrientes esenciales para las plantas.

- ✓ Prevenir cualquier daño físico o químico a las raíces que pueda interferir con su desempeño óptimo.

Según **FAO (2014)**, el objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es lograr una agricultura sostenible y rentable y en consecuencia dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de los tres principios de la Agricultura de Conservación: Inalteración mecánica del suelo; Cobertura permanente del suelo, especialmente por residuos y coberturas de cultivos; Rotación de cultivos.

Inalteración mecánica del suelo

La siembra directa (Figura 23) se refiere al cultivo que se establece sin preparar mecánicamente la cama de siembra ni alterar el suelo desde la cosecha del cultivo previo. Este término es sinónimo de agricultura de no-labranza, labranza cero y siembra directa.

La práctica de no-labranza consiste en cortar o triturar las malezas y los residuos del cultivo anterior, o bien controlarlos mediante herbicidas, para luego sembrar directamente sobre la capa de cobertura. Todos los restos del cultivo se mantienen en el suelo, mientras que los fertilizantes y enmiendas se distribuyen en la superficie o se aplican durante la siembra.

g. Efectos:

- ✓ Destrucción mínima de la estructura del suelo por pulverización, compactación y/o formación del piso de arado.
- ✓ Menor mineralización de la materia orgánica al haber menos exposición de la micro- y macrofauna del suelo a los elementos climáticos.

- ✓ Ninguna perturbación de las lombrices y otros habitantes del suelo que han mantenido la biodiversidad del suelo y una red de alimentos y actividad balanceada en el suelo, incluyendo los predadores naturales.
- ✓ Ninguna rotura de las raíces.
- ✓ Mejor infiltración y circulación del aire y el agua dentro y a través del perfil del suelo gracias al mantenimiento de los bioporos, de la cobertura vegetativa y de un óptimo enraizamiento.
- ✓ Menor evaporación al haber menos superficie de suelo desnudo.
- ✓ Velocidad de regeneración del suelo por mineralización, descomposición y reestructuración mayor que su degradación por pérdida de porosidad y de partículas (erosión) y pérdida de nutrientes de las plantas (fertilidad).
- ✓ Mejor retención y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas y menor lixiviación del nitrógeno y otros nutrientes.

h. Métodos y prácticas:

- ✓ Sin arar, sin subsolar, sin rastrear, etc.
- ✓ Siembra directa a través de los residuos de cultivos
- ✓ No incorporación de los residuos de cultivos dentro del suelo
- ✓ Cama de siembra permanente
- ✓ Rotación de cultivos, biodiversidad balanceada y pesticidas para el control de malezas/plagas, en lugar de arar o usar altas dosis de productos químicos que pueden poner en peligro la vida del suelo y perturbar la red del suelo y los procesos ecológicos, incluyendo el ciclo hidrológico y la calidad del agua.

Cobertura permanente del suelo

Mantener una cobertura permanente del suelo (Figura 24) es esencial para: Resguardar el suelo del impacto directo de la lluvia y la radiación solar; asegurar un suministro continuo de "alimentos" para los microorganismos y macroorganismos presentes en el suelo; y modificar el microclima, favoreciendo el crecimiento y desarrollo óptimos de los organismos del suelo, incluidas las raíces de las plantas.

a. Efectos:

- ✓ Mejorar la infiltración y retención de humedad en el suelo disminuye la duración e intensidad del estrés hídrico en los cultivos y aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- ✓ Proporcionar alimento, hábitat y energía para diversas formas de vida en el suelo promueve la formación de canales para el aire y el agua, la labranza biológica y el reciclaje de materia orgánica y nutrientes.
- ✓ Incrementar la formación de humus en el suelo.
- ✓ Reducir el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo disminuye la formación de costras y el sellado superficial.
- ✓ Disminuir la escorrentía y la erosión del suelo.
- ✓ Favorecer la regeneración del suelo a un ritmo superior al de su degradación.
- ✓ Atenuar las variaciones de temperatura en la superficie y dentro del suelo.
- ✓ Crear condiciones óptimas para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plántulas.

b. Métodos y prácticas recomendadas:

- ✓ Utilizar semillas mejoradas y adecuadas que permitan altos rendimientos, una producción significativa de residuos y un desarrollo óptimo de raíces.
- ✓ Implementar un manejo integrado que reduzca la competencia con el ganado y otros usos, aumentando la producción de forraje y cultivos de pastos en rotación.
- ✓ Incorporar diversos cultivos de cobertura, en especial aquellos que cumplen múltiples funciones, como fijar nitrógeno, mejorar la porosidad del suelo, controlar plagas y otros beneficios.
- ✓ Optimizar las rotaciones de cultivos considerando aspectos de espacio, tiempo y rentabilidad.
- ✓ Aplicar herbicidas de manera puntual para controlar los cultivos de cobertura y las malezas, asegurando su manejo adecuado.

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es esencial para proporcionar una "dieta" variada a los microorganismos del suelo. Al encontrarse en diferentes profundidades, estos organismos pueden explorar las distintas capas del suelo para obtener nutrientes. Los nutrientes que se han lixiviado hacia las capas más profundas, y que no están al alcance del cultivo principal, pueden ser "recuperados" mediante los cultivos utilizados en la rotación.

Este sistema actúa como una bomba biológica, permitiendo el reciclaje de nutrientes. Además, una mayor diversidad de cultivos en rotación fomenta una flora y fauna del suelo más variada. Las raíces liberan diferentes compuestos orgánicos que atraen distintos tipos de bacterias y hongos. Estos microorganismos

desempeñan un papel crucial al transformar dichas sustancias en nutrientes accesibles para las plantas (Figura 25).

a. Efectos:

- ✓ Mayor variedad en los cultivos, lo que contribuye a una alimentación más completa tanto para las personas como para los animales.
- ✓ Disminución en la frecuencia y el riesgo de plagas y malezas.
- ✓ Incremento en la formación de bioporos o canales generados por raíces de diversas formas, tamaños y profundidades.
- ✓ Mejora en la distribución de agua y nutrientes a lo largo del perfil del suelo.
- ✓ Aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos y nutricionales mediante la acción de las raíces de distintas especies en todo el perfil del suelo.
- ✓ Aumento en la fijación de nitrógeno a través de la simbiosis entre microorganismos del suelo y las plantas, logrando un mejor balance de nutrientes como N/P/K provenientes de fuentes orgánicas y minerales.
- ✓ Incremento en la producción de humus, favoreciendo la fertilidad y calidad del suelo.

b. Métodos y prácticas:

- ✓ Planificación y establecimiento de rotaciones de cultivos en función de diversos objetivos, como la producción de alimentos y forrajes (granos, hojas, tallos), generación de residuos, manejo de malezas y plagas, absorción de nutrientes y mezcla biológica en el suelo y bajo la superficie.

- ✓ Utilización de semillas mejoradas o adaptadas que permitan altos rendimientos y una abundante generación de residuos en las partes aéreas y subterráneas, considerando las condiciones específicas del clima y el suelo.

Beneficios de la Agricultura de Conservación

Según la FAO (2014), cualquier tecnología nueva debe ofrecer beneficios claros y atractivos que motiven a los agricultores a adoptar prácticas diferentes y más adecuadas a sus necesidades. En el caso de la Agricultura de Conservación, estos beneficios se agrupan en tres categorías: **económicos**, que aumentan la eficiencia productiva; agronómicos, que mejoran la calidad y productividad del suelo; y ambientales y sociales, que protegen el suelo y promueven una agricultura sostenible.

a. Beneficios Económicos

Se identifican tres beneficios económicos principales:

- ✓ Ahorro de tiempo, lo que conlleva una menor necesidad de mano de obra.
- ✓ Disminución de los costos de producción.
- ✓ Mayor eficiencia, logrando mayores rendimientos con menores inversiones económicas.

El impacto positivo de la Agricultura de Conservación en la organización del trabajo durante el ciclo productivo, y especialmente la reducción en los requerimientos de mano de obra, ha sido un factor decisivo para su adopción por parte de los agricultores en América Latina, en particular aquellos que dependen exclusivamente del trabajo familiar.

b. Beneficios agronómicos

Al adoptar la Agricultura de Conservación se genera el mejoramiento de la productividad del suelo mediante:

- ✓ El incremento de la materia orgánica.
- ✓ La conservación del agua en el suelo.
- ✓ El mejoramiento de la estructura del suelo y consecuentemente de la zona radical.

La incorporación continua de residuos de cultivos al suelo incrementa progresivamente el contenido de materia orgánica. Inicialmente, este aumento se concentra en la capa superficial del suelo, pero con el tiempo se extiende hacia las capas más profundas. La materia orgánica desempeña un papel fundamental al mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes, aumentar la capacidad de retención de agua, favorecer la formación de agregados del suelo, potenciar la labranza biológica, crear un ambiente más favorable para las raíces y facilitar la retención de nutrientes.

c. Beneficios medio ambientales

Reducción de la erosión del suelo, y de esa manera de los costos de mantenimiento de los caminos y de las plantas hidroeléctricas.

- ✓ Mejoramiento de la calidad del agua.
- ✓ Mejoramiento de la calidad del aire.
- ✓ Incremento de la biodiversidad.
- ✓ Secuestro de carbono.

Los residuos presentes en la superficie del suelo disminuyen el impacto de las gotas de lluvia, ya que estas pierden su energía antes de llegar al suelo, permitiendo que el agua se infiltre sin causar daños. Esto favorece una mayor

infiltración, reduce la escorrentía y, como resultado, disminuye la erosión. Además, los residuos actúan como una barrera física que ralentiza el movimiento del agua y del viento sobre la superficie, lo que también disminuye la evaporación.

La reducción de la erosión del suelo alcanza niveles comparables a su ritmo de regeneración, e incluso puede superarlo gracias a la acumulación de materia orgánica. Por otro lado, la erosión genera acumulación de sedimentos en los embalses, disminuyendo su capacidad de almacenamiento y aumentando los costos de mantenimiento de sistemas hidroeléctricos y de bombeo, debido al desgaste acelerado de los equipos.

En la Agricultura de Conservación (AC), una mayor cantidad de agua se infiltra en el suelo en lugar de perderse como escorrentía superficial. Esto permite que ríos y arroyos sean alimentados principalmente por flujos subterráneos, lo que hace que el agua superficial sea más limpia y con características similares a las aguas subterráneas, en contraste con las áreas de labranza intensiva donde predominan la erosión y la escorrentía. Una infiltración eficiente ayuda a prevenir inundaciones al incrementar el almacenamiento de agua en el suelo y liberarla gradualmente hacia los ríos y arroyos. Además, la infiltración contribuye a la recarga de acuíferos subterráneos, asegurando un suministro adecuado y revitalizando manantiales previamente secos.

Los sedimentos y la materia orgánica presentes en el agua superficial deben eliminarse de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua potable. Reducir la pérdida de sedimentos y la cantidad de partículas de suelo en

suspensión contribuye a disminuir los costos asociados al tratamiento del agua.

La agricultura convencional tiene un fuerte impacto en el paisaje, ya que la destrucción de la cobertura vegetal afecta significativamente a las plantas, animales y microorganismos. Si bien algunas especies logran adaptarse y convertirse en plagas, la mayoría de los organismos sufren una reducción drástica en sus poblaciones o incluso desaparecen por completo. Por otro lado, la Agricultura de Conservación, mediante la protección del suelo y el uso de coberturas vegetales, crea un entorno que favorece a especies que depredan plagas, atrayendo a su vez a otros insectos, aves y animales. Además, la rotación de cultivos y los cultivos de cobertura ayudan a preservar la biodiversidad genética, evitando su pérdida, que suele ser más común en sistemas de monocultivo.

Los sistemas que incorporan grandes cantidades de residuos de cultivos y prácticas de no-labranza promueven una mayor acumulación de carbono en el suelo, en comparación con la cantidad que se libera hacia la atmósfera. Durante los primeros años de la Agricultura de Conservación, el contenido de materia orgánica en el suelo aumenta debido a la descomposición de raíces y residuos vegetales. Este proceso de descomposición ocurre de manera lenta, lo que también retrasa la liberación de carbono a la atmósfera. Como resultado, el suelo actúa como un sumidero neto de carbono, contribuyendo de manera significativa a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ayudando a mitigar los efectos negativos del cambio climático.

Limitaciones de la Agricultura de Conservación

Una de las principales limitaciones en la implementación de la Agricultura de Conservación es la falta inicial de conocimientos específicos. No existe un modelo estándar para aplicarla, ya que cada agroecosistema tiene características únicas. En particular, la información sobre cultivos de cobertura adaptados localmente y con alta producción de biomasa suele ser limitada. El éxito de esta práctica depende, en gran medida, de la capacidad de adaptación y creatividad de los agricultores, técnicos y servicios de extensión e investigación de la región. Con frecuencia, las pruebas y errores realizadas tanto por instituciones como por los propios agricultores se convierten en la principal fuente de conocimiento disponible (FAO, 2014).

A pesar de estas limitaciones, la Agricultura de Conservación está avanzando rápidamente. En muchas regiones, ya existen organizaciones y grupos de agricultores interesados que comparten experiencias y conocimientos sobre cultivos de cobertura, herramientas y equipos utilizados en esta práctica (FAO, 2014).

Trabajo de investigación en caracterización de la materia orgánica en suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali

Tesis doctoral de Beatriz Salas Dávila (2006)-.

Objetivo general

- ✓ Determinar la materia orgánica (MO) en suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, en el departamento de Ucayali.

Objetivos Específicos

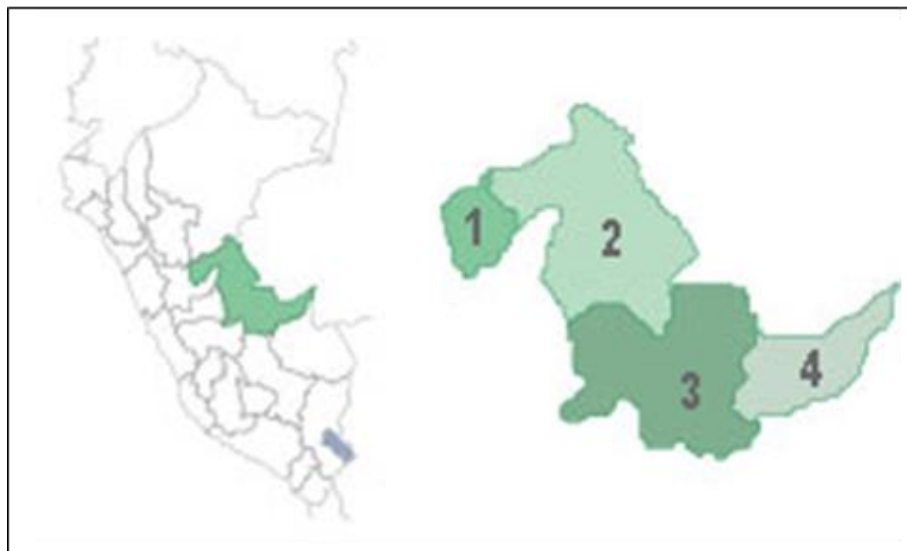
- ✓ Caracterización de los suelos y subsuelos mediante parámetros físico y químico.
- ✓ Estimación cuantitativa de las diferentes formas en los suelos seleccionados, y las formas más refractarias (sustancias húmicas) en la evaluación del carbón orgánico en ecosistemas amazónicos del Perú.

Descripción de la zona de estudio

El Perú, está situado en la parte central occidental de América del Sur, sobre la costa del Océano Pacífico, entre los 81°19'35'' y 68°30'11'' de longitud oeste y desde los 0°01'48'' a 18°21'05'' de latitud sur. El territorio peruano tiene una extensión de 1.285.215 Km² de superficie (y un mar territorial de 300.000 Km²), y está recorrido de sur a norte por la Cordillera de los Andes, configurando tres regiones naturales: La **Costa**, que es una estrecha franja desértica; la **Sierra**, de grandes montañas y estrechos valles, y la **Selva** que forma parte del gran territorio amazónico. La Selva con 75.686.560 ha constituye el 58,89% de la superficie continental y comprende longitudinalmente la Selva Alta y la **Selva Baja** y latitudinalmente las Selvas Norte, Central y Sur. La Región Ucayali cuenta con una superficie territorial de 10.241.055 ha. Se encuentra ubicada en la parte centro oriental, entre las coordenadas 07°20'23'' y 11°27'35'' de latitud sur y desde los 70°29'46'' a 75°58'08'' de latitud oeste del meridiano de Greenwich. En las figuras 3a y 3b se presentan los mapas de localización del Dpto. de Ucayali en el Perú, y de las provincias que lo componen.

Figura 1

Mapa de ubicación del departamento de Ucayali



Fisiografía, suelo, y vegetación

En el área de influencia del río Ucayali se encuentra una extensa llanura aluvial, caracterizada por una compleja formación de orillas, islas y terrazas bajas. Los suelos predominantes en esta zona son Entisoles, que presentan una reacción casi neutra y mayor fertilidad natural en comparación con los suelos de zonas más elevadas. Estos Entisoles, que representan el 17 % de los suelos de la región amazónica, son suelos jóvenes con un perfil poco desarrollado (horizonte A incipiente).

En la Región Ucayali, estos suelos se localizan principalmente en las márgenes de los ríos Ucayali, Aguaytía, San Alejandro y Utuquinía. Se forman a partir de la acumulación de sedimentos recientes depositados por las aguas de ríos y lagunas, y se caracterizan por la constante remoción y renovación de estos materiales año tras año. Los suelos aluviales predominantes se clasifican según el nivel de inundación que alcanza el río.

Restingas, Son formaciones de tierras más altas de la llanura aluvial que se forman durante la época de inundación. El agua cargada de sedimentos se

desborda del canal formando restingas de diferentes formas, que se extienden casi continuamente a lo largo de la ribera. Son depósitos de sedimentos finos (limo y arcilla) que se acumulan en capas durante la creciente. Las restingas se clasifican en bajas, medias y altas según el nivel de agua que las cubre. Las restingas bajas son cubiertas por una crecida del nivel del río de 4 m. Las restingas medias con crecida del nivel del río de 9 m. y las restingas altas pueden considerarse suelos de altura si las crecientes más altas de 10 a 11 m. no cubren estos complejos aluviales. Formaciones similares reciben el nombre de **tahuampas y tipishcas** (lagos alargados). Las primeras cubren más áreas de la llanura aluvial que otras formaciones de terreno, constituyendo la parte de la llanura que se extienden entre las restingas a menor elevación que éstas, pero a mayor que las tipishcas. El agua inunda las tahuampas por un período de 5 a 10 meses, con profundidades de 3 a 6 m. y que casi siempre están entre dos restingas. Las **tipishcas** frecuentemente interrumpen el patrón de la llanura aluvial de restingas y tahuampas. Las más grandes e impresionantes son las que forman los atajos de un meandro alargado, estas se extienden en grandes curvas de 10 a 15 km. de largo. Las tipishcas más comunes se forman por el movimiento lateral del río Ucayali, las que se encuentran circundadas por un lado por tahuampas o restingas.

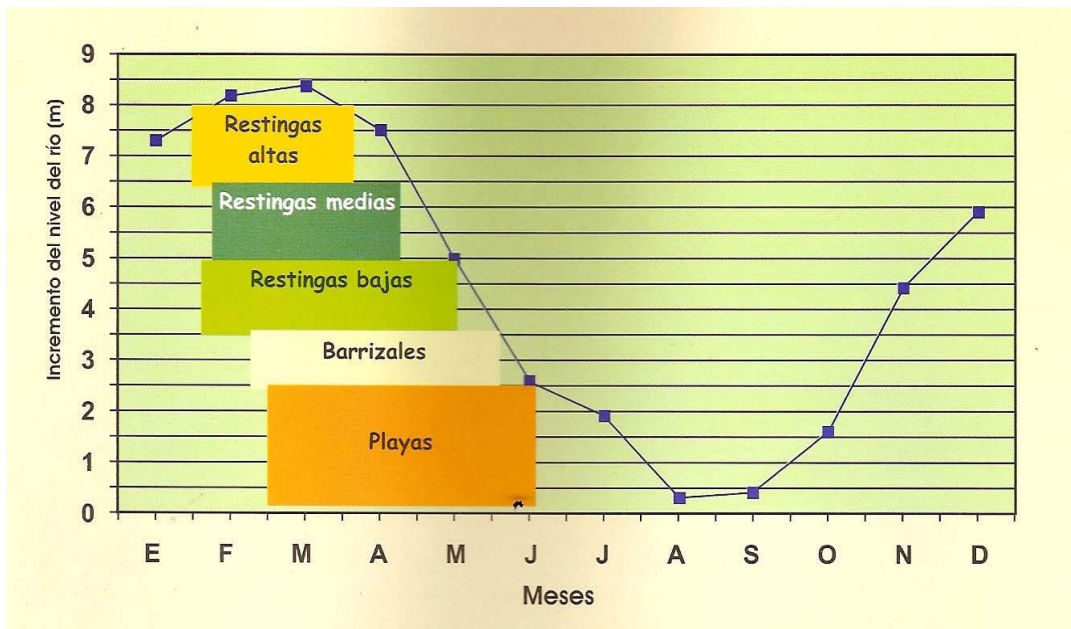
a) **Barrizales**, son depósitos de sedimentos finos (limo y arcilla) en los márgenes del río que se acumulan en la época de creciente. La cantidad y calidad del barrizal depende de la magnitud de la creciente, calidad de las partículas que arrastra el río, suelo que erosiona, volumen de agua que acarrea, velocidad de la corriente, etc. Los barrizales son suelos profundos y no presentan horizontes.

b) **Playas**, son depósitos de sedimentos gruesos (arena) que dependen del nivel

de la creciente, velocidad de la corriente y suelo erosionado (ver Fig. 4). Generalmente son móviles porque pueden aparecer por una zona y luego desaparecer por años. Las playas son suelos profundos, la cantidad y calidad depende del recorrido, caudal y configuración del río. Todos estos suelos aluviales pueden clasificarse dentro del grupo de los **Entisoles** (Hidalgo et al., 2003) y ocupan el 17% de la región amazónica (selva).

Figura 2

Formación de suelos aluviales en relación a la creciente anual del río Ucayali (De: Hidalgo et al., 2003)



En la figura 4 se muestra una representación de la formación de suelos aluviales en relación con la crecida anual del río Ucayali. En la época de menor precipitación (mayo a setiembre), se extienden largas playas y barrizales, formados por sedimentos depositados por el río en la parte interna del meandro. Las restingas están en un sitio más alto que las playas y barrizales.

Las playas de decenas y aún cientos de hectáreas de extensión permanecen sin agua de 5 a 6 meses y son menos estables que otras formaciones de tierras

que están sujetas a variaciones de año a año (Hidalgo et al., 2003).

Formando un gradiente altitudinal creciente con respecto a restingas, playas y barrizales se encuentran suelos de terrazas medias, lomas y colinas, predominantes en la Amazonía peruana. Las terrazas medias son de origen aluvial antiguo, presentan una fisiografía irregular caracterizados por superficies planas, y en algunos casos con ligeras depresiones que dan lugar a la formación de los aguajales, ecosistemas típicos de estas áreas. En las zonas montañosas los suelos son muy superficiales y con un gran potencial de erosión hídrica (Rodríguez et al., 1996). Estos suelos son variantes, bien pueden ser de tipo Ultisol e Inceptisol.

Los Ultisoles son suelos evolucionados de tonalidades rojas y amarillas, frecuentemente degradados por su uso, con horizontes bien definidos. Se caracterizan por su acidez, problemas de toxicidad por aluminio y baja fertilidad natural. Estos suelos suelen ser profundos, bien drenados y presentan un aumento significativo de contenido de arcillas con la profundidad. Generalmente, se encuentran en laderas susceptibles a la erosión.

Estos suelos abarcan el 65 % de la selva peruana y están presentes tanto en terrenos elevados de la Selva Baja como en terrazas antiguas y laderas de la Selva Alta (Ríos, 1985). En la Región Ucayali, predominan en áreas de altura como Campo Verde, a lo largo de los márgenes de las carreteras Pucallpa-Aguaytía, Campo Verde-Nueva Requena, Neshuya-Curimaná, entre otras. Parte de estos suelos también se encuentra en los aguajales.

Los Inceptisoles cubren el 14 % de la región amazónica del Perú. Son suelos relativamente jóvenes que presentan una clara diferenciación de horizontes.

Gran parte de estos suelos se encuentran en aguajales y otras áreas con drenaje deficiente, así como en terrenos escarpados.

La vegetación en estas áreas está formada por bosques diversos dispuestos en diferentes estratos (Polo y Muñoz, 1982). En las tierras bajas inundables o "aguajales", predomina la formación de palmeras conocida como aguaje, junto con otras especies como cumala, shebón, capirona y yarina. En las terrazas bajas no inundables, se encuentran especies como moena y una abundante vegetación arbustiva. En las zonas cercanas a los ríos, predominan especies como cetico y oje, entre otras. Los cultivos alimenticios más comunes en la región, en orden de importancia, son arroz, maíz, frijol, yuca, plátano y cítricos. En las áreas destinadas a la ganadería, las especies de pastos más comunes incluyen torourco, yaraguá, kudzú, braquiaria y la leguminosa Pucallpa I (Díaz, 1984).

Descripción de las zonas de muestreo y características generales de los suelos

Los suelos analizados en este estudio fueron muestreados en una zona ubicada en la Selva Baja, que abarca un área de 694.688 km². Esta área incluye los distritos de Callería, Yarinacocha y Campo Verde en la Provincia de Coronel Portillo, así como el distrito de Irazola en la provincia de Padre Abad, todos dentro de la Región de Ucayali. En la **Tabla 1** se presentan las coordenadas de las muestras, mientras que en la **Figura 1** se muestra el mapa con la ubicación geográfica de las muestras de suelo estudiadas. Las características generales de los suelos se detallan en la **Tabla 2**. Los códigos asignados a cada tipo de suelo indican la unidad fisiográfica correspondiente (B: barrizal, P: playa, R: restinga, T: terraza, y C: colina), la localización del perfil (por ejemplo, VA: Vista Alegre, NJ: Nueva Juventud), la práctica agrícola aplicada en algunos casos (como ML:

maíz-leguminosa, FF: frijol-frijol), y la profundidad a la que se extrajo la muestra (1: 0-20 cm, 2: 20-40 cm).

Tabla 1

Localización georeferenciada de los suelos del departamento de Ucayali.

Referencia	UTM	UTM	Geográficas	Geográficas
	X metros	Y metros	Longitud	Latitud
BVA	550850	9077708	74 32 17.4W	8 20 36.3S
PNJ	560300	9071780	74 27 08.2W	8 23 48.9S
PFPP	554589	9074842	74 30 15.1W	8 22 09.4S
RMVAML	551994	9077956	74 31 40.0W	8 20 28.1S
RMVAMM	551994	9078056	74 31 40.0W	8 20 24.9S
RMAPFF	549520	9077146	74 33 00.9W	8 20 54.6S
RMAPMM	549520	9077046	74 33 00.9W	8 20 57.9S
TMK21	530895	9068877	74 43 09.7W	8 25 24.4S
TMK25	528621	9068300	74 44 24.0W	8 25 43.3S
TACV2NR	520698	9065836	74 48 43.1W	8 27 03.7S
TAVHAI	494168	9023980	75 03 10.9W	8 49 46.8S
TAVHAI	494117	9023958	75 03 12.6W	8 49 47.5S
TAVHE	494256	9024146	75 03 08.0W	8 49 41.4S
TAVHC	494175	9023910	75 03 10.7W	8 49 49.0S
CSAK100	484952	9021132	75 08 12.7W	8 51 19.4S

Las características generales de los perfiles de suelo donde se han tomado las muestras se describen a continuación. Se incluye igualmente una imagen ilustrativa de cada zona.

1. Suelo barrizal (BVA-1) (BVA-2).

Localización: Caserío Vista Alegre, margen izquierdo río Ucayali, frente al Puerto del Mangual-Base Naval 150 m.s.n.m. Vegetación: Pájarobobo

Descripción: Suelo aluvial sin horizontes definidos, relativamente plano, típico en las orillas de los ríos amazónicos. Suelo que al inicio no presenta vegetación, apareciendo ésta a partir de la segunda a tercera semana del

estiaje (salida del agua). En el año 2001 fue playa, y por cambio de curso del río se acumuló barro con una textura franca-arcillo-limosa hasta un espesor de casi 1 m. Sembrado de arroz por dos años consecutivos.

Figura 3

Suelos barrizal del caserío Vista Alegre



2. Suelo playa (PNJ-1) (PNJ-2).

Localización: Caserío Nueva Juventud (ubicado en una isla), margen derecho río Ucayali, frente a la localidad de Éxito, agua arriba de Pucallpa.

Altitud a 150 m.s.n.m.

Vegetación principal: Gramalote vegetación: Pájarobobo

Descripción: de características similares al anterior, presenta textura franco-arenosa a lo largo del perfil, con más de 1 m de profundidad. Aparece de 1 a 2 meses después del estiaje, pudiendo ser playas altas en el mes de mayo o

bajas en los meses de junio y julio, dependiendo de la época en que aparecen.
Sembrado de chiclayo por dos años consecutivos.

3. Suelo playa (PFPP-1) (PFPP-2).

Localización: Frente Puerto Pucallpa, margen derecho río Ucayali: 150 m.s.n.m

Vegetación principal: Gramalote

Descripción: Suelo de textura franco-arenosa con más de 1 m de profundidad, sin perfiles definidos. Se trata de una playa media-baja propensa a inundaciones. Sembrado de Chiclayo por dos años consecutivos.

Figura 4

Suelos barrizal del caserío Vista Alegre



4. Suelo restinga media (RMVAML-1) (RMVAML-2)

Localización: Vista Alegre, margen izquierdo río medio Ucayali, frente al Ex-Puerto el Mangual. 150 m.s.n.m.

Vegetación principal: Marcosacha y gramalote. Otra vegetación: Cañabrava, cetico, otros

Descripción: Suelo de textura franco-arenosa, plano y húmedo, con horizontes bien definidos de barro y arena. Suelo agrícola sembrado de maíz durante 3 años consecutivos, y de maíz- leguminosa en el año 2003.

Figura 5

Suelos de restinga media Vista Alegre



5. Suelo restinga media (RMVAMM-1) (RMVAMM-2).

Localización: Vista Alegre, margen izquierdo río medio Ucayali, frente al Ex-Puerto el Mangual. 148 m.s.n.m.

Vegetación principal: Marcosacha y gramalote

Descripción: De similares características, pero menos húmedo que el anterior. Durante cinco años consecutivos sembrado de maíz.

6. Suelo restinga media alta (RMAPFF-1) (RMAPFF-2).

Localización: Pacacocha (distrito Yarinacocha), margen izquierdo río Ucayali y el Ex Puerto Mangual-Pucallpa. 145 m.s.n.m.

Vegetación principal: Marcosacha

Otra vegetación: Gramalote, nudillo, cetico y cañabrava

Descripción: Similar a los anteriores, de textura franco-Arenosa, plano, y menos húmedo que el RMVAML. La vegetación es más variable (siendo la original purma con predominio de cetico), y eventualmente, dependiendo del grado de la creciente, puede ser inundado o no. Durante dos años consecutivos se sembró de frijol.

Figura 6

Suelos de restinga media Vista Alegre



7. Suelo restinga media alta (RMAPMM-1) (RMAPMM-2).

Localización: Pacacocha (distrito Yarinacocha), margen izquierdo río Ucayali y el Ex Puerto Mangual-Pucallpa: 142 m.s.n.m.

Vegetación principal: Gramalote

Otra vegetación: Marcosacha y nudillo

Descripción: Suelo de textura franco-arenosa de características típicas de restingas. La vegetación original es purma con predominio de cetico. Dependiendo de la creciente suele estar inundado desde enero a marzo, y no inundados desde abril a diciembre. El año 2003 se sembró de maíz.

Figura 7

Suelos de restinga media alta Pacacocha



8. Suelo terraza media (TMK21-1) (TMK21-2).

Localización: Carretera Federico Basadre km. 21.0 a la margen derecha entre Pucallpa-Lima. 160 m.s.n.m.

Vegetación principal: Torourco

vegetación: Rabo de zorro

Descripción: Pastos mejorados que fueron degradándose como consecuencia del pastoreo de ganado vacuno, equino y ovino. Presenta finalmente un complejo de pasto natural y torourco.

Figura 8

Suelos terraza media en carretera Federico Basadre



9. Suelo terraza alta (TACV2NR-1) (TACV2NR-2).

Localización: Campo Verde Carretera Nueva Requena km. 2.0 a la margen derecha a.190 m.s.n.m.

Vegetación principal: Palmeras: Aguaje, Inayuca, Yarina, Shapaja, e Irapa y otra vegetación: Herbácea y arbustiva

Descripción: Suelo relativamente ondulado, húmedo, donde predomina las palmeras y arbustivas como atadijo, sachayute, etc.

Figura 9

Suelos terraza alta en campo verde.



10. Suelo terraza alta (TAVHI-1) TAVHI-2).

Localización: Centro poblado Von Humboldt, a la margen izquierda carretera Pucallpa-Lima km. 86. 220 m.s.n.m.

Vegetación principal: Sangre de Grado, tornillo, Capirona y guaba

Otra vegetación: Pijuayo, anona, piña, guanábana, daledale, caña de azúcar, cítricos: Naranja, limón, toronja, y mandarina

Descripción: Suelo en sistema de producción agroforestal con manejo de sangre de grado para producción de látex, asociado con tornillo, capirona, guaba, pijuayo, anona, piña, guanábana, daledale, caña de azúcar y cítricos.

Tratado con abonos orgánicos: gallinaza y compostvegetales, sin cobertura.

11. Suelo terraza alta (TAVHII-1) (TAVHII-2).

Localización: Centro poblado Von Humboldt, margen izquierda Ctra. Pucallpa-Lima km 86.. 220 m.s.n.m.

Vegetación principal: Tahuarí amarillo, shihuahuaco, tornillo, quillobordon colorado y caoba y otra vegetación: Mucuna

Profundidad: (0-20 cm)

Descripción: También en sistema de producción Agro-Bosque. Ensayo con 5 especies forestales, con abonado orgánico (gallinaza + compost vegetal) y mineral (roca fosfórica), con cobertura de mucuna.

12. Suelo terraza alta (TAVHE-1) (TAVHE-2).

Localización: Centro poblado Von Humboldt, margen izquierda Ctra. Pucallpa-Lima km 86. 220 m.s.n.m.

Vegetación Principal: Shihuahuaco, Tahuarí amarillo, estoraque, Capirona, quillobordon colorado, Huayruro rojo y Caoba.

Otra Vegetación: Kudzú

Descripción: Suelo dedicado al ensayo con 7 especies forestales, tratado con abono orgánico (gallinaza, humus de lombriz, compost vegetal) e inorgánico (roca fosfórica), con cobertura de kudzú.

13. Suelo terraza alta (TAVHC-1) . (TAVHC-2).

Localidad: Centro poblado Von Humboldt, margen izquierda Ctra. Pucallpa-Lima km 86. 220 m.s.n.m.

Vegetación Principal: Castaña, pumaquiro, caoba, pijuayo Otra Vegetación: Kudzú y centrosema

Descripción: Suelo dedicado a la introducción de castaña en sistemas silvo-pastoril, (castaña asociada con pumaquiro, caoba y pijuayo), sin aportes de abonos orgánicos, concobertura de kudzú y centrosema

14. Suelo colina alta (CSAK100-1) (CSAK100-2)

Localización: San Alejandro, a la margen derecha carretera Pucallpa-Lima km 100. 340m.s.n.m.

Vegetación principal: Maíz y Pijuayo

Otra vegetación: Arrocillo, matico y brachiaria

Descripción: Suelo relativamente alto accidentado, que presenta plantaciones de pijuayo y que por dos años consecutivos se sembró maíz: también existe otro tipo de vegetación como brachiaria, caña carrizo, cortadera, arroccillo, guaba y algunas palmeras.

Tabla 2

Características generales de los suelos

Nº	CODIGO	PROF. (cm)	UNIDAD FISIOGRAFICA	LOCALIZACIÓN	ORDEN	PRACTICA AGRÍCOLA	VEGETACION	OBSERVACIONES			
1	BVA-1	0-20	Barrizal	Vista Alegre	Entisol	Arroz-Arroz	Gramalote y pájarobobo				
2	BVA-2	20-40									
3	PNJ-1	0-20	Playa	Nueva Juventud		Chiclayo	Gramalote y pájarobobo	Muy aisladamente			
4	PNJ-2	20-40									
5	PFPP-1	0-20		Frente Puerto Pucallpa							
6	PFPP-2	20-40									
7	RMVAML-1	0-20	Restinga Media	Vista Alegre					Maíz-Leguminosa	Marcosacha y gramalote	Leguminosas de grano (menestras)
8	RMVAML-2	20-40							Maíz-Maíz		
9	RMVAMM-1	0-20									
10	RMVAMM-2	20-40				Frijol-Frijol	Marcosacha, gramalote, nudillo, cetico, otros.				
11	RMAPFF-1	0-20	Restinga Media Alta	Pacacocha							
12	RMAPFF-2	20-40									
13	RMAPMM-1	0-20									
14	RMAPMM-2	20-40									
15	TMK21-1	0-20	Terraza Media	C. Federico Basadre	Ultisol	Pasto Natural	Torourco y rabo de zorro				
16	TMK21-2	20-40		Km 21	Aguajal		De estas palmeras (aguajal) se obtiene el aguaje que es un				
17	TMK25-1	0-20		C. Federico Basadre Km							
18	TMK25-2	20-40		25-Entrada el Porvenir							
19	TACV2NR-1	0-20	Terraza Alta	Campo Verde-Carretera	Aguajal		fruto delicioso, consumido por los pobladores del sector.				
20	TACV2NR-2	20-40		Nueva Requena Km 2							
21	TAVHI-1	0-20		Von Humbold				Sangre de grado	Capirona, guaba, tornillo y	Tratado con gallinaza y	

22	TAVHI-2	20-40				frutales; sin cobertura.	compuestos vegetales.
23	TAVHII-1	0-20			Tahuarí amarillo	Especies forestales (FE)	Tratado con gallinaza, compost
24	TAVHII-2	20-40			(AT), shihuahuaco.	con cobertura de mucuna.	Veg. y roca fosfórica (FR)
25	TAVHE-1	0-20			AT, estoraque,	Especies forestales, con	Tratado con gallinaza, humus
26	TAVHE-2	20-40			Capirona, caoba, otros	cobertura de kudzú.	de lombriz, comp. veg. y FR.
27	TAVHC-1	0-20			Castaña, pumaquiro,	FE, con cobertura de kudzú	No se aplicó abono orgánico.
28	TAVHC-2	20-40			caoba y pijuayo	y centrosema.	
29	CSAK100-1	0-20	Colina	C. Federico Basadre Km	Maíz-Pijuayo	Guaba, arrocillo, matico,	
30	CSAK100-2	20-40		100-San Alejandro		Caña carrizo, cortadera, brachiaria, otros.	

CAPITULO III

3.1. Metodología de la investigación

Métodos analíticos

Preparación de las muestras de suelos para el análisis

Las muestras de suelos fueron registradas en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Tejidos Vegetales de la Estación Experimental Agraria Pucallpa del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (EEAP-INIA-Perú), y se sometieron a un proceso de secado (a temperatura ambiente entre 30-32 °C), homogeneización (molienda con rodillo manual) y tamizado (< 2 mm). Las muestras se dividieron en dos partes, una para la caracterización global mediante determinaciones de parámetros físico-químicos, que se llevaron a cabo en el EEAP-INIA-Perú, y la segunda para el desarrollo experimental del estudio integral de la materia orgánica (MO) realizado en los laboratorios del IRNAS-CSIC-España.

Determinación de parámetros físico-químicos de los suelos

Las determinaciones se han realizado siguiendo la metodología descrita en (Sales, 2003).

pH. Se determinó en suspensión suelo:agua (1:2,5) con pH-metro de electrodo combinado (Corning Mod.7).

Textura. Por densimetría: dispersión del suelo por agitación con hexametafosfato sódico y medida de la distribución de partículas según su tamaño con un hidrómetro (Bouyoucos, 1927) previamente calibrado.

Acidez o Aluminio. Por volumetría de neutralización. Extracción con ClK, luego el Al intercambiable se determinó con una solución valorada por titulación con NaOH 0.01N. Ca y Mg. Por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) en extractos de los suelos con KCl 1N

Fósforo. Método de Olsen modificado: extracción con $\text{CO}_3\text{HNa-EDTA-Superfloc}$ y medida en el espectrofotómetro de luz visible con molibdato amónico y ácido ascórbico.

K. EAA utilizando la misma solución extractante que para P

Materia Orgánica (MO). Método de Nelson & Sommers: oxidación del C orgánico (CO) con dicromato potásico en presencia de ácido sulfúrico. El exceso de oxidante se valora con sulfato ferroso amónico (sal de Möhr) y la cantidad de CO oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido.

Nitrógeno. Se determinó por el método Kjeldahl: digestión de la muestra de suelo con H_2SO_4 , y mezclas catalizadoras ($\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Se}$), seguida de una destilación y valoración con H_2SO_4 0,05N.

Saturación de aluminio. El porcentaje de saturación de aluminio, una medida útil de la acidez del suelo, es una relación entre el aluminio intercambiable extraído por una salno amortiguada de KCl y la suma de las bases cambiables más el aluminio intercambiable.

CAPITULO IV

4.1. Resultados y discusión

a. Caracterización global de los suelos

La Tabla 3 recoge los valores de los principales parámetros físico y químicos de los suelos. En la Tabla 4 se muestra el reparto cuantitativo de las diferentes formas de MO en los horizontes superficiales y profundos de los suelos estudiados. En ambos casos la suma de los porcentajes de materia orgánica ligera (MOL) y de humina (H) constituyen del 70 al 90 % de la MO. La MOL es la fracción orgánica separada por densimetría (wolframato sódico, $d = 1,8 \text{ g cm}^{-3}$) y es particularmente abundante en los horizontes superficiales, mientras que la fracción H, íntimamente asociada a la fase mineral es más rica en el subsuelo que en el suelo. Teniendo en cuenta los objetivos de este estudio el interés de la MOL es limitado y es probable que el análisis de la fracción H pueda tener una gran relevancia y, en menor medida, la fracción de ácidos fúlvicos (AF), muy abundante en algunos suelos. El estudio de ambas fracciones húmicas se abordará con posterioridad adoptando soluciones operativas que permitan su aislamiento en cantidad

suficiente para su análisis a nivel molecular. Los suelos seleccionados presentan texturas muy variables, que van desde la franco-arenosa que presentan los suelos de playa (PNJ y PFPP), con un 85 % de arenas a lo largo del perfil, a la franco-arenosa-limosa del suelo de barrizal (70 % de limos en los dos horizontes de BVA), y a la arcillosa, que presentan algunos suelos de restingas altas, y, sobre todo, el suelo de colina (CSAK), con un 75 % de arcillas. En general no se dan alteraciones texturales a lo largo del perfil, a excepción de los suelos de restingas medias (RMVA, en particular), donde se pasa de una textura arcillo-limosa en el horizonte superficial a una franco-arenosa en el subsuelo. Mientras los entisoles de barrizal, playa, restingas medias, restingas altas y ultisoles de colinas presentan un pH próximo a la neutralidad, los ultisoles típicos de terrazas presentan un pH ácido. Algunos suelos de terrazas altas presentan valores extremadamente altos de acidez (2,5-8 Cmol/l) y de saturación en aluminio (50-90 %), que los hacen particularmente inapropiados para su uso agrícola. De hecho, la toxicidad por Al es el motivo más común de la infertilidad de los suelos ácidos, y obliga al uso de medidas correctoras drásticas. Los valores de MO en el horizonte superficial (10-20 cm; marcados con **1** en la relación de muestras) reflejan la variabilidad existente entre los suelos estudiados. Así, como era de esperar los valores de MO total son bajos (< 1 %) en los suelos de playa (P), pero relativamente elevados (1.7-3.0 %) en las demás unidades fisiográficas. La influencia de la vegetación y las distintas formas de manejo se refleja claramente en los valores de MO de algunos suelos, como es el caso de las terrazas y colina cuyos suelos varían entre 2 y 3%, dependiendo del uso del suelo. En todos los casos es más elevado el

contenido en MO de los horizontes superficiales que en los subsuelos, es decir, las muestras tomadas entre 20 y 40 cm (señaladas como **2** en la relación de muestras). Es de destacar el notable contenido de MO (> 2%) en algunos horizontes profundos (20-40 cm), como es el caso de los suelos RMAPMM (2, 3 %), TACV2NR (2,1 %) y CSAK100 (2,3 %). Este dato es de especial relevancia desde el punto de vista de la capacidad de estos suelos para el secuestro de C y la influencia de prácticas de manejo concretas para este fin. El contenido en C de los horizontes profundos (B y C) presenta normalmente valores muy bajos, por lo que la MO en el subsuelo no ha sido tomada en cuenta tradicionalmente. Sin embargo, trabajos recientes han demostrado que el almacenaje de C en horizontes por debajo del A es importante y a veces superiores a los almacenados en éste (Batjes, 1996; Rumpel et al., 2002), sobre todo porque su espesor es menor. En los horizontes superficiales los contenidos de AHs siguen el orden $P < B < R < T < C$, mientras que en las muestras profundas el orden es $P < B < T < R < C$. Es notable el bajo contenido en AHs en suelos de barrizal y playas a lo largo del perfil resaltando de nuevo los elevados porcentajes de AH en algunos subsuelos de restingas media-altas, terrazas altas y colinas.

Puesto que el tiempo de residencia de la MO, medido por la edad al ^{14}C , aumenta con el perfil y puede alcanzar millares de años (Paul et al., 1997; Rumpel et al., 2002) puede admitirse que los AH más estables están presentes en mayor concentración en los horizontes profundos (Elzein y Balesdent, 1995). Estos AH han experimentado procesos de humificación y alteraciones intensos (Dell Abate et al., 2002), que conducen a una estabilización eficaz (Rovira y Vallejo, 2023).

Puede considerarse muy elevado el contenido de material lipídico de los horizontes de todos los suelos estudiados, pero destacan los valores del suelo de barrizal, y, en menor medida, de los suelos de playa. Asimismo, se puede observar los altos contenidos lipídicos en los suelos de terrazas medias en los que se ha producido la sustitución del bosque original por pastos y cultivos.

Figura 10

Distribución de las fracciones húmicas y lípidos en los horizontes superficiales

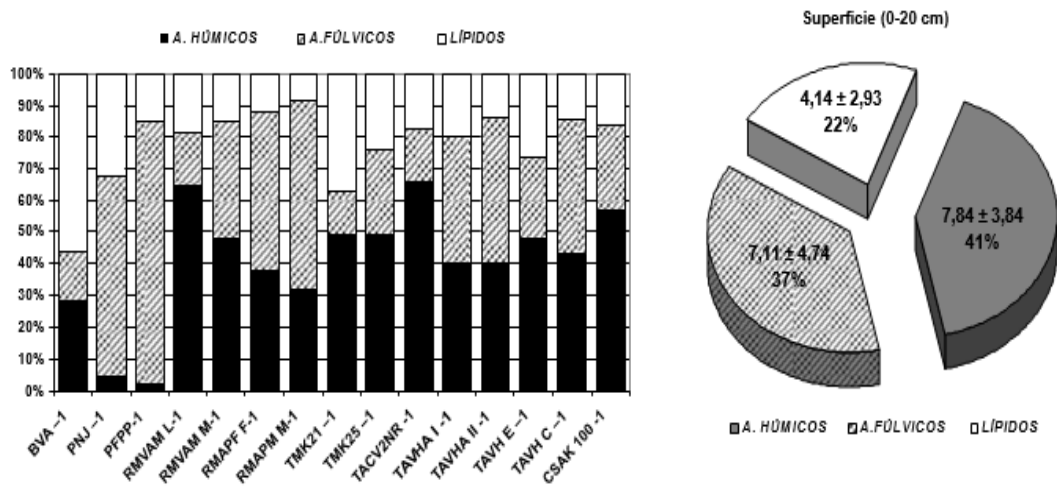


Figura 11

Distribución de las fracciones húmicas y lípidos en los horizontes profundos

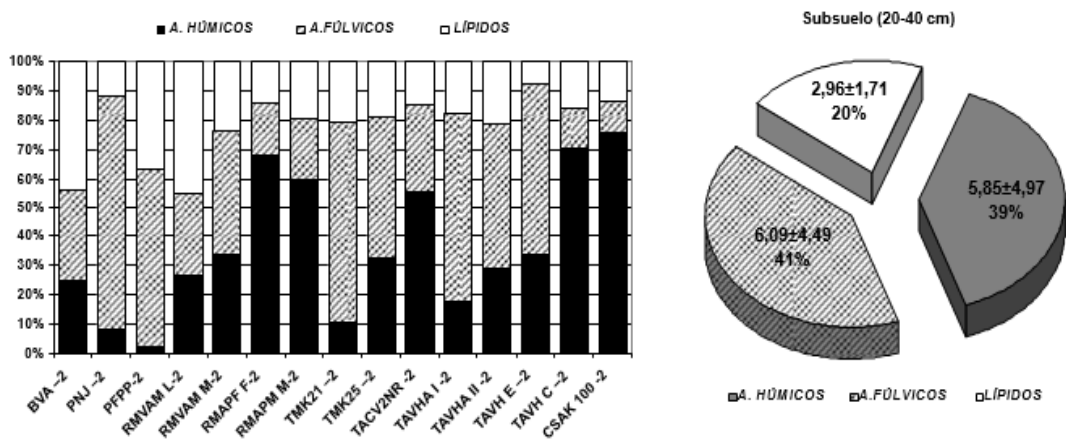


Tabla 3*Parámetros físico-químicos generales de los suelos*

N	Código	Prof. (cm)	Arena%	Limo%	Arcilla%	Textura	pH	Acidez Cmol/Lt	Sat. Al%	Lípidos%	MO%	N	Ca	Mg Cmol/Lt	K	P ppm
1	BVA -1	0-20	0.08	71.28	28.64	Fr. Ar. Li	7.55	0.20	2.62	0.24	1.76	0.08	4.99	1.73	0.71	33.5
2	BVA -2	20-40	6.08	69.28	24.64	Fr. Ar. Li	7.47	0.20	3.06	0.11	1.35	0.06	4.29	1.40	0.64	32.9
3	PNJ -1	0-20	84.08	3.28	12.64	Ar. Fr	7.91	0.20	8.51	0.02	0.69	0.03	0.94	0.58	0.63	16.0
4	PNJ -2	20-40	86.08	1.28	12.64	Ar. Fr	7.90	0.20	9.85	0.01	0.56	0.03	0.80	0.49	0.54	15.0
5	PFPP-1	0-20	84.08	3.28	12.64	Ar. Fr	7.92	0.20	9.71	0.02	0.58	0.03	0.85	0.49	0.52	16.1
6	PFPP-2	20-40	86.08	1.28	12.64	Ar. Fr	7.85	0.20	10.31	0.02	0.52	0.02	0.75	0.49	0.50	14.5
7	RMVAM L-1	0-20	0.80	54.56	44.64	Arc. Li	7.07	0.10	1.12	0.06	2.07	0.09	4.79	2.72	1.34	26.2
8	RMVAM L-2	20-40	52.80	28.56	18.64	Fr. Arc	7.59	0.10	2.16	0.04	0.89	0.04	2.25	1.32	0.97	18.2
9	RMVAM M-1	0-20	2.80	48.56	48.64	Arc. Li	7.24	0.10	1.41	0.05	2.05	0.09	3.64	2.39	0.97	24.7
10	RMVAM M-2	20-40	54.80	28.56	16.64	Fr. Arc	7.68	0.10	2.60	0.02	0.93	0.04	1.90	1.07	0.78	18.5
11	RMAPP F-1	0-20	0.08	49.28	50.64	Arc. Li.	7.13	0.20	2.25	0.05	2.58	0.12	4.89	3.13	0.66	24.8
12	RMAPP F-2	20-40	2.08	51.28	46.64	Arc. Li.	7.01	0.10	1.24	0.04	1.88	0.08	4.44	2.88	0.63	24.0
13	RMAPM M-1	0-20	0.08	47.28	52.64	Arc. Li.	5.98	0.10	1.31	0.06	2.56	0.12	3.79	3.13	0.64	35.6
14	RMAPM M-2	20-40	2.08	45.28	52.64	Arc. Li.	6.56	0.10	1.08	0.05	2.27	0.10	4.89	3.70	0.56	24.3
15	TMK21 -1	0-20	40.08	35.28	24.64	Fr. Arc.	5.34	0.20	12.42	0.16	2.45	0.11	0.60	0.41	0.40	14.4
16	TMK21 -2	20-40	34.08	33.28	32.64	Fr. Arc.	5.45	0.20	28.17	0.04	1.33	0.06	0.10	0.08	0.33	9.80
17	TMK25 -1	0-20	43.36	34.72	21.92	Fr.	5.61	0.40	10.70	0.12	2.43	0.11	1.95	0.99	0.40	116.6
18	TMK25 -2	20-40	33.36	40.72	25.92	Fr. Arc.	5.75	0.30	17.14	0.05	1.31	0.06	0.80	0.58	0.07	21.1
19	TACV2NR -1	0-20	47.36	28.72	23.92	Fr.	5.57	0.80	38.10	0.12	3.39	0.15	0.50	0.41	0.39	12.6
20	TACV2NR -2	20-40	33.36	30.72	35.92	Fr. Arc.	5.41	1.70	58.42	0.04	2.10	0.09	0.45	0.41	0.35	10.9
21	TAVHA I -1	0-20	50.08	23.28	26.64	Fr. Arc.	5.06	2.50	68.68	0.08	2.03	0.09	0.40	0.33	0.41	14.9
22	TAVHA I -2	20-40	42.08	23.28	34.64	Fr. Arc.	5.30	4.90	86.88	0.02	1.31	0.06	0.25	0.16	0.33	9.48
23	TAVHA II -1	0-20	36.08	21.28	42.64	Arc.	5.21	2.20	35.95	0.05	2.05	0.09	1.80	1.65	0.47	12.6
24	TAVHA II -2	20-40	32.08	29.28	38.64	Fr. Arc.	5.29	6.70	62.38	0.02	1.55	0.07	1.95	1.73	0.36	9.48
25	TAVH E -1	0-20	39.36	28.00	32.64	Fr. Arc.	4.84	4.70	82.89	0.10	2.00	0.09	0.30	0.25	0.42	14.5
26	TAVH E -2	20-40	31.36	22.00	46.64	Arc.	5.16	8.20	92.97	0.03	1.39	0.06	0.20	0.08	0.34	13.1
27	TAVH C -1	0-20	45.36	24.00	30.64	Fr. Arc.	5.07	3.30	77.46	0.03	1.55	0.07	0.35	0.25	0.36	12.8
28	TAVH C -2	20-40	33.36	24.00	42.64	Arc.	5.23	6.70	93.18	0.03	1.02	0.05	0.10	0.08	0.31	10.3
29	CSAK 100 -1	0-20	5.36	20.00	74.64	Arc.	6.09	0.20	1.38	0.12	2.91	0.13	7.63	6.17	0.46	12.3
30	CSAK 100 -2	20-40	3.36	20.00	76.64	Arc.	6.27	0.20	1.79	0.07	2.29	0.10	6.49	4.12	0.38	10.7

b. Textura del suelo

La textura es un indicador clave en la evaluación de suelos, ya que afecta directamente la retención de agua, aireación y capacidad de intercambio de nutrientes. En este análisis, predominan las texturas **arcillosas**, **franco arcilloso**, y **areno franca**, con mayor proporción de suelos arcillosos en las profundidades superficiales. Según Brady y Weil (2017), los suelos arcillosos tienen alta capacidad de retención de agua y nutrientes, pero presentan riesgo de compactación, mientras que los suelos arenosos tienen baja retención hídrica, limitando la disponibilidad de nutrientes esenciales. Esto se observa en las muestras con alta proporción de arena, como en PNJ-1 y PNJ-2 (p. 1).

c. pH del Suelo

Los valores de pH varían entre **4.84** (muy ácido) y **7.92** (alcalino), lo que refleja una diversidad de condiciones químicas. Los suelos ácidos ($\text{pH} < 5.5$) muestran mayores saturaciones de aluminio, como en TAVH E-2 (pH 5.16, Sat. Al 8.2%, p. 2). Según Sumner (2000), la alta saturación de aluminio en suelos ácidos puede ser tóxica para las raíces, limitando el crecimiento y la absorción de nutrientes, especialmente fósforo (P), cuya fijación en formas insolubles también es común en este rango de pH. Por otro lado, los suelos neutros y ligeramente alcalinos favorecen la disponibilidad de calcio y magnesio, como en BVA-1 y BVA-2 (pH 7.55 y 7.47, Ca 4.99 y 4.29 cmol/L, respectivamente, p. 1), coincidiendo con las observaciones de Havlin et al. (2013).

d. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica (MO) muestra una marcada variabilidad, siendo más alta en los horizontes superficiales (0-20 cm) que en los más profundos (20-40

cm). Esto se alinea con Brady y Weil (2017), quienes señalan que la acumulación de MO en las capas superiores se debe a la deposición de restos orgánicos y mayor actividad biológica. Por ejemplo, TMK21-1 presenta un contenido de MO del 12.42%, significativamente superior al promedio, mientras que las capas más profundas, como TAVH C-2, tienen valores bajos (MO 0.03%, p. 2). Este patrón es crucial para la fertilidad del suelo, ya que la MO mejora la estructura, retención de agua y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

e. Nutrientes Esenciales

Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): La disponibilidad de estos nutrientes es mayor en suelos neutros y alcalinos, como en CSAK100-1 (pH 6.09, Ca 7.63 cmol/L, Mg 6.17 cmol/L, p. 2). Según Havlin et al. (2013), esto es típico debido a la menor lixiviación y mayor estabilidad de estos cationes en rangos de pH óptimos.

Potasio (K): Aunque varía, su concentración es generalmente baja en suelos ácidos, como TAVHA II-2 (K 0.07 cmol/L, p. 2), lo que coincide con la tendencia de lixiviación de este nutriente en suelos de alta acidez (Sumner, 2000).

Fósforo (P): Las concentraciones de P son notablemente bajas en suelos ácidos debido a su fijación en formas insolubles, como se observa en TMK21-2 (pH 5.45, P 0.08 ppm, p. 2). Este fenómeno está documentado por Brady y Weil (2017), quienes sugieren enmiendas como la aplicación de fosfatos solubles para mejorar su disponibilidad.

f. Saturación de Aluminio (Sat. Al)

La saturación de aluminio es alta en suelos ácidos, como en TAVH C-2 (Sat. Al 6.70%, p. 2). Según Fageria (2012), la toxicidad por aluminio puede causar reducción del crecimiento radicular y limitación en la absorción de nutrientes, afectando significativamente la productividad agrícola. Esto se refleja en los suelos con pH < 5.5, que requieren enmiendas calcáreas para neutralizar la acidez y reducir la disponibilidad de aluminio tóxico.

Tabla 4

Distribución cuantitativa (%) de formas de materia orgánica en los suelos

	M O	A.HUMICOS	A.FULVIC OS	LIPIDOS	MOL+H
BVA -1	1,76	6,82	3,75	13,64	75,80
PNJ -1	0,69	0,43	5,65	2,90	91,01
PFPP-1	0,58	0,52	18,79	3,45	77,24
RMVAM L-1	2,07	10,10	2,61	2,90	84,40
RMVAM M-1	2,05	7,70	5,99	2,44	83,87
RMAPF F-1	2,58	6,12	8,23	1,94	83,71
RMAPM M-1	2,56	8,91	16,77	2,34	71,98
TMK21 -1	2,45	8,67	2,31	6,53	82,49
TMK25 -1	2,43	10,29	5,52	4,94	79,26
TACV2NR -1	3,39	13,30	3,31	3,54	79,84
TAVHA I -1	2,03	8,04	8,04	3,94	79,98
TAVHA II -1	2,05	7,21	8,31	2,44	82,05
TAVH E -1	2	9,19	5,00	5,00	80,81
TAVH C -1	1,55	5,71	5,65	1,94	86,71
CSAK 100 -1	2,91	14,53	6,76	4,12	74,59
MEDIAS	2,07	7,84	7,11	4,14	80,91
STD	0,74	3,84	4,74	2,93	4,87

En la tabla 3 detalla las concentraciones de materia orgánica (MO), ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, lípidos y la relación de MO + H en diferentes muestras de suelo. La MO promedio es **2.07%**, con un rango entre **0.58%** (PFPP-1) y **3.39%** (TACV2NR-1). Suelos con mayor MO suelen estar relacionados con una mejor capacidad de retención de agua, nutrientes y actividad biológica (Brady & Weil, 2017). Muestras como TACV2NR-1 y

CSAK 100-1 destacan por sus altos valores de MO, indicando suelos de mejor calidad para actividades agrícolas. **Ácidos húmicos:** Promedio de **7.84%**, con TACV2NR-1 mostrando el valor más alto (**13.30%**) y PNJ-1 el más bajo (**0.43%**). Esto indica que los suelos con mayores niveles de MO, como TACV2NR-1, tienen una mayor proporción de ácidos húmicos, clave para la estructura del suelo y su fertilidad (Havlin et al., 2013). **Ácidos fúlvicos:** Promedio de **7.11%**, con una variación significativa (STD = 4.74). Valores altos como en RMAPM M-1 (**16.77%**) reflejan suelos con alta capacidad de movilizar nutrientes hacia las plantas debido a la mayor solubilidad de los ácidos fúlvicos. **Lípidos:** Promedio de **4.14%**, con un rango de **1.94%** (RMAPF F-1 y TAVH C-1) a **18.79%** (PFPP-1). Los lípidos son indicadores de la presencia de compuestos orgánicos específicos, y sus niveles altos pueden estar asociados a la acumulación de residuos orgánicos (Sumner, 2000). **MO + H:** El índice promedio es **80.91**, con variaciones relativamente bajas (STD = 4.87), indicando una estabilidad en la relación entre materia orgánica y componentes húmicos en las muestras analizadas. Los valores más altos en muestras como PNJ-1 (**91.01**) y TAVH C-1 (**86.71**) reflejan suelos equilibrados en términos de calidad orgánica.

Los ácidos húmicos y fúlvicos son componentes clave de la MO, actuando como quelantes naturales que facilitan la disponibilidad de micronutrientes. Según Havlin et al. (2014), los suelos con alta proporción de estos ácidos, como CSAK 100-1 y TACV2NR-1, mejoran la estructura del suelo y la capacidad de intercambio catiónico, fundamentales para la agricultura sostenible. Aunque la MO total es relativamente baja en algunas muestras, como PFPP-1 (MO 0.58%), el contenido de lípidos es excepcionalmente alto

(18.79%). Esto podría estar relacionado con la acumulación de compuestos orgánicos específicos o una menor descomposición de residuos orgánicos debido a condiciones ambientales particulares (Brady & Weil, 2017). La desviación estándar más alta se observa en los ácidos fúlvicos (STD = 4.74), lo que sugiere que estos componentes presentan la mayor variabilidad entre las muestras. Esto podría atribuirse a diferencias en la actividad biológica, el manejo del suelo y las condiciones climáticas (Sumner, 2000). Suelos con valores altos de MO, ácidos húmicos y MO + H, como TACV2NR-1, CSAK 100-1 y TACV2NR-1, reflejan mejores condiciones para el desarrollo agrícola, mientras que suelos como PFPP-1 requieren intervenciones para mejorar su calidad.

Tabla 5

Distribución cuantitativa (%) de formas de materia orgánica en los suelos

	MO	A.HÚMICOS	A.FÚLVICOS	LÍPIDOS	MOL+H
BVA -2	1,35	4,59	5,70	8,15	81,56
PNJ -2	0,56	1,25	12,50	1,79	84,46
PFPP-2	0,52	0,19	6,35	3,85	89,62
RMVAM L-2	0,89	2,70	2,81	4,49	90,00
RMVAM M-2	0,93	3,09	3,89	2,15	90,87
RMAPF F-2	1,88	10,33	2,78	2,13	84,76
RMAPM M-2	2,27	6,86	2,40	2,20	88,54
TMK21 -2	1,33	1,53	10,05	3,01	85,41
TMK25 -2	1,31	6,51	9,80	3,82	79,87
TACV2NR -2	2,1	7,02	3,78	1,90	87,30
TAVHA I -2	1,31	1,55	5,65	1,53	91,26
TAVHA II -2	1,55	1,78	3,00	1,29	93,93
TAVH E -2	1,39	10,07	17,55	2,16	70,22
TAVH C -2	1,02	13,28	2,66	2,94	81,13
CSAK 100 -2	2,29	16,98	2,45	3,06	77,52
	1,38	5,85	6,09	2,96	85,10
	0,56	4,97	4,49	1,71	6,24

El análisis del siguiente cuadro Tabla 4 suelo detalla el contenido de materia orgánica (MO) y sus componentes principales (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y lípidos) junto con la relación MO + H en diferentes muestras de

suelo. La interpretación de los datos se centra en la fertilidad del suelo, estabilidad estructural y dinámica de los compuestos orgánicos. La MO tiene un promedio de **1.38%**, con valores que oscilan entre **0.52% (PFPP-2)** y **2.29% (CSAK 100-2 y RMAPF F-2)**. Los valores bajos de MO, como en PFPP-2, indican suelos empobrecidos que podrían requerir enmiendas orgánicas para mejorar la capacidad de retención de nutrientes y agua. Los valores altos, como en CSAK 100-2 y RMAPF F-2, reflejan suelos con mayor actividad biológica y mejores condiciones para el crecimiento vegetal, como lo indican Brady y Weil (2017). Los **ácidos húmicos (AH)**: Promedio de **5.85%**, con una amplia variación entre **0.19% (PFPP-2)** y **16.98% (CSAK 100-2)**. Muestras como CSAK 100-2 destacan por su alto contenido de AH, lo que indica una mejora en la capacidad de retención de nutrientes y estructura del suelo (Havlin et al., 2014). Valores bajos, como en PFPP-2, reflejan menor calidad de la fracción húmica del suelo, lo que podría limitar su fertilidad. Los ácidos fúlvicos (AF) en promedio de **6.09%**, con máximos en TAVH E-2 (**17.55%**) y mínimos en TAVHA II-2 (**3.00%**). Los AF son solubles en una mayor gama de pH, contribuyendo al transporte de nutrientes hacia las raíces. Valores altos indican un suelo con mayor movilidad de nutrientes (Sumner, 2000). Los lípidos promedian **2.96%**, con valores más altos en TMK25-2 (**9.80%**) y más bajos en TAVHA II-2 (**1.29%**). Los lípidos reflejan la presencia de compuestos orgánicos derivados de residuos vegetales y microorganismos. Valores altos, como en TMK25-2, pueden estar relacionados con acumulación de materia orgánica no descompuesta. Valores bajos podrían indicar una menor actividad biológica o limitaciones en la acumulación de residuos orgánicos. La relación MO + H promedia

85.10, con máximos en TAVHA II-2 (**93.93**) y mínimos en TAVH E-2 (**70.22**). Valores altos en MO + H indican una buena relación entre la materia orgánica total y su fracción húmica, como en TAVHA II-2. Esto es favorable para la retención de nutrientes y estabilidad estructural.

Los valores bajos, como en TAVH E-2, sugieren una desproporción en la fracción orgánica, posiblemente relacionada con acumulación de material no humificado.

CONCLUSIONES

- ✓ En el Perú, se conoció que de las 128,521,560 ha de territorio del país, sólo el 7% de suelos son de aptitud agropecuaria. Por su parte, se entiende como Agricultura Sostenible o Sustentable aquel modelo caracterizado por su inocuidad medioambiental y preservación de los recursos naturales.
- ✓ Se reconoció que los suelos están compuestos básicamente de material orgánico, inorgánico y organismos diversos; cuyo perfil presenta horizontes variados según los pisos ecológicos presente; así mismo se clasifican según regiones geoedáficas en 8 tipos de suelos; cuyas propiedades físicas o mecánicas del suelo son: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color.
- ✓ Se identificó que los suelos con presencia de materia orgánica (humus), determina la fertilidad y la buena producción agropecuaria; la fertilidad de los suelos depende de la disponibilidad de agua, espesor del suelo, cantidad de materia orgánica y organismos vivos, cantidad de macro y micronutrientes y pH del suelo y, finalmente la degradación que presentan los suelos agrícolas del Perú es ocasionada por erosiones y deterioros físico y químicos.
- ✓ La problemática de los suelos es grave y conlleva a su destrucción y baja producción agropecuaria así en la costa existen salinización, desertificación y erosiones, en la sierra, erosiones, sobrepastoreo y quema, en la selva hay erosiones y pérdida de fertilidad.
- ✓ La conservación de los suelos conduce a educar a la población para erradicar prácticas muy negativas como la quema, uso de tierras en función a su potencial (cultivos en limpio, cultivos permanentes, para pastoreo, forestal o protección), así como usar métodos de conservación natural y/o artificial.
- ✓ Se reconoció que a través de la zonificación ecológica y económica de los suelos en

el Perú permite sectorizar e identificar las diferentes alternativas de uso sostenible que tienen.

- ✓ A través del modelo de Agricultura Sostenible se alcanza la inocuidad medioambiental y la preservación de los recursos naturales, así como, contribuye a paliar el hambre en las áreas rurales y mejora sustancialmente los suelos degradados.
- ✓ Dentro de los desafíos de la Agricultura Sostenible se tienen, competencia de los recursos naturales, cambio climático y nuevas enfermedades y políticas y mecanismos de producción inadecuadas.
- ✓ Se reconoció que la Agricultura Sostenible tiene cuatro dimensiones: dimensión agroecológica, dimensión social, dimensión económica y dimensión cultural. Así como la seguridad alimentaria se alcanza cuando se tiene condiciones necesarias para producir alimentos y tener disponibilidad oportuna y acceso seguro para satisfacer sus necesidades respetando el medio ambiente.
- ✓ Se conoció que la Agricultura Sostenible aplicado a través de la Agricultura de Conservación postula tres principios básicos: Inalteración mecánica del suelo, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos, ello conduce a tener beneficios económicos, agronómicos y medioambientales.
- ✓ Finalmente, dentro de las limitaciones de la Agricultura de Conservación se tiene la falta de conocimiento, no existe prototipo disponible de la Agricultura de Conservación.
- ✓ Las características edáficas y determinadas prácticas de manejo agrícola y agroforestal indican una acumulación y estabilización de materia orgánica (MO) en los suelos estudiados representativos de ecosistemas de la Amazonía peruana. Este fenómeno se refleja particularmente en los elevados contenidos de MO en los horizontes profundos de los siguientes sistemas: suelo de la restinga medio-alta

localizada en Pacacocha dedicado al cultivo de maíz (RMAPMM), con un 2.27 % suelo de la terraza alta localizada en Campo Verde-Nueva Requena km. 2.0, con vegetación predominante de palmeras (aguajales) (TACV2NR), que contiene un suelo de la terraza alta localizada en el poblado Von Humboldt (TAVHAI) dedicado a la producción de especies forestales (Tahuarí amarillo, shihuahuaco, caoba, tornillo y quillobordón colorado) con cobertura de leguminosas (mucuna), con un 1.55 % suelo de colina localizado en San Alejandro Km. 100.0 (CSAK100), dedicado a la rotación maíz-pijuayo, con un 2.29.

- ✓ El análisis refleja una variabilidad significativa en las propiedades físico-químicas de los suelos. Los suelos neutros y ligeramente alcalinos con alta materia orgánica presentan mejores condiciones para la fertilidad, mientras que los suelos ácidos y arenosos enfrentan limitaciones importantes. La interpretación de estos datos respalda estrategias de manejo diferenciadas, como la incorporación de materia orgánica, enmiendas calcáreas y fertilización específica para mejorar la productividad de los cultivos.
- ✓ El análisis muestra una relación directa entre la MO y sus componentes, como ácidos húmicos y fúlvicos, en la calidad del suelo. Las muestras con alta MO y proporción de ácidos húmicos, como TACV2NR-1 y CSAK 100-1, son indicadores de suelos fértiles con alta capacidad de retención de nutrientes. Se recomienda enfocar estrategias de manejo en suelos con baja MO, como PFPP-1, para mejorar su capacidad productiva mediante la incorporación de materia orgánica y enmiendas orgánicas.
- ✓ Las muestras como CSAK 100-2 y RMAPF F-2 destacan por su alto contenido de MO y ácidos húmicos, lo que indica suelos con buenas propiedades estructurales y capacidad de retención de nutrientes. Estos suelos son ideales para cultivos

exigentes.

- ✓ Las muestras como PFPP-2 requieren estrategias de manejo como la incorporación de enmiendas orgánicas y prácticas de conservación para mejorar su fertilidad.
- ✓ La proporción húmica y relación MO + H es un indicador crucial de la estabilidad orgánica y el potencial de fertilidad del suelo. Muestras con altos valores como TAVHA II-2 reflejan condiciones favorables para el desarrollo agrícola.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar más investigaciones sobre métodos de deterioro ambiental de los suelos de costa, sierra y selva, inclusive usando técnicas ancestrales como aquella heredada de los Incas.
- ✓ El gobierno nacional, gobiernos regionales y locales deben incentivar la aplicación de la Agricultura Sostenible y con ello garantizar el uso adecuado de los recursos y una mejor disponibilidad de los alimentos en todos los sectores, especialmente de familias más desposeídas.
- ✓ Las universidades e institutos a través de estudiantes como practicas pre profesionales deben proveer de conocimientos para la aplicación de la agricultura de Conservación.
- ✓ Se recomienda efectuar más investigaciones relacionadas a enfermedades nuevas (roya del café y otras) que estén vinculadas al sector agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, M. y Cl. Nicholls. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable [en línea]. Mexico: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe; 2000. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014].URL disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/ea/descargas/altieri01.pdf>

Bonilla R; Amanda Pablo A; Reyes C; Araúz R. y M. López. La Agricultura Sostenible La Mejor Cosecha [en línea]. San Salvador: Secretariado Social-Caritas. Arquidiócesis de San Salvador; 2007. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014].URL disponible en: <http://biointensivo.ourproject.org/dox/La%20Agricultura%20Sostenible%20-%20La%20Mejor%20Cosecha.pdf>

Brack. A. y C. Mendiola. Ecología del Perú. Enciclopedia Virtual [en línea]. Lima, Peru: Peru Ecológico; 1997. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014].URL disponible en: <http://www.peruecologico.com.pe/libro.htm>

Batjes, N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur J Soil Sci. 47: 63-151.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson Education. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3292707>

Diccionario de Lombricultura. Agricultura Sostenible y Agricultura Sustentable [en línea]. La Plata, Argentina: ManualdeLombricultura.com, Terminología utilizada en Lombricultura y Agricultura Orgánica; 2014. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014].URL disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/219.html>

Díaz, E.J., 1984. Suelos en relación a la fisiografía en la zona de Pucallpa. pp. 3-13.

Dell'Abate, M.T., Benedetti, A., Trinchera, A., and Dazzi, C., 2002. Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert. *Geoderma*, Volume 107, 281-296.

EcuRed. Agricultura sustentable [en línea]. Cuba: EcuRed; 2011. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Agricultura_sustentable

Elzein, A., Balesdent, J., 1995. Mechanistic simulation of vertical distribution of carbon concentrations and residence times in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 1328-1335.

Fageria, N. K. (2012). *Improving nutrient use efficiency in crop production*. CRC Press.

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=sa7WEbXcai0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fageria,+N.+K.+\(2012\).+Improving+nutrient+use+efficiency+in+crop+production.+CRC+Press.&ots=iv2nhY84bd&sig=KMa5PKfNfCOZiL04TYkSkGmxuOE#v=onepage&q=Fageria%2C%20N.%20K.%20\(2012\).%20Improving%20nutrient%20use%20efficiency%20in%20crop%20production.%20CRC%20Press.&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=sa7WEbXcai0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fageria,+N.+K.+(2012).+Improving+nutrient+use+efficiency+in+crop+production.+CRC+Press.&ots=iv2nhY84bd&sig=KMa5PKfNfCOZiL04TYkSkGmxuOE#v=onepage&q=Fageria%2C%20N.%20K.%20(2012).%20Improving%20nutrient%20use%20efficiency%20in%20crop%20production.%20CRC%20Press.&f=false)

Gliessman, S. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible [en línea]. Turrialba, Costa Rica: LITOCAT; 2002. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014].

URL disponible en:

<http://academic.uprm.edu/dpesante/docsagricultura/agroecologiaprocesos%20ecologicos%20en%20agricultura%20sostenible.pdf>

Hidalgo, L.F., Seijas, Z.P., Vásquez, M., 2003. Suelos aluviales: un potencial de desarrollo agrícola en Ucayali. Manual N° 01. Instituto nacional de investigación agraria (INIA). Pucallpa, Perú. pp. 8-46.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2014) Soil Fertility and Fertilizers; An Introduction to Nutrient Management. 6th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2613443>

Mézquita, E. Hacia La Sostenibilidad De Los Suelos En Los Llanos Orientales De Colombia [en línea]. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); 2000. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: http://webpc.ciat.cgiar.org/suelos/e_nacionales/hacia_sostenibilidad.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). El Suelo [en línea]. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego; 2013. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/recursos-naturales/suelo>

Montes, P. Agricultura Sostenible Una salida a la pobreza para la población de Perú y Bolivia [en línea]. Eschborn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ); 2008. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: www.mamud.com/Docs/sustainet_latam_complete.pdf

Muro, E. Agricultura sostenible: Breve enciclopedia del Ambiente [en línea]. Mendoza, Argentina: CRICYT; 2011. . [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/AgriSos.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)^a. La FAO y la Agenda de desarrollo Post-2015. Informe Temático: Agricultura Sostenible [en línea]. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura; 2014. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/post-2015/14_themes_Issue_Papers/SP/12_Agricultura_Sostenible.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)^b.

Conservación de los recursos naturales para una Agricultura Sostenible, adopción de la Agricultura de Conservación [en línea]. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2014. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/cp/introduction.pdf

Pérez, K y N. Zabala. Agricultura Sostenible [en línea]. País Vasco, España: Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo. País Vasco; 2006. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/7>

Polo, A., Muñoz A., 1982. Climatología del Valle de Pucallpa. Pp. 4-26

Ríos, O. 1985. Fertilidad de suelos amazónicos. UNU. Pucallpa. pp 3-4.

Rodríguez, F., Castro, I., Bendayán, L, Escobedo, R., Quevedo, A., Mercado, Gabriel., Limachi, L., 1996. Deforestación en el área de influencia de la carretera basadre-Pucallpa. Institutote investigaciones de la amazonía peruana (IIAP). Comité de reforestación de Pucallpa. Iquitos, Perú. pp. 20-73.

Rumpel, C., Kögel-Knabner, I., 2002. The role of lignite in the carbon cycle of lignite-containing mine soils: evidence from carbon mineralisation and humic acid extractions. Org Geochem. 33: 9-393.

Sales. B., 2003. Estudio sobre los efectos de los incendios forestales en la materia orgánica de los suelos. XL Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal. pp. 7-35.

Sales Dávila, B. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistema amazónicos del Perú, Departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro de carbono. hrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterización%20de%20la%20materia%20orgánica%20de%20suelos.pdf

Sumner, M. E. (2000). *Handbook of soil science*. CRC Press.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2972600>

Sullivan, P. El Manejo Sostenible de Suelos [en línea]. Jackson, Mississippi, EUA: Centro Nacional para la Tecnología Apropiada (NCAT); 2007. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: <https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php?id=282>

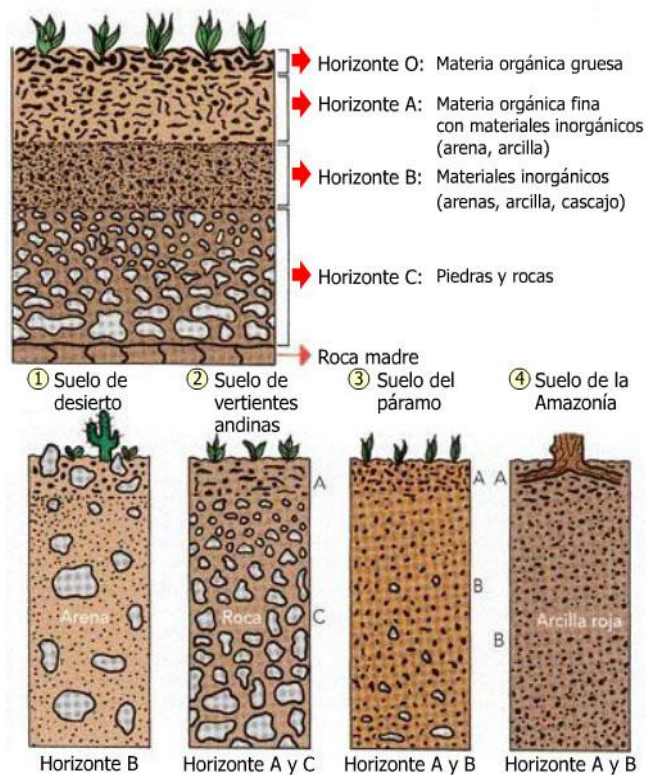
Unión Europea. Una Agricultura Sostenible para el futuro que queremos [en línea]. Comisión Europea; 2012. [Fecha de acceso 15 de julio del 2014]. URL disponible en: http://ec.europa.eu/agriculture/events/2012/rio-side-event/brochure_es.pdf

ANEXOS

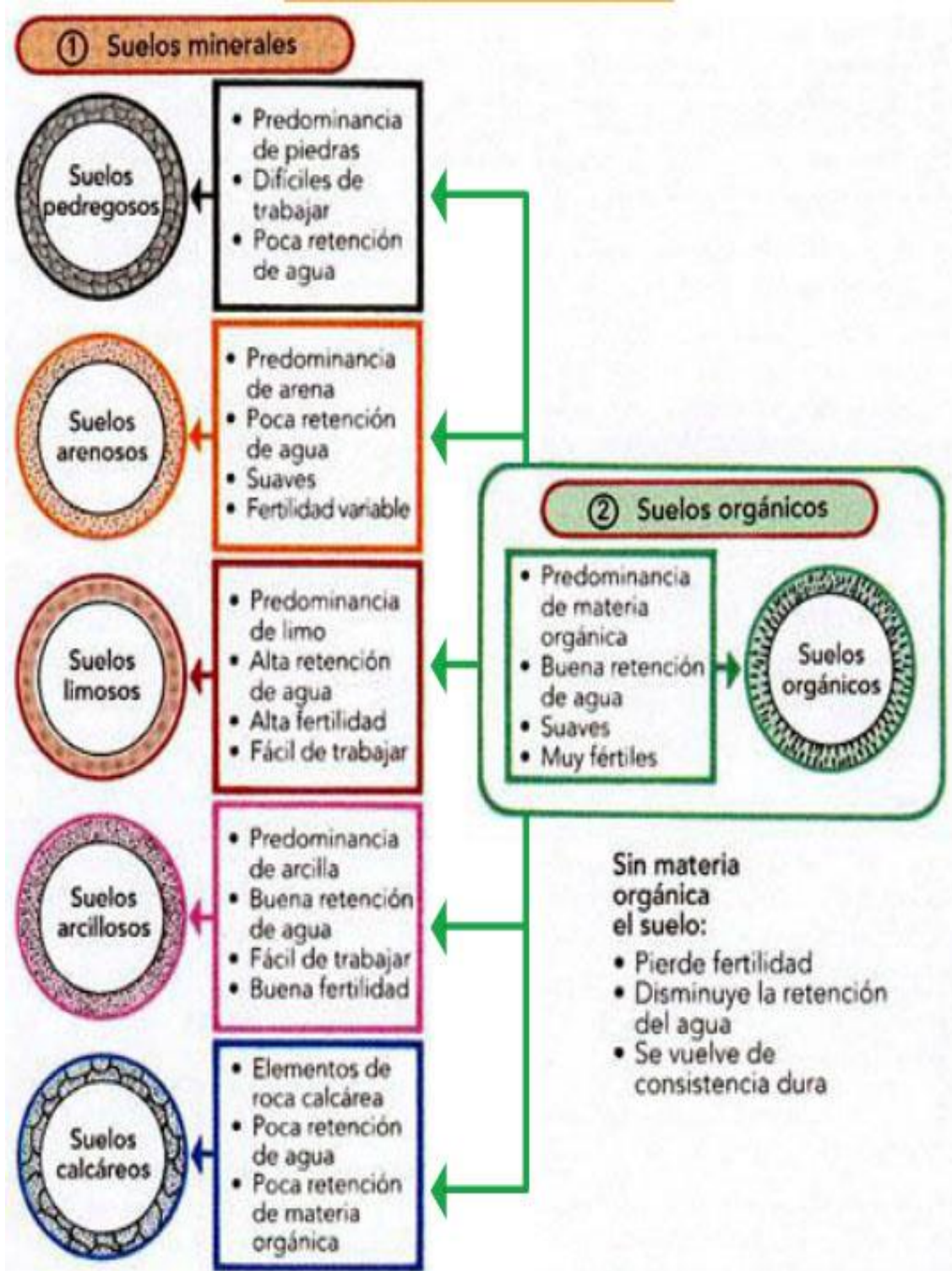
Anexo 01: Composición del Suelo. Fuente: Brack y Mendiola (1997).



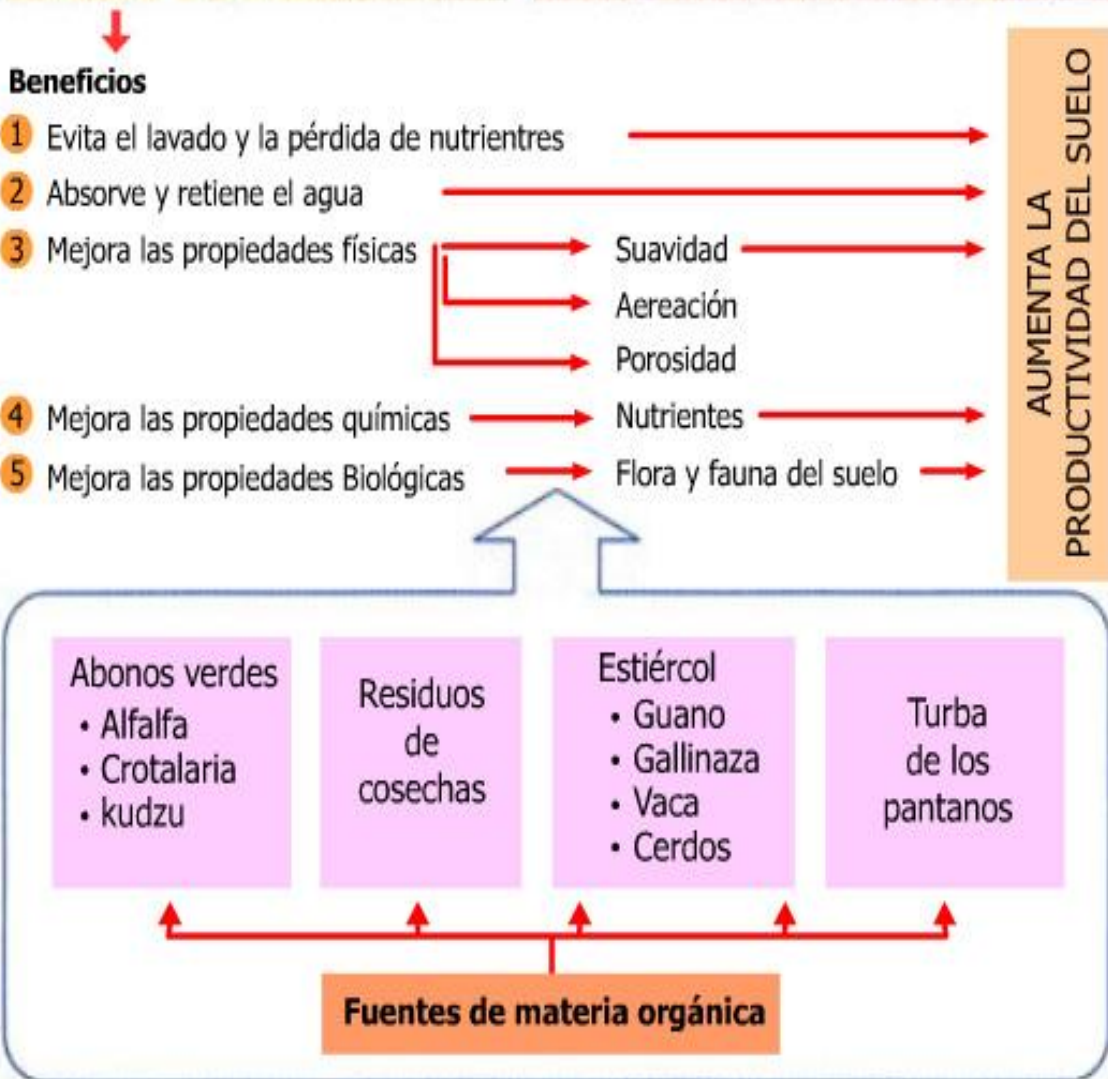
Anexo 02: Horizontes o Perfil del suelo. Fuente: **Brack y Mendiola (1997)**.



Anexo 03: Tipos de Suelos. Fuente: Brack y Mendiola (1997).



Anexo 04: Materia Orgánica del Suelo. Fuente: Brack y Mendiola (1997).



Anexo 05: Elementos importantes en la química del suelo. Fuente: **Brack y Mendiola (1997)**.

Elemento	Símbolo	Principales iones	
		Cationes (+)	Aniones (-)
MACROELEMENTOS:			
Azufre	S	SO_4^-	
Calcio	Ca	Ca^{++}	
Carbono	C		HCO_3^- , CO_3^-
Fósforo	P		H_2PO_4^- , HPO_4^{--} , PO_4^{--}
Hidrógeno	H	H^+	OH^-
Magnesio	Mg	Mg^{++}	
Nitrógeno	N	NH_4^+	NO_2^- , NO_3^-
Oxígeno	O	siempre con los otros elementos	
Potasio	K	K^+	
MICROELEMENTOS:			
Aluminio	Al	Al^{+++}	
Boro	B		B_4O_7^-
Cloro	Cl		Cl^-
Cobalto	Co	Co^{++}	
Cobre	Cu	Cu^{++}	
Fierro	Fe	Fe^{++} Fe^{+++}	
Manganeso	Mn	Mn^{++}	
Molibdeno	Mo		MoO_4^-
Silicio	Si		H_3SiO_4^-
Sodio	Na	Na^+	
Zinc	Zn	Zn^{++}	

Anexo 06: Elementos Nutritivos de la Planta. Fuente: **Brack y Mendiola (1997)**.

Nutriente	Incorporación por	Función
Carbono (C)	CO ₂	en todos los compuestos oxigenados, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (ADN, ARN)
Oxígeno (O)	H ₂ O y CO ₂	
Hidrógeno (H)	H ₂ O	
Nitrógeno (N)	Nitrato NO ₃ ⁻ y Amonio NH ₄ ⁺	
Azufre (S)	Sulfato SO ₄ ²⁻	en los aminoácidos cistina, cisteína y metionina
Fósforo (P)	Fosfato H ₂ PO ₄ ⁻	nucleótidos (ADN/ARN, fosfolípidos)
Potasio (K)	Compuestos de K ⁺	cofactor en reacciones enzimáticas, movimiento
Calcio (Ca)	Compuestos de Ca ²⁺	huesos, dientes
Magnesio (Mg)	Compuestos de Mg ²⁺	molécula de clorofila, fotosíntesis
Fierro (Fe)	iones de Fe ²⁺ y Fe ³⁺	en moléculas de citocroma, hemoglobina, ferredoxina
Manganeso (Mn)	Ion de Mn ²⁺	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Boro (B)	Borato ₂ ⁻	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Zinc (Zn)	Ion de Zn ²⁺	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Cobre (Cu)	Ion de Cu ²⁺	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Molibdeno (Mo)	Molibdato MO ₄ ²⁻	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Cloro (Cl)	Ion de Cl ⁻	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas
Sodio (Na)	Compuestos de Na ⁺	reacciones enzimáticas y parte de las enzimas

(A) EROSIÓN



Erosión hídrica
Cárcavas en laderas por falta de cobertura vegetal

Erosión eólica
Falta de cobertura y cortinas rompevientos



(B) DETERIORO QUÍMICO



Salinización
Bajo Piura

Perdidas de nutrientes (Iquitos)



(C) DETERIORO FÍSICO



Pastizal sobrepastoreado (Selva Alta)

Sobrepastoreo en la Puna



(A) COSTA

1 Salinización →



2 Erosión eólica →



(B) VERTIENTES OCCIDENTALES Y SIERRA

1 Erosión hídrica →



(C) SELVA ALTA Y BAJA

1 Erosión →



2 Pérdida de la fertilidad →



Anexo 09: Suelo desértico en el litoral. Fuente: **Brack y Mendiola (1997).**



Anexo 10: Vertientes andinas con suelos superficiales y rocas. Fuente: **Brack y Mendiola (1997).**



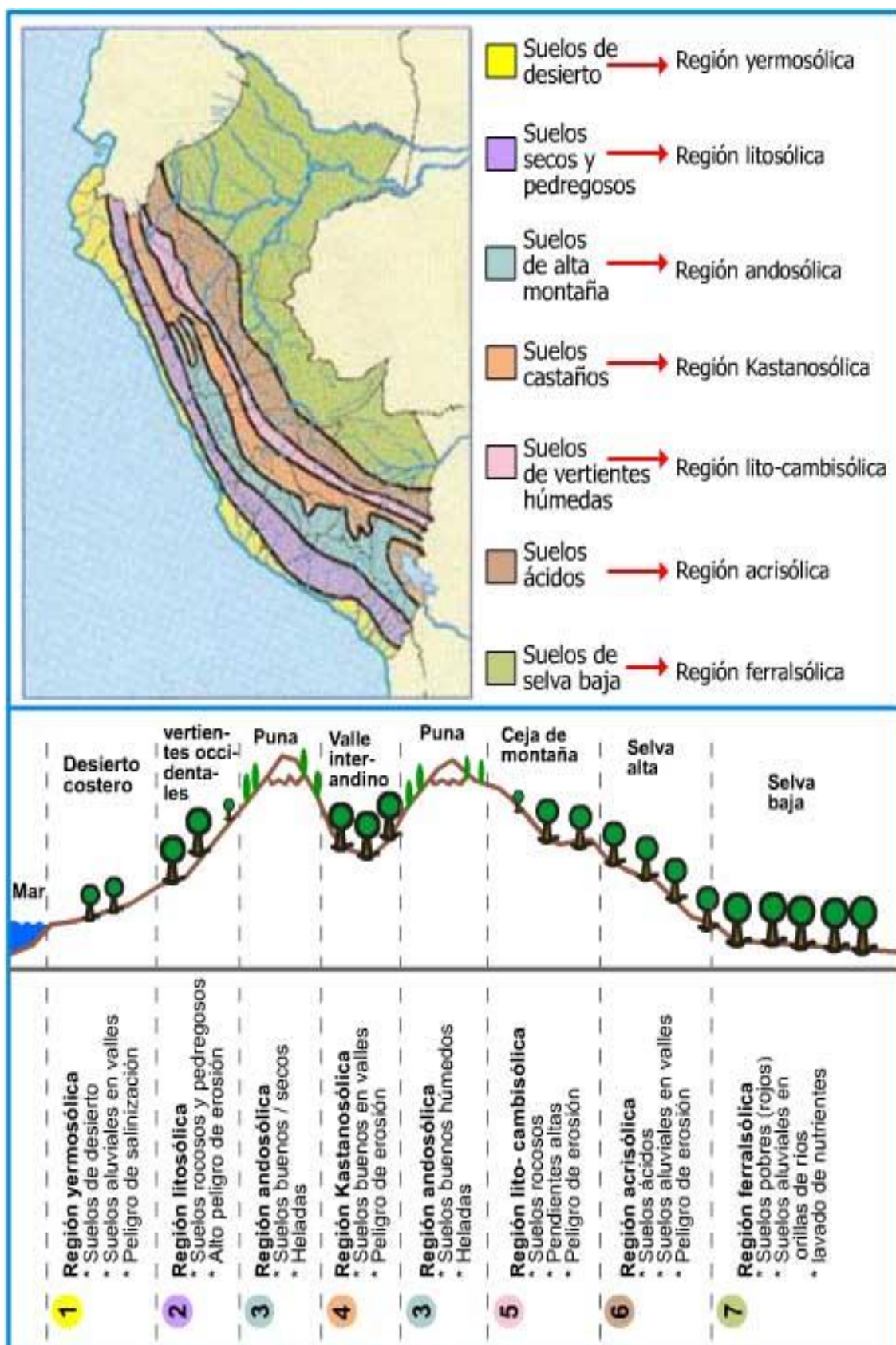
Anexo 11: Parcelas de valle interandino en Cusco. Fuente: **Brack y Mendiola (1997).**



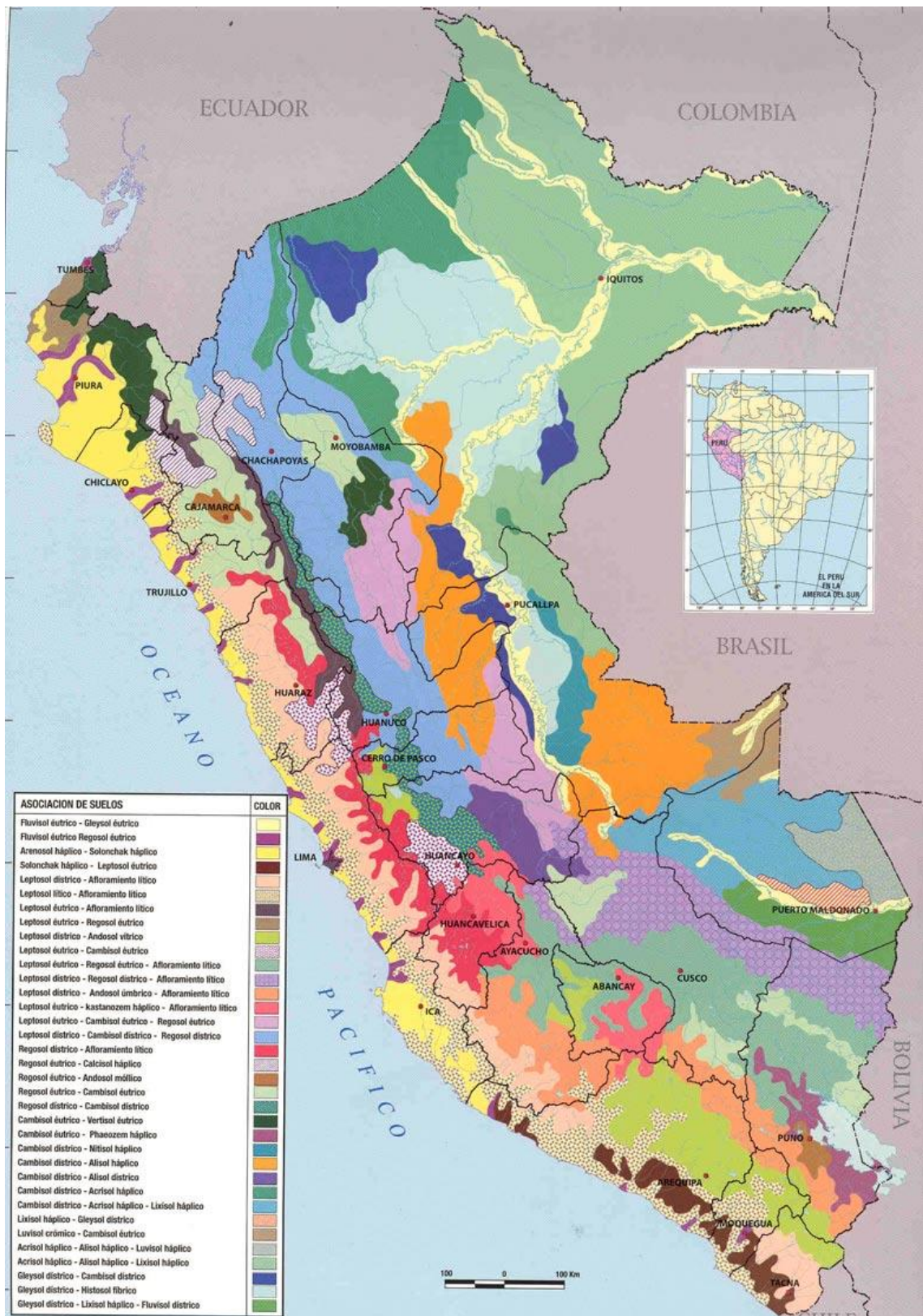
Anexo 12: Suelos arcillosos rojizos en Madre de Dios. Fuente: **Brack y Mendiola (1997).**



Anexo 13: Los Suelos del Perú: Fuente: ONERN (1985) n MINAGRI (2013).



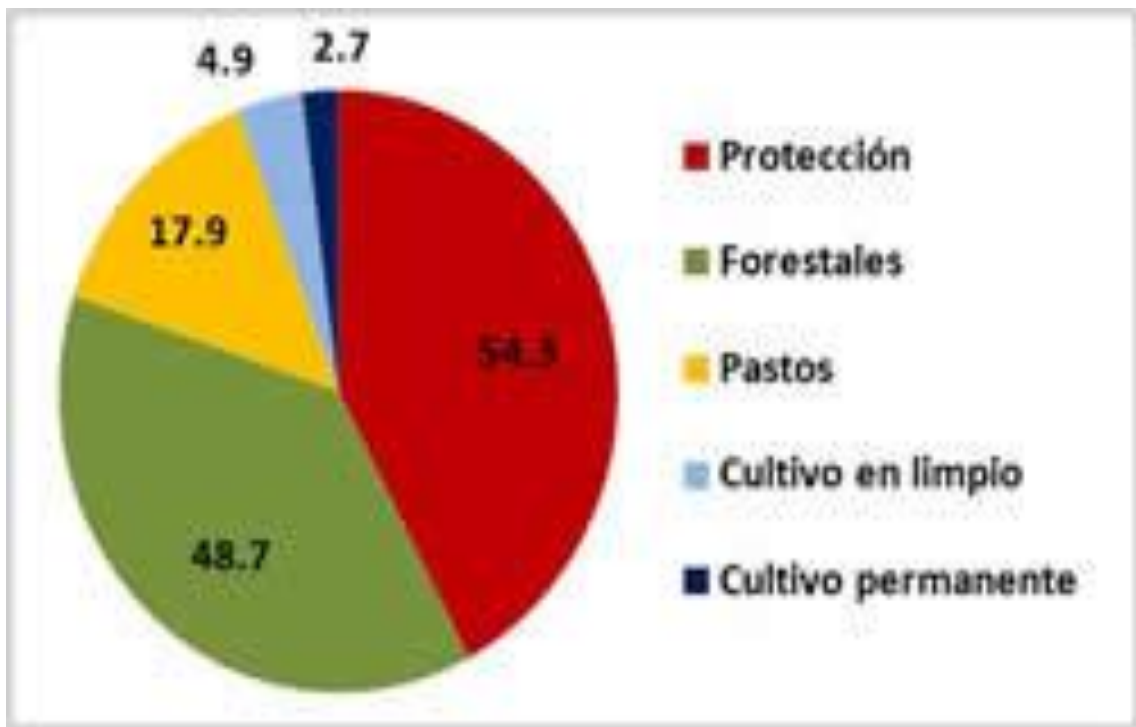
Anexo 14^a: Asociación de suelos del Perú. Fuente: FAO en MINAG (2013).



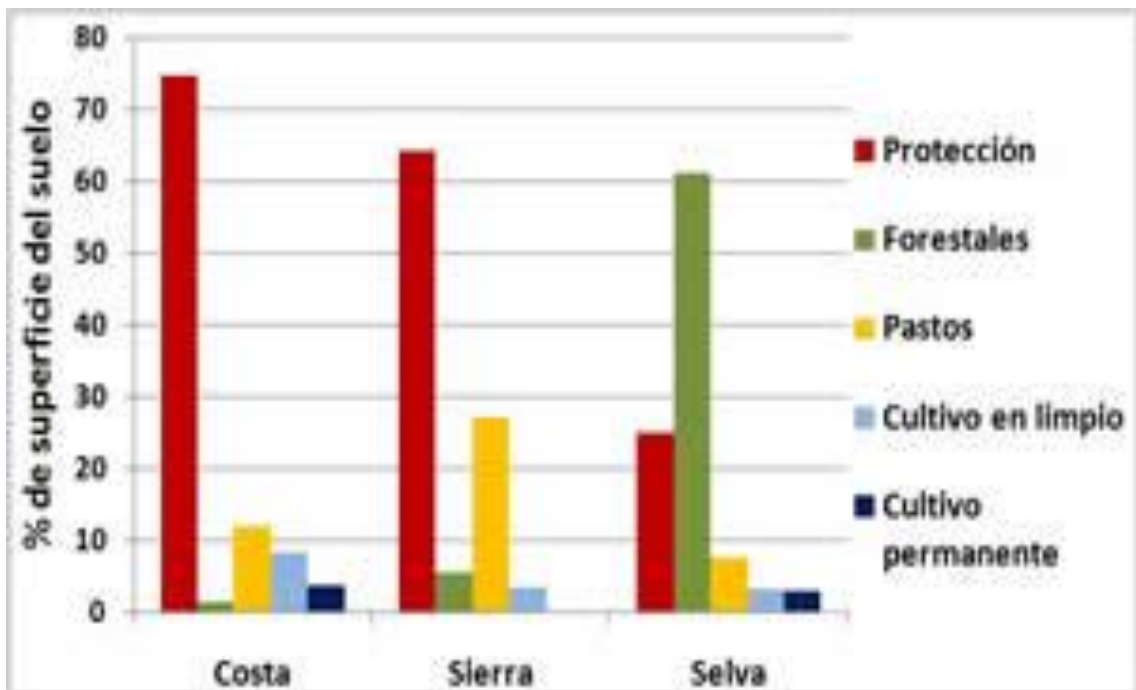
Anexo 14^b: Asociación de suelos del Perú. Fuente: FAO en MINAG (2013).

ASOCIACION DE SUELOS	COLOR
Fluvisol éutrico - Gleysol éutrico	
Fluvisol éutrico Regosol éutrico	
Arenosol háplico - Solonchak háplico	
Solonchak háplico - Leptosol éutrico	
Leptosol distríco - Afloramiento lítico	
Leptosol lítico - Afloramiento lítico	
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	
Leptosol éutrico - Regosol éutrico	
Leptosol distríco - Andosol vítrico	
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	
Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico	
Leptosol distríco - Regosol distríco - Afloramiento lítico	
Leptosol distríco - Andosol úmbrico - Afloramiento lítico	
Leptosol éutrico - kastanozem háplico - Afloramiento lítico	
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	
Leptosol distríco - Cambisol distríco - Regosol distríco	
Regosol distríco - Afloramiento lítico	
Regosol éutrico - Calcisol háplico	
Regosol éutrico - Andosol móllico	
Regosol éutrico - Cambisol éutrico	
Regosol distríco - Cambisol distríco	
Cambisol éutrico - Vertisol éutrico	
Cambisol éutrico - Phaeozem háplico	
Cambisol distríco - Nitisol háplico	
Cambisol distríco - Alisol háplico	
Cambisol distríco - Alisol distríco	
Cambisol distríco - Acrisol háplico	
Cambisol distríco - Acrisol háplico - Lixisol háplico	
Lixisol háplico - Gleysol distríco	
Luvisol crómico - Cambisol éutrico	
Acrisol háplico - Alisol háplico - Luvisol háplico	
Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico	
Gleysol distríco - Cambisol distríco	
Gleysol distríco - Histosol fibríco	
Gleysol distríco - Lixisol háplico - Fluvisol distríco	

Anexo 15: Superficie de capacidad de uso mayor de los suelos a nivel nacional (millones de hectáreas). Fuente: **ONERN, 1985 en MINAGRI (2013)**.



Anexo 16: Superficie de capacidad de uso mayor de los suelos, en porcentaje según región natural. Fuente: **ONERN (1985) en MINAGRI (2013)**.



Anexo 17: Tierras Agrícolas en el Perú: Fuente: ONERN (1985) en MINAGRI (2013).



Anexo 18: Cultivos de hortalizas en suelos de alta calidad, Lima. Fuente: **MINAGRI (2013)**.



Anexo 19: Pastizales alto andinos en Ayacucho. Fuente: **MINAGRI (2013)**.



Anexo 20: Bosques primarios y secundarios con aptitud forestal. **MINAGRI (2013).**



Anexo 21: Métodos de Conservación de Suelos. Fuente: **Brack y Mendiola (1997).**

(A) NATURALES

- 1 Cobertura vegetal en laderas y orillas de ríos.
- 2 Integral los rastrojos al suelo (no quemar).
- 3 Agroforestería.
- 4 Surcos en contorno.

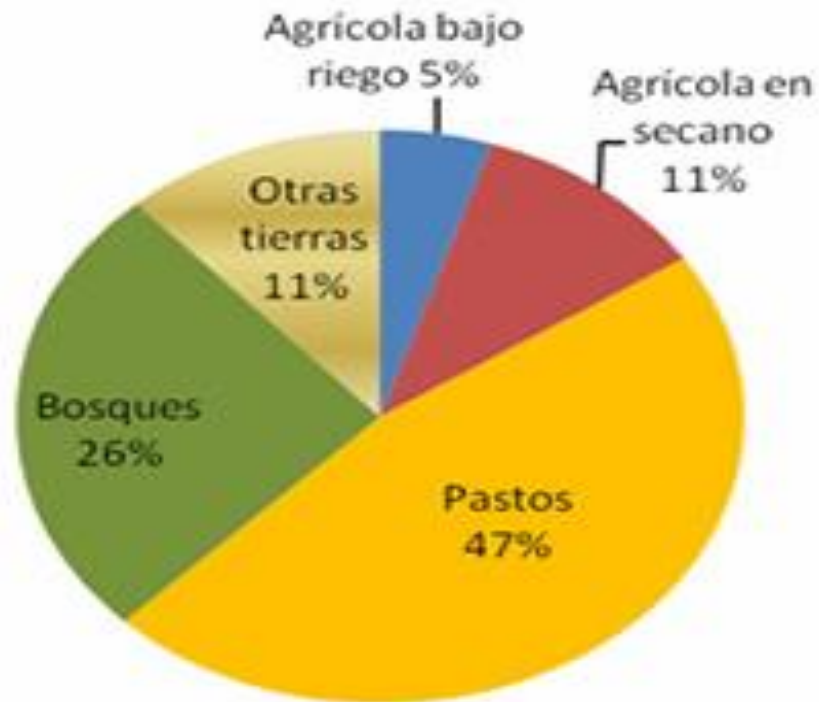


(B) ARTIFICIALES

- 5 Construir andenes y terrazas.
- 6 Zanjas de infiltración.
- 7 Defensas en orillas de ríos y en quebradas.
- 8 Abonar con materia orgánica (estiércol, guano, humus) y minerales según necesidad.



Anexo 22: Superficie Agrícola. Fuente: MINAGRI (2013).



Anexo 23: Una simple sembradora directa de tracción animal. Fuente: FAO^b (2014).



Anexo 24: Una cobertura permanente con vegetación viva y muerta protege el suelo y mejora su fertilidad. Fuente: **FAO^b (2014)**.



Anexo 25: Vicia peluda (*Vicia villosa*) como cultivo de cobertura para el mejoramiento del suelo. Fuente: **FAO^b (2014)**.








Anexo 26: Superficie de uso agrícola no agrícola, en porcentaje para el país. Fuente INEI, 1994 en MINAGRI (2013).

Superficie Agrícola y No Agrícola, 1994, ha.	
TOTAL	34.934.484
Superficie Agrícola	5.478.354
Bajo riego	1.729.113
En seco	3.749.241
Superficie no Agrícola	29.456.130
Pastos Naturales	16.317.801
Montes y Bosques	9.067.476
Otras clases de tierras	4.070.853

Anexo 27: Superficie agrícola. Fuente: INEI (1994) en MINAGRI (2013).

Superficie Agrícola	
Tierras de labranza	4314348,19
Cultivos Transitorios	2115226,32
En barbecho	936246,11
En descanso	550957,18
Tierras agrícolas no trabajadas	711918,58
Tierras con cultivos permanentes	892318,33
Propiamente dichos	461550,31
Pastos Cultivados	398181,08
Cultivos Forestales	32586,94
Cultivos asociados	270310,17
Und. Agropec.con sup.no agricola	29904832
TOTAL	35381808,7

Anexo 28: Estos son algunos ejemplos de asociaciones. Fuente: Bonilla et. al, 2007.

<p>Cultivos Intercalados: En un surco se siembra maíz y en el otro pipián.</p>	
<p>Cultivos mixtos: Sembrar en el mismo surco frijol milpero y maíz.</p>	
<p>Cultivos en fajas: Sembrar una faja de maíz y a la par otra faja de frijol, chilipuca o de vara.</p>	
<p>Cultivos dobles: Se siembra un cultivo después de cosechar el primero. Al cosechar el maíz se siembra sandía en noviembre.</p>	
<p>Cultivos de relevos: Se siembra o trasplanta el segundo cultivo cuando ha florido el primero. Se puede sembrar ajonjolí cuando se ha doblado el maíz.</p>	

Anexo 29: Modo comparativo de la Agricultura sostenible e Industrial Agroexportador.

Fuente: Bonilla et. al, 2007.

Modelo Industrial Agroexportador	Modelo Agricultura Sostenible
<ul style="list-style-type: none">• Es lineal, entran insumos a la parcela y salen productos.	<ul style="list-style-type: none">• Es ciclico, todos los recursos locales son aprovechados.
<ul style="list-style-type: none">• Necesita de fuerte financiamiento para la compra de insumos químicos, semillas, maquinaria y equipo.	<ul style="list-style-type: none">• Aprovecha los recursos locales, necesita poca inversión.
<ul style="list-style-type: none">• Emplea poca mano de obra porque es mecanizada y por el uso de los químicos.	<ul style="list-style-type: none">• Emplea bastante mano de obra, lo cual genera empleo familiar y local.
<ul style="list-style-type: none">• Produce especialmente para el mercado.	<ul style="list-style-type: none">• Produce principalmente para el consumo familiar y mercado local.
<ul style="list-style-type: none">• Requiere de grandes extensiones y en monocultivo.	<ul style="list-style-type: none">• Aprovechamiento máximo del espacio con la diversificación.
<ul style="list-style-type: none">• La principal fuente de energía es a base de petróleo, la cual es cara, escasa y contaminante.	<ul style="list-style-type: none">• La principal fuente de energía es la luz solar, la cual es gratis y abundante.
<ul style="list-style-type: none">• Es más riesgosa porque se depende de un solo cultivo o animales.	<ul style="list-style-type: none">• Es menos riesgosa porque se tiene variedad productiva.
<ul style="list-style-type: none">• La comercialización es en grande y el producto pasa por un montón de manos para llegar al consumidor.	<ul style="list-style-type: none">• La comercialización es en pequeño y al detalle, directo al consumidor. Mejor calidad y precio.
<ul style="list-style-type: none">• Hay transferencia de conocimiento científico por técnicos especialistas.	<ul style="list-style-type: none">• Hay experimentación campesina y diálogo de saberes.
<ul style="list-style-type: none">• Genera degradación y contaminación de recursos como: bosque, agua, aire, suelo y fauna.	<ul style="list-style-type: none">• Regenera la vida de la naturaleza porque respeta sus leyes y principios.