

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA
COMUNIDAD CAMPESINA DE SANTA CRUZ DE PICHÍ EN
LOS DISTRITOS DE CHANA Y HUACHIS - PROVINCIA DE HUARI”**

**TESIS:
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR
BACH. VILLACAQUI GAMARRA Emiliano José**

HUARAZ - PERÚ

2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía, **Emiliano José VILLACAQUI GAMARRA**, denominada: “**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD FÍSICA-QUÍMICA DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE SANTA CRUZ DE PICHU EN LOS DISTRITOS DE CHANA Y HUACHIS EN LA PROVINCIA DE HUARI**”, Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

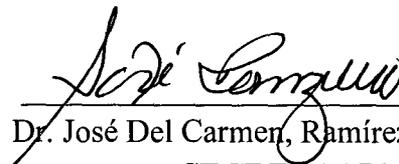
CON EL CALIFICATIVO DE (*)

MUY BUENO

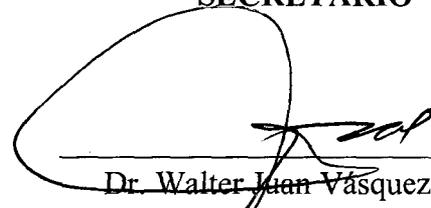
En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad, de la Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 28 de Diciembre del 2015.


Ing. M. Sc Guillermo Castillo Romero.
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen, Ramírez Maldonado
SECRETARIO


Ing. M. Sc Hugo Mendoza Vilcahuaman
VOCAL


Dr. Walter Juan Vásquez Cruz
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, ésta debe ser calificada con términos de: SOBRESALIENTE, MUY BUENO, BUENO Y REGULAR.

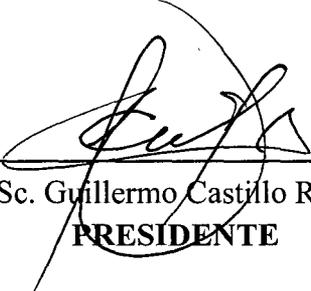


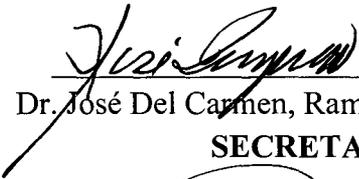
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

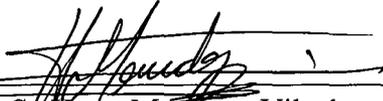
Los miembros de jurado de tesis que suscriben, nombrados por Resolución N° 073-2015-UNASAM-FCA/D, de fecha 04 de Febrero del 2015, se reunieron para revisar el informe de tesis, presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **Emiliano José VILLACAQUI GAMARRA**, denominada: “EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD FÍSICA-QUÍMICA DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE SANTA CRUZ DE PICHU EN LOS DISTRITOS DE CHANA Y HUACHIS EN LA PROVINCIA DE HUARI” y sustentada el 28 de diciembre del 2015 por Resolución Decanatural N° 677-2015-UNASAM-FCA/D, de fecha 24 de diciembre de 2015, lo declaramos CONFORME.

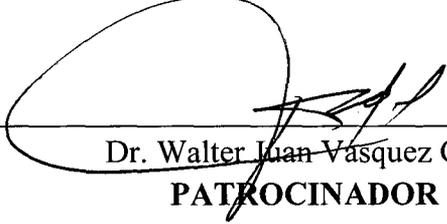
En consecuencia queda en condiciones de ser publicado.

Huaraz, 28 de diciembre de 2015.


Ing. M. Sc. Guillermo Castillo Romero
PRESIDENTE


Dr. José Del Carmen, Ramírez Maldonado
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Hugo Mendoza Vilcahuaman
VOCAL


Dr. Walter Juan Vasquez Cruz
PATROCINADOR

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico

a Dios por su amor incomparable

que me ha dado la vida,

y poder culminar con

todos los propósitos emprendidos.

Con profundo amor y eterna gratitud a mis padres,

Eugenia Gamarra Lliuya y Guillermo Villacaqui Quinto

en reconocimiento a su sacrificio por ser pilares

para concluir con esta profesión digna,

encaminando mi vida por el sendero de la superación,

Con amor infinito a mis hermanos

Yanet Villacaqui Gamarra ,

Olga Villacaqui Gamarra y

Máximo Clemente Gamarra

por su apoyo incondicional

en todo momento.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento sincero al asesor
Dr, Ing. Walter Juan Vásquez Cruz ,
por la oportunidad de realizar esta tesis bajo su dirección,
así como también su apoyo y confianza en este trabajo ,
por su capacidad para guiar mis ideas
ha sido de mucha importancia en el desarrollo de esta tesis
y a la vez algo motivante y gratificante.

A la Universidad Nacional

“Santiago Antúnez de Mayolo”

por facilitarme el Laboratorio de Suelos y Aguas

de la Facultad de Ciencias Agrarias

De la misma manera quiero expresar

mis más sinceros agradecimientos a los Docentes

de la Facultad de Ciencias Agrarias,

Escuela Profesional de Agronomía

por su importante aporte en conocimientos y orientaciones

para lograr mi formación profesional.

LISTA DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	I
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS.....	II
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
LISTA DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. HIPÓTESIS	3
1.5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
1.5.2. VARIABLE DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	4
2.2. MARCO TEÓRICO	5
2.2.1. EL SUELO	5
2.2.2. FERTILIDAD DEL SUELO	5
2.2.3. TIPOS DE FERTILIDAD	6
2.2.4. LEYES DE LA FERTILIDAD.....	8
2.2.5. LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.....	10
2.2.6. NIVELES DE NUTRIENTES EN LA PLANTA	11
2.2.7. CONCENTRACION DE NUTRIENTES	12
2.2.8. ELEMENTOS EN EL SUELO	12
2.2.9. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO	19
2.2.10. MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS SUELOS.....	20
2.2.11. IMPORTANCIA DE CONOCER LA FERTILIDAD DEL SUELO	20
2.2.12. INTERACCION ENTRE NUTRIENTES	20

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	22
3.1.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	22
3.1.2. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	22
3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	22
3.2. MATERIALES.....	23
3.2.1. MATERIALES.....	23
3.2.2. HERRAMIENTAS.....	23
3.2.3. EQUIPOS.....	23
3.2.4. REACTIVOS.....	24
3.2.5. MATERIALES DE ESCRITORIO.....	24
3.3. METODOLOGÍA.....	24
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACION.....	25
3.3.3. UNIVERSO O POBLACION.....	25
3.3.4. MUESTRA.....	25
3.4. PROCEDIMIENTO.....	25
3.4.1. FASE PRELIMINAR.....	25
3.4.2. FASE DE CAMPO.....	26
3.4.3. FASE DE LABORATORIO.....	26
3.4.4. FASE FINAL DE GABINETE.....	26
3.5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	27
3.5.1. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	28
4.1. UBICACIÓN DE LOS SECTORES.....	28
4.2. DISCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS.....	31
4.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SUELOS DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS Y TAXONÓMICAS.....	31

4.2.2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELO DE LAS CALICATAS EN LOS 11 SECTORES.....	32
4.2.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DE FERTILIDAD EN SUELOS DE LOS 11 SECTORES.....	34
4.3. PRESUPUESTO DE LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD.....	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	47
VIII. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO N° 01: Elementos esenciales y formas asimilables en el suelo.....	18
CUADRO N° 02: Rangos de materia orgánica y nitrógeno total del suelo.....	19
CUADRO N° 03: Relación de antagonismo y sinergismo entre los elementos.....	21
CUADRO N° 04: Ubicación de las muestras por sectores.....	29
CUADRO N°05: Áreas de suelos por sectores.....	30
CUADRO N°06: Resultados de los análisis de las calicatas para la evaluación de la fertilidad de los suelos de la C.C. Santa Cruz de Pichiu - Provincia de Huari.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO N°01: Sectores pertenecientes al Distrito de Chana y Huachis.....	28
GRÁFICO N°02: Ubicación de las calicatas en el distrito de Chana y Huachis.....
.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: Niveles para la interpretación de M.O., Nt., P y K.

ANEXO 02: Niveles para la interpretación del pH y C.E.

ANEXO 03: Niveles para la interpretación de Cationes

ANEXO 04: Mapa de niveles de Materia Orgánica.

ANEXO 05: Mapa de niveles de Fósforo.

ANEXO 06: Mapa de niveles de Potasio.

ANEXO 07: Mapa de niveles de pH.

ANEXO 08: Mapa de textura.

ANEXO 09: Panel fotográfico

FOTO 01: Toma de muestra del sector Vistoso C1

FOTO 02: Toma de muestra del sector Cashapatac C2

FOTO 03: Toma de muestra del sector Pichiú centro C3

FOTO 04: Toma de muestra del sector Huancayoc C4

FOTO 05: Toma de muestra del sector Wishllac C5

FOTO 06: Toma de muestra del sector Puca Puca C6

FOTO 07: Toma de muestra del sector Cambio 90 C7

FOTO 08: Toma de muestra del sector San Cristóbal de Tambo C8

FOTO 09: Toma de muestra del sector Atash C9

FOTO 10: Toma de muestra del sector Chocopampa C10

FOTO 11: Toma de muestra del sector Shillqui C11

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Santa cruz de Pichiú en los distritos de Chana y Huachis de la Provincia de Huari-Ancash. El método fue la recolección de muestras de suelos de las calicatas de los once sectores para la evaluación de la fertilidad, el cual consistió de las siguientes fases: fase preliminar de gabinete, fase de campo y fase final de gabinete. Para lo cual se realizó un zonificación de los suelos con sus respectivas niveles de fertilidad. Siendo una investigación no experimental, tipo descriptiva y aplicada ya que los resultados, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. La investigación efectuada es sobre un total de 5290.28 Has se realizo la evaluación de la fertilidad y se determinó: el sector Huancayoc por ocupar una superficie de 1462.22 ha, que representa el 27.64% del área total, la muestra del punto "A" es de textura franco arcilloso limoso, pH es neutro 7.01, nivel medio de materia orgánica 2.08%, y en el punto "B" es de textura arcilloso limoso, pH es ligeramente alcalino 7.80 este valor de pH generan carbonato de calcio, nivel bajo de materia orgánica 1.78%, el nitrógeno total promedio es bajo de 0.09%, nivel pobre de fósforo con 9 ppm, concentraciones bajas de potasio con 80.5 ppm. Se concluye de la Interpretación de los resultados del análisis de fertilidad de los suelos, que el sector Vistoso con una altitud de 3783 msnm. en promedio ocupa una superficie de 834.70 ha, que representan el 15.78% del área total, en general la textura es de franco limoso arenoso, la materia orgánica se presenta en contenidos bajos, solamente el punto "A" presenta niveles medios 2.85 %, el nitrógeno total es de 0.12 %, el nivel de fósforo es medio con 24 ppm, y el potasio se encuentra en concentraciones bajas con 89 ppm, con un pH neutro de 7.21 este valor generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co, sin problemas de salinidad de C.E. 0.38 ds/m, CIC de 18.71, Da de 1.37 g/cm³, Dr de 2.34 g/cm³. Se identifico que la gran parte de los suelos se caracterizan por ser de textura franco arcilloso y franco arenoso, con un pH que va desde ligeramente acido a ligeramente alcalino, no presenta problemas de salinidad, los niveles de materia orgánica y nitrógeno total van desde pobre a medio, los niveles de fósforo va desde pobre a medio y los niveles de potasio son pobres.

Palabra clave: suelo, calicata, fertilidad, disponibilidad, nivel.

I. INTRODUCCIÓN

Los productores de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú, no prestan atención al análisis de suelos pues sus rendimientos son considerados por ellos como buenos, y a medida que el tiempo avanza se experimenta el deterioro y empobrecimiento de los suelos, lo que provoca que los rendimientos sean bajos.

Además los productores emplean los fertilizantes de una manera incorrecta al no tener en cuenta la fertilidad de los suelos. Cuando el suelo es rico en nutrientes las plantas crecen y se desarrolla adecuadamente obteniéndose mejores rendimientos, y cuando el suelo es pobre en nutrientes quedando limitado el crecimiento y desarrollo obteniéndose rendimientos bajos.

Gran parte de la solución de la pobreza en el ámbito rural, está ligado al adecuado manejo de la fertilidad de los suelos para obtener mejores rendimientos.

Por otro lado, es importante conocer la fertilidad del suelo ya que es una cualidad que relaciona las características físicas, químicas y biológicas del suelo, consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Sin embargo la fertilidad del suelo no es la única variable para poder incrementar los rendimientos de los cultivos, porque el suelo es un factor de producción como el clima, agua, drenaje, etc.

Los análisis de suelos deben ser la primera operación auxiliar en todo programa de inversión en la agricultura para determinar las prácticas de fertilización y/o abonamiento ya que cada predio representa un problema particular.

En la actualidad el MINAM se encuentra impulsando proyectos relacionados al ordenamiento territorial, para lograr un desarrollo sostenible de los productores en el tiempo, aunque todavía limitados, que no por ello dejan de ser importantes. Lo cual motivo para desarrollar el presente trabajo de investigación con la finalidad de hacer la evaluación de la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú así poder determinar la dosis de fertilización adecuada para cada tipo de suelo y tener como información de referencia estos datos para futuros proyectos relacionados a un desarrollo sostenible.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fertilidad de los suelos se basa en el manejo y uso adecuado del suelo. El presente trabajo de investigación abarca las tierras de los distritos de Chana y Huachis los sectores de: Vistoso, Cashapatac, Centro Pichiú, Huancayoc, Huishllac, Puca puca, Cambio 90, San Cristóbal de Tambo, Atash, Chocopampa y Shillqui, considerados como aptos para cultivos bajo riego y secano, por tal motivo es muy importante conocer la fertilidad de estos suelos. Ya que los rendimientos de estas áreas cultivadas son cada vez menores, debido al inadecuado uso de tierras, y lógicamente los ingresos económicos son mínimos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles serán los niveles de fertilidad predominantes en la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los pequeños productores, se ven excluidos de la posibilidad de exportar sus producciones ya que son rendimientos bajos en cantidad y calidad, debido al mal uso de la fertilidad del suelo.

El presente trabajo de investigación permitirá determinar los niveles de la fertilidad predominantes en los suelos de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú, así el gobierno podrán tomar como referencia estos datos para seguir impulsando los proyectos productivos agropecuarios, así lograr un desarrollo sostenible.

El estudio es viable desde el punto de vista científico, tecnológico económico y ambiental, siendo un estudio imprescindible a favor de la comunidad campesina.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la fertilidad de los suelos de la Comunidad Campesina de Santa cruz de Pichiú en los distritos de Chana y Huachis de la Provincia de Huari - Ancash.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la fertilidad que contienen los suelos de la C.C. Santa Cruz de Pichiú.
- Interpretar los resultados de la fertilidad de los suelos de la C.C. Santa Cruz de Pichiú.
- Identificar el suelo que predomina en la C.C. Santa Cruz de Pichiú según la fertilidad de los suelos.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Con el avance del conocimiento de la tecnología, en la actualidad se puede mejorar el rendimiento de los cultivos con establecer la fertilidad actual y potencial que contiene el suelo.

a. HIPÓTESIS NULA (H_0)

No existen diferencias de los sectores en investigación, en el resultado del análisis de fertilidad.

b. HIPÓTESIS ALTERNA (H_a)

Al menos uno de los sectores en investigación presentara diferencia, en el resultado del análisis de fertilidad.

1.5.2. VARIABLE DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- **Variable dependiente:** Resultados del análisis de fertilidad de suelos.
- **Variable independiente:** Muestras de suelo de las calicatas en la C.C. Santa Cruz de Pichiú en los distritos de Chana y Huachis.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

CHÁVEZ (2014) menciona en su trabajo de investigación en la Microcuenca de Mancapozo del distrito de Amarilis Provincia y Departamento de Huánuco ubicado entre 2800 y 3400 msnm., con el objetivo de evaluar la fertilidad de los suelos que comprenden cinco sectores, La esperanza, Sariapampa, Malconga, San José de Paucar y Sebastián de Shismay. Para lo cual se hizo 32 muestras representativas. Los suelos del sector La esperanza se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medio en Materia orgánica y en Nitrógeno total, nivel medio en Fosforo y pobre en Potasio, sin problemas de salinidad. El sector Sariapampa se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medio en Materia orgánica y en Nitrógeno total, pobre en Fosforo y Potasio, sin problemas de salinidad. El sector Malconga se caracterizan por tener una reacción moderadamente ácida, medio en Materia orgánica y en Nitrógeno total, pobre en Fosforo y Potasio, sin problemas de salinidad. El sector San José de Paucar se caracterizan por tener una reacción neutra, rico en Materia orgánica y en Nitrógeno total, pobre en Fosforo y Potasio, sin problemas de salinidad. El sector Sebastián de Shismay se caracterizan por tener una reacción ligeramente ácida, rico Materia orgánica y en Nitrógeno total, rico en Fosforo y Potasio, sin problemas de salinidad.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. EL SUELO

AZABACHE (2003) indica que el suelo es un sistema complejo, compuesto de partículas minerales (45%) y materia orgánica (5%), con un espacio poroso que permite la circulación del aire (25%) y agua (25%).

BARRETO (2002) señala que el suelo constituye la materia prima que el ingenio del hombre utiliza para satisfacer sus necesidades. Por consiguiente el desarrollo de los pueblos se encuentra ligado a la cantidad y calidad del recurso suelo y a la eficacia en su manejo y conservación.

2.2.2. FERTILIDAD DEL SUELO

AZABACHE (2003) indica que un suelo posee una fertilidad actual que se mide por el rendimiento que dicho suelo puede dar en las condiciones actuales del cultivo y la fertilidad potencial que es el rendimiento que se obtendrá en las mejores condiciones de producción posible.

CASANOVA (2005) señala que es considerada un factor de crecimiento y es definida como el potencial que tiene un suelo para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas.

SÁNCHEZ (2007) manifiesta que es una cualidad que relaciona las características físicas, químicas y biológicas del suelo y que consiste en la capacidad de poder suministrar niveles de fertilización adecuados para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

TORRES (2008) menciona que la fertilidad de un suelo aborda el recurso edáfico desde la perspectiva de la producción de cultivos. Es la capacidad que tiene el suelo de sostener el crecimiento de los cultivos. En definiciones modernas se incluye la rentabilidad y sostenibilidad de los agro ecosistemas.

2.2.3. TIPOS DE FERTILIDAD

2.2.3.1. FERTILIDAD ACTUAL

SIERRA (2005) manifiesta que es el nivel inmediato de un nutriente disponible en el perfil del suelo, en este caso fundamental, se refiere al contenido de nitratos o nitrógeno asimilables directamente por las plantas, que se caracteriza por su gran movilidad en el suelo.

2.2.3.2. FERTILIDAD POTENCIAL

AZABACHE (2003) señala que, se refiere al nivel de materia orgánica y al nivel de nitrógeno total, es decir al nutriente en su forma global no disponible inmediatamente para las plantas. Un suelo virgen tiene un alto nivel de fertilidad potencial que desciende cuando comienza a ser roturado hasta alcanzar un determinado equilibrio. La recuperación de la fertilidad potencial (aumento de materia orgánica y nitrógeno total), cuando se cultiva una pradera en un suelo agotado o simplemente se deja crecer la vegetación adventicia. Esta recuperación es más rápida si se utilizan leguminosas que si se utilizaran gramíneas.

En la mayoría de los casos la fertilidad potencial se encuentra muy lejos de la fertilidad actual, la práctica de la fertilización tiene por finalidad acercarlos teniendo en consideración el factor económico.

2.2.3.3. FERTILIDAD FÍSICA

AZABACHE (2003) manifiesta que las condiciones físicas que presenta un determinado suelo van a influir en el crecimiento normal de las plantas. Desde el punto de vista físico el suelo ha de proporcionar un medio adecuado para la germinación de las semillas y para el desarrollo óptimo del sistema radicular; debe poseer una buena aireación, una capacidad de retención hídrica apropiada, un buen drenaje, no llegue a provocar un lavado excesivo, así como una estructura estable que implique resistencia frente a los procesos erosivos.

TORRES (2008) afirma que la fertilidad física está relacionada con la capacidad del suelo de brindar condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos. Aspectos como la estructura, textura, espacio poroso, capacidad de campo, punto de marchites, densidad aparente, densidad real, son algunas de las variables que se analizan en estudios de fertilidad física de suelos.

2.2.3.4. FERTILIDAD BIOLÓGICA

SIERRA (2005) indica que la fertilidad biológica caracteriza la magnitud y el estado de la reserva orgánica, así como la riqueza y actividad de la biomasa edáfica, responsables de las transformaciones físicas y químicas. Un suelo exhibe una fertilidad biológica ideal cuando posee un alto porcentaje de Materia orgánica, posee adecuado drenaje, además de que no se abusa del uso de agroquímicos y se aplica rotación de cultivos.

TORRES (2008) menciona que se vincula con los procesos biológicos del suelo relacionados con sus organismos. Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo.

2.2.3.5. FERTILIDAD QUÍMICA

AZABACHE (2003) manifiesta que la fertilidad química es la reserva y la disponibilidad de nutrientes que tiene el suelo. Estos aspectos están descritos por el pH, el potencial de Redòx y el contenido de nutrientes.

TORRES (2008) indica que la fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos. En este sentido se evalúa la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de análisis de suelos y/o plantas a través de un proceso de diagnóstico y posteriormente se definen estrategias de fertilización.

2.2.3.6. FERTILIDAD GLOBAL

SIERRA (2005) indica que la fertilidad global del suelo depende de aspectos más desfavorables, a los que se debe prestar una atención especial.

Los diferentes aspectos de la fertilidad del suelo se han reagrupado en:

- Condiciones que determina el medio en que crece las plantas (humedad del suelo, aireación, etc.)
- Factores que contribuyen efectivamente a la vida vegetal mediante un flujo de sustancias.

SÁNCHEZ (2007) señala que los componentes del suelo como el aire, agua y la materia orgánica, son factores que demuestra la complejidad del medio edáfico. El productor puede modificar en cierta medida y con facilidad los factores. Muchas investigaciones han demostrado que la fertilización con nitrógeno incrementa la materia seca, pero no modifica la relación hojas/tallos en la planta. Esta última varía con la edad de la planta.

2.2.4. LEYES DE LA FERTILIDAD

2.2.4.1. LEY DE LA RESTITUCIÓN

GRANADOS (2010) indica que para evitar el agotamiento progresivo de los suelo es necesario restituir los elementos nutritivos extraídos por la cosecha, para reducir estos efectos se recurre al barbecho, incorporación de materia orgánica, fertilizantes, etc. Por consiguiente la práctica de abonamiento es un corrector del suelo porque el abono solo esta equilibrando, la medida en que se corrigen los defectos del suelo al que se aplica, la noción de restitución es estática y está orientada a la conservación de la fertilidad.

2.2.4.2. LEY DEL MÍNIMO LIEBIG

GRANADOS (2010) señala que la importancia del rendimiento obtenido está limitada por el elemento que se encuentre en menor cantidad con la necesidad de la cosecha.

Estableció esta ley en tres partes:

- Por la deficiencia o ausencia de un constituyente necesario, estando los otros presentes, el suelo es infértil para adquirir cultivos en los cuales tal constituyente es un dispensable.
- Con igual condiciones medio ambientales para el crecimiento de las plantas los rendimientos son directamente proporcionales a los nutrientes minerales suministrados en el abonamiento.
- En un suelo rico en nutrientes, el rendimiento de un campo no puede ser incrementado agregándole más de la misma sustancia.

2.2.4.3. LEY DE LOS INCREMENTOS DECRECIENTES

GRANADOS (2010) manifiesta que cuando se suministra dosis crecientes de abono los aumentos de cosecha obtenidos son cada vez menores a medida que las dosis aumentan.

MITSCHERLICH (1970) indica que la ley natural que rige este fenómeno es llamado ley de incrementos de crecientes. Esta ley permite determinar hasta donde es factible aumentar económicamente los rendimientos para que lleguen lo más cerca posible al rendimiento máximo mediante apliquemos adicionales de fertilizantes.

2.2.4.4. LEY DE INTERACCIÓN DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO

GRANADOS (2010) señala que la eficiencia de los dos factores que actúan conjuntamente no es exactamente igual a la suma de cada uno de ellos, supuestos que actúan separadamente, la diferencia que existe es precisamente que se denomina la interacción de los elementos considerados.

SIERRA (2005) indica que estas interacciones se manifiestan por un efecto químico, físico, osmótico o de concentración. El efecto químico supone que la producción es el resultado de diferentes resultados químicos cuya velocidad determina la cantidad producida dentro de un tiempo.

SÁNCHEZ (2007) señala que la toxicidad mínima está determinada por la óptima proporción entre los elementos correspondientes como las condiciones físicas favorables. Si un elemento domina, puede desplazarse los otros, alternando el medio y haciendo más o menos tóxicos. La toxicidad esta inversamente relacionada con la producción y puede ser expresado como función de edición de la acción parcial de cada termino dentro de una suma constantes cultivos.

2.2.5. LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS

DOMÍNGUEZ (1989) señala a los elementos químicos como elementos nutritivos, a aquellos elementos que son imprescindibles para el desarrollo completo del periodo vegetativo del cultivo:

2.2.5.1. CRITERIOS DE ESENCIALIDAD

LÓPEZ (1990) señala que la deficiencia de un elemento impide que la planta complete su periodo vegetativo, el elemento debe participar directamente en el metabolismo de la planta, el elemento no debe ser remplazado por otro que tiene propiedades similares.

2.2.5.2. ESENCIALIDAD DE UN ELEMENTO MINERAL

AZABACHE (2003) indica que para que un elemento sea considerado un elemento esencial en las plantas, existen tres criterios:

- Su deficiencia hace imposible que la planta cumpla su periodo vegetativo.
- Las deficiencias son específicas según el elemento para la planta.
- Se encuentra directamente comprometido en la nutrición de la planta, por ejemplo como constituyente de una sustancia metabólica necesaria para la acción de un sistema enzimático.

2.2.5.3. NUTRICIÓN VEGETAL

AZABACHE (2003) indica que se entiende al proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que lo rodea, las sustancias que le son necesarios para llevar a cabo su metabolismo y en consecuencia crecer desarrollar.

2.2.6. NIVELES DE NUTRIENTES EN LA PLANTA

a. DEFICIENCIA

DOMÍNGUEZ (1989) indica que cuando la concentración de un elemento esencial de la planta es bastante bajo para limitar severamente el rendimiento y se observan síntomas de deficiencia bien definidos. Deficiencias extremas pueden resultar en la muerte de la planta, con deficiencia moderada o ligera los síntomas no pueden ser visibles pero los rendimientos son bajos.

b. RANGO CRÍTICO

LÓPEZ (1990) manifiesta que es la concentración del nutriente en la planta debajo del cual se presenta una respuesta del rendimiento al agregar nutriente. Los niveles o rangos críticos varían entre plantas y nutrientes pero ocurre en la transición entre deficiencia y suficiente.

c. **SUFICIENTE**

GARCÍA (2000) manifiesta que se refiere al rango de concentración de nutrientes en la cual al agregar un nutriente no se incrementara el **rendimiento** pero puede aumentar la concentración del nutriente en la planta. El termino consumo de flujo se usa para describir la absorción de nutrientes por la planta superior a sus necesidades pero que no influye en el **rendimiento**.

d. **EXCESO**

BIDWELL (1983) señala que cuando la concentración de elementos esenciales es bastante alta para reducir el crecimiento y rendimiento de las plantas. La concentración excesiva de nutrientes puede causar un desbalance de otros nutrientes esenciales que también puede reducir el **rendimiento**.

2.2.7. CONCENTRACION DE NUTRIENTES

LÓPEZ (1990) manifiesta que el contenido de elementos minerales en la planta depende de varios factores como el suelo, clima, variedad y manejo. El rendimiento es severamente afectado cuando un nutriente es deficiente y cuando este es corregido, el crecimiento se incrementa más rápidamente que la concentración del nutriente en la planta.

La concentración del nutriente en la planta es un dato importante para los programas de manejo de fertilizantes y puedan ser usados como ayuda para establecer recomendaciones de fertilización.

2.2.8. ELEMENTOS EN EL SUELO

2.2.8.1. NITRÓGENO (N)

DOMÍNGUEZ (1989) indica que el nitrógeno ocupa uno de los primeros lugares entre los elementos nutritivos para las plantas, está casi completamente ausente como el elemento químico en la roca madre de la cual forma los suelos.

BIDWELL (1983) señala que el nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo formas de nitrógeno orgánico que forma parte de la materia orgánica procedente de organismos vegetales y animales, no puede utilizar las plantas mientras no se transforma en nitrógeno orgánico. El nitrógeno inorgánico incluye formas como NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO , N_2 .

DAVELOUIS (1992) menciona que el rol del nitrógeno en la planta es el de constituir esencialmente toda materia viva, forman las proteínas, integra la molécula de la clorofila, influir en el estado vegetativo. En el suelo es muy baja a comparación de lo que consumen los cultivos que es muy alta.

2.2.8.2. FÓSFORO (P)

DOMINGUEZ (1989) indica que el fósforo es muy poco móvil en el suelo a causa de su fijación, en las interacciones las raíces son capaces de segregar complejos orgánicos ácidos con capacidad de intercambiar el fósforo adsorbido liberando este para la planta

GARCÍA (2000) manifiesta que la mayoría de ese fósforo en forma de ion ortofosfato H_2PO_4^- pequeñas cantidades de ion secundario ortofosfato HPO_4^{2-} son absorbidos. Las cantidades relativas de estos dos iones absorbidos por las plantas están afectados por el pH del medio que les rodea las raíces. Valores bajos de pH incrementan la absorción del ion H_2PO_4^- , mientras los valores altos del pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} .

FASSBENDER (1987) señala que el contenido de fósforo total en los suelos es relativamente bajo, cuanto más fina es la textura del suelo mayor es el contenido de fósforo. Interviene en proceso a nivel celular, contribuye a las raíces y las plántulas a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas, además maximiza la eficiencia del uso del agua.

2.2.8.3. POTASIO (K)

GARCÍA (2000) indica que a diferencia del fosforo el potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes, además el potasio es absorbido por las raíces en forma de K^+ , y es un elemento importante en las cenizas vegetales bajo la forma de óxido potásico y sobre todo en los suelos arcillosos.

BIDWELL (1983) indica que es esencial para las plantas interviene en la fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos, en el balance de agua, en el crecimiento meristemático, favorece el crecimiento vegetativo especialmente en la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos.

2.2.8.4. CALCIO (Ca)

GARCÍA (2000) indica que el calcio se halla en el suelo formando la materia orgánica o combinada con los ácidos húmicos y fosfórico en los humatos y fosfohumatos cálcicos.

DAVELOUIS (1992) señala que es absorbido por las plantas en forma de catión Ca^{+2} estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de paredes celulares, ayuda a neutralizar la acidez del suelo, esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadores.

2.2.8.5. MAGNESIO (Mg)

GARCÍA (2000) indica que la mayoría de los suelos agrícolas son de bajo contenido en magnesio cambiante, particularmente aquellos que se encuentran en zonas húmedas y climas tropicales.

FASSBENDER (1987) manifiesta que los suelos generalmente contiene menos magnesio que calcio debido a que el magnesio no es absorbido tan fuertemente como el calcio por los coloides del suelo y puede perderse más fácil por lixiviación.

2.2.8.6. ASUFRE (S)

GARCÍA (2000) indica que el azufre se encuentra en el suelo bajo las formas mineral (sulfato y sulfuro) y orgánica. El azufre orgánico no puede ser absorbido directamente por las plantas, sino tiene que transformarse mediante la acción de los microorganismos en ion sulfato SO_4^{-2} , forma en que puede ser absorbido por las raíces.

LÓPEZ (1990) señala que el azufre en las plantas puede compararse al de fósforo, sin embargo se tiene poca atención dentro de la práctica de fertilización general. Probablemente se debe a la reserva de azufre en la mayoría de los suelos.

2.2.8.7. MANGANESO (Mn)

ZAVALETA (1990) indica que es un elemento esencial para el desarrollo del vegetal desempeña una función importante en la síntesis proteicas. Su absorción por la planta es en forma de ion Mn^{+2} . La mayor parte de los suelos de reacción ácido, la mayor deficiencia se ha observado en suelos arenosos.

2.2.8.8. ZINC (Zn)

ZAVALETA (1990) indica que son más disponibles a un pH 5.0 y 6.5, es absorbido por la planta como Zn^{+2} o como quelante por vía radicular o foliar.

BIDWELL (1983) indica que la asimilación del zinc está condicionado al contenido en el suelo de otros iones antagónico el exceso de fósforo y un pH demasiado alto, por tanto las carencias de este elemento en las plantas pueden producirse por escasez de zinc, exceso de abono fosfatado, enclados excesivos.

2.2.8.9. HIERRO (Fe)

GARCÍA (2000) indica que no forma parte de la clorofila, forma parte de enzimas y se asimila bajo la forma de ion ferroso Fe^{+2} y en forma orgánica la forma Fe^{+3} . Es de menor importancia debido a la pequeña solubilidad de los compuestos férricos en la mayor parte de los suelos. Los suelos alcalinos producen plantas deficientes en Fe aunque este abunde en el suelo.

DAVELOUIS (1992) manifiesta que el hierro interviene en la activación de varios sistemas enzimáticos, juega un rol similar al Mg en estructura de porfirina precursor de la clorofila, la síntesis de proteínas cloroplásticas, ferredoxinas que participan en la fotosíntesis en la producción de nitratos. En la reducción de sulfatos y fijación del N_2 atmosférico.

2.2.8.10. COBRE (Cu)

GARCÍA (2000) señala que el cobre es requerido por las plantas en muy pequeña cantidad, es absorbido por la planta como Cu^{+2} , o como complejo orgánico Cu, por vía radicular o foliar, no es muy móvil, aunque puede desplazarse en cierta proporción de hojas viejas a las jóvenes.

ZAVALETA (1990) manifiesta que este elemento debe mantenerse en el suelo en equilibrio con el hierro, el exceso de cobre provoca una mayor oxidación de hierro, que pasa a formas insolubles, la escasez de cobre provoca una excesiva asimilación de hierro por parte de las plantas.

2.2.8.11. BORO (B)

GARCÍA (2000) indica que en la mayor parte de los suelos agrícolas, el boro se encuentra en cantidades mínimas entre 2–100 ppm. La mayor parte no es utilizable por la planta, el boro es absorbido por la planta en distintas formas de ácido bórico: $\text{B}_4\text{O}_7^{-2}$, BO_3^{-3} , BO_3H^{-2} , $\text{BO}_3\text{H}_2^{-2}$, radicular o por vía foliar.

FASSBENDER (1987) señala que el boro aun es poco conocido, pero esencial para el desarrollo de las plantas debido a la influencia que ejerce en diferentes procesos fisiológicos especialmente en la pared celular.

- Un alto contenido de calcio provoca la formación de boratos cálcicos poco solubles.
- Un alto contenido de materia orgánica hace que el boro sea retenido en formas complejas que liberan boro soluble de una forma muy lenta.
- Los suelos arenosos bien drenados pueden presentar carencias ocasionales por el arrastre del boro soluble.

2.2.8.12. MOLIBDENO (Mo)

GARCÍA (2000) indica que el molibdeno es absorbido por la planta en forma de MoO_4^{-2} .

ZAVALETA (1992) manifiesta que es el único elemento de menor carga de disponibilidad que se incrementa con el incremento del pH del suelo.

En pH ácido es precipitado por el Fe y Al, en pH menores a 4.5 hay suficiente Al y Mn en la solución del suelo como para producir toxicidad en las plantas

LÓPEZ (1990) señala que las plantas requieren este elemento en dosis mínimas, tanto para los proceso de fijación, como para la fijación del N por los nódulos radiculares de las leguminosas.

2.2.8.13. FORMAS ASIMILABLES DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES EN EL SUELO

CUADRO Nº 01: Elementos esenciales y formas asimilables en el suelo

ELEMENTO	SÍM.	FORMA IONICA	PESO ATÓMICO	VALENCIA	NOMBRE DEL ION	EJEMPLO
Macronutrientes del suelo						
Calcio	Ca	Ca ⁺²	40	2	Calcio	CaCO ₃
Magnesio	Mg	Mg ⁺²	24	2	Magnesio	MgCO ₃
Potasio	K	K ⁺	39	1	Potasio	KCl
Fósforo	P	PO ₄ ⁻³	95	3	Fosfato	Ca ₃ (PO ₄) ₂
		HPO ₄ ⁻²	96	2	Fosfato ácido	CaHPO ₄
		H ₂ PO ₄ ⁻	97	1	Fosfato diácido	Ca(H ₂ PO ₄) ₂
Azufre	S	SO ₄ ⁻²	96	2	Sulfato	MgSO ₄
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻	62	1	Nitrato	KNO ₃
		NO ₂ ⁻	46	1	Nitrito	KNO ₂
		NH ₄ ⁺	18	1	Amonio	NH ₄ Cl
Micronutrientes del suelo						
Manganeso	Mn	Mn ⁺²	55	2	Manganeso	MnO
Hierro	Fe	Fe ⁺²	56	2	Ferroso	FeO
		Fe ⁺³	56	3	Férrico	Fe ₂ O ₃
Cobre	Cu	Cu ⁺	63	1	Cuproso	Cu ₂ O
		Cu ⁺²	63	2	Cúprico	CuO
Zinc	Zn	Zn ⁺²	65	2	Zinc	ZnO
Boro	B	BO ₃ ⁻³	59	3	Borato	H ₃ BO ₃
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ⁻²	96	2	Molibdato	Na ₂ MoO ₄
Cloro	Cl	Cl ⁻	35.5	1	Cloruro	NaCl
Nutrientes de la atmósfera						
Carbono	C	CO ₃ ⁻²	60	2	Carbonato	MgCO ₃
		HCO ₃ ⁻³	61	1	Bicarbonato	Na ₂ HCO ₃
Hidrógeno	H	H ⁺	1	1	Hidrogeno	HCl
Oxigeno	O	OH ⁻	17	1	Hidroxilo	NaOH
Otros elementos						
Sodio	Na	Na ⁺	23	1	Sodio	NaCl
Aluminio	Al	Al ⁺³	27	3	Aluminio	Al(OH) ₃

FUENTE: GARCÍA (2000)

2.2.9. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

a. MATERIA ORGÁNICA

LÓPEZ (1990) indica que la materia orgánica es el componente más importante del suelo, se le encuentra en cantidades pequeñas, sin embargo juega un papel muy importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la fertilidad natural de un suelo está íntimamente ligada al contenido de materia orgánica.

FASSBENDER (1987) manifiesta que la materia orgánica mejora la estructura y la permeabilidad; incrementa la capacidad de retención de humedad y mejora la actividad biológica del suelo.

b. FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA

LÓPEZ (1990) señala las fuentes pueden ser primarias y secundarias:

- Fuentes primarias, están constituidos por plantas mediante la incorporación natural de su sistema radicular y el follaje, residuos de cosecha, abono verde, turba, los organismos vivos del suelo.
- Fuentes secundarias, son de origen animal guano de isla, estiércol de animales.

CUADRO N° 02: Rangos de materia orgánica y nitrógeno total del suelo.

Materia Orgánica %		Nitrógeno Total %	
Rangos	Denominación	Rangos	Denominación
< 2	Pobre	< 0.1	Pobre
2 a 4	Medio	0.11 a 0.20	Medio
4 a 8	Rico	0.21 a 0.40	Rico
> 8	Muy rico	> 0.40	Muy rico

FUENTE: LÓPEZ (1990)

2.2.10. MÉTODOS PARA DETERMINAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS SUELOS

a) ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

BARRETO (2002) indica que la razón principal de realizar un análisis de suelo es para evaluar o estimar su capacidad para suministrar nutrientes que sean disponibles y aprovechables para un determinado cultivo. El propósito final es conocer si el suelo es deficiente en algún nutrimento, y si lo es que fertilizantes o enmiendas deben emplearse, en que cantidades y su manera de aplicarlos para salvar las deficiencias presentes, o sea la aplicación debe ser oportuna y razonable.

b) ANÁLISIS DEL SUELO POR LA PLANTA

LÓPEZ (1990) señala que aparte del análisis químico de suelos, varios métodos se han sugerido para determinar es estado nutritivos de los mismos, uno de ellos es recorriendo directamente a la planta. Entre este método están las plantas indicadoras, hongos, síntomas de deficiencia foliar, análisis químico foliar, ensayo en macetas de elemento faltante.

2.2.11. IMPORTANCIA DE CONOCER LA FERTILIDAD DEL SUELO

BARRANTES (1992) manifiesta que el suelo bajo estudio posee las condiciones necesarias para establecer y mantener un cultivo de interés. Aporta información sobre la necesidad de adicionar nutrientes (fertilizantes químicos y orgánicos), y/o enmiendas para mejorar las condiciones para el cultivo.

2.2.12. INTERACCION ENTRE NUTRIENTES

BARRANTES (1992) indica que un cambio excesivo con el contenido de un elemento en el tejido de la planta invariablemente va acompañado por cambios secundarios en el contenido de otros elementos, no siempre las interacciones se manifiestan solo entre parejas de elementos, lo que puede suceder entre varios elementos.

Existe también otro tipo de interacción deficiencia inducida en la que la absorción de los elementos nutritivos por la planta esta regida por la ley de los mínimos, los elementos antagónicos y sinérgicos.

CUADRO N° 03: Relación de antagonismo y sinergismo entre los elementos

ELEMENTO	ANTAGONISMO	SINERGISMO
N	K, B	Mg
P	Zn, K, Cu, Fe	Mg
K	B	Fe, Mn
Ca	Mg, Zn, B, Fe, K, Mn	
Mg		P
Fe	P	
Mn	Fe	
Zn	Fe	

FUENTE: BARRANTES (1992)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizo en:

- Departamento : Ancash
- Provincia : Huari
- Distrito : Chana y Huachis
- Comunidad campesina : Santa Cruz de Pichiu

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

- Latitud Sur : 9° 23' 39" - 9° 24' 10" S
- Longitud : 77° 01' 47" - 77° 07' 36" O
- Altitud : 3300 – 4500 msnm.

3.1.2. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La duración del trabajo de investigación fue de 2 meses

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se ejecutó bajo condiciones de la Provincia de Huari, distritos de San Pedro de Chaná y Huachis y sus localidades, se puede visualizar con claridad y precisión la ubicación de la zona de intervención de la investigación (GRAFICO N°1).

3.2. MATERIALES

3.2.1. MATERIALES

- Bolsas de polietileno.
- Fiolas de vidrio.
- Tubos de ensayo.
- Papel filtro.
- Pipetas graduadas de vidrio.
- Fiolas.
- Vasos de precipitación.
- Probetas de vidrio.

3.2.2. HERRAMIENTAS

- Lampa, pico, costales.
- Wincha de 3m.
- Lampa, pico.
- Tablero.
- Tamiz de 2mm de diámetro.

3.2.3. EQUIPOS

- GPS.
- Cámara fotográfica digital.
- Mufla.
- Balanza analítica.
- Dispersador de muestras.
- Potenciómetro digital.
- Absorción atómica.
- Espectrofotómetro digital.
- Destilador de agua.
- Termómetro.

3.2.4. REACTIVOS

- Ácido sulfúrico H_2SO_4
- Ácido clorhídrico HCl
- Acetato de amonio 1N
- Carbón activado.
- Cloruro de estaño $SnCl_2 \cdot 2H_2O$
- Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$
- Hidróxido de sodio NaOH al 4%
- Pirofosfato de sodio al 4%
- Sulfato ferrosos amoniacal $FeSO_4(NH_4)_2$
- Lantano 0.1%
- Fenolftaleína indicador

3.2.5. MATERIALES DE ESCRITORIO

- Libreta de campo.
- Lápiz, Calculadora.
- Computadora y materiales de impresión.

3.3. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación consistió en la recolección de muestras de suelos de las calicatas de los suelos de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú, para la evaluación de la fertilidad, el cual consistió de las siguientes fases: Fase preliminar de gabinete, Fase de campo y fase final de gabinete.

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo no experimental, descriptiva y aplicada ya que los resultados, permite establecer la dosis adecuada de fertilización para los diferentes cultivos en los distritos de Chaná y Huachis.

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño utilizado fue no experimental, transeccional, es decir; se recolectan datos en un solo momento, en un punto único. Su pronóstico es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Para recabar la información se ha dividido a la Comunidad Campesina en 12 sectores, donde cada sector en 2 horizontes A y B, y de cada una de ellas se realizó los análisis de fertilidad en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM.

3.3.3. UNIVERSO O POBLACION

El marco poblacional será el ámbito de la Comunidad Campesina Santa Cruz de Pichiú con sus 11 sectores entre los 3300 y 4500 msnm divididos entre los distritos de Chaná y Huachis.

3.3.4. MUESTRA

La unidad de análisis está considerada por una muestra de suelo 1Kg y la muestra está representada por veintidós muestras que representan las once calicatas de cada sector, dos puntos/sector.

3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. FASE PRELIMINAR

Se realizó de la siguiente manera:

- Inicialmente se recopiló datos generales de la zona en estudio de la Comunidad Campesina Santa Cruz de Pichiú.
- Se realizó las visitas a los campos de los 11 sectores de la Comunidad Campesina de Santa Cruz de Pichiú en la provincia de Huari.

3.4.2. FASE DE CAMPO

Esta etapa fue la toma de muestras de suelo, donde se tomó solamente la capa arable a una profundidad de 30cm desde la superficie, con ayuda de una lampa se hizo un hoyo en forma de V, para luego hacer un corte de 1 o 2cm de forma transversal, la cantidad de suelo que se extrajo fue de aproximadamente un 1kg, se tomaron 22 muestras en total codificándolas según los 11 sectores, se tomó en cuenta también la altitud, se embolsó y guardó en un lugar seco, después se traslado para el análisis respectivo hasta el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNASAM.

3.4.3. FASE DE LABORATORIO

Las muestras recolectadas y seleccionadas se enviaron al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, para su respectivo análisis, cuando las muestras fueron recepcionadas pasó por una serie de preparaciones antes de ser analizados, se secó, tamizó y/o molió, llenó a una bolsa de polietileno (8 x 10 cm) y codificó. Luego se procedió a realizar el análisis respectivo de fertilidad que incluyó lo siguiente: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, textura, cationes cambiabiles, entre otras.

3.4.4. FASE FINAL DE GABINETE

Esta fase se hizo en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNASAM, se procedió a la elaboración del informe final con los datos obtenidos de los análisis del suelo.

3.5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

En esta etapa se consideró un análisis de fertilidad realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNASAM.

3.5.1. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

Para la obtención de estos datos se analizaron los respectivos suelos, y mediante los métodos establecidos para cada tipo de análisis, a continuación se menciona los análisis realizados para el presente trabajo de investigación:

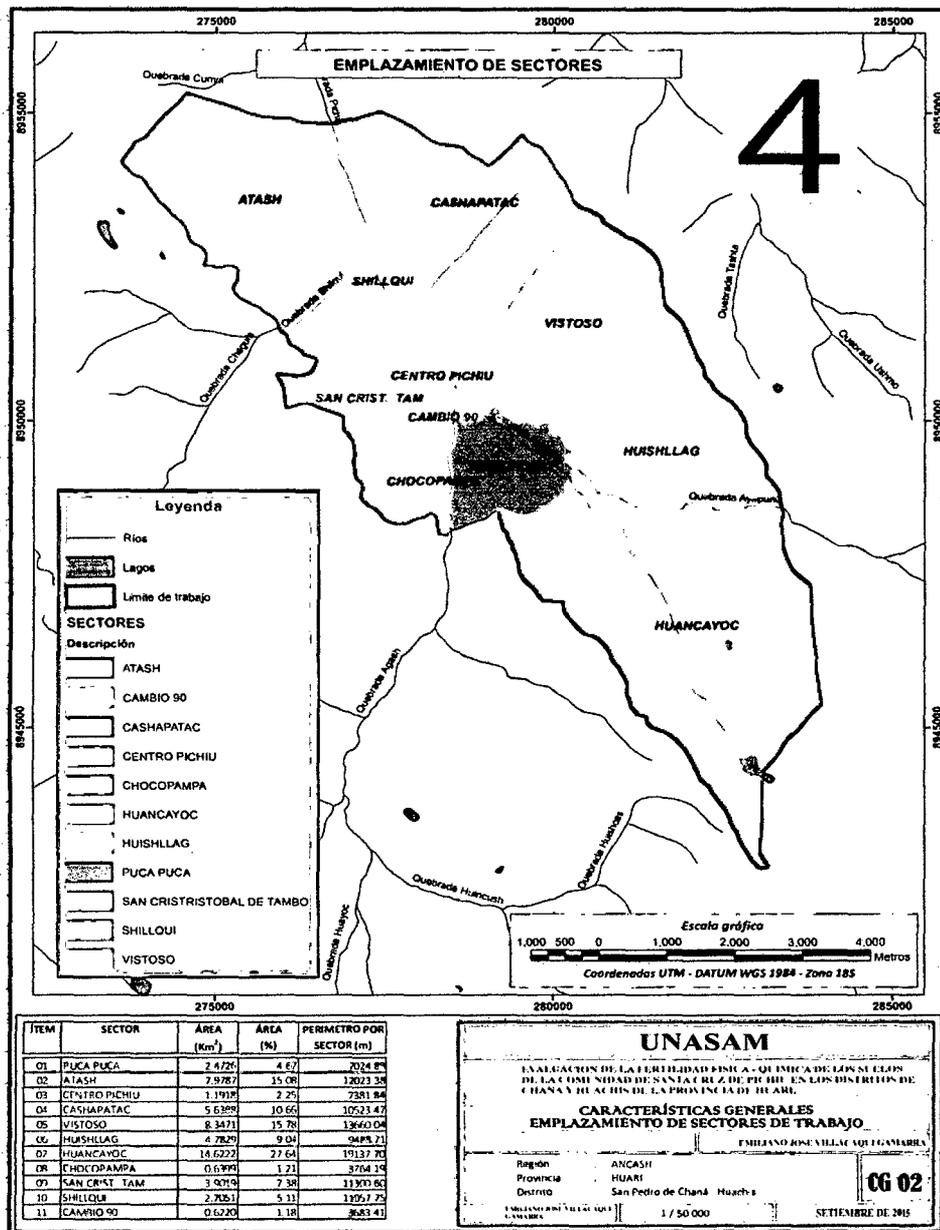
- **Textura:** Método del Hidrómetro de Bouyoucus
- **pH:** Medida en el potenciómetro relación suelo-agua (1:2)
- **CE:** Medida con el conductivímetro relación suelo-agua (1:2)
- **Materia orgánica:** Método de Wakley and Black
- **Nitrógeno total:** Estimación del 5% del %M.O
- **Fósforo disponible:** Método de Olsen, extracción con bicarbonato de sodio 1N. Lectura en espectrofotómetro único digital.
- **Potasio disponible:** Método de extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N , pH 7.0.
- **Cationes cambiables:** Extracción acetato de amonio 1N. Relación (1.5), dilución con oxido de Lantano (0.1%), 9 ml de muestra por 1 ml de Lantano a Ca y Mg. Lectura en absorción atómica. K y Na.
- **Cationes solubles:** Extracción agua destilada relación (1:5), diluido con oxido de Lantano 0.1%, 9 ml de muestra po 1 ml de Lantano a Ca y Mg. Lectura en absorción atómica K y Na.
- **CIC:** Suma de cationes.
- **Densidad aparente (Da):** Método de la probeta
- **Densidad real (Dr.):** Método del picnómetro

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. UBICACIÓN DE LOS SECTORES

Tomando como base la imagen satelital Landsat, los planos catastrales a escala 1/50000 y el Google Earth, se llevó a cabo el levantamiento, alcanzando un total de 5290.28 hectáreas, en este total, se incluye el área de investigación.

GRÁFICO N°01: Sectores pertenecientes al Distrito de Chana y Huachis.



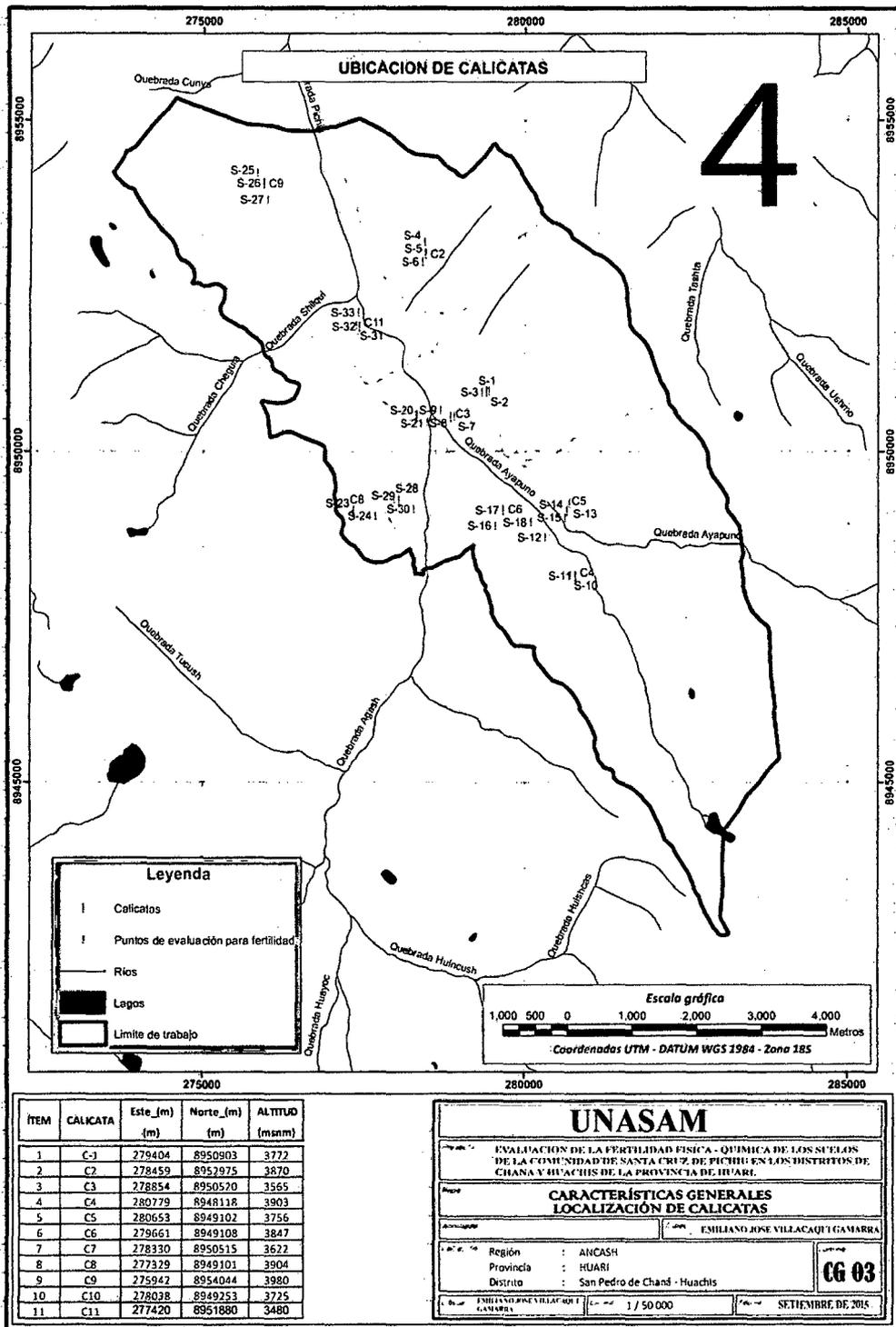
FUENTE: Elaboración propia

CUADRO N° 04: Ubicación de las calicatas por sectores

CALICATA	N° MUESTRA	CLAVE	SECTOR	ALTITUD (msnm.)
C1	1	S1	VISTOSO	3795
	2	S2		3772
C2	3	S3	CASHAPATAC	3950
	4	S4		3870
C3	5	S5	PICHU CENTRO	3573
	6	S6		3565
C4	7	S7	HUANCAYOC	3910
	8	S8		3903
C5	9	S9	HUIHLLAG	3804
	10	S10		3756
C6	11	S11	PUCA PUCA	3973
	12	S12		3847
C7	13	S13	CAMBIO 90	3636
	14	S14		3622
C8	15	S15	SAN CRISTOBAL DE TAMBO	3914
	16	S16		3904
C9	17	S17	ATASH	4057
	18	S18		3980
C10	19	S19	CHOCOPAMPA	3777
	20	S20		3725
C11	21	S21	SHILLQUI	3515
	22	S22		3480

FUENTE: Enfoque Territorial de la C.C. Santa Cruz de Pichú

GRÁFICO N°02: Ubicación de calicatas en el Distrito de Chana y Huachis



FUENTE: Elaboración propia

4.2. DISCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS

4.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SUELOS DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS Y TAXONÓMICAS

CUADRO N°05: Áreas de suelos por sectores

SUELOS	SIMBOLOS	ÁREA (Ha)	%
VISTOSO	VI	834.70	15.78%
CASHAPATAC	CA	563.87	10.66%
CENTRO PICHU	PI	119.18	2.25%
HUANCAYOC	HU	1,462.22	27.64%
HUISHELLAC	WU	478.30	9.04%
PUCA PUCA	PU	247.26	4.67%
CAMBIO 90	CAM	62.20	1.18%
SAN CRISTOBAL DE TAMBO	SA	390.18	7.38%
ATASH	AT	797.88	15.08%
CHOCOPAMPA	CH	63.99	1.21%
SHILLQUI	SH	270.50	5.11%
TOTAL		5,290.28	100.00%

La unidad taxonómica es la serie de suelos, que constituye la categoría más baja de la taxonomía.

En el área de investigación, se ha determinado once unidades cartográficas de suelos, cada una de ellas con sus características propias y ocupando paisajes fisiográficas definidos.

4.2.2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELO DE LAS CALICATAS EN LOS 11 SECTORES

CUADRO N°06: Resultados de los análisis de las calicatas para la evaluación de la fertilidad de los suelos de la C.C. Santa Cruz de Pichiu - Provincia de Huari

SECTOR	N° MUESTRA	CLAVE	TEXTURA			C.TEX/ESTRUCT	pH	C.E dS/m	M.O %	Nt %	P ppm	K ppm	CATIONES CAMBIABLES (meq/100g)					CIC meq /100g	ANIONES (meq/100g)			Da g/cm ³	Dr g/cm ³	%P	C.C % (Vol)	P.M %
			Ao	Li	Ar								Ca	Mg	K	Na	H+Al		CO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl					
VISTOSO	1	C1 A	37	54	9	T: Franco limoso E: Granular compuesto	7.11	0.38	2.86	0.14	29.00	89.00	17.20	1.29	0.19	0.03	0.00	18.70	0.00	0.16	2.49	1.28	2.34	45.00	29.00	8.50
	2	C1 B	56	23	21	T: Franco arenoso E: Granular compuesto	7.31	0.38	1.86	0.09	19.00	89.00	17.20	1.29	0.19	0.03	0.00	18.71	0.00	0.16	2.49	1.46	2.34	41.00	24.00	7.00
	PROMEDIO		46.5	38.5	15		7.21	0.38	2.36	0.12	24.00	89.00	17.20	1.29	0.19	0.03	0.00	18.71	0.00	0.16	2.49	1.37	2.34	43.00	26.50	7.75
CASHAPATAC	3	C2 A	31	54	15	T: Franco limoso E: Granular compuesto	7.07	0.25	3.02	0.15	27.00	106.00	16.40	1.15	0.19	0.02	0.00	17.76	0.00	0.23	2.44	1.16	2.31	49.80	42.00	18.00
	4	C2B	39	48	13	T: Franco E: Granular compuesto	7.29	0.41	1.95	0.10	22.00	70.00	14.69	1.30	0.16	0.04	0.00	16.19	0.00	0.19	2.51	1.51	2.34	43.00	28.00	8.00
	PROMEDIO		35	51	14		7.18	0.33	2.48	0.12	24.50	88.00	15.55	1.23	0.18	0.03	0.00	16.98	0.00	0.21	2.48	1.34	2.33	46.40	35.00	13.00
PICHU CENTRO	5	C3 A	21	44	35	T: Franco arcilloso E: Bloque sub angular	7.54	0.41	2.48	0.12	16.00	80.00	16.08	1.11	0.18	0.04	0.00	17.41	0.08	0.10	2.29	1.43	2.46	47.00	34.00	7.80
	6	C3 B	23	32	45	T: Arcilloso E: Bloque angular	7.66	0.29	1.80	0.09	14.00	80.00	15.62	1.10	0.17	0.02	0.00	16.91	0.10	0.16	2.58	1.27	2.38	50.00	43.00	14.00
	PROMEDIO		22	38	40		7.60	0.35	2.14	0.11	15.00	80.00	15.85	1.11	0.18	0.03	0.00	17.16	0.09	0.13	2.44	1.35	2.42	48.50	38.50	10.90
HUANCAYOC	7	C4 A	19	44	37	T: Franco arcilloso limoso E: Bloque angular	7.01	0.48	2.09	0.10	15.00	87.00	15.68	1.13	0.18	0.04	0.00	17.03	0.15	0.21	2.47	1.43	2.37	48.00	33.00	8.60
	8	C4 B	3	42	55	T: Arcilloso limoso E: bloque sub angular	7.80	0.24	1.46	0.07	3.00	74.00	16.11	0.70	0.14	0.02	0.00	16.97	0.14	0.11	2.34	1.32	2.54	48.00	41.00	9.00
	PROMEDIO		11	43	46		7.41	0.36	1.78	0.09	9.00	80.50	15.90	0.92	0.16	0.03	0.00	17.00	0.15	0.16	2.41	1.38	2.46	48.00	37.00	8.80
WISHLLAG	9	C5 A	47	28	25	T: Franco E: Bloque sub angular	7.77	0.15	1.96	0.10	21.00	60.00	15.67	0.78	0.21	0.01	0.00	16.67	0.12	0.13	2.55	1.47	2.46	44.00	29.00	7.60
	10	C5 B	57	18	25	T: Franco arcilloso arenoso E: Bloque sub angulares	8.00	0.13	1.25	0.06	13.00	68.00	15.23	0.86	0.21	0.01	0.00	16.31	0.20	0.10	2.63	1.40	2.50	47.00	35.00	7.90
	PROMEDIO		52	23	25		7.89	0.14	1.60	0.08	17.00	64.00	15.45	0.82	0.21	0.01	0.00	16.49	0.16	0.12	2.59	1.44	2.48	45.50	32.00	7.75

PUCA PUCA	11	C6 A	33	40	27	T: Franco arcilloso	7.77	0.32	2.12	0.11	9.00	60.00	15.13	0.64	0.22	0.03	0.00	16.02	0.12	0.13	2.56	1.42	2.48	48.00	33.00	7.70
						E: Bloque sub angulares																				
	12	C6 B	43	30	27	T: Franco	8.05	0.11	0.84	0.42	5.00	55.00	14.31	0.65	0.19	0.01	0.00	15.16	0.21	0.12	2.64	1.53	2.50	44.00	28.00	7.50
						E: Granular compuesto																				
	PROMEDIO		38	35	27		7.91	0.21	1.48	0.26	7.00	57.50	14.72	0.65	0.21	0.02	0.00	15.59	0.17	0.13	2.60	1.48	2.49	46.00	30.50	7.60
CAMBIO 90	13	C7 A	31	44	25	T: Franco	7.82	0.14	1.88	0.09	10.00	49.00	14.40	0.77	0.15	0.01	0.00	15.37	0.17	0.14	2.57	1.47	2.50	44.00	29.00	7.90
						E: Granular compuesto																				
	14	C7 B	41	44	15	T: Franco	7.80	0.25	1.80	0.09	12.00	59.00	14.58	0.98	0.16	0.02	0.00	15.74	0.17	0.13	2.59	1.50	2.40	43.00	28.00	7.70
						E: Granular Compuesto																				
	PROMEDIO		36	44	20		7.81	0.19	1.84	0.09	11.00	54.00	14.49	0.88	0.16	0.02	0.00	15.56	0.17	0.14	2.58	1.49	2.45	43.50	28.50	7.80
SAN CRISTOBAL DE TAMBO	15	C8 A	47	40	13	T: Franco	6.36	0.41	2.80	0.14	16.00	89.00	16.83	1.01	0.24	0.04	0.00	18.12	0.00	0.36	2.41	1.51	2.27	44.00	27.00	7.50
						E: Granular																				
	16	C8 B	41	30	29	T: Franco arcilloso	6.68	0.13	1.97	0.10	21.00	84.00	16.19	0.92	0.24	0.01	0.00	17.36	0.00	0.30	2.45	1.41	2.54	44.00	28.00	7.80
						E: Bloque angular																				
	PROMEDIO		44	35	21		6.52	0.27	2.38	0.12	18.50	86.50	16.51	0.97	0.24	0.03	0.00	17.74	0.00	0.33	2.43	1.46	2.41	44.00	27.50	7.65
ATASH	17	C9 A	41	50	9	T: Franco limoso	7.72	0.16	3.64	0.18	19.00	67.00	19.20	1.04	0.18	0.01	0.00	20.25	0.16	0.16	2.59	1.32	2.31	51.00	44.00	16.00
						E: Granular																				
	18	C9 B	61	24	15	T: Franco arenoso	6.89	0.39	1.94	0.10	14.00	59.00	17.90	0.95	0.20	0.03	0.00	19.80	0.00	0.17	2.37	1.58	2.51	41.00	25.00	7.60
						E: Granular																				
	PROMEDIO		51	37	12		7.31	0.27	2.79	0.14	16.50	63.00	18.55	1.00	0.19	0.02	0.00	20.03	0.08	0.17	2.48	1.45	2.41	46.00	34.50	11.80
CHOCOPAMPA	19	C10 A	35	38	27	T: Franco	7.33	0.24	3.69	0.18	19.00	83.00	19.16	1.14	0.23	0.02	0.00	20.55	0.00	0.14	2.55	1.49	2.24	42.00	27.00	7.80
						E: Granular compuesto																				
	20	C10 B	25	22	53	T: Arcilloso	7.87	0.16	1.90	0.10	20.00	76.00	17.26	1.16	0.23	0.01	0.00	18.66	0.18	0.10	2.64	1.30	2.38	51.00	43.00	15.00
						E: Bloque angular																				
	PROMEDIO		30	30	40		7.60	0.20	2.79	0.14	19.50	79.50	18.21	1.15	0.23	0.02	0.00	19.61	0.09	0.12	2.60	1.40	2.31	46.50	35.00	11.40
SHILLQUI	21	C11 A	21	40	39	T: Franco arcilloso	7.96	0.14	1.54	0.08	21.00	50.00	10.21	0.63	0.20	0.01	0.00	11.05	0.17	0.09	2.63	1.40	2.51	47.00	34.00	8.50
						E: Bloque sub angular																				
	22	C11 B	51	20	29	T: Franco arcilloso arenoso	7.04	0.15	1.18	0.06	17.00	45.00	10.26	0.71	0.21	0.01	0.00	11.19	0.00	0.14	2.57	1.48	2.47	45.00	30.00	8.30
						E: Bloque sub angular																				
	PROMEDIO		36	30	34		7.50	0.14	1.36	0.07	19.00	47.50	10.24	0.67	0.21	0.01	0.00	11.12	0.09	0.12	2.60	1.44	2.49	46.00	32.00	8.40

4.2.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DE FERTILIDAD EN SUELOS DE LOS 11 SECTORES

4.2.3.1. SECTOR VISTOSO (VI)

Ocupa una superficie de 834.70 ha, que representan el 15.78% del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco limoso; estructura es granular compuesto, pH es neutro 7.11, bajo contenido de materia orgánica 2.86%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco arenoso; estructura es granular compuesto, pH es neutro 7.31, bajo contenido de materia orgánica 1.86%.

- **pH**

El pH de este suelo en promedio es moderadamente alcalino, posee 7.21 Según AZABACHE (2003) este valor de pH (CUADRO N°06) genera baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica se presenta en contenidos bajos, solamente el punto A presenta contenidos medios 2.36 %. El nitrógeno total es de 0.12 %, el contenido de fósforo es medio de 24 ppm, y el potasio se encuentra en concentraciones bajas con 89 ppm.

4.2.3.2. SECTOR CASHAPATAC (CA)

Ocupa una superficie de 563.87 ha, que representan el 10.66% del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco limoso; estructura es granular compuesto, pH es neutro 7.07, regularmente provisto de materia orgánica 3.02%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco; estructura es granular compuesto, pH es neutro 7.29, bajo contenido de materia orgánica 1.95%.

- **pH**

El pH de este suelo en promedio es moderadamente alcalino, con un promedio de 7.18 de pH, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) genera un mínimo efecto de toxicidad.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es media, la materia orgánica se presenta en el punto A con contenidos medios 3.02%. El nitrógeno total es de 0.12 % en concentraciones medias, el contenido de fósforo es alto de 24.5 ppm y en estos suelos el potasio es de 88 ppm que se encuentra en concentraciones bajos.

4.2.3.3. SECTOR PICHIU CENTRO (PI)

Ocupa una superficie de 119.18 ha, que representan el 2.25 % del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco arcilloso; Estructura es bloques sub angular, pH es alcalino 7.54, regularmente provisto de materia orgánica 2.48%.

- **PUNTO “B”**

De textura arcilloso; estructura bloques angulares, pH ligeramente alcalino 7.66, bajo Contenido de materia orgánica 1.80%.

- **pH**

El pH de este suelo es ligeramente alcalino, el valor que posee es 7.60 de pH, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) generan generalmente Carbonato de calcio.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es media, la materia orgánica se presenta en contenidos medios, solamente el punto A presenta contenidos medios 2.48%. El nitrógeno total es de 0.11 % en concentración baja, el contenido promedio de fósforo es un nivel alto de 15 ppm y el potasio es de 80 ppm que se encuentra en concentraciones bajas.

4.2.3.4. SECTOR HUANCAYOC (HU)

Ocupa una superficie de 1462.22 ha, que representa el 27.64% del área total.

- **PUNTO "A"**

De textura franco arcilloso limoso; estructura es bloques angulares, pH es neutro 7.01, regularmente provisto de materia orgánica 2.09%.

- **PUNTO "B"**

De textura arcilloso limoso Estructura bloques sub angulares, pH es ligeramente alcalino 7.80, bajo Contenido de materia orgánica 1.46%.

- **pH**

El pH de este suelo es ligeramente alcalino, con un valor promedio de 7.41 de pH, según AZABACHE (2003) este valor de pH (CUADRO N°06) generan carbonato de calcio.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica se presenta en contenidos bajos de 1.78%, solamente el punto A presenta contenidos medios 2.09%. El nitrógeno total promedio es bajo de 0.09%, el contenido de fósforo es de 9 ppm estos suelos se localiza en niveles medios y también el potasio es el elemento que se encuentra en concentraciones bajas 80.5 ppm.

4.2.3.5. SECTOR HUISLLAG (HU)

Ocupa una superficie de 478.30 ha, que representan el 9.04 % del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco; estructura es bloques sub angulares granular, pH es ligeramente alcalino 7.77, bajo contenido de materia orgánica 1.96%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco arcilloso arenoso; estructura es bloques sub angulares, pH es moderadamente alcalino 8.0, provisto de buen contenido de materia orgánica es baja 1.25%.

- **pH**

El pH de este suelo es ligeramente alcalino, con un promedio de 7.89, según AZABACHE (2003) este valor de pH (CUADRO N°06) generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn; Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica se presenta en promedio con contenidos bajos 1.60%. El nitrógeno total en promedio 0.08% se ubica en concentraciones bajas, el contenido de fósforo en promedio se encuentra en niveles altos 17 ppm y el potasio es otro elemento que se encuentra en concentraciones bajas 64 ppm.

4.2.3.6. SECTOR PUCA PUCA (PU)

Ocupa una superficie de 247.26 ha, que representan el 4.67 % del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco arcilloso; estructura es bloques sub angulares, pH es ligeramente alcalino 7.77, regularmente provisto de materia orgánica 2.12%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco; estructura es granular compuesto, pH es moderadamente alcalino 8.05, bajo contenido de materia orgánica 0.84%.

- **pH**

El pH promedio de este suelo es medianamente alcalino 7.91, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica se presenta en contenidos medios, solamente el punto A contiene 2.12%. El nitrógeno total promedio se ubica también en concentraciones bajas 0.26%, el contenido de fósforo en promedio se encuentra en niveles bajos 7 ppm y el potasio se encuentra en concentraciones bajas 57.5 ppm.

4.2.3.7. SECTOR CAMBIO 90 (CAM)

Ocupa una superficie de 62.20 ha, que representan el 1.18 % del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco; estructura granular compuesto, pH es ligeramente alcalino 7.82, bajo contenido de materia orgánica 1.88%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco; estructura es granular compuesto, pH es ligeramente alcalino 7.80, bajo contenido de materia orgánica 1.80%.

- **pH**

El pH de este suelo es ligeramente alcalino, el promedio es de 7.81, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica en promedio se presenta en contenidos bajos 1.84%. El nitrógeno total se ubica también en concentraciones bajas 0.09%, el contenido promedio de fósforo en estos suelos se localiza en niveles medios 11 ppm y el potasio en promedio se encuentra en concentraciones bajas 54 ppm.

4.2.3.8. SECTOR SAN CRISTOBAL DE TAMBO (SA)

Ocupa una superficie de 390.18 ha, que representan el 7.38 % del área total.

- **PUNTO "A"**

De textura franco; estructura es granular, pH es ligeramente ácido 6.36, regularmente contenido de materia orgánica 2.80%.

- **PUNTO "B"**

De textura franco arcilloso; estructura es bloques sub angulares, pH es neutro 6.68, provisto de bajo contenido de materia orgánica 1.97%.

- **pH**

El pH promedio de este suelo es ligeramente ácido 6.52, según AZABACHE (2003) este valor de pH (CUADRO N°06) generan máxima disponibilidad de nutrientes.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es medio, la materia orgánica se presenta en contenidos medios, solamente el punto A presenta contenidos medios 2.80%. El nitrógeno total promedio se ubica también en concentraciones medias 0.12%, el contenido promedio de fósforo es estos suelos se localiza en niveles altos 18.5 ppm y el potasio en promedio en concentraciones bajas 86.5 ppm.

4.2.3.9. SECTOR ATASH (AT)

Ocupa una superficie de 797.88 ha, que representan el 15.08% del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco limoso; estructura granular, pH es ligeramente alcalino 7.72, provisto de niveles medio de materia orgánica 3.64%.

- **PUNTO “B”**

De textura franco arenoso; estructura es granular, pH es neutral 6.89, provisto con contenido bajo de materia orgánica 1.94%.

- **pH**

El pH promedio de este suelo es neutro es de 7.31, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) generan máxima disponibilidad de nutrientes.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es medio, la materia orgánica se presenta en contenidos medios, solamente el punto A presenta en contenido medios de 3.64%. El nitrógeno total se ubica también en concentraciones bajas 0.14%, el contenido de fósforo en promedio de estos suelos se localiza en niveles altos 16.5 ppm y el potasio en promedio se encuentra en concentraciones bajas 63 ppm.

4.2.3.10. SECTOR CHOCOPAMPA (CH)

Ocupa una superficie de 63.99 ha, que representan el 1.21 % del área total.

- **PUNTO “A”**

De textura franco; estructura es granular compuesto, pH es neutro 7.33, regularmente provisto de materia orgánica 3.68%.

- **PUNTO “B”**

De textura arcillosa; estructura es bloques angulares, pH es fuertemente alcalino 7.87, provisto de bajo contenido de materia orgánica 1.89%.

- **pH**

El pH de este suelo varia de neutro con 7.33 para el horizonte A y ligeramente alcalino con 7.87 para horizonte B, según **AZABACHE (2003)** este valores de pH (CUADRO N°06) generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es media, la materia orgánica en promedio se encuentra en niveles 2.79%, solamente el punto A con 3.69%. El nitrógeno total en promedio se ubica también en concentraciones bajas 0.14%; el contenido promedio de fósforo es estos suelos se localiza en niveles altas 19.50 ppm y el potasio es el elemento que se encuentra en concentraciones bajas 79.50 ppm.

4.2.3.11. SECTOR SHILLQUI (SH)

Ocupa una superficie de 270.50 ha, que representan el 5.11 % del área total.

- **PUNTO "A"**

De textura franco arcilloso; estructura es bloques sub angulares, pH es moderadamente alcalino 7.96, provisto de bajo contenido de materia orgánica 1.54%.

- **PUNTO "B"**

De textura franco arcilloso arenoso; estructura es bloques sub angulares, pH es ligeramente alcalino 7.04, provisto de bajo contenido de materia orgánica 1.18%.

- **pH**

El pH promedio de este suelo es moderadamente alcalino 7.5, según **AZABACHE (2003)** este valor de pH (CUADRO N°06) generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co y clorosis férrica.

- **FERTILIDAD**

En general la fertilidad de estos suelos es baja, la materia orgánica en promedio se presenta en contenidos bajos con 1.36%. El nitrógeno total también en promedio es bajo con 0.07%, el contenido de fósforo en promedio es estos suelos se localiza en niveles altos con 19 ppm y el potasio es en promedio el elemento que se encuentra en concentraciones muy bajas con 47.5 ppm.

4.3. PRESUPUESTO DE LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD

COSTOS DE LA EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA C.C. SANTA CRUZ DE PICHU EN LOS DISTRITOS DE CHANA Y HUACHIS.

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL SOLES
I. COSTOS DIRECTOS					1305.50
A).- MANO DE OBRA					810.00
1	Evaluación de suelos				50.00
	Evaluador	Jornal – H	1	50.00	50.00
	Otras actividades	Jornal – H	0		
2	Elaboración de calicatas				100.00
	Apertura de calicata	Jornal – H	1	50.00	50.00
	Toma de muestras	Jornal – H	1	50.00	50.00
	Otras Actividades	Jornal	0		
3	Análisis de suelos				660.00
	Análisis de fertilidad	Unid.	22	30.00	660.00
	Otras Actividades	Jornal	0		
B).- MATERIALES					65.50
1	Materiales de campo				44.40
	Lampa	Unid.	1	20.00	20.00
	Pico	Unid.	1	20.00	20.00
	Costal	Unid.	22	0.20	4.40
2	Otros materiales				21.10
	Malla metálica	m.	1	3.50	3.50
	Letrero	Unid.	22	0.80	17.60
	Otros	Unid.	0		

C).- VARIOS					430.00
Petróleo	Galón	20	11.00	220.00	
Alquiler de camioneta	Día	1	150.00	150.00	
Alimentación	Global	3	20	60.00	
Otros	0	0			
II. COSTOS INDIRECTOS					378.59
A	Imprevistos	2 % de Costos Directos		26.11	
B	Gastos Administrativos	3 % de Costos Directos		39.17	
C	Asistencia Técnica	1 % de Costos Directos		13.05	
D	Leyes Sociales	23 % de la Mano de Obra		300.26	
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN					1684.09

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

1. Se determinó los niveles de fertilidad física, química y biológica mediante el análisis de fertilidad realizado a las muestras de suelos de los 11 sectores de la C.C. Santa Cruz de Pichiú con un área total de 5290.28 Has, en general todos estos suelos son de **textura franco arcilloso y franco arenoso**, con un pH que va desde ligeramente ácido a ligeramente alcalino, no presenta problemas de salinidad, los niveles de materia orgánica y nitrógeno total van desde pobre a medio, los niveles de fósforo va desde pobre a medio y los niveles de potasio son pobres.
2. Se Interpretaron los resultados del análisis de fertilidad de los suelos de la C.C. Santa Cruz de Pichiú que el sector **Vistoso** con una altitud de 3783 msnm. en promedio ocupa una superficie de 834.70 ha, que representan el 15.78% del área total, en general la textura es de franco limoso arenoso, la fertilidad del suelo de este sector es baja, la materia orgánica se presenta en contenidos bajos, solamente el punto "A" presenta niveles medios 2.85 %, el nitrógeno total es de 0.12 %, el nivel de fósforo es alto con 24 ppm, y el potasio se encuentra en concentraciones bajas con 89 ppm, con un pH neutro de 7.21 este valor **generan baja disponibilidad de P, B; deficiencia Cu; Fe; Mn; Zn, Co**, sin problemas de salinidad de C.E. 0.38 ds/m, CIC de 18.71, Da de 1.37 g/cm³, Dr de 2.34 g/cm³.
3. Se identificó que los suelos predominantes son del sector **Huancayoc** por ocupar una superficie de 1462.22 ha, que representa el 27.64% del área total, la muestra del punto "A" es de **textura franco arcilloso limoso**, pH es neutro 7.01, nivel medio de materia orgánica 2.08%, y en el punto "B" es de **textura arcilloso limoso**, pH es ligeramente alcalino 7.80 este valor de pH **generan carbonato de calcio**, nivel bajo de materia orgánica 1.78%, el nitrógeno total promedio es bajo de 0.09%, nivel pobre de fósforo con 9 ppm, concentraciones bajas de potasio con 80.5 ppm.

VI. RECOMENDACIONES

1. **Ejecutar un plan de manejo de los suelos basado en lo señalado del presente estudio, con el fin de realizar una dosificación de fertilizantes adecuadas y esto sea una agricultura rentable y sostenible.**
2. **Realizar un adecuado programa de fertilización, para reducir costos de producción y elevar los rendimientos de los cultivos en esta zona.**
3. **Se propone el empleo de enmiendas incorporando materia orgánica para evitar problemas de erosión y de reducir los niveles de nutrientes naturales del suelo.**

VII. BIBLIOGRAFÍA

- AZABACHE, L. A. (2003)** Fertilidad de suelos – Agricultura Sostenible. Impreso en Huancayo-Perú.
- BARRANTES, S. F. (1992)** Interpretación de análisis de suelos, foliar y agua de riego. Consejo de abonado. Edit. Mundi – Prensa – Madrid – España. 279 pág.
- BARRETO, R. J. (2002)** Manual de manejo y Conservación de suelos FCA – UNASAM – Huaraz.
- BIDWELL, R. G. (1983)** Suelos, fertilizantes y Fisiología vegetal. Edit. AGT-México.
- CASANOVA, M. (2005)** Exploración de Deficiencias Nutritivas en Suelos Agrícolas del Sud Este Bonaerence. Revista de Investigación Agropecuaria. Vol. N°18. 190 pág.
- CHAVEZ, D. M. (2014)** Evaluación de la Fertilidad de Suelos de la Microcuenca Mancapozo del Distrito de Amarilis - Huánuco. Tesis para optar el Título Profesional.
- DAVEOLUIS, J. M. (1992)** Fertilidad de suelos. 2da Edic. Lima. Perú. 120 pág.
- DOMINGUEZ, V.A. (1989)** Tratado de Fertilización. Edic. Mundi – Prensa. Madrid – España.
- FASSBENDER, H. W. (1987)** Química de suelos con énfasis en Suelos de América – Costa Rica IICA.

- GARCÍA, G. N. (2000)** Química Agrícola. El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales Para la Vida Vegetal. Edic. Mundi – Prensa. Madrid – España.
- GRANADOS, P. (2010)** Caracterización del Estado Nutricional de los Suelos de Costa Rica mediante la Técnica del Elemento Faltante en el Invernadero Turrialba 20: 95 pág.
- LÓPEZ, R. (1990)** El Diagnostico de Suelos y Plantas. Edit. Mundo Prensa S.A. Madrid.
- MITSCHERLICH, S. V. (1970)** Fertilidad de Suelos y Fertilizantes para la Investigación de la Agricultura. 4° Edic. Edit. TRILLAS. México. 270 pág.
- SÁNCHEZ, V. J. (2007)** Fertilidad de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas. Editorial FERTITEC S.A. Madrid. España.
- SIERRA, R. (2005)** Manual de Interpretación del Suelo. 7ma Edición. Edit. DANVILLE. Universidad Estatal de Kansas. USA.
- TORRES J. (2008)** Química de suelos. México Editorial. Edic. B y L.M.
- ZAVALETA, A. (1992)** Edafología. El Suelo en Relación con la producción. Editorial CONCYTEC. Lima - Perú.

VIII. ANEXOS

ANEXO 01: Niveles para la interpretación de M.O., Nt., P y K.

NIVEL	MATERIA ORGÁNICA %	NITROGENO TOTAL %	FÓSFORO ppm	POTASIO ppm
Pobre	< 2	< 0.1	< 7	< 150
Medio	2 a 4	0.11 a 0.20	7.1 a 14	150 a 300
Rico	4 a 8	0.21 a 0.40	> 14.1	> 300
Muy rico	> 8	> 0.40		

FUENTE: BARRANTES (1992)

ANEXO 02: Niveles para la interpretación del pH y C.E.

pH		SALINIDAD C.E. dS/m	
Rango	Denominación	Rango	Denominación
3.0 a 4.0	Extremadamente ácido	< 2.0	Suelo no salino
4.1 a 5.0	Fuertemente ácido	2.1 a 4.0	Ligeramente salino
5.1 a 5.5	Ácido	4.1 a 8.0	Salino
5.6 a 6.6	Ligeramente ácido	8.1 s 16.0	Fuertemente salino
6.7 a 7.3	Neutro	> 16	Extremadamente salino
7.4 a 7.8	Ligeramente Alcalino		
7.9 a 8.5	Alcalino		
8.6 a 9.0	Fuertemente Alcalino		
9.1 a 10	Extremadamente alcalino		

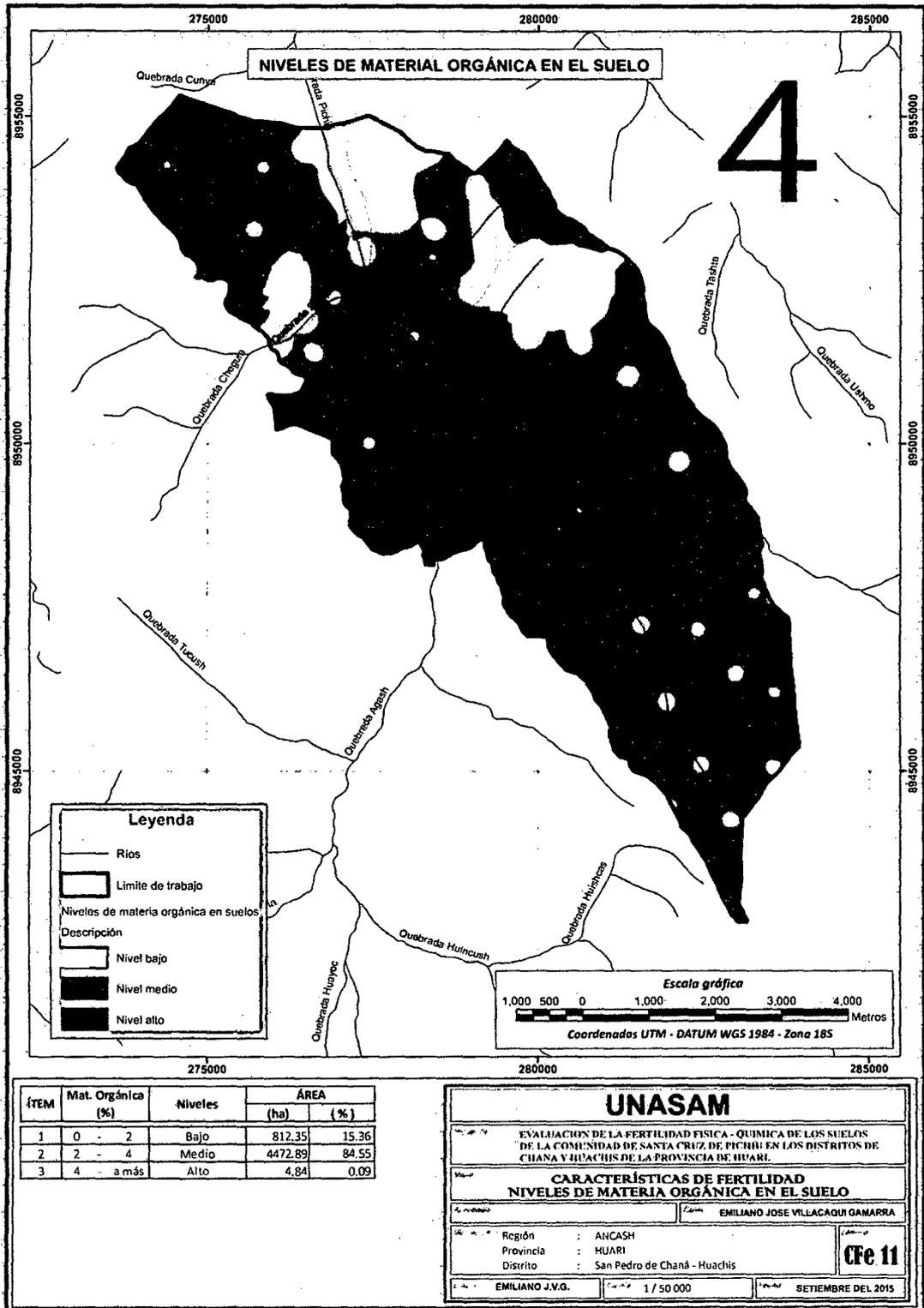
FUENTE: BARRANTES (1992)

ANEXO 03: Niveles para la interpretación de Cationes.

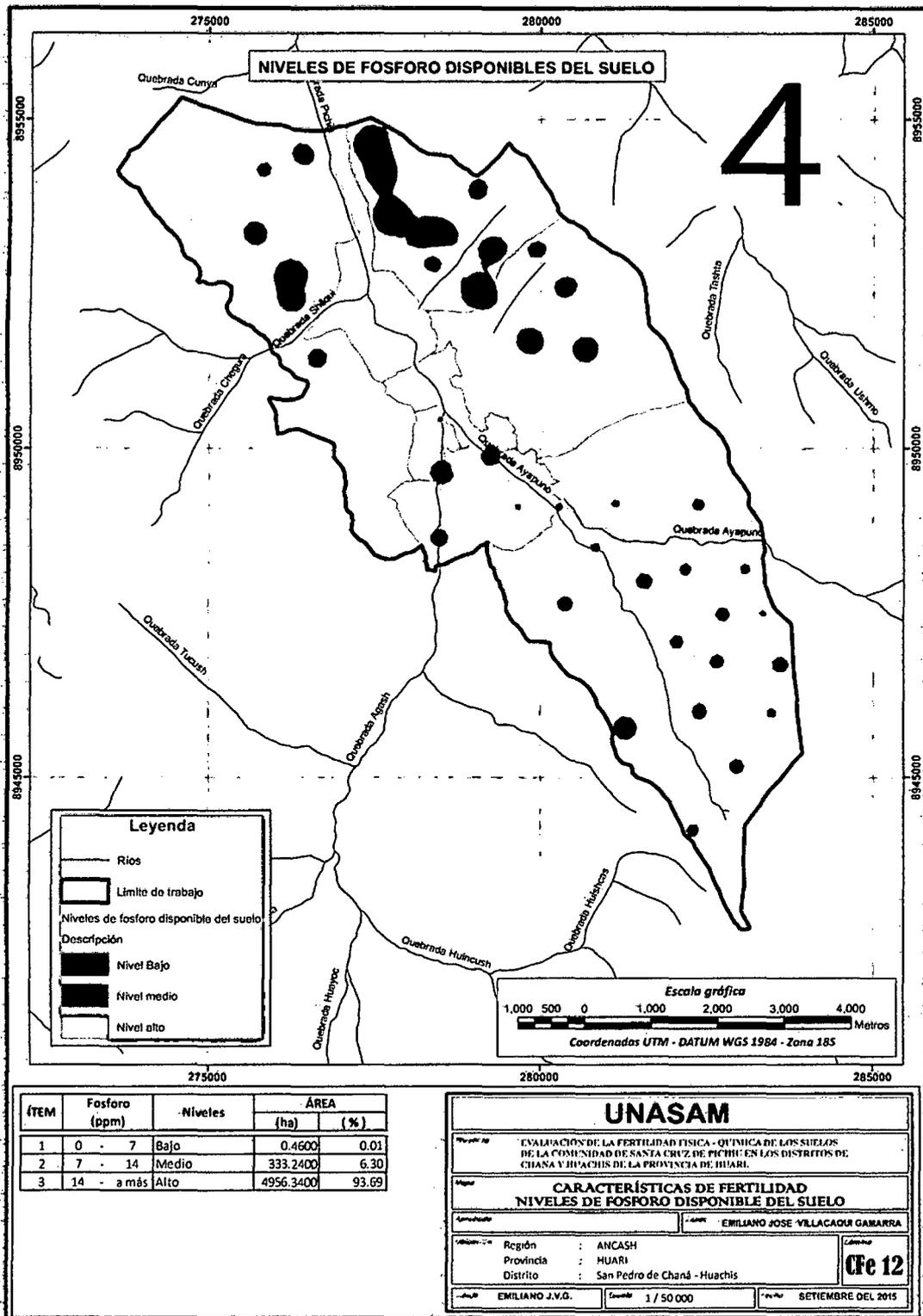
NIVEL	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	Na (meq/100g)
Muy bajo	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1
Bajo	2 a 5	0.3 a 1.0	0.2 a 0.3	0.1 a 0.3
Medio	5 a 10	1.0 a 3.0	0.3 a 0.6	0.3 a 0.7
Alto	10 a 20	3.0 a 8.0	0.6 a 1.2	0.7 a 2.0
Muy alto	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0

FUENTE: BARRANTES (1992)

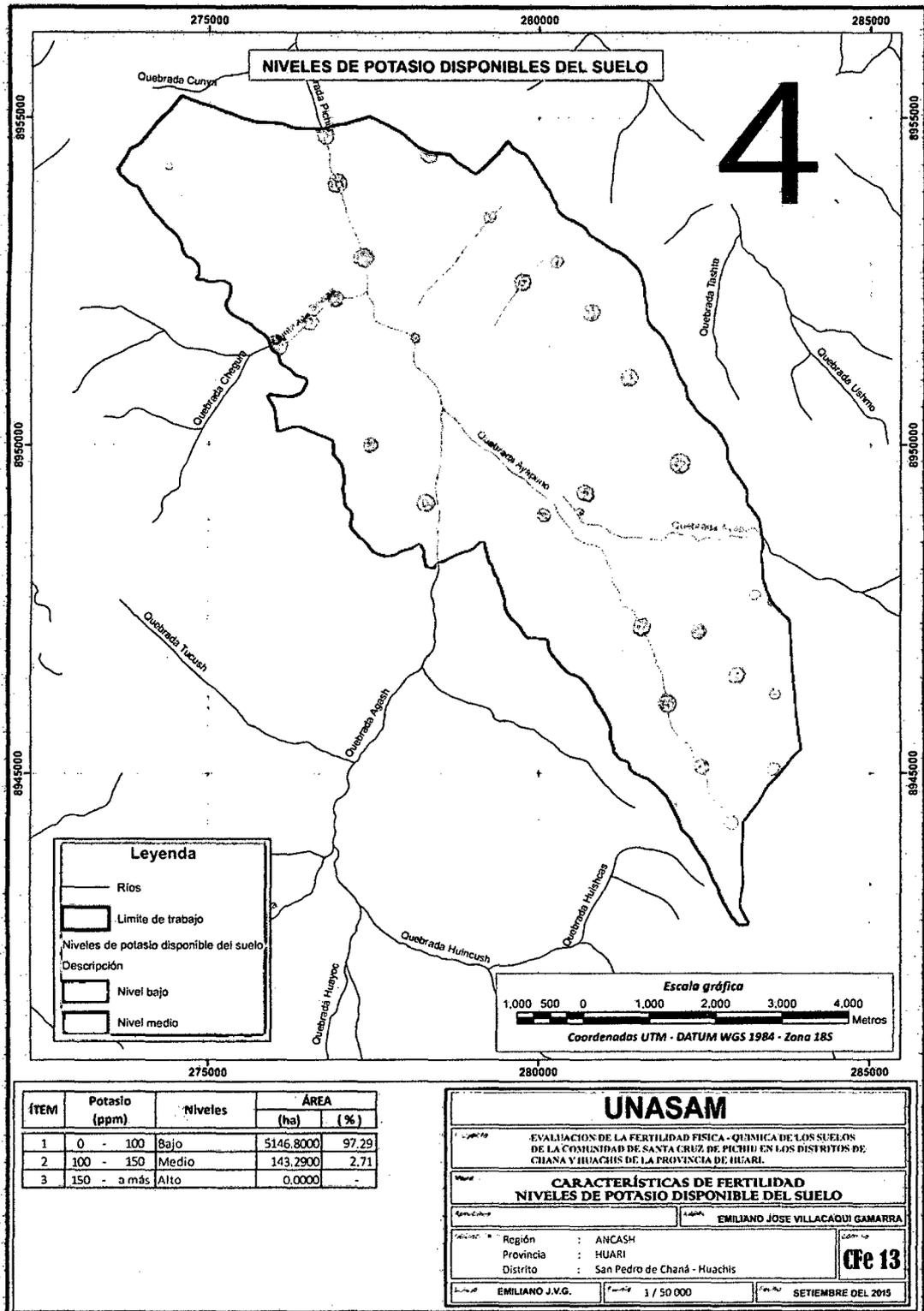
ANEXO 04: Mapa de niveles de Materia Orgánica.



ANEXO 05: Mapa de niveles de Fósforo.

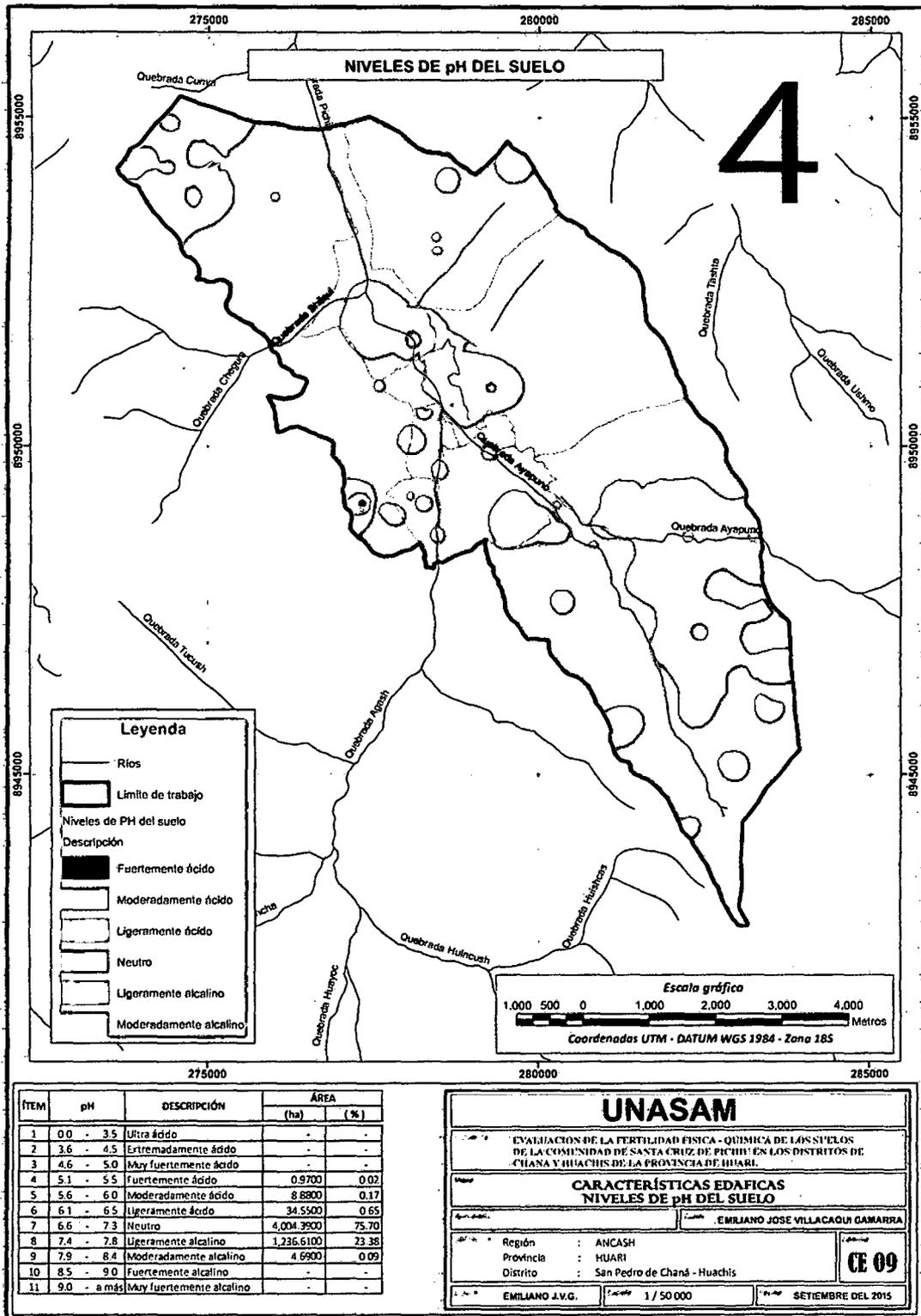


ANEXO 06: Mapa de niveles de Potasio.



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

ANEXO 07: Mapa de niveles de pH.



ANEXO 09: Panel fotográfico.

FOTO 01: Toma de muestra del sector Vistoso C1



FOTO 02: Toma de muestra del sector Cashapatac C2



FOTO 03: Toma de muestra del sector Pichiú centro C3



FOTO 04: Toma de muestra del sector Huancayoc C4



FOTO 05: Toma de muestra del sector Wishllac C5



FOTO 06: Toma de muestra del sector Puca Puca C6



FOTO 07: Toma de muestra del sector Cambio 90 C7



FOTO 08: Toma de muestra del sector San Cristóbal de Tambo C8



FOTO 09: Toma de muestra del sector Atash C9



FOTO 10: Toma de muestra del sector Chocopampa C10



FOTO 11: Toma de muestra del sector Shillqui C11

