



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

**DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL
SUELO POR EFECTO DEL CULTIVO INTENSIVO DE LA PAPA EN
POTREROPAMPA, ANDAHUAYLAS, APURÍMAC**

PRESENTADA POR:

JULIO CÉSAR LOAYZA CÉSPEDES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**

PUNO, PERÚ
2020



DEDICATORIA

Con todo cariño y amor a quienes me dieron la oportunidad de vivir. Enrique y Amalia mis padres. A Enrique Alberto, mi hermano quien motivó y apoyó mis sueños académicos.



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, institución que me acogió formándome en la Escuela de Posgrado y al apoyo recibido por medio del personal directivo y administrativo durante la ejecución del presente trabajo.
- Mi respeto admirativo a mi Asesor Dr. Franz Zirena, docente de la Escuela de Posgrado, por compartir sus conocimientos, su dirección, colaboración y sobre todo su gran amistad.
- Silvia mis infinitos agradecimientos por tu inconmensurable ayuda
- Uru/Sharú.. lo logramos.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	4
1.2 Antecedentes	7

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del Problema	12
2.2 Enunciados del problema	15
2.3 Justificación	15
2.4 Objetivos	16
2.4.1 Objetivo General	16
2.4.2 Objetivos Específicos	16
2.5 Hipótesis	17
2.5.1 Hipótesis general	17
2.5.2 Hipótesis Específicas	17

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	18
3.2 Población	19
3.3 Muestra	19
3.4 Método de investigación	20
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	21



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.	23
4.2 Identificación de los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.	31
4.3 Proponer alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	56

Puno, 28 de agosto de 2020

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.

TEMA: Degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa. Andahuaylas. Apurímac.

LÍNEA: Manejo Agronómico de Cultivos.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Hectáreas de la muestra e intensidad de cultivo de papa en Potreropampa, 2017.	20
2. Parcelas y área por familia en Potreropampa, mayo 2017.	23
3. Superficie cosechada y sembrada por producto en Potreropampa, 2017.	28
4. Informe de Análisis N° 00217-17 LAQ	32
5. Contenido de agua (gravimétrica) a capacidad de campo (CDC) y punto de marchites permanente (PMP). Densidad aparente (Da) y agua retenida según profundidad de suelo en distintas series de suelos de cultivo de papa.	36
6. pH de las muestras de suelo de Potreropampa, 2017.	38
7. Conductividad eléctrica (mhos/cm) de las muestras de suelo de Potreropampa, 2017.	40
8. C.I.C (meq/100); porcentaje C.C; porcentaje H.E y porcentaje P.M.P de las muestras de suelo de Potreropampa	44



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ubicación de parcelas en Potreropampa, 2017.	19
2. Toma de muestras de suelos en Potreropampa, 2017.	20
3. Dispersión de hectáreas totales por familia en Potreropampa, 2017.	24
4. Intensidad de actividad agrícola en Potreropampa, 2017.	24
5. Percepción de la producción agrícola en Potreropampa, 2017.	25
6. Producto agrícola más cultivado en Potreropampa, 2017.	26
7. Razones por lo que dejó de cultivar en Potreropampa, 2017.	27
8. Superficie cultivada por familia en Potreropampa, 2017.	27
9. Tenencia de la superficie cultivada por familia en Potreropampa, 2017.	28
10. Superficie cosechada y sembrada en Potreropampa, 2017.	29
11. Razones para sembrar sus productos en Potreropampa, 2017.	29
12. Calidad de la semilla utilizada en Potreropampa, 2017.	30
13. Destino de la producción de papa en Potreropampa, 2017.	30
14. Destino de la venta de papa en Potreropampa, 2017	31
15. Concentración de Hidrogeniones en Potreropampa, 2017.	39
16. CE (mhos/cm) de las muestras de suelo de Potreropampa	40
17. Porcentaje de Materia Orgánica de suelo de Potreropampa	41
18. Porcentaje de N de las muestras de suelo de Potreropampa	42
19. Contenido de P, K (ppm) de las muestras de suelo de Potreropampa.	43



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Análisis de Suelo N° 0217-17-LAQ	57
2. Análisis de Suelo N° 0218-17-LAQ	58
3. Análisis de Suelo N° 0219-17-LAQ	59
4. Análisis de Suelo N° 0220-17-LAQ	60
5. Validación de instrumentos	61



RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de investigación consistió en conocer las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac. Potreropampa se ubica en el nuevo distrito José María Arguedas y se caracteriza por su marcada tendencia al cultivo de papa. El método consistió en determinar la intensidad de siembra de papa, el efecto del monocultivo y la propuesta de alternativas que se podrían implementar para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa. Se aplicó una encuesta sobre la intensidad de siembra de papa aplicado a 28 familias de Potreropampa. Los estudios de suelos se realizaron en el Laboratorio de suelos de la Universidad San Antonio de Abad del Cusco. El 50 % de las familias realizan actividades agrícolas con más de treinta años de actividad y sin rotación de cultivos. El resultado de análisis físico químico hidrodinámico de 12 puntos de referencia indican índices de suelos con degradación de la fertilidad química y biológica por efecto del monocultivo intensivo de papa; encontrándose valores diferenciados en cada muestra con pH promedio de 5,44 o terreno ácido; un CE de 0,093 mmhos/cm a 25°C; CIC promedio de 12,46 meq/100; un C.C promedio de 23,26 %, 23,33 % de H.E y porcentaje de P.M.P de 12,55. Finalmente se propone un Programa para la Recuperación de Suelos Degradados de Potreropampa.

Palabras clave: análisis, degradación, fertilidad y monocultivo.



ABSTRACT

The purpose of this research work was to know what are the causes of the degradation of chemical and biological soil fertility due to the intensive cultivation of potatoes in Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac. Potreropampa is located in the new José María Arguedas district and is characterized because in agriculture there is a marked tendency to grow potatoes. The method consisted in determining the intensity of potato sowing, the effect of monoculture and the proposal of alternatives that could be implemented for the recovery of degraded soils by intensive potato cultivation. The study was based on the processing of results of a survey on intensity of potato sowing applied to 28 families of Potreropampa, finding that 50% of the families carry out agricultural activities with more than thirty years of activity and without rotation of crops; the result of hydrodynamic physical-chemical analysis of 12 reference points indicate indices of degraded soils; that is, there is degradation of the chemical and biological fertility of the soil due to intensive monoculture of potatoes; finding differentiated values in each sample with an average pH of 5,44 or acid soil; an EC of 0,093 mmhos / cm at 25 ° C; Average CIC of 12,46 meq/100; an average C.C of 23,26%, 23,33% of H.E and percentage of P.M.P of 12,55. Finally, a Program for the Recovery of Degraded Soils of Potreropampa is proposed.

Keywords: analysis, degradation, fertility and monoculture.

INTRODUCCIÓN

El recurso suelo es muy importante en la vida del hombre, se define como la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Los suelos constituyen un sistema vital de la más alta importancia bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo crecimiento depende de ellos.

Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan. También en el suelo las raíces encuentran el aire necesario para vivir.

Según el Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos, la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Sociedad Internacional de las ciencias del Suelos (1999), el suelo se extiende tanto en superficie como en profundidad; consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie. Cada uno de los horizontes del suelo tiene distintas propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto. Al conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil.

Cuando se habla de “fertilidad” de un suelo se aborda el recurso edáfico desde la perspectiva de la producción de cultivos. La fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostener la del crecimiento de los cultivos o ganado. Esta es una definición agronómica. La fertilidad de un suelo depende principalmente de su contenido en materia orgánica, de su textura y material parental. A mayor contenido de materia orgánica más fértil es el suelo, ya que es a partir de ella que los microorganismos que viven en el suelo liberan elementos nutritivos para las plantas. Por otra parte, cuanto más arcilloso es un suelo mayor fertilidad tiene, ya que posee más capacidad para retener nutrientes. Muchas veces se divide a la fertilidad en “química”, “física” y “biológica” para su abordaje particular, pero muchas veces resulta complicado separarlas. La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos, aquellos que de faltar determinan reducciones en el crecimiento y/o desarrollo del cultivo. 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. 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, espacio poroso, retención hídrica, densidad aparente, resistencia a la penetración, entre otras, son algunas de las variables que se analizan en estudios de fertilidad física de suelos.

La “fertilidad biológica” se vincula con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos en todas sus formas (Torres, 2008). Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo. El suelo indica que posiblemente sea el área de conocimiento edafológico menos desarrollado (INIA, 2006), pero con algunos avances interesantes en los últimos años en lo que se refiere a estudios enzimáticos y ecología microbiana de suelos. Si bien resulta muy sencillo clasificar la fertilidad de un suelo en diferentes clases, es evidente que en el suelo los procesos ocurren en forma multivariada y compleja. Sin embargo, a pesar de la trascendencia de este recurso, el mismo no ha recibido la atención suficiente para su conservación o manejo sostenible por lo que esto ha conllevado a su degradación y deterioro. Este se constituye en uno de los recursos naturales más degradados a nivel nacional, sobre todo en Andahuaylas.

La ONU (1992) a través de la agenda 21 del Programa de Acción para el Desarrollo Sostenible, afirma que la intensidad de siembra es un indicador que mide la extensión de tierras cultivadas en relación al área cultivable del ámbito de estudio. Se calcula dividiendo el área sembrada entre el área física. El área física corresponde a la superficie cultivable y el área sembrada es sinónimo de área cosechada, salvo que se pierdan cosechas por sequías, heladas, granizadas u otros fenómenos. Cada ámbito presenta una intensidad de uso particular y su cálculo se encuentra estrechamente relacionado a la ocupación de tierras por los cultivos. Este coeficiente es igual a cero cuando no se cultiva, es uno cuando se cultiva toda la tierra durante una campaña agrícola y es dos cuando se cultiva toda la tierra durante dos campañas agrícolas.

La intensidad de uso está en relación al número de cosechas que se obtiene cada año y cuanto más alta es la cifra, más intensa será el uso de la tierra. La mayor intensidad de uso de la tierra se presenta en ciertos cultivos permanentes como, por ejemplo, la alfalfa, si se cosecha cinco veces al año, entonces la intensidad de uso será de cinco. Una mayor intensidad de uso de la tierra es deseable siempre y cuando en forma paralela se efectúen acciones de conservación y sobre todo de reposición de la fertilidad. En el contexto andino significa un mayor empleo de mano de obra agrícola y el buen aprovechamiento de otros



recursos como el agua. Por el contrario, una mayor intensificación conducirá a la degradación de los suelos y a la mayor pobreza de sus habitantes.

El Perú centro de origen de la papa comprobado y legitimado por diversos trabajos de investigación y descubrimientos arqueológicos de la historia - peruana y universal, posee una gran biodiversidad de especies. Se reportan más de 3 833 cultivares (CIP, 2009) las que estarían dispersas en la región andina del Perú a diferentes altitudes y ecosistemas diferentes. La intensidad de producción de papa puede dañar severamente la calidad del suelo, por lo que se debe desarrollar una propuesta para identificar la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa. La presente investigación tiene la finalidad de determinar las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda (Diaz, 2010). Es frágil, de difícil y larga recuperación y de extensión limitada. Por ello, tanto el uso inadecuado como el cambio de usos o su sobreexplotación, pueden contribuir a su degradación. La materia orgánica juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos (Lal, 2004). Posee funciones de tipo biológico, químico y físico, derivadas de las muchas y variadas reacciones gobernadas o mediatizadas por la materia orgánica del suelo. Un concepto relativamente moderno sobre la funcionalidad del suelo se refiere a “las características biológicas, físicas y químicas que son esenciales para una productividad sostenible a largo plazo, con el mínimo de impacto ambiental” (Sales, 2006).

El suelo es un sistema dinámico que consta de tres fases (sólida, líquida y gaseosa) cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas interactúan entre sí para mantener un equilibrio adecuado para el desarrollo de las plantas y su entorno (Tamhane & Motiramani, 1986). Por lo tanto, el contenido y la disposición de sus partículas minerales y orgánicas, originan una estructura donde tienen lugar procesos de naturaleza física, química y biológica. Aun cuando las propiedades del suelo pueden estudiarse de manera aislada, todas ellas están relacionadas entre sí. De esta manera, la degradación de una sola propiedad del suelo puede afectar a otras más, y esto a su vez conlleva a una degradación del suelo (Mataix, 1999).

La FAO en 1979 definió la degradación del suelo como un proceso que disminuye su capacidad real y/o potencial para producir bienes o prestar servicios. Posteriormente, en 1982 este mismo organismo estableció, la “Carta Mundial de los Suelos” precisando los límites de esta situación. De este modo, en las últimas décadas, casi el 11 % del suelo fértil de la tierra ha sido tan erosionado, tan alterado químicamente o tan compactado físicamente, que su función biótica original (su capacidad para procesar nutrientes de forma que puedan ser utilizados por los organismos vivos) ha resultado dañada. Sin embargo, la Organización World Resurges (1996) indica que cerca del 3 % del suelo ha sido degradado prácticamente hasta el punto de no poder seguir cumpliendo esa función (Mataix, 1999).

El Tercer Programa de Acción (1982-86) en materia de Medio Ambiente y el Cuarto Programa (1987-92), de Agricultura y Agroindustria de la Unión Europea indican que para que la protección del suelo sea efectiva, es necesario que sea considerada dentro de un marco de protección ambiental multisectorial y tratar al suelo como un sistema natural con entidad propia. Introdujeron capítulos sobre protección del suelo y clasificaron las agresiones a que está sometido en tres grupos:

- Contaminación por sustancias nocivas o por sustancias poco biodegradables de origen diverso (residuos urbanos, agrícolas e industriales, agroquímicos, aguas de riego, deposición ácida, etc.).
- Deterioro de la estructura física o composición química, erosión, riesgos naturales, compactación por uso de maquinaria pesada.
- Uso inapropiado y consecuencias derivadas de actividades consumidoras de espacio.

Una característica de la materia orgánica de los suelos que ha adquirido especial relevancia ambiental es su elevado potencial para secuestrar C de forma estable, principalmente a través de los procesos de humificación y de formación de complejos organominerales (Batjes, 1996), que conducen o favorecen la formación de formas estables y refractarias de C orgánico. Las investigaciones sobre secuestro de carbono en el suelo, pretende establecer los factores responsables del balance humificación/mineralización, que permitirían diferenciar distintos tipos de suelo (Steffen *et al.*, 1988).

El aumento de la concentración de CO₂ atmosférico por la combustión de recursos fósiles y la deforestación constituye hoy en día uno de los grandes problemas ambientales (Houghton *et al.*, 1999). Para almacenar C y así disminuir la concentración de CO emitido por la actividad humana, será necesario intervenir sobre los sumideros de C situados en la biosfera continental. El sistema de producción intensivo surgido de la llamada “Revolución Verde”, caracterizado por el uso abusivo de fertilizantes y otros agroquímicos (Pomares & Canet, 2001), está basado en la aplicación de técnicas culturales que agravan los problemas de degradación de los suelos por erosión, salinidad, acidez, contaminación por pesticidas y fertilizantes, etc. Ello se traduce en una pérdida de la capacidad productiva de los suelos con las subsiguientes disminuciones en los rendimientos agrícolas. Esta producción masiva se dio como respuesta a una alta demanda de alimentos, dejando de lado la fertilización tradicional (Quenum *et al.*, 2008).

Existe una crisis de la agricultura convencional en el mundo, porque el monopolio de la comercialización de las transnacionales influye sobre los precios de los alimentos. Además, los costos de los insumos para la producción se han elevado desproporcionadamente originando que los productores no tengan ingresos suficientes (Guither, 1994). Los rendimientos de los cultivos han ido disminuyendo progresivamente en algunas zonas de América Latina, debido a la constante erosión por prácticas no sustentables de la agricultura (Hewitt, 1995).

El Centro Internacional de la Papa (2000) como se cito en Quispe (2018) afirma que la mayor diversidad genética de papa cultivada y silvestre se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur. La primera crónica conocida que menciona a la papa fue escrita por Pedro Cieza de León en 1538, quien describe que los tubérculos eran llamados “papas” por los indígenas, en la parte alta del valle del Cuzco, Perú. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (2002) afirma que la evolución de las especies de papa cultivada se originó a partir del nivel diploide (dos pares de cromosomas). No es raro encontrar a cuatro o cinco de ellas creciendo juntas en pequeñas parcelas, sembradas por campesinos indígenas (USIL, 2018).

Las papas cultivadas probablemente fueron seleccionadas hace unos 6 000 u 8 000 años al norte del lago Titicaca. A partir de especies silvestres diploides del complejo *S. brevicaula* se dio origen a *S. stenotomum*, considerada la primera papa domesticada (Rodríguez, 2010). De aproximadamente más de 4 000 variedades conocidas dentro del

género *Solanum*, entre 160 y 180 forman tubérculos. De éstos, sólo ocho son especies comestibles cultivadas. Existen cerca de 5 000 cultivares de papa, de los cuales hoy en día se cultivan en los Andes menos de 500. En América Latina, a pesar de ser su centro de origen, sólo se cultivan alrededor de 1,1 millones de hectáreas de papa cada año, de las cuales el Perú cultivó 303 282 ha (MINAGRI, 2017).

Pumisacho y Sherwood (2002) afirman que la tasa proyectada de crecimiento de la producción de papa en los países en vías de desarrollo es del 2,7 % al año, la cual es más alta que aquella para maíz, trigo y arroz. La papa, *Solanum tuberosum* L., perteneciente a la familia de las solanáceas, corresponde a una especie dicotiledónea anual. Sin embargo, debido a su capacidad de reproducción por tubérculos, puede comportarse potencialmente como una especie perenne (Cabieses *et al.*, 2006).

Su consumo como alimento procesado ha ido adquiriendo cada vez más importancia. En este sentido, destacan fundamentalmente las papas prefritas congeladas y las papas fritas en forma de hojuelas (Aguirre & Tubilla, 2017). En los Andes existe una gran diversidad de especies de papa. Esto se explica debido a que su centro de origen es América del Sur. Sin embargo, aún existen controversias y opiniones muy diversas para precisar la región de mayor importancia (Suquilanda, 2009).

1.2 Antecedentes

Los microorganismos utilizados como biofertilizantes se asumen como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. Los microorganismos mejoran la estructura del suelo, por su contribución a la formación de agregados estables y como agentes de control biológico de patógenos, al generar patrones de antagonismo microbio-microbio o como biorremediadores (Grageda *et al.*, 2012).

Sin embargo, los sistemas de producción y las prácticas de manejo pueden influir en las propiedades físicas y químicas de los suelos y por tanto en sus características biológicas (Jamiy, 2011).

Los principales procesos que generan la degradación de los suelos son la acidificación, salinización, contaminación y pérdida de fertilidad. Todos éstos se encuentran interactuando entre sí, por lo cual, resulta difícil analizarlos en forma separada. Estos problemas contribuyen a una degradación química que conlleva a una pérdida de la calidad del suelo en todas sus funciones: productiva, ambiental y promotora de la salud

de plantas y animales (Fuentes *et al.*, 2007). Algunos suelos se caracterizan por su pobreza en elementos nutrientes, posibles toxicidades de hierro y aluminio, pH fuertemente ácido, contenidos medios de carbono orgánico, bajos contenido de agua aprovechable y posibles problemas de compactación (Jamioy, 2011). Entonces, la presión antropogénica hacia los suelos para la producción de alimentos es cada vez mayor. La eliminación de la cobertura vegetal, seguida del laboreo excesivo y la utilización de agroquímicos de manera indiscriminada, afectan las propiedades del suelo (López & Estrada, 2015).

La región está dotada de una gran diversidad de cultivos nativos y ha demostrado un fuerte interés en mantener las variedades locales y las técnicas de manejo indígenas Brush *et al.* (1995). Además, en los Andes, muchos de los agroecosistemas de los pequeños agricultores ya presentan una diversidad espacial y temporal considerables, complejas rotaciones de cultivos (o secuencias de barbecho) y mezclas de diversos cultivos, lo que sugiere que los agricultores están familiarizados con principios clave de la sostenibilidad y por ello son quizás más flexibles en sus estrategias de manejo agrícola.

El rendimiento de los cultivos integrantes de las respectivas rotaciones en dos sistemas de producción resulta variable según la especie y campaña. El rendimiento obtenido bajo una producción ecológica puede ser inferior al de la producción integrada (Quenum *et al.*, 2008). 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 (Sales, 2006). Se admite que la MO del subsuelo ha experimentado procesos intensos de alteración (humificación) conducentes a una estabilización efectiva de C (Dell'Abate *et al.*, 2002; Rovira & Vallejo, 2003). Se sugiere que su estudio puede servir de modelo para la caracterización química de la MOS estable y para estudiar procesos de estabilización y secuestro de C en otros ecosistemas con características similares.

Otros factores que podrían alterar la productividad de la papa, además de la calidad de los suelos, son las enfermedades. Al respecto, especial atención recibe la fusariosis o pudrición seca, causada por especies del género *Fusarium*. Sin embargo, su presencia puede disminuirse con el descanso o alternancia de cultivos en los suelos (Silva, 2009); ya que, la aplicación de fungicidas agrava el problema.

Por otra parte, el fuego también es otro factor que modifica las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Los factores que condicionan el gradiente de

temperaturas que se registra en el suelo son principalmente: la humedad del suelo, la cantidad de biomasa vegetal y su humedad, la velocidad de propagación del fuego y, por tanto, del tiempo de residencia de las llamas (Mataix, 1999). La recuperación de los niveles de algunos parámetros edáficos, en ocasiones, no indica más que la exportación del ecosistema afectado de nutrientes y constituyentes por procesos erosivos. La orografía de la zona afectada se convierte en uno de los factores principales que van a marcar, en esa situación, la evolución del contenido de nutrientes del suelo.

El compost frecuentemente se utiliza para mejorar las características del suelo. Sin embargo, su calidad puede ser muy variable según el sustrato que se utilice en su producción (Pérez *et al.*, 2008). En general, pueden tener altos contenidos de Mo, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn. Además, técnicas más recientes, enfatizan la utilidad de las lombrices en la degradación de residuos orgánicos. Para ello, se recomienda el uso de materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto con mayor valor nutricional.

El Perú cuenta con una alta variabilidad genética de papa, adaptada a las condiciones climáticas por encima de los 3 500 msnm. Este cultivo es considerado como la principal estrategia de vida del poblador andino, al constituir su principal fuente de alimento. Los rendimientos de producción pueden ser bajos. Por lo tanto, la oferta al mercado es limitado. Aunado a esta situación se tiene en cuenta factores externos como la presencia de plagas y enfermedades, eventos climáticos que inciden el nivel de producción para ambos distritos (Quispe, 2014).

La baja fertilidad de los suelos es un hecho que golpea a estas áreas, las cuales se han visto afectados por el uso excesivo de fertilizantes químicos lo que ha ocasionado altos índices de contaminación, aumento de la compactación y la salinidad, disminución de la materia orgánica y el decremento de la microbiología de los suelos, impactando negativamente en el rendimiento, calidad de fruto y la rentabilidad. En busca de la sustentabilidad, se ha tratado de sustituir el uso de agroquímicos por productos orgánicos, pero en la producción de manzana no existe información para un manejo orgánico agroecológico propio de la región manzanera más importante de México. El objetivo del presente trabajo fue medir los efectos de la aplicación combinada de biofertilización y fertilización química, sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Orozco *et al.*, 2016).

La papa (*Solanum tuberosum*) constituye un alimento indispensable en la dieta popular de la zona andina; sin embargo, su producción es de alto riesgo y requiere optimizar los costos de producción, la calidad del producto y conservación del recurso suelo. En los suelos del Altiplano de Puno, durante los últimos años hay indicios de deterioro, por causa de muchos factores que están involucrados en el manejo de este recurso. Uno de los problemas es el uso irracional de fertilizantes sintéticos para restaurar los nutrientes que extraen los cultivos año tras año, y sobre todo el uso indiscriminado de pesticidas en la mayoría de zonas de producción de la papa, para proteger los cultivos del ataque de plagas y enfermedades (Cutipa, 2007).

El cultivo de papa en el Altiplano de Puno es importante, por su gran capacidad de adaptación a diferentes zonas agro ecológicas; existe un área aproximado de 40,000 has/año y además constituye el componente más importante en la dieta del poblador rural y urbano, en sus diferentes formas de preparación; sin embargo, en los últimos 20 años el promedio de superficie cosechada es de 29,839 has, al igual que el promedio de rendimiento es de 6.1 t/ha (Cahuana & Arcos, 1993).

Los componentes y prácticas desarrolladas en la agricultura andina, como cultivos en andenes, siembra de policultivos, utilización de abono natural, rotación de cultivos, manejo pecuario, aplicación de semillas por pisos ecológicos); han tendido a conservar la fertilidad de los suelos y la adaptabilidad de los cultivos (Paredes, 1990).

El cultivo de la papa, *Solanum tuberosum* L., demanda un alto uso de insumos agrícolas entre los que destacan los fertilizantes químicos (FQ) y enmiendas orgánicas (EO), las cuales alcanzan en muchos casos un alto porcentaje en los costos de producción, por lo que se hace necesario buscar estrategias de manejo que disminuya el valor de la fertilización (Arias & Arnaude, 2010).

Para Campos (2014) la papa es el cultivo alimenticio más importante de la región andina de nuestro país, donde es cultivada principalmente por pequeños productores con limitado acceso a recursos técnicos y económicos. Existe limitada información referente a la fertilización y extracción de nutrientes por las variedades nativas de papa. Un experimento fue diseñado para evaluar el efecto de la aplicación de fertilización química y fuentes e materia orgánica sobre el rendimiento, calidad y extracción de macronutrientes de la papa cv. 'Huayro'. El ensayo fue instalado en una parcela agrícola ubicada en el

sector Chacayo (comunidad campesina de Aramachay, distrito de Sincos, provincia de Jauja, región Junín).

En el Perú, la papa es sembrada y producida en gran número de agro ecosistemas: punas, punas húmedas, valles interandinos de la sierra, vertientes orientales húmedas, vertientes occidentales semiáridas y en los valles costeros subdesérticos (Egúsqiza, 2000). La sierra peruana es la región con mayor área de producción. Se la encuentra desde la sierra de Piura, Cajamarca y Amazonas en el Norte, hasta el Altiplano de Puno y la sierra de Tacna por el sur.

Hay varios sistemas de clasificación de la papa, los cuales se basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. Así, hay tres sistemas de clasificación de las variedades cultivadas de papa, los cuales reconocen 3, 8 ó 18 especies, según el grado de variación existente dentro de cada característica usada para distinguir una especie de la otra. De ellos, el que reconoce ocho especies cultivadas es el más universalmente utilizado (Huamán, 1986).

Como fin primordial de apoyar a los productores en la práctica de una agricultura rentable, se ha producido el manual “Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras. Conceptos y métodos”, que brinda información confiable sobre cómo explotar aquellos suelos que han sufrido un deterioro en sus nutrientes y por ende son causa de bajos rendimientos (DICTA, 2016) .

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del Problema

El suelo juega un papel importante en la sostenibilidad de los ecosistemas naturales y agrícolas, porque constituye un reservorio temporal del ciclo del agua a la que filtra y depura en su recorrido hacia los acuíferos. Los suelos son considerados como uno de los recursos naturales más importantes, debido a que de sus condiciones depende el buen estado de los hábitats naturales, actividades agrícolas, ganaderas, forestales y urbanas (Lindeijer, 2000). Así mismo, sirve de soporte a todos los seres vivos del ecosistema, a los que provee de agua y nutrientes que requieren para el desarrollo completo de su ciclo vital. Su calidad se relaciona con su capacidad para desarrollar estas funciones en el ecosistema (Bautista *et al.*, 2004). Estas funciones dependen en gran medida del contenido de materia orgánica cuyo componente principal es el CO.

En los ecosistemas naturales mientras no varíen las condiciones ambientales, permanece constante el contenido de CO del suelo. Todos los años, las plantas toman del suelo el agua y los nutrientes que necesitan. Luego, junto con el CO₂ atmosférico, a través de la fotosíntesis, generan biomasa que se incorporan al suelo donde en un proceso rápido evoluciona a humus por la acción de los microorganismos. El humus se mineraliza en una proporción que varía del 0,5 al 5 % según los ambientes (Espejo, 2016). La acción de los microorganismos emite CO₂ a la atmósfera y liberan en el suelo los nutrientes que son aprovechados de nuevo por la vegetación.

La degradación de los suelos es considerada como el principal problema ambiental que compromete el futuro de los ecosistemas naturales, contribuyendo a su vez en la pobreza, migración y seguridad alimentaria (Pérez y Landeros, 2009). Para la mayoría de

ecosistemas terrestres, el suelo es el escenario o el medio fisicoquímico en el que se desarrolla la vida. Por su parte, la agricultura ha tenido un impacto determinante en el desarrollo de la sociedad y en el deterioro de la salud del hombre, de la vida silvestre y del ambiente. Para mitigar o revertir el impacto de la agricultura en el ambiente se requieren estrategias integrales o enfoque agroecológicos que permitan desarrollar una agricultura más manejable en el sentido ambiental.

Una de las actividades antropogénicas más significativas que, a través del tiempo, ocasiona el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, es el uso inapropiado de las prácticas agrícolas (Amezquita, 1992), trayendo como consecuencia la disminución del potencial productivo del suelo y, por ende, de su rendimiento agrícola. Bajo estas condiciones, el productor necesita utilizar cada vez más fertilizantes para mantener los mismos rendimientos agrícolas. Con el afán de lograr un mayor aseguramiento de la producción utiliza, de manera inadecuada y excesiva, plaguicidas, provocando con ello un alto costo ambiental. Además, los niveles tolerables de las características del suelo afectan directamente al desarrollo de las plantas. Entonces, no sólo dependen del suelo en sí, sino también del cultivo y de la fuerte influencia del clima sobre el comportamiento del suelo durante el periodo de crecimiento de un cultivo.

Según el estudio de caracterización socioeconómica realizado por el Banco Central de Reserva del Perú del año 2012, la región Apurímac tiene una superficie territorial de 20 896 km² y representa el 1,6 % del territorio nacional. En el año 2011, según estimaciones del INEI, Apurímac aportó el 0,5 % al Valor Agregado Bruto (VAB) nacional, ocupando el penúltimo lugar a nivel departamental. La agricultura es la principal actividad económica del departamento con una participación del 23,7 % del VAB del 2011.

Según el BCRP (2011) la actividad agrícola en Apurímac se desarrolla en su mayoría con tecnología tradicional, en tanto que en algunas zonas la tecnología media ha permitido mejorar los rendimientos y niveles de ingreso. La actividad agrícola comercial requiere mejorar la infraestructura vial intradepartamental, lo cual dificulta el intercambio y la rápida movilización de los productos agropecuarios desde la chacra hacia las ciudades centros de consumo. La papa es el producto más importante en la agricultura regional, representando en el 2011 el 51,5 % del Valor Bruto de la Producción (VBP) agrícola departamental, cuya producción registró un crecimiento de 5,5 % en relación al 2010,

debido al favorable comportamiento del clima. En el contexto nacional, Apurímac tiene una participación de 6,3 % de la producción total de papa.

La provincia de Andahuaylas cuenta con 20 distritos siendo uno de ellos, el de reciente creación José María Arguedas, ubicado entre las coordenadas 13°44'02" S y 73°21'02" O, con una población al año 2015 de 3 756 habitantes. Cuenta con una superficie de 447,25 km² y una altura promedio de 3600 m.s.n.m. Con su capital Huancabamba, tiene cuatro Centros Poblados: Checche, Huaraccopata, Cumanaylla y Sacclaya (Plan de Seguridad Ciudadana 2017 del distrito José María Arguedas).

La capital del distrito José María Arguedas, es una zona urbana donde la población se dedica mayoritariamente al comercio, transporte y algunos servicios. Los pobladores realizan actividades de ganadería y agricultura a los alrededores de Huancabamba. El principal cultivo lo constituye diversas variedades de papa, quienes por lograr un alto rendimiento que determine aumentos en la producción utilizan técnicas mecánicas, químicas, biológicas y agronómicas que no siempre tienen como objetivo principal el cuidado del medio ambiente. De este modo, someten a la economía campesina a la dependencia de sectores comerciales y por consiguiente el empeoramiento en las condiciones productivas y de vida de los actores sociales intervinientes. A mayor modernización, que origina mayor competitividad de la producción, se observa un deterioro en las condiciones de producción y en la calidad de vida de los productores.

Potreropampa, se encuentra hacia el sur oeste de la capital del distrito, aproximadamente a 15 minutos del lugar. Es una zona de cultivo principalmente de papa. Estos predios corresponden aproximadamente a terrenos comunales y 28 familias con una superficie de 98,53 ha o 0,99 km². La intensidad de producción ha dañado severamente la calidad del suelo, por lo que obligó a desarrollar una propuesta para identificar la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa. Ésta consistió en evaluar la fertilidad de los suelos considerando los parámetros a medir (Kononova, 1982; Tyurin, 1957): pH, macro nutrientes (N, P y K), micro nutrientes (Fe, Mn y Zn), textura del suelo, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y la cantidad de materia orgánica.

Los estudios preliminares arrojaron que en Potreropampa, los suelos tienen en general cantidades bajas de P (6,40 ppm P₂O₅) y N (0,166 ppm) y cantidades altas de K (48,90 ppm K₂O). Esto implica que, tanto el agua como la calidad de los suelos están siendo

severamente afectadas por la proliferación del monocultivo de la papa. Esto es resultado particularmente por las prácticas agrícolas mal realizadas y el uso indiscriminado de agroquímicos y pesticidas en el lugar con el único fin de incrementar la producción.

2.2 Enunciados del problema

Partiendo de la realidad descrita se plantea el siguiente problema de estudio:

- ¿Cuál son las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac?

Además del problema general planteado con la finalidad de analizar las variables establecidas, se establecen los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuál es la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac?
- ¿Cuál es el efecto del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac?
- ¿Qué alternativas se pueden implementar para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac?

2.3 Justificación

Según la FAO (2015), se estima que el 95 % de los alimentos se producen directa o indirectamente en los suelos y cuando ellos están sanos son el fundamento del sistema alimentario. Los suelos son la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas destinadas a la producción de alimentos.

Los suelos sanos producen cultivos sanos que alimentan a las personas y a los animales. Por lo tanto, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos. El conocimiento de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del monocultivo intensivo de la papa, permite adoptar nuevas conductas en la actividad agrícola de la población.

Las investigaciones sobre el efecto del monocultivo intensivo de la papa son incipientes en la región Apurímac, aun cuando esta región produjo 404,4 mil toneladas (17,6 ton/ha) de papa (MINAGRI, 2017), ocupando el cuarto lugar a nivel nacional. Entonces, la presente investigación aporta información actualizada sobre estos efectos.

El desarrollo de la investigación proporciona información cuantificada de los efectos de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo, por efecto del monocultivo intensivo de la papa. De este modo, se relaciona con la teoría de (Batjes, 1996) Batjes (1996), respecto a la Materia Orgánica del Suelo o tal como lo establece la FAO/PNUMA (1980), cuando afirma que la degradación del suelo incluye una serie de cambios físicos, químicos y biológicos en las propiedades o procesos edáficos que conllevan a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Finalmente, se constituye en una opción técnica y metodológica de intervención por parte del municipio y de agencia agraria para asumir responsablemente nuevas formas de cultivo de la papa, con la finalidad de mantener suelos y productos sanos en la localidad.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Determinar las causas de la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.
- Identificar los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.
- Proponer alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

El cultivo intensivo de papa origina la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

2.5.2 Hipótesis Específicas

- La siembra del cultivo de papa es intensiva en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.
- El monocultivo intensivo de papa no produce efectos negativos en el suelo en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.
- Es posible implementar alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El distrito José María Arguedas, es de reciente creación. Antes era conocida como el centro poblado Huancabamba, zona caracterizada por ser productora principalmente de papa. Sus abundantes terrenos propicios para este cultivo, aunado a la relativa cercanía a la capital de la provincia, hacen que siga siendo identificada por su abundante producción de papa.

El lugar de estudio fue Potreropampa, una comunidad aledaña al distrito José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac. Específicamente se encuentra ubicado en el sector central de los Andes Peruanos al oeste de la cadena central, cordillera del Vilcabamba, aproximadamente a 779,9 km de la ciudad de Lima. La ubicación geográfica es Longitud: 13° 44' 02" y Latitud: 73° 21' 02"

Potreropampa, es una zona de cultivo de papa. Los predios corresponden aproximadamente a terrenos comunales formado por 28 familias con una superficie de 98,53 ha. El primer acercamiento se realiza con la familia Caballero Romero, quienes utilizan desde muchos años atrás los terrenos por heredar de sus ancestros. Según sus propias palabras también sus abuelos utilizaron esas tierras para el cultivo de diversas variedades de papa. El Sr. Caballero fue presidente de la Junta de Regantes y autoridad en su comunidad.

Llegar a él para solicitar autorización de ingreso a la comunidad y explicar el objetivo del estudio fue relativamente fácil porque inmediatamente accedió a facilitar, no sólo su terreno; sino también, poner en conocimiento a los demás dueños de las parcelas aledañas

a la suya. A cambio, se tuvo el compromiso de dar a conocer al final del estudio, los resultados de la calidad de los suelos de sus parcelas de cultivo.



Figura 1. Ubicación de parcelas en Potreropampa, 2017.

Fuente: Google Earth Pro.

3.2 Población

La población está constituida por las 63,72 ha de terrenos cultivables, correspondiente a 28 familias y que equivale al 64,67 % de los terrenos totales de la comunidad. Todos los terrenos se encuentran en las coordenadas descritas anteriormente. En su mayoría cada parcela es colindante para cada familia, a excepción de aproximadamente un 10 %, cuyas parcelas están ubicados en espacios no contiguos por el cambio de propiedad.

3.3 Muestra

La muestra elegida fue intencional. Se trabajó con todas las familias de la comunidad de Potreropampa eligiéndose cuatro puntos referenciales para el análisis de los suelos. Sin embargo, se utilizó terrenos de cultivo previamente definidos por los propietarios como terrenos de cultivos de papa de intensidad, alta, media y baja (Tabla 1).

Tabla 1

Hectáreas de la muestra e intensidad de cultivo de papa en Potreropampa, 2017.

Muestra	Frecuencia	
	N°	%
Hectáreas cultivables de papa	6,0	100
Intensidad Alta	2	33,3
Intensidad Media	1,5	25
Intensidad Baja	2,5	41,7
TOTAL	6,0	100

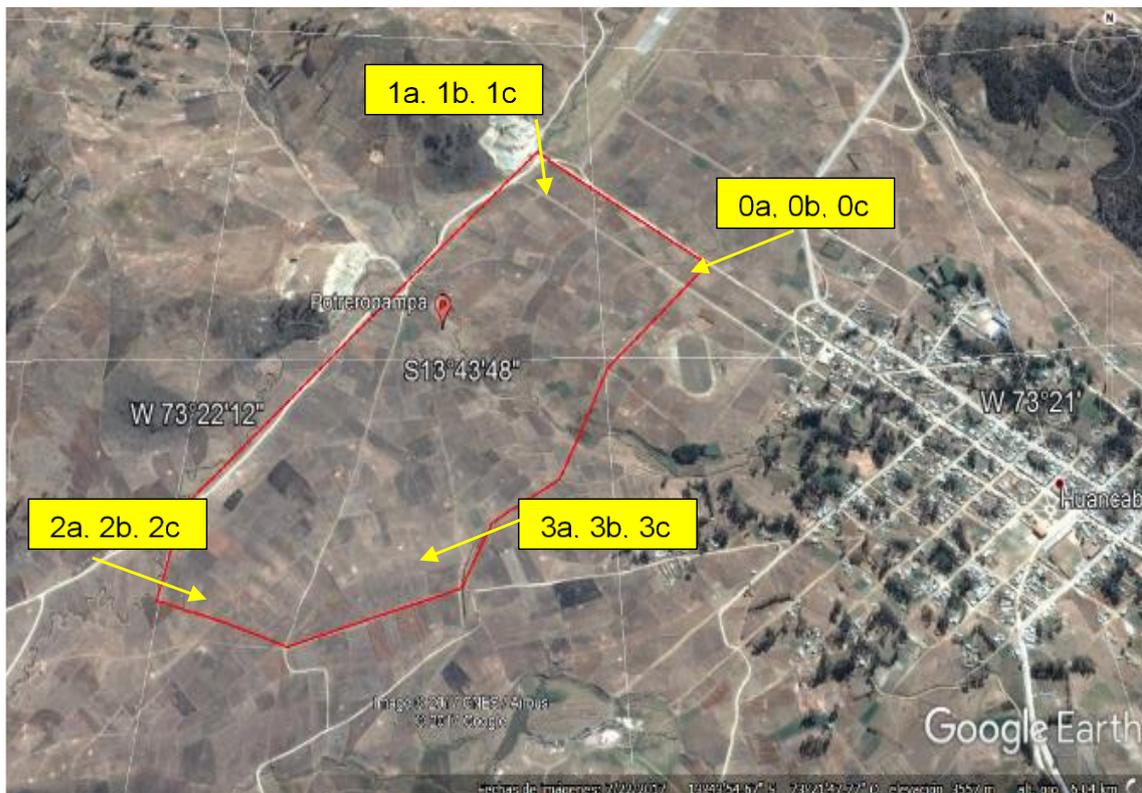


Figura 2. Toma de muestras de suelos en Potreropampa, 2017.

Fuente: Google Earth Pro.

3.4 Método de investigación

El método elegido para la presente investigación es descriptivo, porque describe la realidad en relación con la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa. Por la naturaleza del estudio, el tipo de investigación es básica porque se apoyó en un contexto teórico para conocer, describir, relacionar o explicar una realidad.

Considerando lo referido por Hernández (2010) es de tipo no experimental. Por ello, para el desarrollo del presente trabajo se tomó en cuenta el tipo de investigación no experimental porque, no se pueden manipular ninguna de las dos variables. La investigación tiene un nivel descriptivo, porque describimos situaciones y eventos; es decir, cómo se manifiesta determinado fenómeno, buscando especificar las propiedades importantes, recogiendo información del estado actual.

El desarrollo de la investigación contempla análisis edafológicos básicos para determinar las propiedades químicas y biológicas de los suelos de Potreropampa tomando tres muestras o testimonios en los tres tipos de suelos según la intensidad de cultivo: (a) los cultivados desde aproximadamente 50 años, (b) los de entre 20 y 30 años de uso y (c) los terrenos nuevos, menos de dos años de uso. Además, se determinó la materia orgánica total (Digestión en frío y caliente) y/o análisis de la fracción orgánica, pH (mediante el extracto de muestra seca/agua en una relación de 1:10 p/v), N total Kjeldahl (basado en la mineralización del nitrógeno orgánico) y del P asimilable. Así mismo, se hizo una caracterización química y biológica del suelo.

Para tal efecto se realizó el análisis de 03 muestras aleatorias por campo de cultivo, tanto en el de intensidad alta, intensidad media e intensidad baja. Luego se efectuó el análisis comparativo de la capacidad de intercambio catiónico, la conductividad eléctrica, la textura del suelo, el pH, la presencia de macro y micro nutrientes y la cantidad de materia orgánica.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

El método corresponde a describir las acciones realizadas en cada uno de los objetivos específicos, así como el objetivo general.

Primer Objetivo Específico: Determinar la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

Para determinar la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, se aplicó una encuesta a los productores de la comunidad. La validación de los instrumentos se realizó mediante la técnica del juicio de expertos. El cuestionario fue diseñado para obtener información que fue utilizada en la caracterización de la intensidad de siembra de los productores de papa de Potreropampa. La encuesta se aplicó a las 20 familias que tienen posesión de terreno agrícola en la zona de intervención del proyecto. El recojo de



datos se produjo entre julio y setiembre del 2017. El instrumento consideró datos generales de ubicación, datos del propietario u poseedor del terreno, características de la unidad agropecuaria, cultivos sembrados y cosechados en la unidad agropecuaria.

Segundo Objetivo Específico: Identificar los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

Para identificar los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa se realizaron cuatro análisis físico químicos hidrodinámicos. Informe de análisis N° 217-17-LAQ toma las muestras a, b, c de Potreropampa del distrito José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac el día 26 de abril del 2017. El análisis fue realizado por la Unidad de prestaciones de Análisis químico del departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.

Tercer Objetivo Específico: Proponer alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

En función a la literatura existente y a las buenas prácticas agrícolas se propone la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la intensidad de siembra del cultivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

Las 28 familias ocupan un área aproximada de 63,72 ha que representa el 64,67 %. Los datos generales de cada propietario se registraron en las fichas de encuesta, con la indicación que muchos de ellos solicitaron no hacer público dichos datos específicos. Por lo tanto, se codificó por número de familias (Tabla 2).

Tabla 2

Parcelas y área por familia en Potreropampa, mayo 2017.

	N° Parcelas	Superficie (ha)
FAMILIA 1	2	0,56
FAMILIA 2	3	0,67
FAMILIA 3	1	0,45
FAMILIA 4	3	0,23
FAMILIA 5	5	0,75
FAMILIA 6	6	1,25
FAMILIA 7	2	0,67
FAMILIA 8	5	2,35
FAMILIA 9	3	3,78
FAMILIA 10	1	0,65
FAMILIA 11	4	4,45
FAMILIA 12	3	3,67
FAMILIA 13	2	3,45
FAMILIA 14	3	4,65
FAMILIA 15	2	5,80
FAMILIA 16	2	4,34
FAMILIA 17	2	1,32
FAMILIA 18	3	2,5
FAMILIA 19	4	3,34
FAMILIA 20	1	2,31
FAMILIA 21	2	0,99
FAMILIA 22	4	1,50
FAMILIA 23	3	3,35
FAMILIA 24	2	0,78
FAMILIA 25	1	1,26
FAMILIA 26	1	1,88
FAMILIA 27	3	2,55
FAMILIA 28	3	4,22
Total		63,72

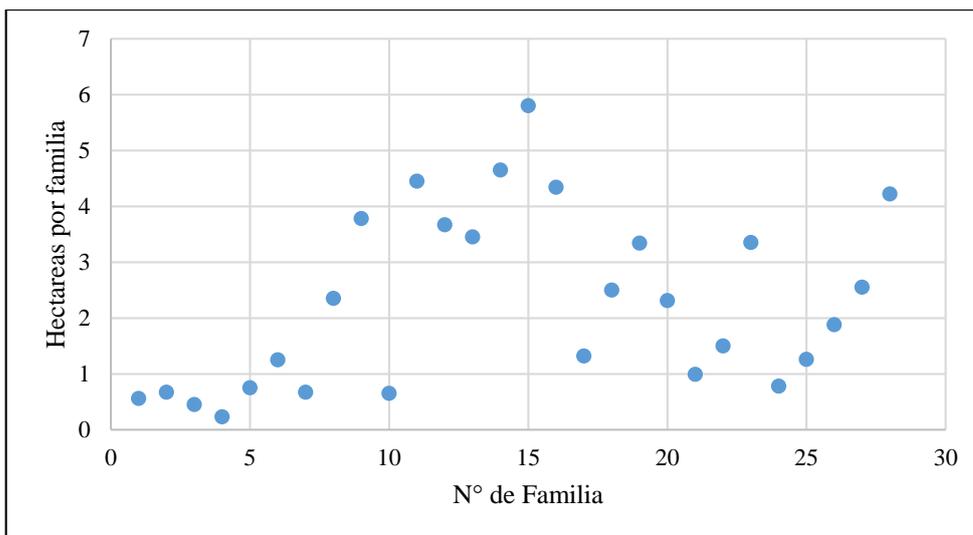


Figura 3. Dispersión de hectáreas totales por familia en Potreropampa, 2017.
Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

La distribución de áreas de parcelas es proporcional entre las familias que tienen menos de 2 ha, con los que tienen entre 2 y 4 ha y los que poseen entre 4 y 6 ha. Aproximadamente un 33 % para cada grupo definido arbitrariamente (Figura 3).

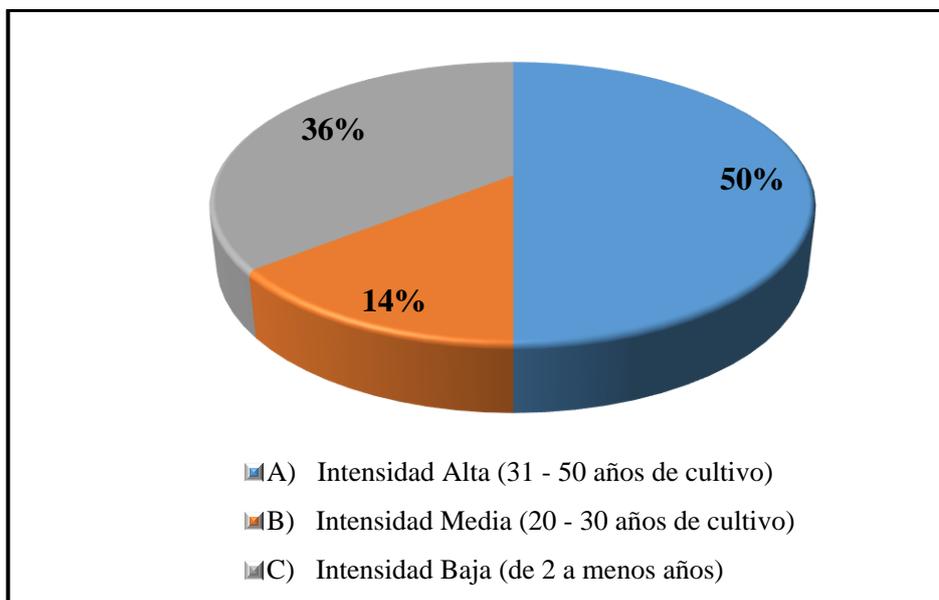


Figura 4. Intensidad de actividad agrícola en Potreropampa, 2017.
Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

El 50 % de las familias realizan actividades agrícolas con más de treinta años de actividad. Sólo cuatro familias tienen intensidad media, es decir 14 %, quienes realizan la actividad agrícola entre 20 y 30 años. Finalmente, 10 familias o 36 % consideran que la intensidad es baja porque realizan la actividad agrícola menos de 2 años (Figura 4). Estas intensidades de uso tienen relación con la categoría de impacto uso del suelo en Análisis

de Ciclo de Vida (ACV) respecto a la tierra ocupada por cultivo de papa, generalmente en combinación con el tiempo durante el cual se realizan las actividades agrícolas (Lindeijer, 2000).

La capacidad de uso de los suelos se define como el potencial que tiene una unidad específica de suelo para ser utilizada en forma sostenida sin afectar su capacidad productiva. Por definición, el uso actual del suelo no debe ser mayor del que su capacidad establece, pues se crea un conflicto de uso que degenerara el suelo, las aguas y los otros elementos medio ambientales que están interrelacionados. En Potreropampa el cultivo de papa se maneja bajo dos formas o sistemas de producción, el cultivo asociado que responde a una forma ancestral de manejo tecnológico y que actualmente ocupa pequeñas áreas comunales dedicadas a la agricultura de subsistencia, y el monocultivo que se basa en el uso intensivo de tecnologías convencionales que responde más a una estrategia de carácter comercial.

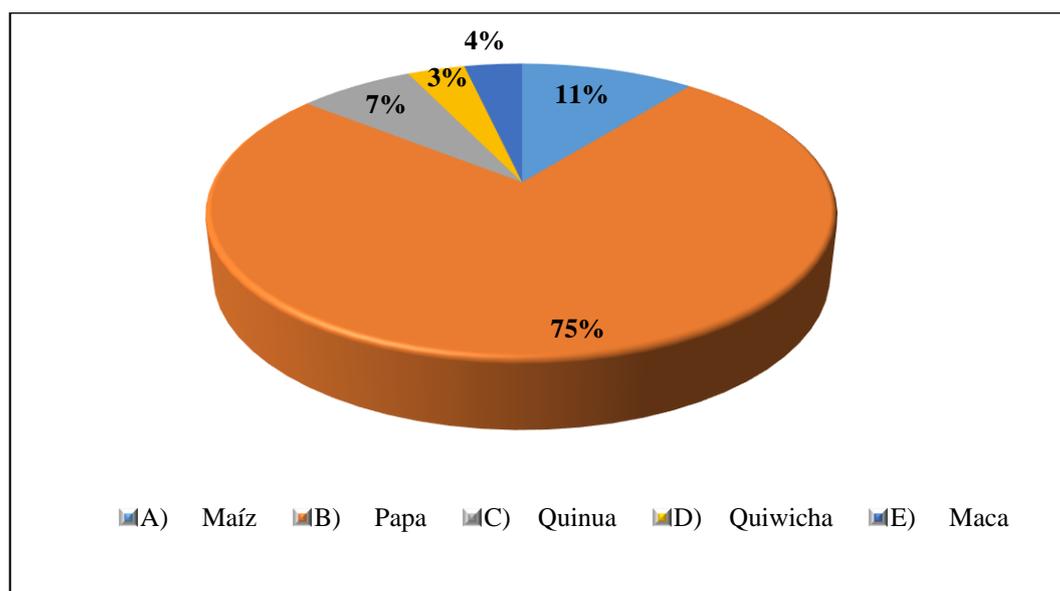


Figura 5. Percepción de la producción agrícola en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

La papa se constituye como el producto agrícola más cultivado en Potreropampa. El 75 % de las familias o 21 de ellas manifiestan cultivar este producto, seguido del maíz con el 11 % de las familias. El 7 % se inclina por la producción de quinua, seguido del 4 % que cultiva maca y sólo el 3 % que cultiva la Quiwicha (Figura 5).

En Potreropampa es mínimo la rotación de cultivos el cual contrasta con lo afirmado por Rodríguez (2012) quien manifiesta que los cambios en las propiedades del suelo provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y

consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. La reducción de la productividad del suelo debido a la erosión ha sido motivo de la realización de prácticas de conservación de suelos, que en gran medida están al alcance de los agricultores. En el área altoandina del Perú una de las prácticas más difundidas es la rotación de cultivos. La rotación de cultivos consiste en la sucesión recurrente o renovación regular, de los cultivos en un mismo terreno. Se trata de organizar los diversos cultivos del agricultor de manera que cada uno de ellos se instale secuencialmente, en la misma parcela en las diferentes campañas agrícolas.

El agotamiento del agua del suelo se produce cuando dentro de la rotación hay dos cultivos exigentes en agua. Por ello, es importante considerar dentro del plan de rotación la disponibilidad de humedad en el suelo y las exigencias del cultivo. Una rotación apropiada siempre debe incluir especies leguminosas y áreas de pastos por un tiempo más o menos largo, según la susceptibilidad del terreno a la erosión. Este principio resalta la importancia de la combinación de la agricultura y ganadería en el equilibrio de las unidades productivas.

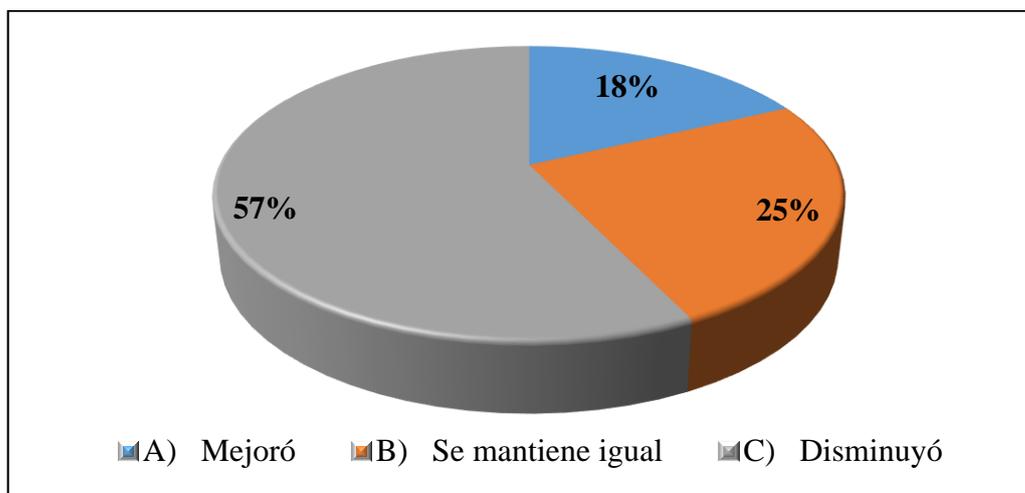


Figura 6. Producto agrícola más cultivado en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto a la percepción sobre si en el periodo de la actividad agrícola su producción mejoró, se mantiene igual o disminuyó, el 57 % respondió que sus producciones disminuyeron, el 25 % dijeron que se mantiene igual y el 18 % que las producciones mejoraron (Figura 6).

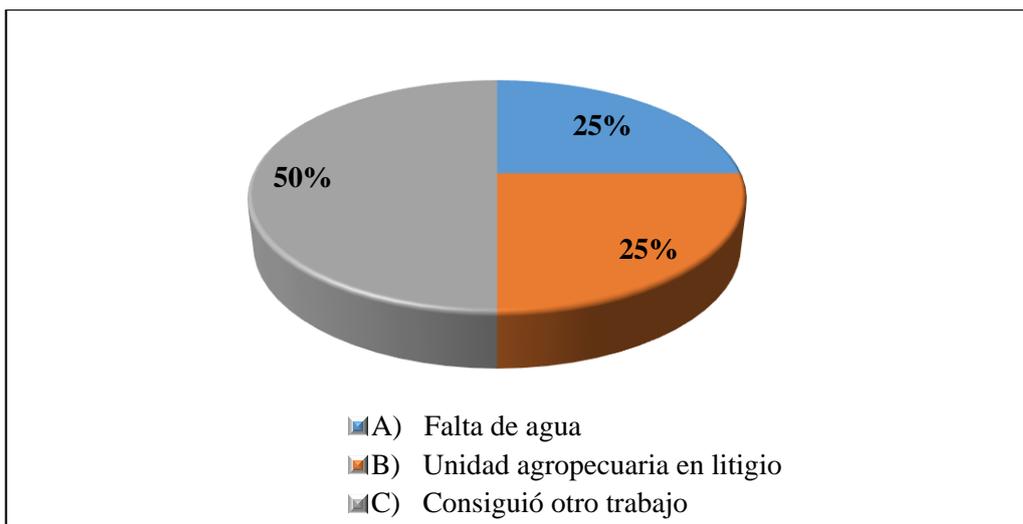


Figura 7. Razones por lo que dejó de cultivar en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

También se preguntó a los encuestados respecto a las razones por las que dejó de cultivar. Las familias que dejaron de cultivar el último año sólo fueron 04 el cual representa al 14,28 %, mientras que el 85,72 % si cultivó. Entre las razones por las que no cultivaron el último año, el más determinante es porque consiguió otro trabajo distinto a la agricultura, el cual representa al 50 %; el 25 % dijo por carencia de agua y el otro 25 % por tener la unidad agropecuaria en litigio (Figura 7).

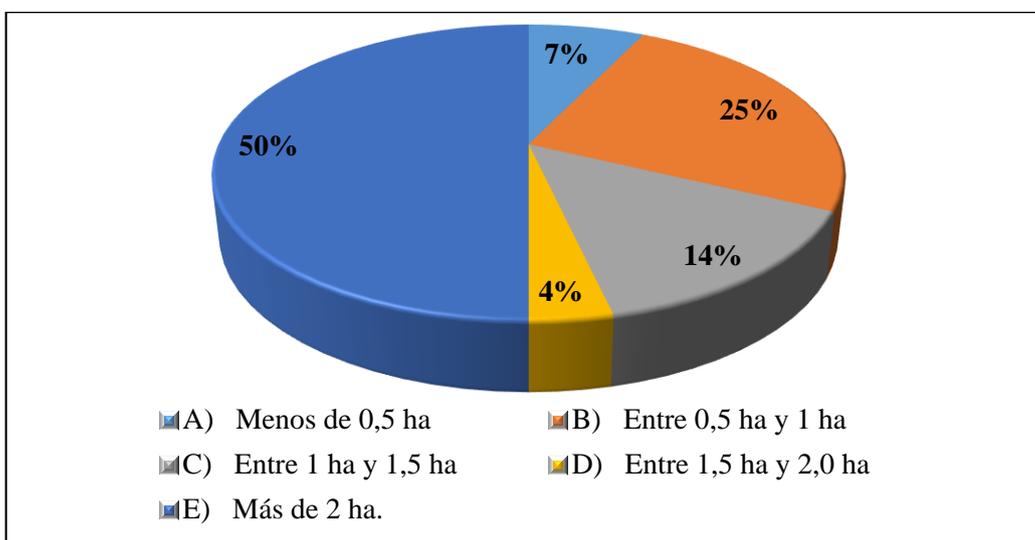


Figura 8. Superficie cultivada por familia en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto a la superficie total cultivada el último año, el 50 % de ellos cultivaron más de 2 ha; el 25 % de ellos cultivaron entre 0,5 y 1 ha; el 14 % entre 1 y 1,5 ha; el 7 % menos de 0,5 ha y sólo el 4 % entre 1,5 y 2 ha (Figura 8).

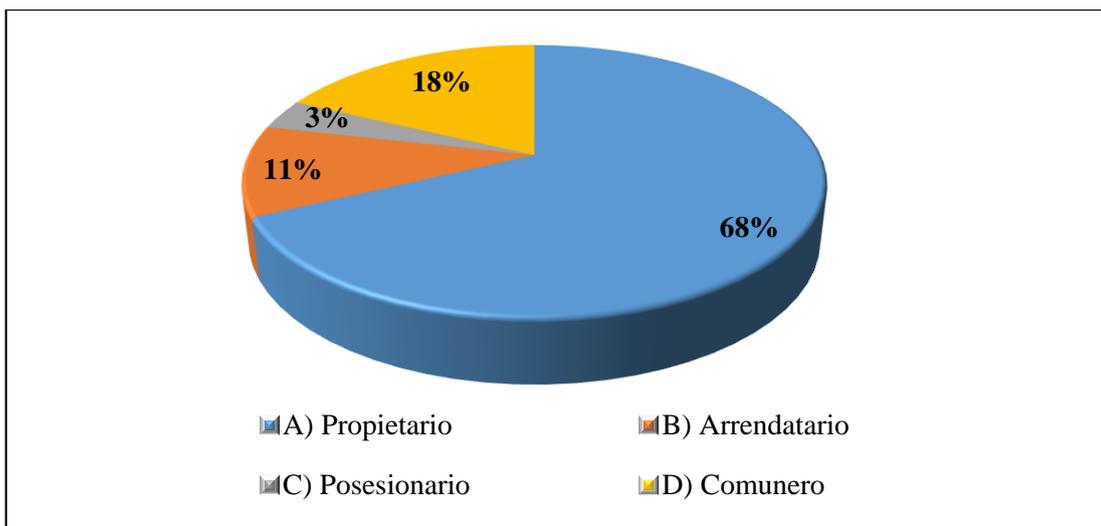


Figura 9. Tenencia de la superficie cultivada por familia en Potreropampa, 2017.
Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto a la tenencia, el 68 % respondió que son propietarios porque se han establecido relaciones comerciales de compra y venta entre los propios comuneros y con los vecinos de las comunidades aledañas y tienen sus propiedades registradas. El 18 % mantiene su condición de comunero, es decir tierras heredadas y que aún no tienen título de propiedad. El 11 % son arrendatarios, es decir que vienen utilizando el terreno en actividad agrícola por alquiler del terreno y el 3 % son posesionarios (Figura 9).

Respecto a conocer la relación entre cultivos instalados o sembrados (cultivos permanentes y/o transitorios en proceso de desarrollo), así como sus principales características el día de la entrevista, se encontró que la papa es el cultivo con mayor superficie cosechada; mientras que la Quiwicha es la de menor superficie cosechada (Tabla 3)

Tabla 3

Superficie cosechada y sembrada por producto en Potreropampa, 2017.

Principal producto	Superficie cosechada	Superficie sembrada
A) Papa	50,19	55,19
B) Maíz	2,67	2,67
C) Quinoa	3,00	3,82
D) Quiwicha	0,50	0,78
E) Maca	1,26	1,26
TOTAL	57,62	63,72

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

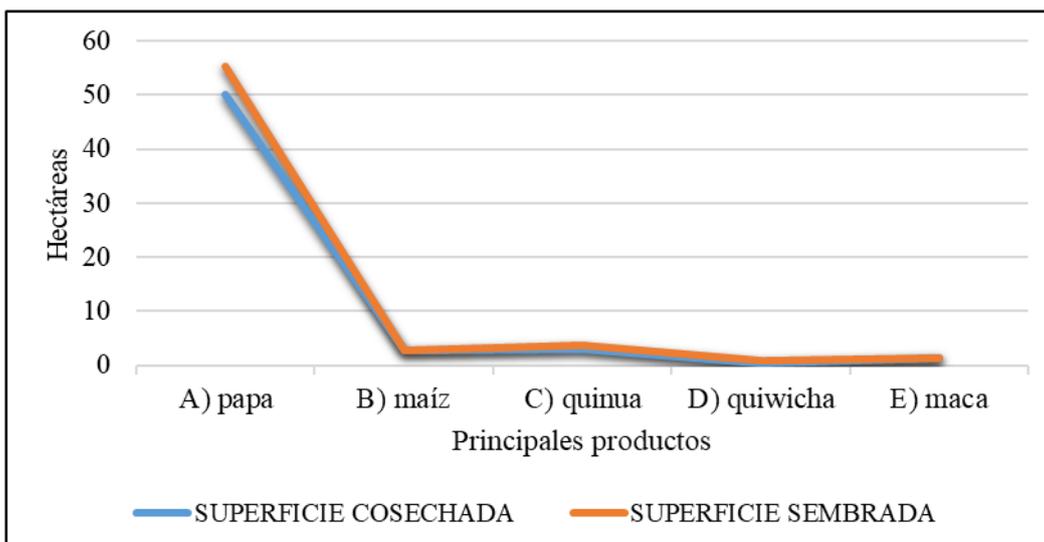


Figura 10. Superficie cosechada y sembrada en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

No existe diferencia significativa entre la superficie cosechada y la superficie sembrada por las familias agricultoras de Potreropampa (Figura 10).

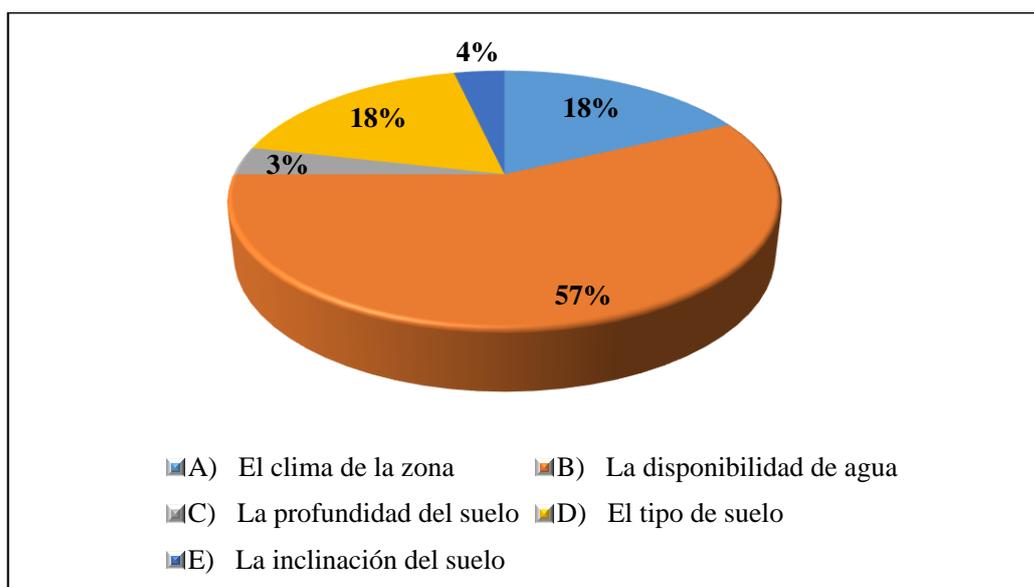


Figura 11. Razones para sembrar sus productos en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Se preguntó a los encuestados las razones que tomó en cuenta para la siembra de papa o cualquiera de los otros productos. El 57 % respondió que la principal razón que utilizó es la disponibilidad de agua existente en la zona, toda vez que existe un embalse de regulación estacional del cual se derivan canales de irrigación que llegan hasta Potreropampa. El sistema de riego utilizado en todas las unidades agrícolas es por gravedad. El 18 % consideró que el clima es el apropiado para sus cultivos, el 18 %

consideró el tipo de suelo, el 4 % la inclinación del suelo y el 3 % la profundidad del suelo (Figura 11).

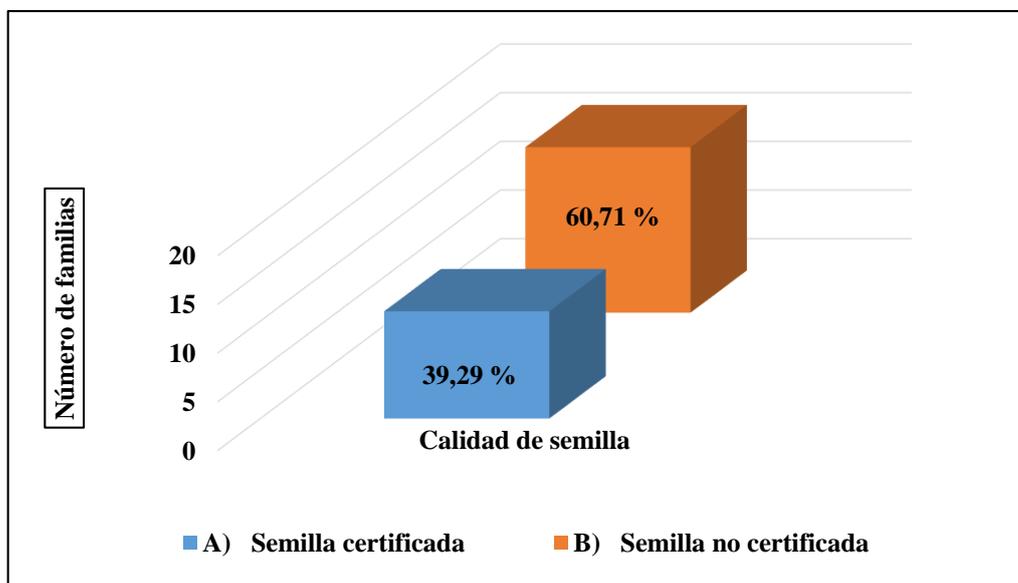


Figura 12. Calidad de la semilla utilizada en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto a la calidad de semilla utilizada en la actividad agrícola, se utiliza principalmente semillas no certificadas, es decir aquellas semillas seleccionadas por la experiencia del agricultor y que permiten a su criterio una mejor producción o por la demanda del mercado. Este tipo de semilla utilizado por los agricultores representa el 60,71 %. Así mismo, existe un 39,29 % de familias que utilizan semillas certificadas con la finalidad de tener mejores rendimientos y ser tratados técnicamente (Figura 12).

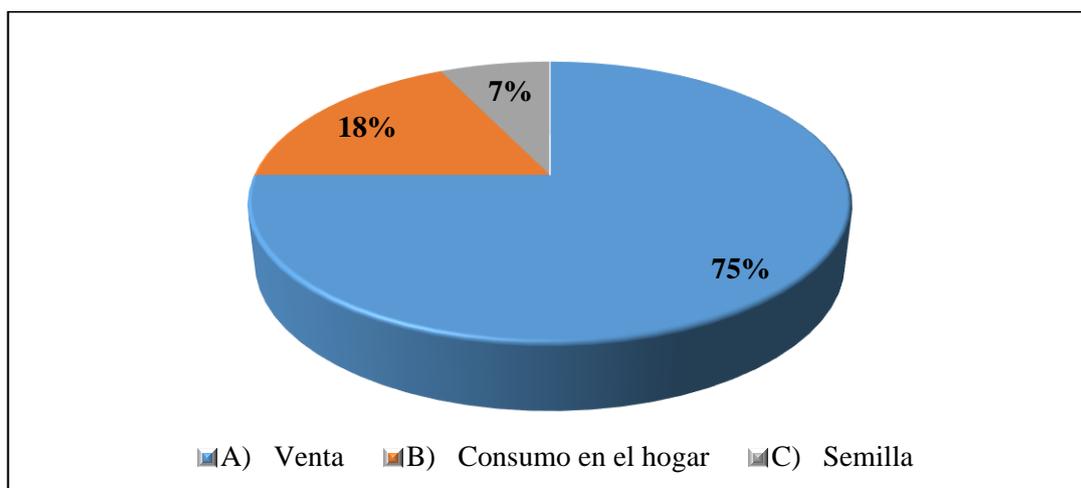


Figura 13. Destino de la producción de papa en Potreropampa, 2017.

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto al destino de la producción de papa, el 75 % de los encuestados lo destina a la venta, por su alta demanda en el mercado local y por los acopiadores y porque les significa recursos importantes para el sustento de sus familias. El 18 % de ellos indican que la producción lo destinan para el consumo familiar, toda vez que es un producto de primera necesidad y bastante consumido por los integrantes de su familia. El 7 % destina su producción de papa a su venta como semilla porque su precio al ser más elevado significa importantes ingresos para sus familias (Figura 13).

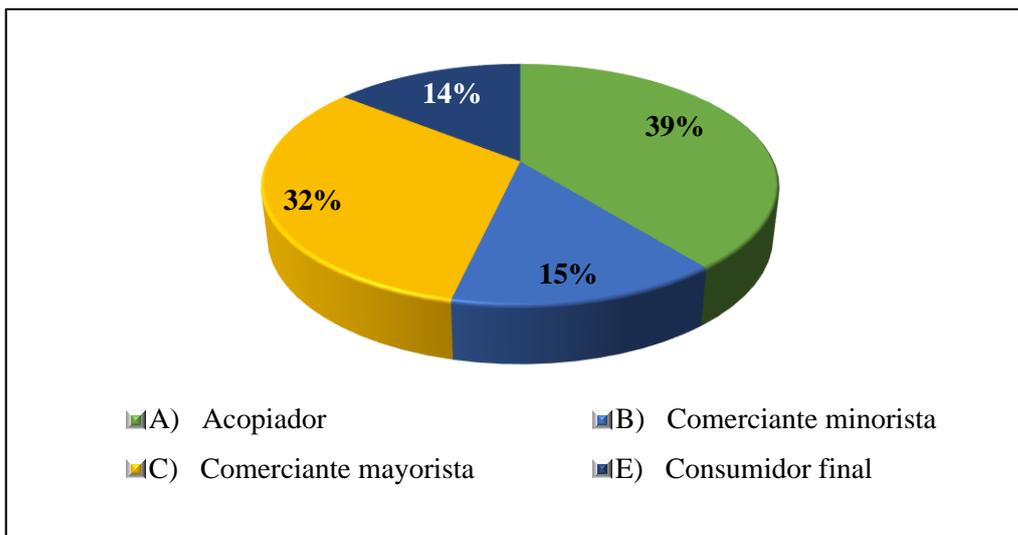


Figura 14. Destino de la venta de papa en Potreropampa, 2017

Fuente: Ficha de Encuesta sobre intensidad de siembra de papa.

Respecto al destino de la venta de la papa producida, el 39 % de los encuestados manifestó que la papa cosechada es vendida a los acopiadores que existen en la zona y llevan el producto fuera de la región. El 32 % destina el producto a la venta de los comerciantes mayoristas de la Feria Dominical, el 15 % lo destina a los comerciantes minoristas que existen en la provincia de Andahuaylas y el 14 % restante lo destina a la venta directa (Figura 14).

4.2 Identificación de los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

Para identificar los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa se realizaron cuatro análisis físico químicos hidrodinámicos. Informe de análisis N° 217-17-LAQ toma las muestras 0a, 0b, 0c de Potreropampa del distrito José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, región Apurímac el día 26 de abril del 2017 (Tabla 04).

Tabla 4
Informe de Análisis N° 00217-17 LAQ

N°	Propiedades del suelo	0a	0b	0c
1	Potencial de Hidrógeno	5,85	5,92	5,72
2	Conductividad eléctrica	0,08	0,07	0,06
3	% de Materia Orgánica	3,90	3,80	3,50
4	% de Nitrógeno	0,130	0,123	0,118
5	Ppm P (P ₂ O ₅)	6,60	5,90	5,40
6	Ppm K (K ₂ O)	28,60	19,30	17,80
7	% Capacidad de intercambio catiónico	11,80	11,40	12,00
8	% Capacidad de campo	21,41	21,33	20,73
9	% Humedad aprovechable o efectiva	21,95	21,86	21,07
10	% Punto de marchitez permanente	11,55	11,52	11,19
11	% de Carbonatos	0	0	0
12	Densidad aparente del suelo	1,436	1,440	1,433
13	Densidad real del suelo	2,114	2,120	2,110
14	Ppm de Fe	46,20	39,40	55,70
15	Ppm de Mn	1,20	1,20	1,70
16	% de Arena	62	63	60
17	% de Limo	34	32	36
18	% de Arcilla	4	5	4

Fuente: Informe de Análisis.

Las muestras tomadas tienen un pH ideal (Tabla 04) porque se encuentran en un rango de 5,2 a 6,4 para el cultivo de papa (FAO, 2015). La papa puede crecer en casi todos los tipos de suelos, salvo donde son salinos o alcalinos. Los suelos, que ofrecen menos resistencia al crecimiento de los tubérculos, son los más convenientes, y los suelos arcillosos o de arena con arcilla y abundante materia orgánica, con buen drenaje y ventilación, son los mejores. La papa tolera un suelo ligeramente ácido.

Respecto a la conductividad eléctrica (CE) se especifica que, el flujo de electricidad a través de un conductor es debido a un transporte de electrones. Según la forma de llevarse a cabo este transporte, los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolíticos. A este segundo tipo pertenecen las disoluciones acuosas. En ellas la conducción de electricidad al aplicar un campo eléctrico se debe al movimiento de los iones en disolución, los cuales transfieren los electrones a la superficie de los electrodos para completar el paso de corriente.

La CE mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta. Por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de

sales. Las unidades utilizadas para medir la CE son dS/m (decisiemens por metro). Esta medida es equivalente a la que anteriormente se utilizaba: mmhos/cm.

Maas y Hoffman (1977) establecen que el umbral máximo de tolerancia de los cultivos a la salinidad, expresada en el porcentaje de rendimiento de papa es 1,7 – 1,1. La importancia de la materia orgánica en el suelo ha sido comprobada por varios investigadores en el mundo. Se ha demostrado, que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo (Kolmans, 1999).

La materia orgánica en el suelo, produce varios efectos favorables (Guerrero, 1993; Miranda, 1997). Entre las propiedades físicas, químicas y biológicas se puede mencionar: 1) aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mg), 2) activa biológicamente el suelo al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición que sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno. Éstos últimos producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido indol acético, y 3) la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo.

La materia orgánica del suelo ha sido dividida en cinco fracciones diferentes, dos representan desechos y tres representan materiales verdaderamente incorporados al suelo (Paustian *et al.*, 1992) citado en (Mamani, 1996): a) fracción estructural (paja), b) fracción metabólica del desecho, c) fracción activa del suelo, d) fracción del suelo de lenta descomposición, y e) fracción orgánica pasiva del suelo.

La materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos (Mustin, 1987), pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2% (Navarro *et al.*, 1995). El nivel deseable de materia orgánica en suelos arcillosos medios es del 2 %, pudiendo descender a 1,65 % en suelos pesados y llegar a un 2,5 % en los suelos arenosos (Gros & Domínguez, 1992). La muestra presenta un promedio de 3,73 % de materia orgánica; es decir, superior al rango de 2 % para un suelo óptimo para el cultivo de papa.

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5 % de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas como P, Mg, Ca, S y micronutrientes (Graetz,

1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización (Gros y Domínguez, 1992).

El porcentaje de N llega al 0,124 % como promedio en la cota 0a, 0b y 0c. El N es el elemento indispensable en la formación de tallos vigorosos y abundantes hojas, con los que se tendrá buena superficie de asimilación. Un nivel adecuado de N, en presencia de suficiente P y K estimula tanto el crecimiento apical como lateral de los meristemas, por lo que hay incremento en el desarrollo de las hojas. La deficiencia de N en las plantas es generalmente clorótica (amarilla), de crecimiento lento, erectas, con hojas también erectas de color verde pálido. Las nervaduras retienen el color verde normal por un tiempo más prolongado que el tejido intervenal. La magnitud de la deficiencia determina la severidad del enanismo, clorosis, caída de las hojas inferiores y reducción del rendimiento.

Se encontró en el mismo punto 5,97 ppm de P_2O_5 como promedio en el punto de referencia 0. El P puede aplicarse con éxito con el sistema convencional incorporando al suelo las fuentes comunes antes del trasplante. Tiende a acumularse en el suelo, detectándose valores muy altos en sitios con más de dos años consecutivos de cultivo. Un factor muy importante a considerar con el agregado de fósforo es su muy baja movilidad. Una vez aplicado al suelo, se mueve a las raíces por difusión y no por flujo acuoso de masa. Por lo tanto, difícilmente puedan detectarse altas concentraciones de P apenas a algunos centímetros de deposición del emisor.

El promedio de K es 21,9 ppm de la forma K_2O . El K es necesario para el desarrollo normal de la planta. Participa en la síntesis de los azúcares y del almidón, lo que puede considerarse como el motivo por el que las necesidades son altas. El K puede ejercer gran influencia sobre la economía de las plantas. Es decir, durante los períodos de escasez de agua es capaz de defender ampliamente a los tejidos de asimilación contra los daños de la sequía, asegurando así la generación interrumpida de azúcares y almidón.

Las causas que originan el intercambio iónico son los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo. Para neutralizar las cargas se adsorben iones que quedan débilmente retenidos sobre las partículas del suelo y se pueden intercambiar con la solución del suelo. Al analizar este proceso, Conti (2005) señala que el equilibrio entre cationes retenidos y los iones en la solución del suelo depende de la concentración de la solución y la actividad

relativa de cada ion, de las características de cada catión (valencia y grado de hidratación) y del grado de afinidad entre el intercambiador y el catión.

La capacidad de campo (C.C.) llega al 21,16 %; cuando existe una lluvia abundante el agua llega a ocupar todos los poros del suelo. Se dice entonces que el suelo está saturado. A continuación, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza. Cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la C.C. Buena parte del agua retenida a la C.C. puede ser utilizada por las plantas, pero a medida que el agua disminuye se llega a un punto en que la planta no puede absorberla. En este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez. La diferencia entre la C.C. y el punto de marchitez representa la fracción de agua útil (disponible) para el cultivo.

La capacidad de retención de agua útil en el perfil de 53 cm es de 114 mm de agua, mientras que en otra serie es 69 cm de profundidad la capacidad es de 170 mm (Tabla 5). La profundidad de suelo es un factor importante a considerar en la estrategia de riego de los cultivos. La retención de agua es volumétrica, por lo tanto, depende de la profundidad de suelo considerada. Sin embargo, a pesar de que el suelo sea capaz de retener, por ejemplo 280 mm de agua por metro cúbico, el agua que realmente interesa es aquella contenida en la profundidad de suelo que las raíces puedan explorar. En este sentido, el cultivo de la papa es de arraigamiento poco profundo, generalmente no superior a los 50 cm por lo cual, el agua disponible para abastecer su desarrollo es escasa. En este mismo ejemplo, el agua disponible alcanzaría sólo a 112 mm. Este concepto, en conjunto con la tasa de evapotranspiración, determina la frecuencia de riego y, a modo comparativo, se observa que un cultivo de papa debe regarse con mayor frecuencia, y con menores volúmenes, por ejemplo, que un cultivo de alfalfa, especie que posee una profundidad de raíces mucho mayor.

Tabla 5

Contenido de agua (gravimétrica) a capacidad de campo (CDC) y punto de marchites permanente (PMP). Densidad aparente (Da) y agua retenida según profundidad de suelo en distintas series de suelos de cultivo de papa.

Profundidad (cm)	CDC (%)	PMP (%)	Da (g/cm ²)	Agua retenida (%)	Agua retenida (mm)
0 – 20	64	39	0,80	20,0	40,0
20 – 41	66	45	0,80	16,8	33,6
41 - 53	63	40	0,80	18,4	40,5
				Total	114
Profundidad (cm)	CDC (%)	PMP (%)	Da (g/cm ²)	Agua retenida (%)	Agua retenida (mm)
0 – 16	84	52	0,80	25,6	41,0
16 – 34	99	68	0,82	25,4	45,8
34 – 60	98	67	0,85	26,4	68,7
60 – 69	78	61	0,95	16,2	14,5
				Total	170
Profundidad (cm)	CDC (%)	PMP (%)	Da (g/cm ²)	Agua retenida (%)	Agua retenida (mm)
0 – 13	72	48	0,91	21,8	28,4
16 – 25	68	47	0,82	17,2	20,6
25 – 47	73	41	0,82	26,2	57,7
47 – 81	81	58	0,69	15,9	44,4
				Total	151

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera. De esta forma, la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase. La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor.

El hierro, interviene en la síntesis de la clorofila, en la captación y transferencia de energía en la fotosíntesis y en la respiración. Actúa en reacciones de óxido-reducción, como la reducción de nitratos. El punto de análisis en cuestión presenta 47,1 ppm de Fe. El Fe se clasifica como un micronutriente, lo que significa que las plantas lo requieren en cantidades menores comparado con los macronutrientes primarios o secundarios.

El Mg ocupa la posición central de la molécula de la clorofila. De hecho, un adecuado suministro de Mg a las plantas intensifica claramente la actividad fotosintética de las hojas. No obstante, únicamente pertenece a la clorofila el 14 o 20 % en la planta. La mayor parte pertenece a otros procesos vitales. Así la síntesis de carbohidratos, proteínas,

grasas y varias vitaminas no puede realizarse sin suficiente Mg, ya que este elemento juega un papel esencial como activador de importantes enzimas. En caso de deficiencia de Mg, la síntesis de proteínas queda paralizada y la planta retrasa su crecimiento o desarrollo.

En Potreropampa, las prácticas agrícolas de baja intensidad, tales como el pastoreo, y barbechos en rotación, alteran los procesos y composición de la flora, fauna y de los microorganismos de los ecosistemas naturales. Los sistemas más intensivos, incluyendo el monocultivo moderno, las plantaciones y crianza de animales de alta densidad, pueden modificar el ecosistema de una manera tan severa que muy poco de la biota previa y del paisaje permanecen, tal como lo manifiesta (Romero, 2001).

Los impactos sobre los ecosistemas se han hecho más evidentes con el tiempo, a medida que los sistemas agrícolas se han ido intensificando. La agricultura puede afectar las funciones de los ecosistemas y a la biota que compone la parte viva de ese ecosistema, en diversas formas. A nivel del paisaje, la agricultura produce una reconversión de las cubiertas terrestres y la eliminación de ciertas características del paisaje (Andrén, 1994). Al nivel de la unidad de producción agraria, genera con frecuencia la pérdida de las coberturas del suelo y la perturbación de la estructura de este (Andrearsen *et al.*, 2001). La producción de plantas y animales domesticados afectan de manera directa a la diversidad biológica mediante la sustitución de plantas de aparición natural y espontánea (Beier & Noss, 1998).

En Potreropampa, los efectos del monocultivo de la papa coinciden con la del United Nations Environment Programme (UNEP) (2006), que manifiesta que los impactos de la agricultura sobre las funciones de un ecosistema pueden agruparse en cinco áreas: 1) estructura del suelo, 2) nutrientes y microorganismos, 3) ciclo del agua, 4) complejidad del paisaje y 5) propiedades atmosféricas. La agricultura de Potreropampa, afecta la estructura del suelo y la biota, fundamentalmente, a través de la reducción de material orgánico que se incorpora por encima de la tierra y de las raíces, por la roturación del suelo debido a las labores de cultivo y por la compactación por el ganado. La simplificación de los sistemas agrarios mediante la eliminación de vegetación, particularmente árboles y la cubierta del suelo, provoca la exposición del suelo a las fuerzas erosivas del sol, la lluvia y el viento, con la consecuente pérdida del mismo. Los microorganismos se ven afectados por la aplicación de agroquímicos. Por otro lado, la

actividad agrícola afecta el movimiento y la calidad de agua, que es esencial para la producción agrícola, así como para el mantenimiento del hábitat (Stoms *et al.*, 2002).

Los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa tiene la lógica de utilizar los resultados del análisis de suelos. El primer parámetro consiste en determinar la variabilidad de pH, entendiéndose ello como la concentración de los iones hidrógeno o hidronio en una solución. En el suelo, los iones hidrógeno están en solución, pero también existen en el complejo de cambio; es decir, que hay dos tipos de acidez, activa (en solución) y de cambio o de reserva (para los adsorbidos) (UGR, 2010). El pH es usualmente una de las medidas que se deben de realizar al momento de hacer análisis de suelos. Es importante conocerlo al momento de estudiar la nutrición de las plantas y cuando se pretende comprender las propiedades químicas de los suelos (Wild y Russell, 1989).

Los factores que determinan el pH del suelo son: la naturaleza del material de suelo, la acidez de los restos de materia orgánica y las precipitaciones, ya que éstas pueden acidificar el suelo (UGR, 2010).

Tabla 6
pH de las muestras de suelo de Potreropampa, 2017.

N° 0217-17		
0a	0b	0c
5,85	5,92	5,72
N° 0218-17		
1 ^a	1b	1c
5,5	5,4	5,45
N° 0219-17		
2 ^a	2b	2c
5,2	5,25	5,3
N° 0220-17		
3 ^a	3b	3c
5.02	5.35	5.3

Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

Los rangos hallados determinan un promedio de pH igual a 5,44 considerándose en el rango promedio e ideal comprendido entre 5,2 a 6,4 para el cultivo de papa (FAO, 2015). El pH influye en la actividad de los microorganismos de tal modo que, en los suelos con pH ácido, la materia orgánica se descompone más lentamente y disminuye el aporte de los nutrientes en ella retenidos por su baja velocidad de mineralización. Los aumentos de pH pueden favorecer la actividad de los microorganismos y, por tanto, los procesos

relacionados con ellos; sin embargo, la variación del pH también puede dar lugar a problemas de nutrición vegetal, al impedir la asimilación de algunos nutrientes.

El pH mide la actividad de los H^+ libres en la solución del suelo (acidez actual) y de los H^+ fijados sobre el complejo de cambio (acidez potencial). La acidez total del suelo es la suma de las dos, porque cuando se produce la neutralización de los H^+ libres se van liberando H^+ retenidos, que van pasando a la solución del suelo. El pH puede variar desde 0 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican en:

- Suelos ácidos.....pH inferior a 6,5
- Suelos neutros.....pH entre 6,6 y 7,5
- Suelos básicos.....pH superior a 7,5

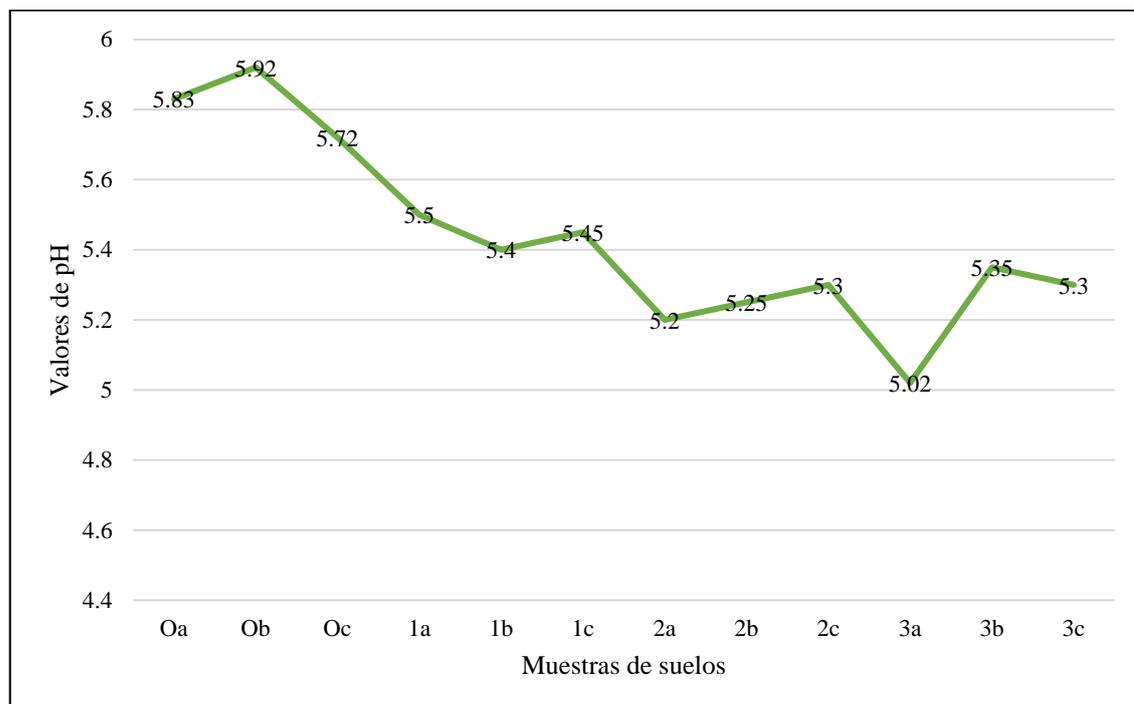


Figura 15. Concentración de Hidrogeniones en Potreropampa, 2017.

Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

El pH de los suelos muestreados fluctuó entre 5,3 a 5,83, estando fuera del rango de neutralidad (Figura 15). Entonces, los suelos tienen una tendencia a la acidificación. Este proceso inicia con la descalcificación, ya que el Ca es absorbido por los cultivos o desplazado del complejo de cambio por otros cationes y emigra a capas más profundas con el agua de lluvia o riego. Después, lo normal, es que los iones H^+ ocupen los huecos que dejan el Ca^{2+} y el Mg^{2+} en el complejo. Los abonos nitrogenados, en su mayoría,

ejercen una acción acidificante sobre el suelo. También acidifican el suelo los ácidos orgánicos excretados por las raíces de las plantas. En estas condiciones, los microorganismos se reducen y el P disponible disminuye, al precipitarse con el Fe y Al. Los micronutrientes, excepto el Mo, se absorben mejor en este tipo de suelos. La neutralidad en su sentido más amplio ($6,6 \leq \text{pH} \leq 7,5$) es una condición adecuada para la asimilación de los nutrientes y para el desarrollo de las plantas.

Tabla 7
Conductividad eléctrica (mhos/cm) de las muestras de suelo de Potreropampa, 2017.

N° 0217-17		
0a	0b	0c
0,08	0,07	0,06
N° 0218-17		
1 ^a	1b	1c
0,11	0,12	0,17
N° 0219-17		
2 ^a	2b	2c
0,08	0,07	0,09
N° 0220-17		
3 ^a	3b	3c
0,10	0,08	0,09

Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

La CE de las muestras de suelo fluctuó entre 0,06 a 0,17 mhos/cm a 25 °C. Además, el promedio de la CE fue 0,093 (mhos/cm) (Tabla 07 y Figura 16). La CE es la medición de salinidad. Por ejemplo, el agua de lluvia tiene un valor de 0,15 de salinidad y el agua de mar un valor de 63 mmhos/cm a 25°C.

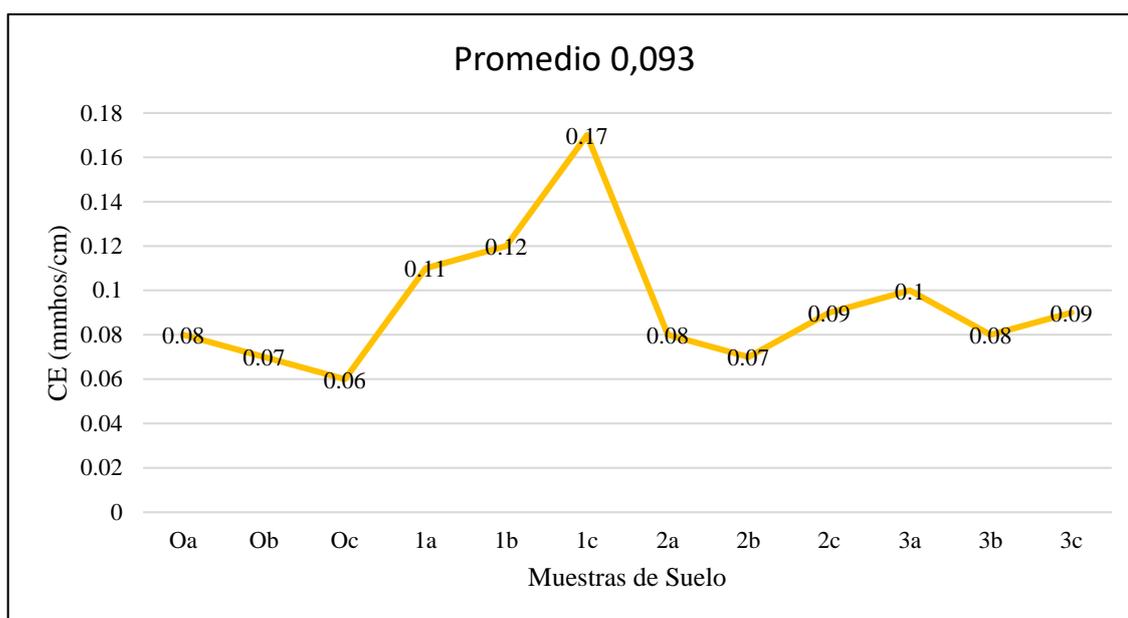


Figura 16. CE (mhos/cm) de las muestras de suelo de Potreropampa
Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

El agua químicamente pura no conduce electricidad, a diferencia del agua con sales. El agua de riego puede salinizar rápidamente el suelo. Con razonables prácticas de riego, no debería haber problemas de salinidad. Los problemas aumentarán con CE entre 0,75 a 2,25 mhos/cm.

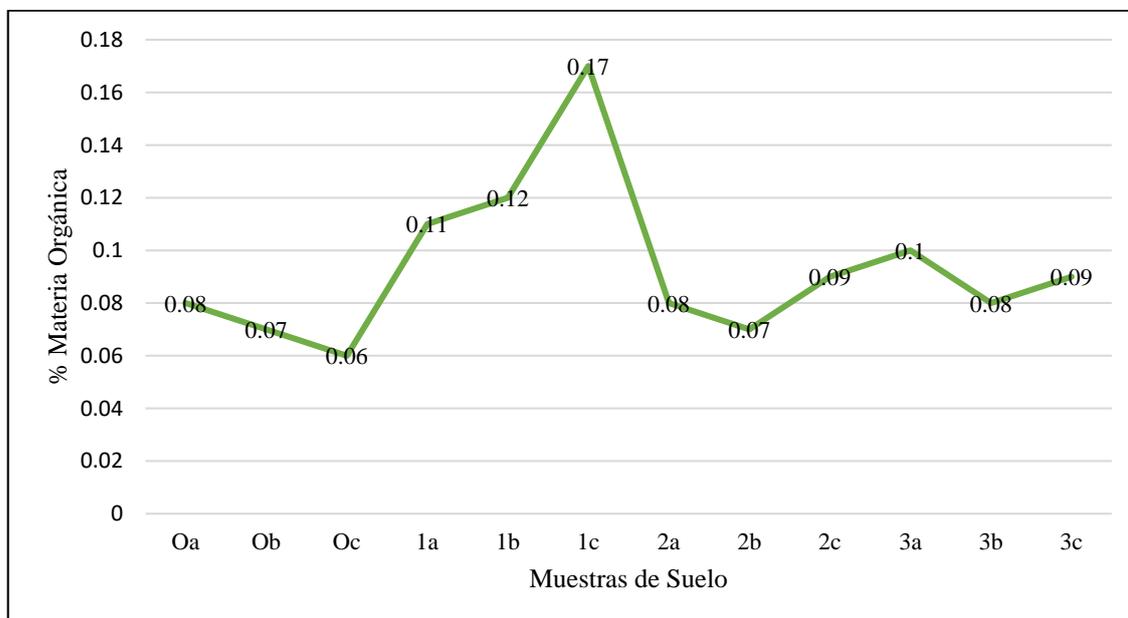


Figura 17. Porcentaje de Materia Orgánica de suelo de Potreropampa
Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

El porcentaje de materia orgánica de las muestras de suelo amaizadas fluctuó entre 0,06 a 0,17 (Figura 17). El humus constituye aproximadamente entre el 65 y el 75 % de la materia orgánica de los suelos minerales. Los suelos minerales tienen un contenido de materia orgánica menor del 20 %, ocupando el 95 % de la superficie terrestre mundial. Los suelos con un mayor contenido en materia orgánica se denominan suelos orgánicos. El contenido medio aproximado de materia orgánica en los suelos de labor oscila entre el 1 y el 6 % (Brady, 1984). Los suelos analizados están muy por debajo de dicho límite (Figura 17), indicando un severo proceso de degradación.

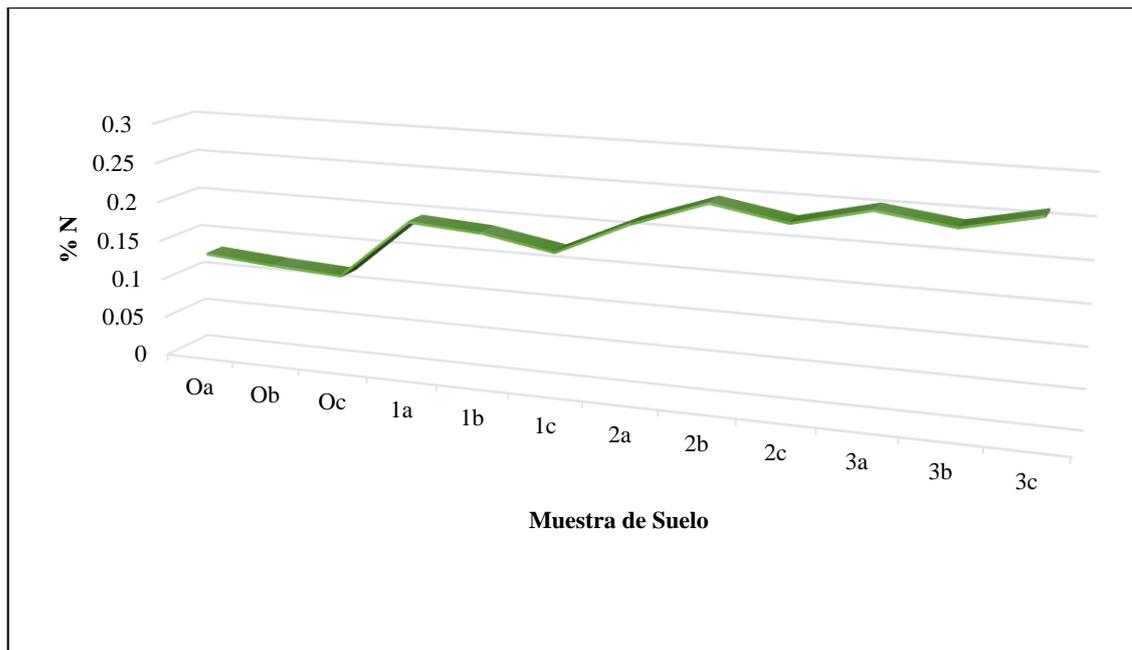


Figura 18. Porcentaje de N de las muestras de suelo de Potreropampa
Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

El N es importante como propulsor de crecimiento y da producción alta. Se consume en cantidad durante la formación del follaje y luego durante el crecimiento de los tubérculos por asegurar una actividad fotosintética óptima en las hojas. En general el porcentaje de N encontrados en los suelos de Potreropampa fue inferior a 0,3 % (Figura 18).

El N es un nutriente esencial para el crecimiento y el desarrollo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Su disponibilidad en el suelo en dosis suficientes promueve la organogénesis y el control del crecimiento del follaje y favorece la producción de tubérculos de mayor tamaño (Echeverría, 2005). Sin embargo, la disponibilidad como resultado de la aplicación de N en dosis excesivas produce un retraso en la tuberización, un desarrollo excesivo de la parte aérea y un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas (Goffart *et al.*, 2008).

La cantidad total de N que se aplica varía dependiendo del tiempo que será necesario que esté mantenida la masa foliar y también de las pérdidas potenciales como lixiviación. Cantidades óptimas de N varía con el tipo de suelo y los cultivos anteriores. Donde hay respuestas aparentes de aplicaciones muy grandes (>300 kg/ha), es importante averiguar si hay pérdidas por lixiviación. Las papas responden muy bien a NPK aplicado al sembrar. Una fertilización balanceada en esa manera, muchas veces con aplicaciones de Mg y S a la misma vez, asegura un buen arranque para un cultivo de papas. Demasiado N precoz

puede dar un crecimiento vegetativo excesivo siendo contraproducente para la producción de tubérculos.

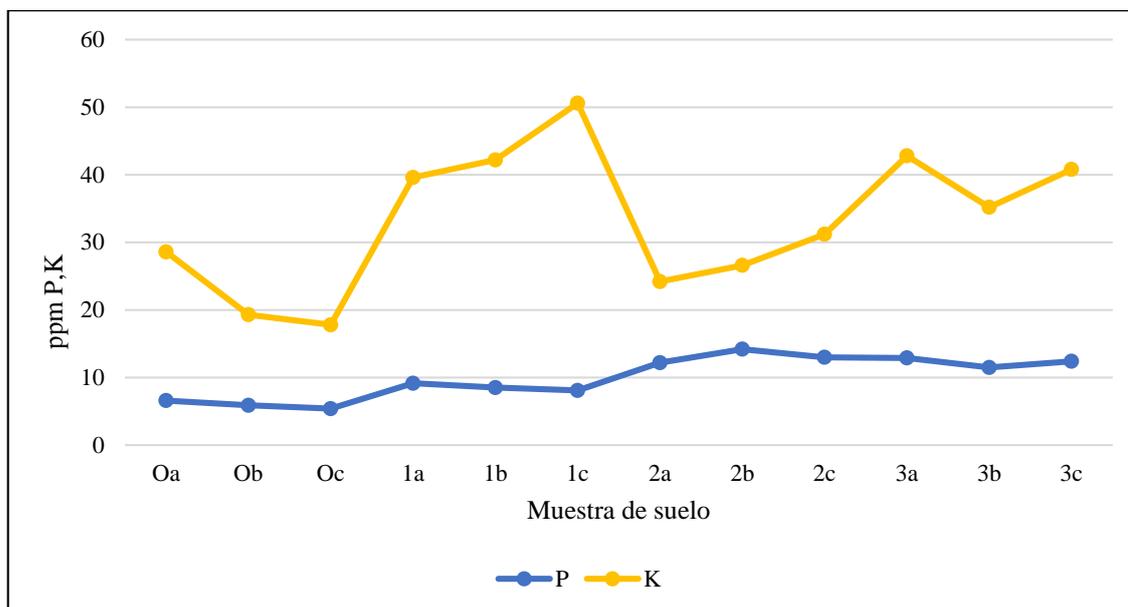


Figura 19. Contenido de P, K (ppm) de las muestras de suelo de Potreropampa.
Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

El contenido de fluctuó entre 8 a 12 ppm, mientras que el de K entre 29 a 50 ppm (Figura 19).

Las plantas que muestran deficiencia de P tienen apariencia atrofiada y un color verde más oscuro que las plantas sin deficiencia de P. El cultivo de la papa responde muy bien a aplicaciones de P. Sin embargo, la presencia de altas cantidades de carbonato de calcio en el suelo limita la absorción de P (Echeverría, 2005). Esto es particularmente importante para cultivos como la papa que necesita absorción continua de P a fin de mantener el crecimiento durante el ciclo del cultivo.

En el caso del K, su deficiencia puede reducir los rendimientos del tubérculo, menores tamaños, menor contenido de almidón, mayor susceptibilidad al “magullado”, mayor contenido de azúcares, mayor propensión a enfermedades, mayor susceptibilidad a daño por heladas (Goffart *et al.*, 2008). El cultivo de la papa requiere grandes cantidades de K. Un cultivo con altos rendimientos puede absorber más de 340 kg/ha de K. El K es esencial para la síntesis de almidón y azúcares simples y para la translocación de carbohidratos.

La Capacidad de Intercambio catiónico (C.I.C) refleja la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por los suelos, expresada en mili equivalentes (meq)/100 g de suelo, aunque

en la actualidad se utiliza la unidad cmolc/kg. A medida que la CIC es más elevada la fertilidad del suelo aumenta. Sus valores pueden oscilar entre:

- Suelos arenosos.....5 meq/100
- Suelos francos5-15 meq/100
- Suelos arcillosos15-25 meq/100

En los suelos analizados, la C.I.C. fluctúa entre 11,4 a 13,3 meq/100, la C.C. entre 20,73 a 25,91 %, la H.E. entre 21,07 a 27,76 % y la P.M.P entre 11,19 a 13,98 % (Tabla 08).

Tabla 8

C.I.C (meq/100); porcentaje C.C; porcentaje H.E y porcentaje P.M.P de las muestras de suelo de Potreropampa

		C.I.C	C.C.%	H.E %	P.M.P.%
N° 0220-17 N° 0219-17N° 0218-17N° 0217-17	Oa	11,8	21,41	21,95	11,55
	Ob	11,4	21,33	21,86	11,52
	Oc	12,00	20,73	21,07	11,19
	1 ^a	12,5	22,65	23,56	12,22
	1b	12,6	22,6	23,5	12,2
	1c	12,1	22	22,72	11,87
	2 ^a	12,6	23,93	25,2	12,91
	2b	13,00	24,48	25,92	13,21
	2c	12,00	24,27	25,64	13,1
	3 ^a	13,3	25,91	27,76	13,98
	3b	13,2	24,68	26,18	13,32
	3c	13,00	25,1	26,71	13,55

Fuente: Informe de Análisis de Suelos UNSAAC.

Los cationes que integran la CIC deben estar comprendidos entre unos límites porcentuales establecidos, si se quiere que el suelo funcione adecuadamente. Estos límites son:

- Ca60-80% de la CIC
- Mg10-20% de la CIC
- K2-6% de la CIC
- Na0-3% de la CIC

4.3 Proponer alternativas para la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.

En función a la literatura existente y a las buenas prácticas agrícolas se propone la recuperación de los suelos degradados por el cultivo intensivo de papa. En Potreropampa, los suelos cultivables han sufrido modificaciones continuas en sus condiciones físicas, biológicas y químicas, como consecuencia de las características propias derivadas de su origen, así como del sistema productivo e intensidad de uso al cual se encuentran sometidos.

Lo anterior se traduce, entre otros aspectos, en una fuerte degradación de su fertilidad natural de los suelos. Así mismo, en la sostenida pérdida de fósforo disponible y la acidificación progresiva de los mismos, derivadas de procesos extractivos e intensivos. Por otra parte, existen suelos afectados por distintos grados de erosión o erosionables a causa del uso intensivo y de la aplicación de tecnologías inapropiadas en su explotación. En lo particular, la propuesta de recuperación de los suelos degradados tiene como objetivo detener o revertir los procesos de degradación de suelos señalados, permitiendo que los productores agropecuarios puedan acceder a recursos que se destinen a promover la conservación, el manejo sustentable y la recuperación de sus suelos agropecuarios. Este Programa contempla las siguientes líneas de acción (programas específicos):

Fertilización fosfatada: Incentiva el uso de fertilización fosfatada de corrección, destinada a recuperar los niveles de fertilidad natural en suelos deficitarios. Se recomienda 15 mg de P/kg de suelo (15 ppm), según el método P-Olsen. La fertilización fosfatada para producción, es decir aquella que será extraída por el cultivo y que deberá estar disponible en el suelo para alcanzar los rendimientos deseados, por sobre el nivel de 15 ppm de P establecido como meta de corrección, es de responsabilidad del productor.

- a) **Enmiendas Calcáreas:** Estimula la incorporación al suelo de las dosis de cal necesaria para cambiar el nivel de pH hasta un valor de 5,8. También para reducir la saturación de Al a niveles inferiores al 5 %, considerando la capacidad de intercambio de cationes efectiva según análisis de suelo.
- b) **Praderas:** Incentiva el establecimiento o regeneración de una cubierta vegetal permanente en suelos frágiles o degradados con el fin de obtener una cubierta vegetal que comprenda al menos el 90 % del área.

- c) **Conservación de suelos:** Estimula evitar las pérdidas físicas de suelos mediante la utilización de métodos tales como: cero o mínima labranza, control de dunas, utilización de curvas de nivel, labranzas en contorno, establecimiento de coberturas forestales en suelos ocupados por pequeños propietarios de escasos recursos, zanjas de infiltración, aplicación de materia orgánica o compost, nivelación, labores que contribuyan a incorporar una mayor cantidad de agua disponible en el perfil de suelos aptos para el uso agropecuario u otros.
- d) **Rehabilitación de suelos:** Promueve la eliminación total o parcial de troncos muertos, matorrales sin valor forrajero y otros impedimentos físicos o químicos en suelos de uso agropecuario.
- e) **Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelos mediante Rotación de Cultivos:** que incentiva la rotación de cultivos
- f) **Compromisos de los usuarios:** Cada vez se percibe un mayor compromiso por parte de los productores en asumir prácticas de conservación de suelos y para avanzar en la regeneración de estos. En este sentido, sin duda se avanza en una acción conjunta entre el sector público y privado hacia la sustentabilidad de los recursos naturales, creando poco a poco una mayor conciencia ciudadana por la conservación del patrimonio natural. Por otra parte, en el mismo sentido se avanza en el desarrollo de una cultura preventiva, que a la larga será de menor costo que las decisiones de recuperación y reposición. El compromiso de los usuarios también se traduce en el aporte que ellos hacen directamente para financiar con recursos propios los costos de las prácticas seleccionadas.

En las distintas zonas del país, los suelos cultivables han sufrido modificaciones continuas en sus condiciones físicas, biológicas y químicas, como consecuencia de las características propias derivadas de su origen y del sistema productivo e intensidad de uso al cual se encuentran sometidos. Lo anterior se traduce, entre otros aspectos, en una fuerte degradación de su fertilidad natural de los suelos, así como en la sostenida pérdida de P disponible y la acidificación progresiva de los mismos, derivadas de procesos extractivos e intensivos. Por otra parte, existen suelos afectados por distintos grados de erosión o erosionables a causa del uso intensivo y de la aplicación de tecnologías inapropiadas en su explotación.



Además de ello, deben participar en las actividades de capacitación anual que se implementen. Los análisis de suelos necesarios para justificar recomendaciones técnicas son tomados por los operadores y llevados para su procesamiento a por laboratorios acreditados.

CONCLUSIONES

- Existe degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por que los valores del análisis físico químico hidrodinámico muestran valores diferenciados para los óptimos de N-P-K Y C.E.

N	optimo 7%	Potreropampa 2.12 %
P	optimo 10.1 a 20 ppm nivel medio	Potreropampa 10.8 ppm
P	optimo 20 a 30 ppm nivel alto	
K	optimo 42 a 150 ppm	Potreropampa 35 a 65 ppm
C.E	optimo 1.7 a 4ds/m	Potreropampa 0.6 a 0.17 ds/m

- La intensidad de siembra de papa en potreropampa está influenciada por la productividad, por el valor alto de la papa en el mercado local. Se encontró que los productores cultivan papa todos los años sin rotación de cultivos y para mejorar la producción utilizan agroquímicos y fertilizantes inorgánicos.
- Los efectos del monocultivo intensivo de papa en Potreropampa, se evidencia por la baja C. E que está relacionada a la ausencia de sales orgánicas e inorgánicas en el suelo. Una de las alternativas para la recuperación de suelos degradados es la puesta en marcha del programa de mejoramiento y conservación de suelos y la rotación de cultivos.



RECOMENDACIONES

- Las familias poseedoras de las parcelas de Potreropampa deben ser capacitadas en el manejo tecnológico del suelo y a la incorporación de tecnologías medioambientales, sustentables en la actividad agrícola para evitar la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo.
- Realizar estudios y análisis de laboratorio del agua de riego y suelo para determinar la presencia de aluminio por ser un factor inhibidor, promoviendo una agricultura de conservación que mantenga los parámetros químicos y biológicos de suelos productivos y sanos.
- Capacitar a los productores de papa de Potreropampa en el cultivo e inoculación de azotobacterias nativas fijadoras de nitrógeno a fin de garantizar la producción de nitrógeno disponible en la rizosfera de la planta. Ejecutar programas de mejoramiento y conservación de suelos mediante rotación de cultivos. Evitar la degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del monocultivo intensivo de papa; a través de una agricultura de conservación que mantenga los parámetros químicos y biológicos de suelos productivos y sanos.
- Poner en ejecución el Programa de Mejoramiento y Conservación de Suelos mediante Rotación de Cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, X., & Tubilla, M. (2017). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de papa semiprocesada para papa frita y optimización en la utilización de los subproductos de papa en Arequipa. (Tesis de grado)* (Universidad Católica San Pablo). Recuperado de http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15526/1/AGUIRRE_OLAECHEA_XIM_EST.pdf
- Amezquita, E. C. (1992). Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. *Actualidades ICA*, 6(70).
- Andrearsen, J. K., O'Neill, R. V., Noss, R., & Slosser, N. C. (2001). Considerations for a terrestrial index of ecological integrity. *Ecological Indicators*, 1, 21-35. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.9992&rep=rep1&type=pdf>
- Andrén, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71, 355–366. Recuperado de <http://max2.ese.u-psud.fr/epc/conservation/PDFs/HIPE/Andren1994.pdf>
- Arias, K., & Arnaude, O. (2010). Efecto de la fertilización química, orgánica y combinada sobre el rendimiento de la papa variedad Granola. *Agronomía Tropical*, 60(1), 75–84. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000300008&lng=es&tlng=es.
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151–163. <https://doi.org/10.1111/ejss.12115>
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90–97.
- BCRP. (2011). *Caracterización Del Departamento de Apurímac*. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/Apurimac-Caracterizacion.pdf>
- Beier, P., & Noss, R. F. (1998). Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology*, 12(6), 1241–1252. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.98036.x>
- Brush, S., Kesseli, R., Ortega, R., Cisneros, P., Zimmerer, K., & Quiros, C. (1995). Potato diversity in the Andean center of crop domestication. *Conserv. Biol.*, 19, 1189–1198.
- Cabienes, F., Chauvin, L., Glave, L. M., Lumbreras, L., Millones, L., Ochoa, C., ...

- Zandstra, H. (2006). *Tesoros de los andes de la agricultura a la cultura*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=LnJfAQAACAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Cahuana, R., & Arcos, J. (1993). *Variedades de papa mas importantes en Puno y lineamientos para su caracterización*. Puno: Programa Interinstitucional de Waru Waru. Convenio PELTIINADE- IC/COTESU.
- Campos, C. (2014). *Efecto de la fertilización en el rendimiento y características biométricas del cultivo de papa variedad huayro en la comunidad de Aramacha y (Valle del Mantaro)*. (Tesis de grado) (Universidad Nacional del Altiplano de Puno). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1390/t007202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro Internacional de la Papa. (2000). *Descriptorios de papa para la caracterización básica de colecciones nacionales*. Lima.
- Conti, M. (2005). *Principios de Edafología, con énfasis en Suelos argentinos*. Argentina: Editorial Facultad de Agronomía (UBA).
- Cutipa, Z. (2007). *Efecto de excreta de lombriz y biol vs fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (Solanum tuberosum spp andigena)*. (Tesis de maestría) (Universidad Nacional del Altiplano de Puno). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/604/EPG204-00218-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dell'Abate, M. T., Benedetti, A., Trinchera, A., & Dazzi, C. (2002). Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert. *Geoderma*, 107, 281–296. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00153-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00153-7)
- Diaz, C. (2010). *Hacia una ética de la biosfera para la crisis ambiental*. (Tesis doctoral) (Universidad Complutense de Madrid). Recuperado de <https://eprints.ucm.es/12646/1/T32767.pdf>
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras*. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0188461117300481?token=DFAF8CF6F2F3BB297F616A6180FA404057812F1AD922AD584AB56EC26FFBBF9C06002BA981A288F411E5CF1EF749CF62>

- Echeverria, H. E. (2005). *Papa. Fertilidad de suelos y fertilizacion de cultivos* (H. E. Echeverria & F. O. Garcia, Eds.). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria.
- Espejo, R. (2016). La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo como sumidero de CO₂ atmosférico y defender a los suelos agrícolas de la erosión. *Agricultura de Conservación*, 33, 90–98. Recuperado de http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs2016/1998972102_doc_REspejo.pdf
- FAO. (2015). *Suelos sanos para una vida sana*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721>
- Fuentes, J. P., León, O., Carrasco, M. A., & Lemus, M. (2007). Degradación química y biológica en suelos forestales cercanos a una fundición de cobre en Chile Central. En *2º Simposio Internacional; Suelos, Ecología y Medioambiente*. Chile: Universidad de La Frontera, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Temuco.
- Goffart, J. P., Olivier, M., & Frankinet, M. (2008). Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency. Past-Present-Future. *Potato Res.*, 51, 355–383.
- Graetz, H. A. (1997). *Suelos y Fertilización* (F. Luna Orozco, Trad.). México: Trillas.
- Grageda, O., Díaz, A., Peña, J., & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015&lng=es&nrm=iso
- Gros, A., & Domínguez, A. (1992). *Abonos guía práctica de la fertilización* (8va. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Guerrero, J. (1993). *Abonos Orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico del suelo*. Lima: RAAA.
- Guither, H. (1994). *Farm prices, income, stability, and distribution. In Food, agriculture and rural policy into the 21st century: issues and tradeoffs*. Boulder: Westview Press.
- Hewitt, R. (1995). *Intensive agriculture and environmental quality: examining the newest agricultural myth Greenbelt* (M. D. Henry & A. Wallace, Eds.). Pensilvania: Institute for Alternative Agriculture Institute Rodale.
- Houghton, R. A., Hackler, J. L., & Lawrence, K. T. (1999). The U.S. carbon budget: contributions from land-use change. *Science*, 285, 574–577. Recuperado de

- <https://science.sciencemag.org/content/285/5427/574>
- Huamán, Z. (1986). Botánica sistemática y morfología de la papa. En *Boletín de información técnica* (2da ed.). Recuperado de <https://ccbat.es/documentos/descriptores.pdf>
- Jamioy, D. D. (2011). *Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano. (Tesis de maestría)* (Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- Kolmans, E. V. D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF.
- Kononova, M. M. (1982). *Materia orgánica del suelo*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma*, 123(1–2), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>.
- Lindeijer, E. (2000). Review of land use impact methodologies. *Journal of Cleaner Production*, 8, 273–281. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00024-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00024-X)
- López, M., & Estrada, H. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Bioagrocencias*, 8(1), 3–11. Recuperado de https://www.academia.edu/15103699/2015_Propiedades_físicas_químicas_y_biológicas_del_suelo_Bioagrocencias_8_1_3_11
- Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop Salt Tolerance - Current Assessment. *ASCE J Irrig Drain Div*, 103(2), 115–134.
- Mamani, E. (1996). *Materia orgánica y su importancia en la agricultura ecológica*. Puno.
- Mataix, J. (1999). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contribución a su conservación y regeneración*. (Tesis doctoral) (Universidad de Alicante). Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/16363229.pdf>
- MINAGRI. (2017). *Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS AGRARIAS Responsables y contactos: Apoyo Estadístico: Copyright: Producción Nacional de Papa PAPA: CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL Y DE LA*. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11225:boletin-de-produccion-nacional-de-papa>

- Miranda, E. (1997). *Efecto de diversas fuentes de materia orgánica en un sistema mixto de producción hortícola conducido biológicamente. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Mustin, M. (1987). *Le compost*. Paris: François Dubusc.
- Navarro, J., Moral, H., Gomez, L., & Mataix, B. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Alicante: Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones.
- Orozco, A. L., Valverde, M. I., Téllez, R. M., Bustillos, C. C., & Hernández, R. B. (2016). Physical, chemical and biological soil properties with biofertilization in apple orchards. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441–456. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00441.pdf>
- Paredes, A. (1990). Limitaciones de la tecnología moderna y la agricultura orgánica o ecológica. En : *La Agricultura Ecológica en el Perú. I Encuentro Nacional de Agricultura Ecológica*. Abancay: Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente.
- Pérez, A., Céspedes, C., & Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(3), 10–29.
- Pomares, F., & Canet, R. (2001). Los residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características. En J. Boixadera & M. R. Teira (Eds.), *Aplicación Agrícola de Residuos Orgánicos*. Cataluña: Universitat de Lleida.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El Cultivo de papa en Ecuador*. Quito: INIAP.
- Quenum, L., Albiach, M. R., Ribó, M., Estela, M., Canet, R., Baixauli, C., ... Pomares, F. (2008). Modificación De Las Propiedades Del Suelo Provocada Por Diferentes Modalidades De Gestión De Los Restos De Cultivos Hortícolas Bajo Producción Ecológica E Integrada. En *VIII Congreso SEAE Bullas 2008*. Recuperado de http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/9_P_FER/3.pdf
- Quispe, N. (2014). *Análisis de la Cadena de Valor de la Papa Nativa en los distritos de Huayana y Pomacocha – Provincia de Andahuaylas – Apurímac. (Tesis de maestría)* (Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5444/QUISPE_ECOS_NELIDA_ANALISIS_PAPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe, R. (2018). *Evaluación de la diversidad genética de papa nativa cultivada (Solanum sp.) en la comunidad campesina de Chanquil del distrito de Rosario*

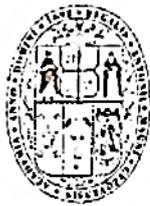


- provincia de Acobamba - Huancavelica. (Tesis de grado)* (Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1787>
- Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n1/v28n1a02.pdf>
- Rovira, P., & Vallejo, V. R. (2003). Physical protection and biochemical quality of organic matter in Mediterranean calcareous forest soils: a density fractionation approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 245–261. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00257-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00257-2)
- Sales, B. (2006). *Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono. (Tesis doctoral)* (Universidad de Sevilla). Recuperado de [https://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterización de la materia orgánica de suelos.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterización%20de%20la%20materia%20orgánica%20de%20suelos.pdf)
- Silva, F. (2009). Efectos de la agricultura intensiva en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y sus implicaciones en la conservación de pastizales nativos. *Elementos*, 73, 19–25.
- Steffen, W., Noble, I., Canadell, J., Apps, M., Schulze, D., Jarvis, P., ... Gazhi, A. (1988). The Terrestrial Carbon Cycle: Implications For The Kyoto Protocol. *Science*, 280, 1393–1394.
- Suquilanda, M. B. (2009). *Producción orgánica de cultivos andinos* (Vol. 126). Recuperado de http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Tamhane, R., & Motiramani, L. (1986). *Suelos: Su química y fertilidad en suelos tropicales*. Recuperado de <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=53856>
- Tyurin, I. V. (1957). *Analitical procedure for a comparature study of soil humus*.
- USIL. (2018). *La papa orgullo del Perú* (L. De La Fuente, Ed.). Lima: Fondo Editorial USIL.



ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Suelo N° 0217-17-LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS

Nº0217-17-LAQ

SOLICITANTE: JULIO CESAR LOAYZA GESPEDES

MUESTRA : SUELOS (O_a, O_b, O_c)

FUENTE : POTREROPAMPA

DISTRITO : JOSE MARIA ARGUEDAS

PROVINCIA : ANDAHUAYLAS

REGION : AFURIMAC

FECHA : C/26/04/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

	O _a	O _b	O _c
pH	5.85	5.92	5.72
C.E. mmhos/cm	0.08	0.07	0.06
Materia Orgánica %	3.90	3.80	3.50
Nitrógeno %	0.130	0.123	0.118
Fosforo ppm P ₂ O ₅	6.60	5.90	5.40
Potasio ppm K ₂ O	28.60	19.30	17.80
C.I.C. meq/100	11.80	11.40	12.00
C.C. %	21.41	21.33	20.73
H.E. %	21.95	21.86	21.07
P.M.P. %	11.55	11.52	11.19
Carbonatos %	0	0	0
d.a. g/cc	1.436	1.440	1.433
d.r. g/cc	2.114	2.120	2.110
Hierro ppm	46.20	39.40	55.70
Manganeso ppm	1.20	1.20	1.70
Zinc ppm	1.60	1.38	1.44
Textura:			
Arena %	62	63	60
Limo %	34	32	36
Arcilla %	4	5	4

Cusco, 22 de Mayo 2017

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Análisis
 Responsable del Laboratorio de Análisis Químico

Anexo 2. Análisis de Suelo N° 0218-17-LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS

Nº0218-17-LAQ

SOLICITANTE: JULIO CESAR LOAYZA CESPEDES
MUESTRA : SUELOS (1_a, 1_b, 1_c)
FUENTE : POTREROFAMPA
DISTRITO : JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
FECHA : 02/26/04/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

	1 _a	1 _b	1 _c
pH	5.50	5.40	5.45
C.E. mmhos/cm	0.11	0.12	0.17
Materia Orgánica %	4.35	4.10	4.00
Nitrógeno %	0.194	0.188	0.172
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9.16	8.52	8.10
Potasio ppm K ₂ O	39.60	42.20	50.60
C.I.C. meq/100	12.50	12.60	12.10
C.C. %	22.65	22.60	22.00
H.E. %	23.56	23.50	22.72
P.M.P. %	12.22	12.20	11.87
Carbonatos %	0	0	0
d.a. g/cc	1.452	1.448	1.459
d.r. g/cc	2.133	2.136	2.140
Hierro ppm	38.20	39.10	44.30
Manganeso ppm	1.40	1.60	1.35
Zinc ppm	1.29	1.33	1.17
Textura:			
Arena %	65	63	66
Limo %	29	30	27
Arcilla %	6	7	7

Cusco, 22 de Mayo 2017

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios a la Investigación

Margarita Herrera Arredondo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 3. Análisis de Suelo N° 0219-17-LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS

N00219-17-LAQ

SOLICITANTE: JULIO CESAR LOAYZA CESPEDES
MUESTRA : SUELOS (2_a, 2_b, 2_c)
FUENTE : POTREROPAMPA
DISTRITO : JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANADAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
FECHA : C/26/04/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOCUIMICO HIDRODINAMICO:

	2 _a	2 _b	2 _c
pH	5.20	5.25	5.30
C.E. mmhos/cm	0.08	0.07	0.09
Materia Orgánica %	5.16	5.24	5.20
Nitrógeno %	0.214	0.246	0.230
Fosforo ppm P2O ₅	12.20	14.20	13.00
Potasio ppm K ₂ O	24.20	26.60	31.20
C.I.C. meq/100	12.60	13.00	12.00
C.C. %	23.93	24.48	24.27
H.E. %	25.20	25.92	25.64
P.M.P. %	12.91	13.21	13.10
Carbonatos %	0	0	0
d.a. g/cc	1.466	1.460	1.464
d.r. g/cc	2.128	2.135	2.139
Hierro ppm	40.10	29.60	32.40
Manganeso ppm	1.44	1.46	1.30
Zinc ppm	1.05	0.90	0.83
Textura:			
Arena %	63	60	61
Limo %	34	37	36
Arcilla %	3	3	3

Cusco, 22 de Mayo 2017

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Químicos

Melquias Herrera Arce
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 4. Análisis de Suelo N° 0220-17-LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCC
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Per



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS

Nº0220-17-LAQ

SOLICITANTE: JULIO CESAR LOAYZA GESPEDES
MUESTRA : SUELOS (3a, 3b, 3c)
FUENTE : POTREROPAMPA
DISTRITO : JOSE MARIA ARGUEDAS
PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
REGION : APURIMAC
FECHA : 0/26/04/2017

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

	3a	3b	3c
pH	5.02	5.35	5.30
C.E. mmhos/cm	0.10	0.08	0.09
Materia Orgánica%	5.80	5.50	5.40
Nitrógeno %	0.252	0.240	0.260
Fosforo ppm P ₂ O ₅	12.90	11.50	12.40
Potasio ppm K ₂ O	42.80	35.20	40.80
C.I.C. meq/100	13.30	13.20	13.00
C.C. %	25.91	24.68	25.10
H.E. %	27.76	26.18	26.71
P.M.P. %	13.98	13.32	13.55
Carbonatos %	0	0	0
d.a. g/cc	1.447	1.457	1.452
d.r. g/cc	2.144	2.151	2.147
Hierro ppm	35.50	32.00	40.00
Manganeso ppm	1.18	1.31	1.22
Zinc ppm	0.66	0.58	0.70
Textura:			
Arena %	59	61	58
Limo %	38	37	39
Arcilla %	3	2	3

Cusco, 22 de Mayo 2017

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestaciones de Servicio y Análisis

[Signature]

MELGOMILLAS FERRERES ARICANO
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 5. Validación de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

NOMBRE DEL INSTRUMENTO: ENCUESTA SOBRE INTENSIDAD DE SIEMBRA DE PAPA PARA LA INVESTIGACIÓN "DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL SUELO POR EFECTO DEL CULTIVO INTENSIVO DE LA PAPA EN POTREROPAMPA, ANDAHUAYLAS, APURÍMAC"

OBJETIVO: Determinar principalmente la intensidad de siembra de papa que se realiza en la parcela que Ud. posee en Potreropampa, José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac.

DIRIGIDO A: Propietario u poseedor de la unidad agropecuaria de Potreropampa, distrito José María Arguedas, Andahuaylas

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR: TAPIA TADEO FIDELIA

GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR: MAGISTER SCIENTIÆ EN
PRODUCCION AGRICOLA

VALORACIÓN:

Muy Alto	Alto <input checked="" type="checkbox"/>	Medio	Bajo	Muy Bajo
----------	--	-------	------	----------

 MESA FIDELIA TAPIA TADEO
Mg. FIDELIA TAPIA TADEO
LABORATORIO DATA

Firma del Evaluador