

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pino (*Pinus radiata*) sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad Huerta Huaraya – Puno, 2018

Por:

Pamela Verónica Mayta Mamani

Asesor:

MSc. Jael Calla Calla

Juliaca, marzo de 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

MSc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PLANTACIÓN FORESTAL DE PINO (*Pinus radiata*) SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO EN LA COMUNIDAD HUERTA – HUARAYA - PUNO, 2018" constituye la memoria que presenta la bachiller Pamela Verónica Mayta Mamani para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los seis días del mes de marzo del año dos mil diecinueve.



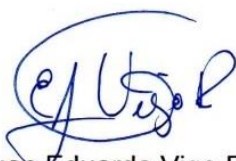
MSc. Jael Calla Calla

Evaluación del efecto de la plantación forestal de pino (*Pinus radiata*)
sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad
Huerta Huaraya - Puno, 2018

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Presidente



MSc. Rose Adeline Callata Chura
Secretaria



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal



MSc. Jael Calla Calla
Asesor

Juliaca, 06 de marzo de 2019

Dedicatoria

A Lucila, mi madre, por su apoyo incondicional para hacer de mí un profesional

A mi abuelita, por su apoyo, su compañía en cada paso que di.

A Cesar, mi hermano, por su palabras de aliento constante y apoyo incondicional.

Agradecimientos

A Dios, por ser la razón de mi vida, quien guio mis pasos y siempre me ha mantenido con su protección.

Al Programa Nacional de Beca y Crédito Educativo PRONABEC, por compartir momentos de mi vida y formación profesional

A la Universidad Peruana Unión por haber permitido formarme como un profesional en sus aulas.

A mi asesor, Msc. Jael Calla Calla, quien me dio la fortaleza de elegir el tema de mi tesis, por su paciencia y generoso acompañamiento a nivel académico y psicológico, para culminar con esta dificultosa tarea de tesis.

A mis amigos y familiares, que sin darme cuenta me apoyaron.

ÍNDICE

Símbolos usados	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo I.....	14
El problema	14
1.1. Identificación del problema.....	14
1.2. Justificación.....	16
1.3. Presuposición filosófica	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
Capítulo II.....	18
Revisión de la literatura	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.2. Origen.....	22
2.3. Taxonomía.....	23
2.4. Morfología.	23
2.5. Ecología.....	24
2.6. Suelos forestales.....	24
2.7. Pasturas.	25
2.8. Suelos de pasturas naturales.....	26
2.9. Propiedades físico químicos del suelo.	27
2.9.1. Densidad aparente.	27
2.9.2. pH del suelo.	27
2.9.3. Nitrógeno	28
2.9.4. Fósforo	28
2.9.5. Potasio.....	29
2.9.6. Materia orgánica.....	29
2.10. Interpretación de análisis de suelos.....	29
Capítulo III	32

Materiales y Metodos	32
3.1. Lugar de ejecución	32
3.2. Clima	34
3.3. Suelo y geología	34
3.4. Clasificación por capacidad de Uso Mayor de las Tierras.	34
3.5. Tipo de investigación	34
3.6. Diseño de la investigación	34
3.7. Materiales y equipos	35
3.8. Metodología	35
3.8.1. Población.....	35
3.8.2. Muestra.....	35
2.1.1. Variables	36
3.8.3. Procedimiento	36
3.8.4. Determinación de parámetros fisicoquímicos.....	38
3.9. Análisis de datos	39
Capítulo IV	41
Resultados y discusión	41
4.1 Caracterización de suelos	41
4.2 Efectos sobre las propiedades.....	42
Capítulo V	53
Conclusiones y Recomendaciones	53
5.1. Conclusiones	53
5.2. Recomendaciones.....	53
Referencias	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del <i>Pinus radiata</i>	23
Tabla 2. Interpretación de densidad aparente	29
Tabla 3. Interpretación de pH.....	30
Tabla 4. Interpretación de nitrógeno, potasio, fósforo y materia orgánica.....	30
Tabla 5. Coordenadas UTM de la zona de estudio.....	31
Tabla 6. Materiales usados de investigación	35
Tabla 7. Valores de las propiedades físicas y químicas del suelo en el área de estudio....	41
Tabla 8. Normalidad para densidad aparente	42
Tabla 9. Igualdad de varianza para densidad aparente	42
Tabla 10. Prueba de <i>t student</i> para densidad aparente	42
Tabla 11. Normalidad para pH	44
Tabla 12. Igualdad de varianza para pH.....	44
Tabla 13. Prueba de <i>t student</i> para pH.....	44
Tabla 14. Normalidad para materia orgánica	46
Tabla 15. Igualdad de varianza para materia orgánica	46
Tabla 16. Prueba de <i>t student</i> para materia orgánica.....	46
Tabla 17. Normalidad para fósforo	48
Tabla 18. Mann Whitney Igual de varianza para fósforo	48
Tabla 19. Normalidad para nitrógeno.....	50
Tabla 20. Igualdad de varianza para nitrógeno.....	50
Tabla 21. Prueba de <i>t student</i> para nitrógeno	50
Tabla 22. Normalidad para potasio	51
Tabla 23. Igualdad de varianza para potasio	51
Tabla 24. Prueba de <i>t student</i> para potasio	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación política	32
Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo	33
Figura 3. Media del contenido de densidad aparente.....	32
Figura 4. Media del contenido de pH.....	34
Figura 5. Media del contenido de la materia orgánica.	47
Figura 6. Media del contenido de fósforo.....	48
Figura 7. Media del contenido de nitrógeno.....	50
Figura 8. Media del contenido de potasio.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.....	64
Anexo B. Resultados de parámetros fisicoquímicos	65
Anexo C. Panel fotográfico	67

Símbolos usados

AGRORURAL	Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
CaCO_3	de calcio
CO_2	Dióxido de Carbono
D. A	Densidad Aparente
GPS	Geographical positioning system
H_2O	Agua
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
K	Potasio
MINAM	Ministerio del Ambiente
MO	Materia orgánica
N	Nitrógeno
NH_3	Amoníaco
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Sulfato de amonio
NaHCO_3	Bicarbonato de sodio
P	Fósforo
PRONAMACHCS	Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación De Suelos.
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas
SERFOR	Servicio Forestal y de Fauna Silvestre
g/cm^3	Gramos por centímetro cubico
ppm	Partes por millón
mg	Miligramos

Resumen

En la región de Puno (Perú) se introdujeron especies forestales exóticas como el pino en suelos con pasturas. Este uso de tierra aumento durante las últimas décadas, no obstante poco se sabe sobre el efecto de esta cobertura vegetal sobre las propiedades del suelo. El trabajo de investigación evaluó los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo como: la densidad aparente, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, se compararon dos usos de tierra uno sobre plantaciones de pino y el otro sobre las pasturas cada una de 1 ha, luego se tomó 5 muestras por área a una profundidad de 0-15 cm. Los resultados muestran impactos sobre la densidad aparente, nitrógeno potasio, y materia orgánica. No así en cuanto al pH y fósforo. Por lo tanto, se concluye que la plantación de pino genera efecto negativo en las propiedades fisicoquímicas del suelo, con implicaciones para la productividad del sitio a largo plazo. Por ello, es importante revisar prácticas ecológicas de forestación con la finalidad de minimizar los efectos negativos, como los obtenidos en esta investigación.

Palabras clave: Pasturas, plantaciones de pino, propiedades del suelo.

Abstract

In the Puno region (Peru), exotic forest species such as Pine were introduced in pasture. This land use increased during the last decades, however little is known about the effect of this vegetation cover on soil properties. The research work evaluated the changes in the physical and chemical properties of the soil, such as: bulk density, pH, nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter. Two land uses were compared, one on pine plantations and the other on the pastures each of 1 ha, then 5 samples were taken per area at a depth of 0-15 cm. The results show impacts on apparent density, nitrogen potassium, and organic matter. Not so in terms of pH and phosphorus. Therefore, it is concluded that the pine plantation generates a negative effect on the physicochemical properties of the soil, with implications for long-term site productivity. Therefore, it is important to review ecological practices of afforestation in order to minimize the negative effects, such as those obtained in this research.

Keywords: Pastures, pine plantations, soil properties.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En Sudamérica durante el último siglo se ha venido reemplazando plantaciones nativas por plantaciones extensivas de especies exóticas, como el pino (Sedjo 1999, Granda 2006). Sin dar importancia si estas plantaciones tuvieron un interés ecológico, estético o maderero.

El *Pinus radiata* es originaria de un paisaje totalmente distinto al que encontramos en el ande peruano, siendo una especie exótica. Por otro lado, la introducción a regiones lejanas de su hábitad natural, va acompañada habitualmente por problemas de carácter ecológico (Brandbyge 1991). Los impactos negativos más importantes de las plantaciones de pino posiblemente se relacionan con el suelo. Además, de las alteraciones de micro climáticas y edáficas provocan a su vez, cambios importantes en la estructura del suelo y la diversidad de la vegetación natural.

La primera introducción del *Pinus radiata* en el Perú fue en 1940 en la cuenca del río Chicama, departamento La Libertad, un proyecto de “crédito supervisado” financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), dirigido a cooperativas agropecuarias de la sierra, cuyo objetivo era otorgar crédito a 20 años con tasas de interés del 2%. A raíz de esto, el pino en sus diferentes especies se ha venido sembrando cíclicamente en zonas de la sierra

peruana, como una alternativa inicial de manejo de cabeceras de las cuencas impulsado por el PRONAMACHCS.

Esta creciente extensión de las plantaciones de pino en nuestro país, está causando una polémica creciente de forma empírica, sobre los efectos fisicoquímicos, biológicos del suelo causado por las plantaciones de pino. Sin embargo, escasos son los estudios que existen para precisar el efecto real de las plantaciones, sobre los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo.

Así mismo, las plantaciones de pino ocasionan un impacto ambiental manifestado en la pérdida de la biodiversidad, empobrecimiento de las condiciones físico-químicas y la humedad del suelo a comparación de las especies nativas que mantienen en mejores condiciones las características físico-químicas el suelo (Toro & Gessel 1999). Además, la falta de educación ambiental por parte de los pobladores, dueño de las parcelas y la despreocupación por parte de las autoridades, está dando paso al impacto ambiental en los lugares sembrados por pino.

La limitada investigación a nivel nacional y local de los efectos de la plantación forestal de pino sobre el recurso suelo, es un problema, es decir no se sabe a ciencia cierta en cuanto está afectando al suelo, pero por razones científicas se sabe que cualquier tipo de vegetación produce consecuencias en el suelo.

Por otro lado, Según Farley & Kelly (2003) el establecimiento de estas plantaciones forestales en áreas de páramo degradado, con suelos en procesos de erosión activos y muy compactados, pudiera ofrecer efectos positivos sobre la cantidad de agua y carbono en el suelo, mejorándose la capacidad de retención de agua por lo que sugiere que estas actividades pudieran ser una alternativa como estrategia de rehabilitación de áreas muy

degradadas. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, determinar los efectos de las plantaciones de Pino sobre las propiedades del suelo, de tal manera que pueda consensarse con evidencias científicas sobre los efectos en el suelo y no solo empírica (Porté et al. 2004).

1.2. Justificación

Una de las amenazas más importantes que enfrentan las zonas altoandinas es la forestación con especies introducidas. En nuestro país, la introducción de varias especies exóticas de pino, eucalipto y otras especies de árboles, en la región andina comenzó alrededor de los años 40 Impulsados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), como objetivos principales fijación de dióxido de carbono atmosférico para la prevención del calentamiento global, conservación, protección de los suelos erosionados, cuencas hidrográficas y la mitigación frente a los problemas de deforestación, así como simplemente la producción de “bienes y servicios” y otros que contribuyen a dichos objetivos. Sin embargo, no se consideró desde una perspectiva integral. Es decir, solo nos interesa plantar árboles, para mitigar dichos problemas más no qué árbol plantar o sobre que suelo plantar. Estas prácticas forestales pudieran haber ocasionado problemas ambientales, como la pérdida de muchas especies vegetales nativas, sequedad de los suelos, así como problemas socioeconómicos debido a la falta de preparación de la población campesina en el aprovechamiento de estas nuevas especies (Velázquez 2004).

La forestación con pino es una de las amenazas más importantes que enfrentan los páramos andinos. Los impactos negativos de estas plantaciones se relacionan con el suelo, la hidrología y la diversidad de la vegetación nativa. Entre los efectos, se ha reportado estudios en Ecuador y Colombia generados por estas plantaciones en la diversidad nativa, la acidificación y pérdida de materia orgánica y una disminución de la producción de agua y

deseccación de los suelos (Farley & Kelly 2003). Sin embargo, en el Perú, los estudios son escasos sobre esta temática.

1.3. Presuposición filosófica

Dios nos brindó el suelo para la existencia del ser humano; fuente de alimento, sustento, actividades de recreación entre otros, con el fin de sobrevivir y satisfacer nuestras necesidades básicas “Y Dios dijo: “fructificad y multiplicaos; llenad la tierra y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra.” (Génesis 1:28). Por tanto, tenemos la responsabilidad de administrar la tierra, protegiendo todas las cosas que nos dio Dios. Sin embargo, las actividades realizadas por el hombre han alterado las características de este importante recurso. Una forma de administrar la creación de Dios es investigando los impactos que ocasionamos al realizar cambios en el uso del suelo, pues es un recurso fundamental para el funcionamiento de todo el ecosistema.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la plantación forestal de pino (*Pinus radiata*) sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad de Huerta Huaraya – Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto sobre el parámetro físico (densidad aparente).
- Determinar los efectos sobre parámetros químicos (N, P, K, pH y materia orgánica).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Al reemplazar la pastura natural por plantaciones de *Pinus radiata*, se cambia la variedad y composición del suelo. En Chile se observó al sustituir las pasturas por plantaciones de pino comprendidas entre 21 y 27 años, formaba una capa de hojarasca y estructura densa, el cual se relaciona con bajos contenidos de calcio, nitrógeno y más rica en compuestos inhibidores como la resina, cera y lignina, siendo compuestos causantes de la acidificación del suelo mineral. Además, menciona las plantaciones de pino tiene la capacidad de neutralizar, rehabilitar suelos erosionados, si el suelo cuenta con altas reservas en bases y capacidad de intercambio iónico, subsiguientemente mejorando la fertilidad del suelo a mediano y largo plazo. (Schelatter & Otero, 1995). Al respecto Cortina & Vallejo (1993) ha determinado, en plantaciones de *Pinus radiata* de 0 a 29 años, la fertilidad del suelo a una profundidad comprendida entre 0-5 cm y 15-30 cm. Los resultados, mostraron una disminución de los niveles de materia orgánica y pH, en relación a otras especies de crecimiento rápido como el cultivo agrícola y cultivo herbáceo.

Los impactos de la forestación del *Pinus caribaea* sobre las propiedades del suelo a una profundidad de 90 cm en comparación con los pasturas de la sabana tropical. Se ven

afectados los valores de densidad aparente, carbono orgánico, N total, P disponible, Ca y Mg estadísticamente muestra diferencias significativas en la parte superior del suelo (10 cm). Por tanto concluyen que se tiene impactos significativos en la capa superior del suelo, según la investigación realizada por Kadeba & Aduayi (1985).

Chirino et al. (2016), realizaron un estudio para analizar el efecto del *Pinus radiata*, *Cupressus macrocarpa*, *Eucalyptus nitens* sobre el pH y fósforo del suelo a una profundidad de 0 a 5 cm, desde el año de 1999 a 2009 de haber plantado, observando éstos cultivos disminuyó significativamente en el fósforo orgánico y acidificó más el suelo para el *P. radiata* y *E. nitens* en las siguientes proporciones: pino de 4.9 a 4.5, para el eucalipto de 5.0 a 4.8 y ciprés 5.1 a 5.3. Llegaron a la conclusión que el pH y el fósforo disminuyen de acuerdo a micorriza de las plantaciones.

Leon-Gamboa et al. (2010), realizó un estudio de los efectos del pino sobre la antropofauna del suelo de un bosque alto andino, el cual, consistió en la comparación de suelos con bosques nativos y plantaciones de pino, todos ellos a una profundidad de 0-15 cm. Después de realizar los análisis concluyeron que hay una disminución de niveles de nitrógeno, fósforo, materia orgánica, calcio, magnesio, zinc, cobre en las siguientes proporciones con respecto a los bosques nativos N 1.12%, P 0.02%, MO 10.36%, Ca 0.34%, Mg 0.06%, Zn 18.55 ppm y Cu 3.84 ppm. Sin embargo, con respecto al potasio se tiene un incremento ligero para la plantación de pino en 0.01 % y la densidad aparente es superior en 0.07 g/ml. Confirmando de esa manera que las plantaciones con pino sobre el suelo generan impactos negativos en algunas propiedades edáficas de los suelos.

El trabajo se realizó en plantaciones de pino y eucalipto en Lindsale, concluyeron la densidad aparente a una profundidad de 0-75 cm y 30-37.5 cm respecto al eucalipto fueron mayores que el pino como especie introducida en 0.13 gr/cc y 0.07 gr/cc; la materia orgánica

fueron mayores en el pino (4.52%, 1.43%), y menor para el eucalipto (3.87 %, 0.74 %), el fósforo muestra un nivel inferior de 70 ppm con respecto al eucalipto y un nivel mayor para el pino con 105 ppm. El segundo lugar donde se realizan fue en Nundle a una profundidad de 0-5 cm y 5-10 cm, llegaron a la conclusión que los valores de pH, fósforo son inferiores para el eucalipto. Se demuestra que el eucalipto tiene mayor impacto negativo sobre el suelo a pesar de ser una especie nativa, en relación al pino, de los cuales se afirma que las especies tiene un potencial alto de disminuir la calidad de un suelo. (Turner y Lambert, 1988)

Frank & Finckh (1997), efectuó la siguiente investigación sobre los efectos del pino Oregón en las propiedades químicas del suelo. Según los resultados mostraron suelos bajos en bases, cationes básicos y el fósforo disponible en los horizontes superiores a comparación de los suelos bajo bosque nativo. Siendo no sustentable desde el punto de vista ecológico.

Se cultivaron en macetas pequeñas *Pinus radiata* y suelo de pasturas recolectándose de siete lugares de zona montañosa de New Zelanda. Después de un año, se analizaron las propiedades químicas del suelo encontrándose diferencias entre el pino y los pastizales. El pH promedio del suelo en plantaciones de pino, fue menor en 0.3 unidades a comparación del pino. Los niveles de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo fueron 15- 19 % más bajo para el pino, mientras que el fósforo total fue 7 % más bajo que en los pastizales. Mientras el nitrógeno mineralizables fue mayor para el pino en 200 % más alto. Concluyeron que las diferencias en las concentraciones de C, N y P en el suelo indican mayor mineralización de la materia orgánica del suelo en presencia de pino radiata que en presencia de pastizales (Davis, 1995).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Estudios comparativos al respecto son escasos en Perú. En los alrededores de la ciudad

de Chamisería Junín, se investigó las diferencias entre las pasturas y las plantaciones de pino y eucalipto a profundidades de 15-25 cm, los resultados muestran la densidad aparente en pasturas fue de 1.60gr/cm³ y para las plantaciones de eucalipto y pino 1.43 y 1.45gr/cm³, en cuanto a la materia orgánica el valor fue menor para el eucalipto y pino 4.02 % y 4.28 % mientras para la pastura de 4.9 %, el fósforo muestra valores mayores para el eucalipto y pino con 10.78 y 24.48 ppm y para la pastura 2.38, si bien investigaciones indica la disponibilidad del fósforo debería disminuir a medida que reduce el pH, según Barahona (2012) debe considerarse los coloides y minerales presentes en el suelo, actividad microbiana, ácidos orgánicos y demanda de nutrientes, en cuanto al potasio, las plantaciones de eucalipto y pino muestran valores de 175 y 155 kg/ha y la pastura de 180 kg/ha. Los valores de pH para el eucalipto y pino fueron inferior con valores de 4.705 y 4.880 y para las pasturas de 5.149. Estos resultados muestran que ambas plantaciones influyen significativamente en las propiedades del suelo.

El trabajo se realizó en una plantación de *Pinus patula* de 7 y 15 años, y en un lugar adyacentes sin plantaciones de pino, con el fin de evaluar el efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características físicoquímico de los suelos en tres pisos altitudinales. Para este objetivo se midieron la variación temporal y espacial del pH, potasio, fósforo y materia orgánica. Los resultados obtenidos fueron para las plantaciones con *Pinus patula* respecto a otro lugar sin plantaciones de *Pinus patula* con un pH de 4,5, y 4,83 respectivamente, afirmando que los valores más elevados se da conforme aumenta la altitud y la profundidad, en cuanto al potasio en plantaciones de pino y sin pino es de 109,50 ppm y 135,73 respectivamente, incrementándose también con la altitud y la profundidad es menor. El fósforo para ambos la variación es mínima siendo de 6,83 y 6,81 ppm y en la

materia orgánica para las plantaciones de pino con un valor de 5,54 % y sin pino con 3,93 %, incrementándose también a mayores altitudes y menores profundidades. (Oliva, et al. 2015).

Calla (2017), Realizó una investigación en la comunidad de Kocan-Juliaca sobre una plantación de eucalipto, y en lugar contiguo con pasturas, el propósito de su investigación fue de determinar los impactos negativos de la forestación de eucalipto sobre las propiedades del suelo. Los resultados mostraron una disminución para las siguientes propiedades del suelo; pH en 0.56, materia orgánica en 0.21 %, nitrógeno en 0.05 %, potasio 5.6 ppm e incrementándose la densidad aparente en 0.23 gr/cc. De ello llego a la conclusión que la plantación exótica de eucalipto impacta negativamente sobre las propiedades del suelo.

De acuerdo, a los antecedentes estudiados en el Perú, por ende en la región de Puno no se realizaron estudios de investigación con referente al impacto causado por el *Pinus radiata*, es por cual el interés de la realización de la presente investigación.

Revisión de literatura

2.2. Origen.

El *Pinus radiata* es una conífera originario de la comarca californiana de Monterrey, de la costa Pacífica de Norteamérica (Estados Unidos), y Europa occidental ubicándose a lo largo de las latitudes medias del supercontinente Laurasia, actualmente se admite el nombre científico *Pinus radiata*, conocido con otras denominaciones como *Pinus californiana* o *Pinus insignis* (USDA, 2000). La especie de pino se encuentra naturalmente en pequeña extensión en el litoral e islas de California debido al franco retroceso que se tiene en dicho lugar por la especie, sin embargo ha sucedido todo lo contrario en el Hemisferio Sur, extendiéndose artificialmente por todo el mundo mediante la reforestación, sobre todo en

Nueva Zelanda contando con una extensión de 1250000 ha, en Chile 1400000 ha, en Australia 750000 ha, y en Sudáfrica 300000 ha, convirtiéndose en la principal conífera productora de madera (Eldridge, 1997).

2.3. Taxonomía.

Limache (1985) taxonómicamente describe de la siguiente manera:

Tabla 1.

Taxonomía del Pinus radiata

Reino	Plantae
Clase	<i>Coníferas</i>
Orden	<i>Pinales</i>
Familia	<i>Pinaceae</i>
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Raidata</i>
Piñaza o Piñaza lucki	<i>Solanum juzepczukii</i>
Lock'a	<i>Solanum juzepczukii</i>

Fuente: Limache (1985)

2.4. Morfología.

El *Pinus radiata* es fácilmente reconocible en estado adulto por ser una especie de copa amplia – densa y redondeada. La madera del pino tiene cualidades técnicas que hacen muy demandada en la industria de la celulosa, muebles y construcción, donde se utiliza en la fabricación de papeles finos, muebles para hogares, oficinas, tablas y otros.

Estos árboles pueden alcanzar de 15-50 metros de altura, raramente 60 metros, el fenotipo de su tronco es recto, agrietado y arrugado con corteza pardo rojiza gruesa, las hojas son de color verde vino, aquilladas con dos canales resiníferos, miden 10-15 cm. de largo, reunidas en fascículos de 3 a 5 hojas que nacen de las pequeñas ramitas denominadas braquiblastos. Sus semillas son de color negro, encontrándose bien conservado en las piñas de 7 – 14 x 5 – 8 cm, aparecen en verticilos de 3 – 5 o apareadas, sus frutos presentan inflorescencias masculinas y femeninas, asimétricos, ovoides y castaños, el estróbilos masculino es

amentiformes, compuestas de numerosas hojas polínicas, mientras las femeninas posee 2 óvulos en cada hoja carpelar. Sus raíces presentan radicular bastante extenso, profundo si el suelo tiene características adecuadas para su desarrollo, en forma general se desarrolla muy bien en los primeros 50 cm de profundidad. (Zegarra, 2011; sierra et al. 1994).

2.5. Ecología.

El *Pinus radiata* en su lugar de origen se cultiva por debajo de los 800 msnm, en zonas de clima suave y húmedo, con exigencias a la humedad ambiental y escasas heladas. Es muy resistente a las sequías debido a que apenas percibe precipitaciones. Además, el pino no crece en suelos compactos, de poco fondo o mal drenados, la producción se da mejor en suelos fuertes y húmedos, los silíceos-arcillosos profundos son los mejores suelos que favorecen. (Asturnatura, 2005). Sin embargo, esta especie se ha adaptado muy bien en Sudamérica, es por ello que el Sistema Gestión Forestal de Chile (2012), realizó los siguientes requerimientos para el *Pinus radiata*; precipitación anual igual o superior a 380 mm, temperatura media anual entre 10 a 18 °C, humedad relativa igual o superior a 40 %, textura del suelo muy liviana a pesada y puede llegar a crecer hasta los 3000 msnm. Además, la Universidad Técnica del Norte Ecuador (2010) menciona que la temperatura óptima para sus raíces es de 15 °C siendo cinco grados menos de su requerimiento, con esto contrarrestar la poca resistencia a las heladas en mucho países del sur de Europa.

2.6. Suelos forestales.

La cubierta forestal y su capa superficial generalmente proporcionan microclima y una variedad de microorganismos diferentes a los suelos con plantaciones de cultivos agrícolas, frutícola entre otros. Incluso el ciclo y la dinámica de los nutrientes son diferente en suelos forestales a comparación de suelos agrícolas o pasturas, debido a la diferencia en la formación de ácidos orgánicos, su descomposición y la lixiviación de las bases, en los suelos

forestales. Es así que, el suelo forestal es ancho de color oscuro, con mayor contenido de bases y materia orgánica (Pritchett, 1986).

2.7. Pasturas.

Comprenden una asociación de especies vegetales herbáceas que incluyen: gramíneas, pseudopastos, ciperáceas, asteráceas y rosáceas su variación se basa fundamentalmente en su composición de humedad del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica (Tapia & Flores, 1984). En la región del Altiplano, es un término aplicado a tierras de pastoreo exclusivamente, con vegetación natural de baja productividad, así mismo, en esta región los cultivos agrícolas no existen o son muy escasos cubierta con un área menor al 10% del territorio total y su capacidad de carga animal está muy relacionada con los factores de humedad, materia orgánica y desarrollo del suelo.

A. Tipos de vegetación de pasturas

La vegetación de la región Suni tiene las siguientes características:

A.1. Pajonales

Es el tipo de vegetación que ocupa mayor extensión en la zona de alto andina, están constituidas en su mayoría por las gramíneas altas, ciperáceas y juncáceas como: *Festuca dolichophylla*, *Festuca ortophylla*, *Stipa ichu*, *Calamagrostis antoniana* y *Calamagrostis* rígida y otras son plantas de pequeño tamaño como *Muhlenbergia peruviana* y *Aciachne pulvinata*.

A.2. Césped de Puna

Se encuentra conformado por plantas herbáceas pequeñas de porte almohadillado y arrosado, encontrándose en terrenos planos, con poca acumulación de agua, entre

ellas destacan *Aciachne pulvinata*, *Liabum ovatum*, *Werneria nubigena*, *Nototriche longirostris*, *Calamagrotis* (*Calamagrostis vicunarum*), *Geranium sessiliflorum*, *Scirpus rigido*, *Lachemilla pinnata*, y *Azorella dispensoides*. (Alejo, et al. 2014).

A.3. Bofedales

Llamados también oqonales término usado por la población de habla quechua, son una comunidad de plantas que se encuentran en ambientes donde hay afloramiento de agua, de carácter permanente o temporal, y constituyen fuentes de forraje durante los periodos de sequía. Predominan las pseudogramíneas, como *Distichia muscoides*, hierbas como *Lachemilla Diplophylla*, *Lachemilla pinnata*, *taraxacoides*, *Plantago rigida* y *Hypsella reniformis*.

A.4. Tólares

Son pasturas dominadas por especies arbustivas leñosas, propias de ambientes secos como la tola, que en estado tierno puede ser consumida por el ganado. Asociadas a ellas podemos encontrar especies como: *Baccharismicrophylla*, *Azorella diapensoides*, *Pycnophyllum*, *Parásthrephia*, *Pycnophyllum molle*, la rosácea *Margiricarpus strictus* y también gramíneas como chilligua (*Festuca dolichophylla*, *Festuca orthophylla* y *Calamagrostis*) Tapia & Flores (1984).

2.8. Suelos de pasturas naturales.

El tipo de suelo se encuentra fuertemente relacionado con el pH, macro y micronutrientes, siendo así en el norte del altiplano encontramos a la especie *Margiricarpus sp.* Como indicador de suelos alcalinos, es así que las pasturas son de tallo alto y de buen forraje en la parte planicies. Mientras, en zonas altas se nota vegetación pobre, enralecida y almohadillada con presencia de *Opuntia floccosa o waracco*. En los cerros se encuentra especies como la

Stipa obtusa, en las pampas es dominada por la especie *Festuca dolichophylla*. En las zonas planas encontramos la *Calamagrostis antoniana* como también la gramínea como *iru ichu* encontrándose en suelos arenosa principalmente en la rivera de los ríos.

2.9. Propiedades físico químicos del suelo.

2.9.1. Densidad aparente.

La densidad aparente, refleja el peso al vacío de un volumen dado del suelo no perturbado considerando el peso de un volumen igual de agua, es decir, se considera el volumen de las partículas sólidas y los poros, siendo indicador de manera indirecta de la estructura del suelo, la compactación, incremento de la densidad aparente transfiriendo mayor conductividad térmica y las restricciones del crecimiento de las raíces. De forma directa, tiene relación con la infiltración del suelo en consecuencia con la erosión del mismo. (Miralles, 2006). Por otro lado, la densidad de las partículas de la mayor parte de los suelos minerales varía entre 1 g/cm³ (suelos bien estructurados) y 1.8 g/cm³ (suelos compactos) y este se incrementa con la profundidad, además, la densidad aparente de los suelos forestales varía desde 0.2 en algunas capas orgánicas hasta casi 1.9 en las arenas gruesas. Generalmente, los suelos que tienen alto contenido de materia orgánica tienen menores densidades aparentes que los suelos bajos en este componente. Los suelos que son sueltos y porosos tienen bajos pesos por unidad de volumen, en tanto que aquellos que son compactados tienen valores altos (Pritchett, 1986).

2.9.2. pH del suelo.

Es la medida de la concentración de acidez o alcalinidad, una propiedad importante de la calidad del suelo, debido a que se encuentra correlacionado con otras propiedades del suelo, además los valores del pH varía según las sales de Ca y Na, o a iones H⁺ y Al³⁺, es decir, si el valor del pH es menor a 5 los macro y micro nutrientes como el nitrógeno, potasio, calcio,

magnesio y boro son deficientes, mientras si los valores son mayores a 6, se origina problemas de disponibilidad de fósforo, hierro, zinc, manganeso y cobre (Abad, 1993, Smith & Doran, 1996). Por otro lado, existen otros factores que influyen en el pH tales como, las prácticas de cultivo, estación del año, horizonte del suelo, uso de fertilizantes, materia orgánica, actividad biológica, técnica de muestres entre otros. Así mismo, la regulación del pH se da principalmente por la cal y yeso debido a que el yeso permite acidificar y la cal incrementa la alcalinidad. (Céspedes, 2012).

2.9.3. Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los nutrientes de la planta que más investigación ha generado, no solo por ser un constituyente esencial para la productividad de los cultivos, sino también por el fuerte impacto que genera en los organismos animales, vegetales, la salud humana en forma general al ecosistema. (Bell et al., 2004) Su presencia en el suelo es consecuencia, en su mayor parte, de la descomposición de los materiales orgánicos, esencialmente se considera que el 99% del nitrógeno total estuvo en forma orgánica. Se ha demostrado que existen formas de incorporarse N al suelo mediante la mineralización, composición de las sustancias orgánicas, acción de algunos microorganismos y finalmente en menor proporción por medio de las lluvias. En los suelos minerales se lo encuentran en cantidades relativamente pequeñas, si bien llega a sobrepasar el 0.05% solo en las capas superficiales (Barreira, 1978 & Fox, et al 2009).

2.9.4. Fósforo

Es considerado uno de los macronutrientes más importantes, para el crecimiento y desarrollo de los vegetales, las deficiencias se relacionan con su rol de transferencia y almacenaje de energía dentro de la planta, por ello las plantas forrajeras necesitan una cantidad adecuada de fósforo durante las primeras fases de crecimiento y durante la

formación de las semillas. La mayor parte del fósforo absorbido del suelo se encuentra en los tejidos jóvenes, viejos y en las reservas de pectina de la semilla, que proporciona ese elemento durante su germinación. El fósforo es un elemento móvil en el suelo, es absorbida por la planta desde sus primeras fases de desarrollo (Rodríguez et al., 2000).

2.9.5. Potasio

Es un nutriente esencial para las plantas, Interviene en el equilibrio hídrico, celular, absorción y reducción de nitratos, es decir, es muy importante para las épocas de sequía, porque evita la pérdida de agua. Favorece la resistencia de enfermedades, al frío y a la salinidad y disminuye la transpiración. Participa en la síntesis de proteína y en la síntesis de glúcidos azúcares y almidones (Calla, 2012).

2.9.6. Materia orgánica

Se encuentra compuesta por humus, hojas secas, tallos rotos, microorganismos, tejidos muertos, etc. El proceso de descomposición de la materia orgánica se da primeramente en el horizonte O del suelo, seguidamente los microorganismos empiezan la descomposición liberando CO₂ hacia la atmósfera. Su importancia se basa principalmente en la protección de la erosión, mejora la productividad de los cultivos, incrementa la temperatura edáfica, ocasionalmente adelanta la germinación de las semillas. (Almorox et al., 2010).

2.10. Interpretación de análisis de suelos.

Tabla 2.

Interpretación de la densidad aparente

Densidad aparente (g/cm ³)	Clasificación por compactación
> 1.3	Suelo compactos
1.3	Suelos medios
< 1.3	Suelos sueltos

Fuente: Lipiec y Hatano (2003)

Tabla 3.

Interpretación de pH

pH	Interpretación
< 5.1	Extremadamente ácido
5.2-6.0	Moderadamente ácido
6.1-6.5	Levemente ácido
6.6-7.3	Neutro
7.4-8.4	Moderadamente alcalino
> 8.5	Extremadamente alcalino

Fuente: Horneck et al (2011)

Tabla 4.

Interpretación de nitrógeno, potasio, fósforo y materia orgánica.

Variable	Unidad	Clasificación		
		Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno total	%	< 2	2-4	>4
Potasio disponible	ppm	< 0.1	0.1-0.2	>0.2
Fósforo disponible	ppm	< 7	7-14	>14
Materia orgánica	%	< 100	100-240	>240

Fuente: Estrada et al (1986)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La zona de estudio comprende un área de 2 has; de las cuales 1 ha son plantaciones de *Pinus radiata* de alrededor de 18 años y 1 ha de pasturas adyacentes a las plantaciones. Políticamente la zona de estudio se encuentra dentro de la jurisdicción de la comunidad campesina de Huerta Huaraya, a 5 km aproximadamente del centro de la ciudad de Puno, provincia de Puno, región de Puno. Geográficamente se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 5.
Coordenadas UTM de la zona de estudio

Vértices coordenada UTM (WGS84)			
	Este	Norte	HUSO
Pino 1	389148.00	8253631.00	
Pino 2	389087.00	8253626.00	
Pino 3	389097.00	8253597.00	
Pino 4	389045.00	8253561.00	
Pino 5	389087.00	8253550.00	
Pastura 1	389035.00	8253185.00	19 L
Pastura 2	388998.00	8253173.00	
Pastura 3	389015.00	8253150.00	
Pastura 4	389007.00	8253119.00	
Pastura 5	389051.00	8253128.00	

Fuente: Elaboración propia

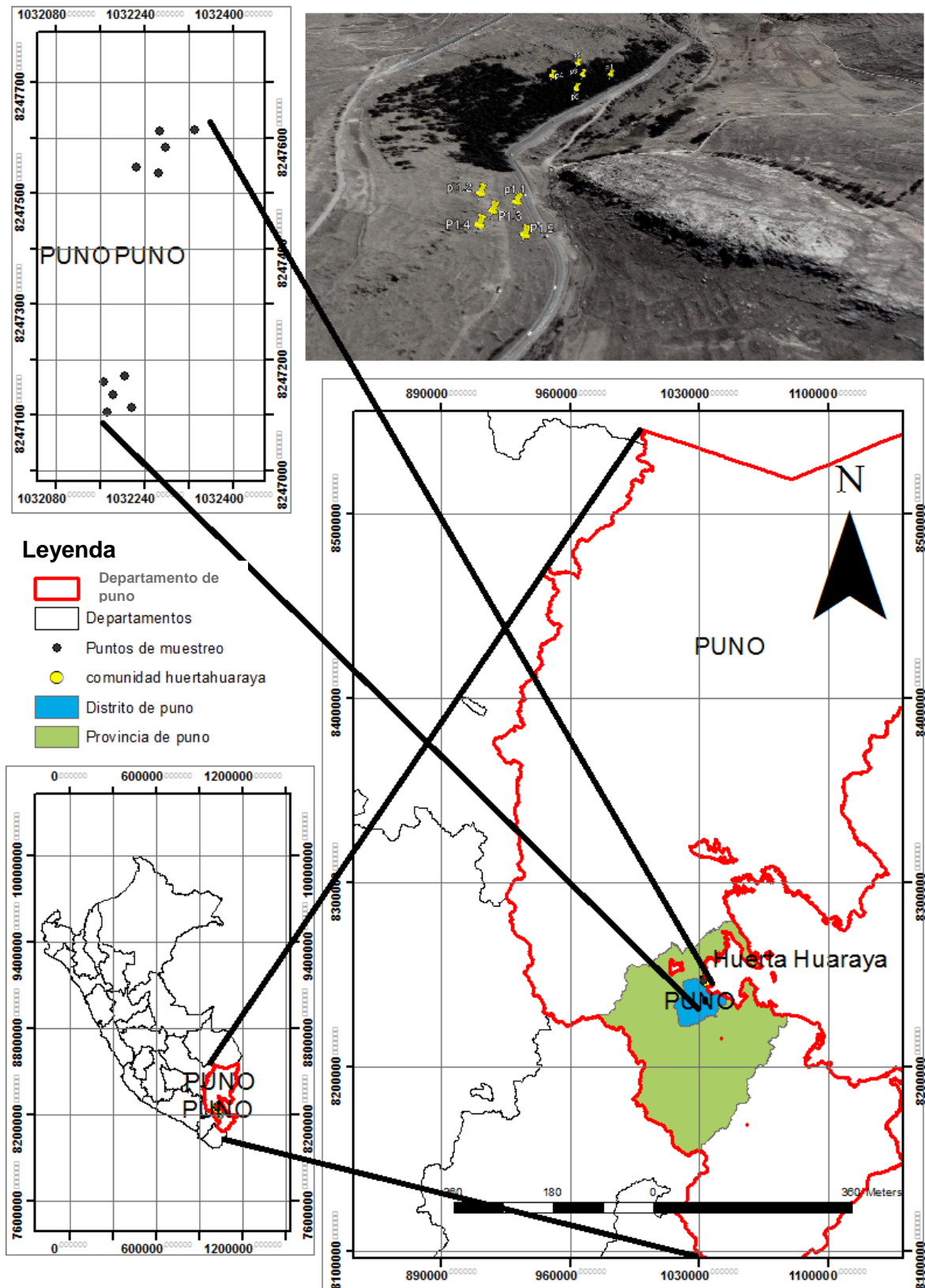


Figura 1. Mapa de Ubicación política.

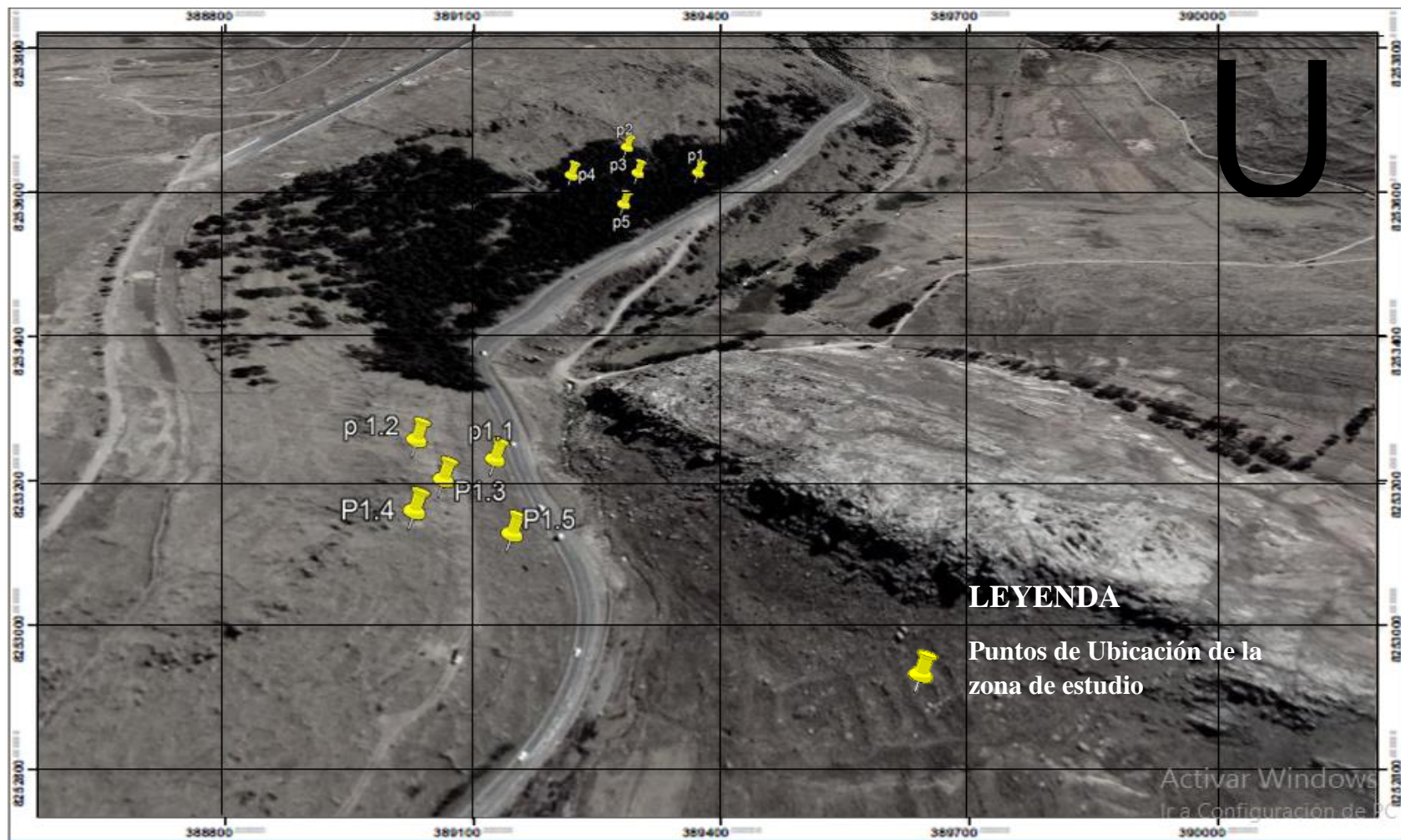


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo.

3.3. Clima

El área de estudio pertenece a la zona Suni, su altitud varía desde los 3830 a los 4000 m.s.n.m. entre los lados occidentales y oriental de ambas cordilleras, representa una topografía relativamente plana o medianamente accidentada; la temperatura promedio anual oscila entre -1°C y 16°C , con una precipitación pluvial total promedio anual de 600 a 850 mm. Y un periodo libre de heladas de 50 a 150 días. Se considera como una zona de mayor prosperidad para la ganadería, destacando las especies: vacunos, ovinos y camélidos.

3.4. Suelo y geología

Los suelos de la zona de estudio de acuerdo a su origen y fisiografía pertenecen a suelos coluvio – aluviales (CUM, 2014). La geología pertenece a la era cenozoico y al sistema Paleógeno, época paleoceno continental, instructivo monzograníticos denominados como Pórfido Labra (GOREP, 2015).

3.5. Clasificación por capacidad de Uso Mayor de las Tierras.

Los suelos de acuerdo a su capacidad de uso mayor de tierras pertenecen al grupo P o Tierras aptas para pastos de calidad agrológica media (ZEE, 2015).

3.6. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó es de enfoque cuantitativo porque los datos fueron producto del análisis fisicoquímico del suelo y sometidos estadísticamente. El tipo de investigación es de carácter descriptivo- explicativo ya que se cuantificó las propiedades del suelo y se investigó los fenómenos presentados.

3.7. Diseño de la investigación

El diseño es cuantitativo no experimental, porque no se manipuló ninguna de las variables, simplemente se compararon las propiedades del suelo bajo las plantaciones de pino

y pasturas, tal como se dan en su contexto natural. El tipo de diseño utilizado fue la investigación transversal porque los datos fueron tomados en un solo momento en cada tipo de Plantación.

3.8. Materiales y equipos

En la Tabla 4 se describe los materiales de laboratorio, equipos, escritorio y Instrumentos usados para la ejecución de la investigación.

Tabla 6.

Materiales y equipos

Equipos	Instrumentos	Materiales
GPS	Pala y pino	Cuaderno de apuntes
Estufa eléctrica	Flexómetro	Bolsas Ziploc
Balanza analítica	Vasos precipitados	Etiquetas
Computadora	Espátula	Útiles de escritorio
Cámara fotográfica		Libros
		Cooler
		Equipos de protección personal (guantes, Zapatos de seguridad)

Fuente: Elaboración propia

3.9. Metodología

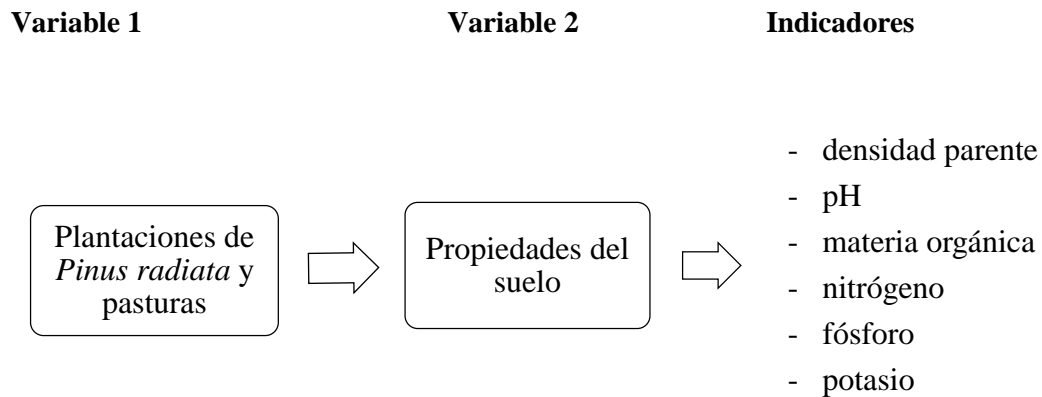
3.9.1. Población

La población está compuesta por 2 has que comprende el área de investigación; el mismo está compuesto por sub poblaciones de: 1 ha de plantación de pino y 1 ha bajo la vegetación natural de pasturas, ambos ubicados en la comunidad de Huerta-Huaraya.

3.9.2. Muestra

Se determinó 2 unidades experimentales cada uno de 1 ha., para cada tipo de uso de suelos de la misma dimensión, los cuales a su vez se subdividen en 5 parcelas iguales que serán considerados cada uno como repeticiones sumando un total 10 repeticiones, cinco en cada tipo de uso de suelo.

2.1.1. Variables



3.9.3. Procedimiento

3.9.3.1. Fase de gabinete

Se revisó antecedentes de investigación, estudio de edafología e información referentes a plantaciones forestales. Además, se realizó el reconocimiento in situ del lugar apoyado en imágenes del Google Earth Pro 7.3.2.5491, y el uso de GPS Garmin Etrex , para identificar el lugar potencial a ejecutar el proyecto de investigación. Usando la información anterior se realizará el mapeo de ubicación de los dos tipos de uso de suelo tales como: área de las plantaciones de pino y el área de pasturas, mediante el uso de Softwares Arcgis 10.2.

3.9.3.2. Fase de campo

- Se recorrió a pie y se eligió una hectárea de pasturas, adyacente a las plantaciones de pino, el cual debe contar con las mismas dimensiones, la misma edad, la misma especie, el mismo manejo, características topográficas y posición fisiográfica de tal manera estos factores no sean factores de variación en la investigación (Ravina, 2012 & Mensah, 2016) se eligió, la comunidad de Huerta Huaraya, la distancia de separación de los dos sistemas de uso de suelo debe ser 50 m, seguidamente se geo referenció los dos sistemas seleccionados (Mucina & Rutherford, 2006; Vukeya &

Sheunesu, 2018). Por lo tanto, se considerará al rodal de pino como unidad experimental y el área de pasturas como control.

- Se elaboró el mapa base, para identificar la unidad experimental que se dividirá en cinco subunidades, considerando su distribución uniforme en toda el área de estudio. (Mensah, 2016)
- En cuanto a las distancias entre ambos tratamientos, debe ser de 50 m, de tal manera que no tuviera influencia el uno al otro (Parfitt, et al, 1997; Mucina & Rutherford, 2006).
- Las calicatas se ubicó al azar y se tomó las coordenadas con GPS Garmin Etrex, luego se numeraron y demarcaron. El cual sirvió como punto de referencia al momento de extraer las muestras de suelo.
- En general, la extracción de muestras de suelo se realizó mediante las calicatas los cuales tienen las siguientes dimensiones de 0.4 m. de ancho por 0.4 m de largo y 0.15 m de profundidad. (Downard 1988; Nowak et al. 1991; Barahona, 2012; Broquen, 2009)
- En cuanto a la profundidad se considera una profundidad de 15 cm, debido a que los mayores efectos se observan a esta profundidad (Downard 1988; Nowak et al. 1991).
- Se extrajo 1 kilogramo de muestras de suelo de las calicatas y se colocaron en bolsas de ziploc rotuladas.
- Finalmente, las muestras fueron enviados al Laboratorio de análisis de suelos plantas, aguas y fertilizantes, Facultad de Agronomía de La Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.9.4. Determinación de parámetros fisicoquímicos.

3.9.4.1. Densidad Aparente

Se determinará por medio del método del cilindro de volumen, consiste en la relación entre el peso seco y el volumen total, incluyendo los espacios porosos. Es decir, la masa del suelo después de secar el suelo en estufa a 110 °C durante 24 hr. $D=m/v$ (Flores, 2010).

3.9.4.2. pH

El pH del suelo se determinó en suspensión de suelo: agua des ionizada en relación 1: 1, utilizando el método del potenciómetro, el cual radica en el empleo del potenciómetro, y por excelencia el electrodo de comparación y el electrodo de medida se encuentran separados, sin embargo una vez juntos forman una cadena bipolar. Por el cual, entre el electrodo y la solución del suelo se establece una diferencia potencial, de ello se registra con un galvanómetro y es transformada a la escala de pH. (Önorm L 1083, 2006).

3.9.4.3. Materia orgánica

Para determinar el contenido de materia orgánica del suelo se utilizó el método de Walkley y Black, el cual radica en la ignición de la materia orgánica con dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Después de la reacción por 30 min, el dicromato residual se titula con una solución de sulfato ferroso, hasta alcanzar el cambio brusco a verde brillante. (Nelson & Sommers, 1982)

3.9.4.4. Nitrógeno total

Será determinado por el método de Kjeldahl según lo proporcionado por Bashour y Sayegh (2007) el cual consiste en que una sustancia orgánica tratada con ácido sulfúrico hierve de ahí se produce un derrumbamiento molecular por oxidación de la materia orgánica

formándose H_2O , CO_2 , el N se transforma en NH_3 , que con el H_2SO_4 forma $(NH_4)_2SO_4$. (Bremner & Mulvaney, 1982)

3.9.4.5. Fósforo

Para determinar el fósforo disponible por el método de Olsen, se pesa el suelo añadiendo con una solución de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) a un pH de 8.5. Después se toma la alícuota agregando sulfomolibdica, se deja en reposo para tomar la lectura con un espectrofómeto. Este método es recomendado para suelos que contienen fosfatos de calcio, de tal manera que la concentración de calcio de la solución se reduce al precipitarse como $CaCO_3$. Consiguientemente la concentración de fósforo en la solución puede incrementarse. Así mismo, se utiliza también para suelos ácidos debido a que el carbonato amortiguado reduce la solubilidad del aluminio y el fierro por lo que se incrementa la concentración del fósforo. (Rodríguez y Rodríguez, 2015).

3.9.4.6. Potasio

El potasio disponible se determinará método de acetato de amonio el cual consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, el ion amonio. El amonio se emplea como catión índice debido a su fácil determinación, poca presencia en el suelo y porque no precipita al entrar en contacto con el suelo. La concentración normal que se usa asegura una completa saturación de la superficie de intercambio, y como está amortiguada a pH 7.0, se logra mantener un cierto valor de pH (Yakabi, 2014).

3.10. Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó con SPSS versión 24, el método estadístico aplicado para realizar las comparaciones de medias entre ambos tipos de uso de suelos para cada variable a estudiar fue: “t” de student, con la finalidad de ver las diferencias significativas entre los

grupos evaluados. Se verificó la normalidad de los datos con Shapiro-Wilk y el análisis de varianza a un nivel de significancia del 0.05% (Bancroft, 1976).

$$T = \frac{(x_1 - x_2) - \mu_0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t_{(n)}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \dots\dots\dots \text{fórmula (1)}$$

Donde:

T = Distribución “t” de student

x_1 = Media de muestra 1

x_{21} = Media de muestra 2

S_p = Varianza combinada

μ_0 = Media de la población=0

n_1 = Total de muestra 1

n_2 = Total de muestra 2

S_1^2 = Varianza de muestra 1

S_2^2 = Varianza de muestra 2

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del análisis de suelos

Tabla 7.

Valores totales de las propiedades físicas y químicas del suelo en el área de estudio.

Número Muestra	pH	M.O.	P	K	N	D. A.
Claves	(1:1)	%	ppm	ppm	%	g/cm ³
Pino 01	5.52	6.11	10.9	126	0.27	1.42
Pino 02	5.64	4.33	4.7	182	0.15	1.53
Pino 03	5.56	4.55	32.6	194	0.12	1.37
Pino 04	5.35	4.41	5.1	91	0.14	1.35
Pino 05	5.30	5.98	4.6	132	0.19	1.30
Pastizal 01	4.59	9.65	100.2	141	0.43	1.18
Pastizal 02	6.02	9.19	3.2	168	0.42	1.17
Pastizal 03	5.77	6.03	2.0	365	0.25	1.28
Pastizal 04	5.10	11.03	2.0	180	0.31	1.01
Pastizal 05	5.43	6.90	12.2	206	0.29	1.23

Fuente: Cuadro de resultados del análisis de suelos: (Facultad de Agronomía-UNALM, 2018).

De acuerdo a la tabla 7, se puede observar los resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo con respecto al pino y los pastizales. Este primer resultado indica que requiere realizar un análisis descriptivo y análisis inferencial para demostrar los efectos de los rodales de pino.

4.2 Efectos sobre las propiedades

A) Densidad aparente

Supuestos

a. Normalidad

Tabla 8.

Normalidad para la densidad aparente.

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
Densidad aparente	pino	0.944	5	0.696
	pastura	0.910	5	0.469

Nota. Para un alfa 0.05, los datos se comportan normalmente, porque los p-valor son mayores que 0.05.

b. Igualdad de varianza

Tabla 9.

Igualdad de varianza para la densidad aparente.

Igualdad de varianza		
Variable	Prueba de Levene (F)	P- valor
Densidad aparente	0.004	0.951

Nota. Para un alfa 0.05, la varianza es igual porque el P-valor es mayor que 0.05.

Tabla 10.

Prueba de t student para la densidad aparente.

Variable	Prueba t		
	t	gl	P- valor
Densidad aparente	3.671	8	0.006

Nota. Existe diferencia significativa, porque el P-valor es menor que 0.05.

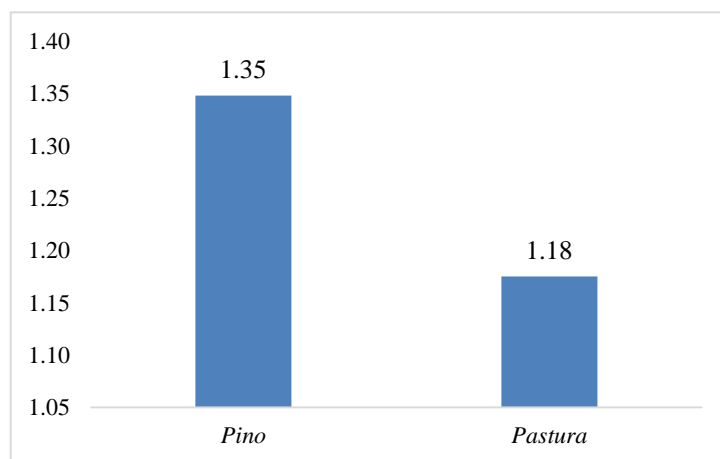


Figura 3. Media del contenido de la densidad aparente gr/cm³.

En la figura 3, muestra una densidad aparente de 1.394 g/cm³., superior en 0.22 g/cm³ con respecto a los suelos de pasturas (1.174 g/cm³), esta variación superior del suelo con pino representa un incremento de 18.71 % de compactación, siendo así suelo compacto o medio para el pino, y los suelos con pasturas para un suelo medio o suelto. Con respecto a la tabla 10 indica que existen diferencias significativas entre ambos tipos de estudios.

Por tanto, esta investigación coincide con los resultados obtenidos en suelos con plantaciones de pino realizada por Gamboa et al (2010) y Talha et al (1974) al comparar suelos con plantaciones de *Pinus patula*, y bosque alto andino, es decir la densidad aparente es mayor en suelos con pino respecto a suelos con plantaciones de bosque alto andino. Además, en su investigación por Talha et al. (1973) menciona que la compactación del suelo por el pino oscila entre el 10 al 20 %, siendo un promedio del 15%. Por otra parte, Bocai, (1999), Greacen, & Sands, (1980), llegaron a la conclusión que en su naturaleza la forestación de pino compacta particularmente por su peso, tamaño de la planta, la fuerza generadora por el viento y la duración del tiempo que permanece. También influye la práctica de manejo, como la industria forestal en su afán de cosechar aplican fuerza por las maquinarias cosechadoras o actividades de recreación. Como consecuencia de ello la estructura del suelo sufre daños manifestándose como compactación. Dicha fuente reduce

el crecimiento de los arboles actuales o cultivos. El aumento de la densidad aparente del suelo se asocia con una menor infiltración del suelo, un mayor escurrimiento de la superficie, con la consiguiente reducción de la humedad del suelo, lo que hace perjudicial para otras especies. (Sands et al, 1979).

A) pH

Supuestos

a. Normalidad

Tabla 11.

Normalidad para pH

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
pH	pino	0.925	5	0.565
	pastura	0.976	5	0.915

Nota. Para un alfa 0.05, los datos se comportan normalmente, porque los p-valor son mayores que 0.05.

b. Igualdad de varianza

Tabla 12.

Igualdad de varianza para pH.

Igualdad de varianza		
Variable	Prueba de Levene (F)	P- valor
pH	5.419	0.05

Nota. Para un alfa 0.05, la varianza es igual porque el P-valor es mayor que 0.05.

Tabla 13.

Prueba de t student para pH.

Prueba t			
Variable	t	gl	P- valor
pH	0.354	8	0.732

Nota. No existe diferencia significativa, porque el P-valor es menor que 0.05

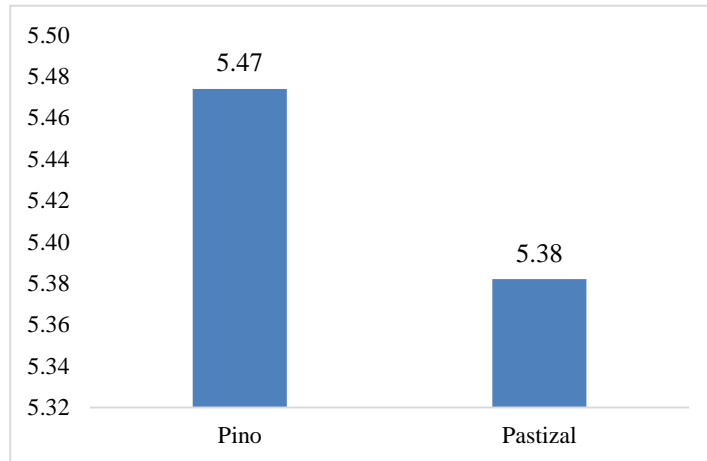


Figura 4. Media del contenido del pH en $-\log_{10} H^+$

La figura 4, muestra un pH de 5.474 inferiores en 0.092 con respecto a las pasturas (5.382), siendo así, las plantaciones de pino muestran un pH para un suelo ácidos, y los suelos con pasturas el pH para un suelo ácido. La tabla 13 indica que no existe diferencias significativas por tanto no genera efectos negativos en el suelo. Según Talha et al (1974) las plantaciones de *Pinus radiata* de 20 años genero acidificación del horizonte superficial del suelo. Además, se observa una notable tendencia al empobrecimiento de bases. Sin embargo para Sá Mendonça et al. (2006) esto se debe a la resistencia del suelo a la acidificación, propiedad de los pares conjugados ácido-base presente en el intercambio de protones con sustancias que tienen capacidad de buffer. Este poder amortiguador depende del contenido y tipo de acidez, tipo de arcilla, presencia de sales, contenido de materia orgánica. Así mismo, la velocidad de la acidificación depende de la capacidad de buffer del suelo, es decir, al inicio del proceso el suelo pierde cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ que se intercambia por protones. De esta manera se explica la saturación de bases en el suelo analizado sin que se muestre una acidificación notable.

A) Materia orgánica

Supuestos

a. Normalidad

Tabla 14.

Normalidad para materia orgánica

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
Materia orgánica	pino	0.771	5	0.05
	pastura	0.944	5	0.693

Nota. Para un alfa 0.05, los datos se comportan normalmente, porque los p-valor son mayores que 0.05.

b. Igualdad de varianza

Tabla 15.

Igualdad de varianza para materia orgánica.

Igualdad de varianza		
Variable	Prueba de Levene (F)	P- valor
Materia orgánica	5.490	0.05

Nota. Para un alfa 0.05, la varianza es igual porque el P-valor es mayor que 0.05.

Tabla 16.

Prueba de t student para materia orgánica.

Prueba t			
Variable	t	gl	P- valor
Materia orgánica	-3.484	8	0.008

Nota. Existe diferencia significativa, porque el P-valor es menor que 0.05.

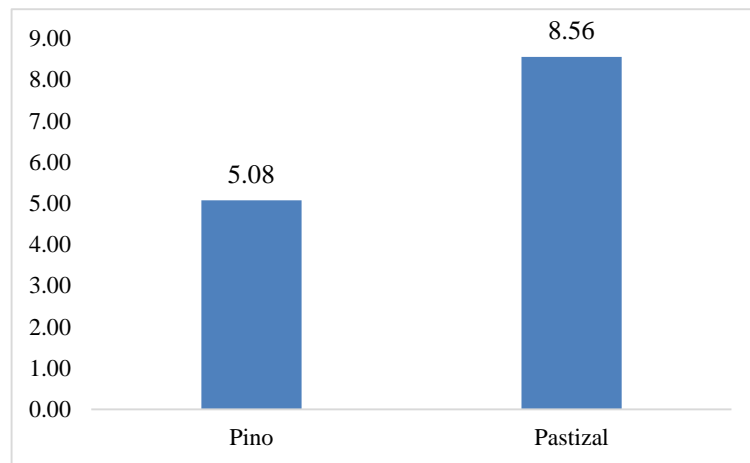


Figura 5. Media del contenido de la materia orgánica %.

La figura 5, muestra para la materia orgánica inferior en 5.076 % con respecto a las pasturas (8.56 %), esta variación inferior del suelo con pino representa una disminución del 40.7 %, y al comparar ambas medias con la tabla 6 podemos afirmar, que los suelos con plantaciones de pino muestran la materia orgánica para un suelo medio, y los suelos con pasturas materia orgánica para un suelo alto. Según la tabla 16 de la prueba de “*t student*” indica que el pino genera efectos negativos en la mencionada propiedad. Por tanto, coincide con los resultados obtenidos en los suelos con plantaciones de pino realizado por Estupiñan (2000), Talha et al (1974) Bocai, (1999); Greacen, & Sands, (1980) donde se puede observar que la materia orgánica es superior en páramos no intervenidos, en comparación con sitios forestados con *Pinus radiata*, *Pinus patula*. Estos resultados tienen influencia directa debido a la baja descomposición en la plantación y a la naturaleza de su hojarasca. Además de la naturaleza coriácea de la hojarasca en las plantaciones, probaría un desaceleramiento en la tasa de descomposición. (Broquen et al, 2005).

A) Fósforo

Supuestos

a. Normalidad

Tabla 17.

Normalidad para fósforo

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
Fósforo	pino	0.697	5	0.009
	pastura	0.715	5	0.014

Nota. Para un alfa 0.05, los datos no se comportan normalmente, porque los p-valor son menores que 0.05, por tanto se requiere realizar la prueba de Mann Whitney.

a. Prueba de Mann Whitney

Tabla 18.

Prueba de Mann Whitney para fósforo.

Variable	Prueba Mann Whitney		
	z	gl	P-valor
Fósforo	-0.943	8	0.346

Nota. No existe diferencia significativa, porque el P-valor es mayor que 0.05.

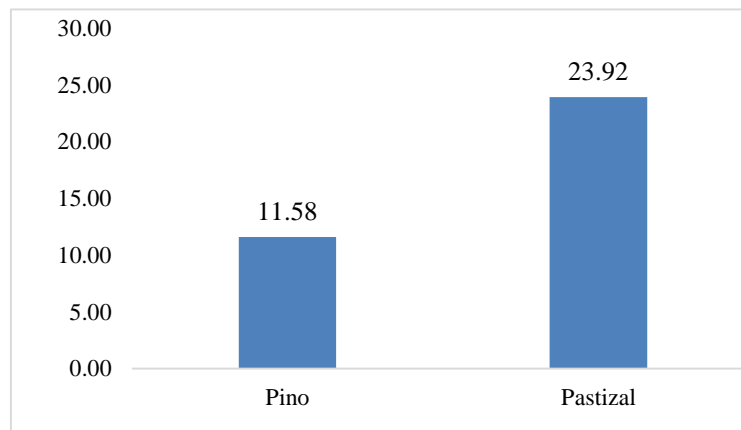


Figura 6. Media del contenido del fósforo ppm.

La figura 6, presenta el fósforo de 11.58 ppm inferior en 12.34 ppm. Con respecto a las pasturas (23.92 ppm), esta variación inferior del suelo con pino representa una disminución de 51.58 %, y al comparar ambas medias con la tabla 7 podemos afirmar, que los suelos con

plantaciones de pino muestran el fósforo para un suelo medio, y los suelos con pasturas el fósforo para un suelo alto. Según la tabla 17 indica que no genera efectos negativos al suelo el pino. En este mismo orden de ideas, Turner & Lambert (1988) reporta concentraciones menores de fósforo en las plantaciones de *Pinus radiata*, y índices mayores en praderas naturales no intervenidas. Mientras Estupiñan (2000) & Barahona (2012) ha determinado concentraciones de fósforo levemente superiores al del páramo no intervenido. Se tiene entendido que la disponibilidad de fósforo disminuyen a medida que decrece el pH (Spurr y Barnes, 1982), se debe considerar según Montecinos (2008), las reacciones entre las distintas formas de fósforo dependen de los coloides y minerales presentes en el suelo, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas y ácido orgánicos, que tienden a solubilizar fosfatos mediante complejación del calcio, aluminio y hierro, dejando así al ion fosfato en estado soluble. Por último debemos considerar las micorrizas son eficientes en aumentar los niveles de fósforo, debido a las absorción de sus micelio. Según el estudio de (Chen et al., 2003), mostraron claramente que la biomasa y microbiología del suelo de la enzima fosfatasa fueron consistentemente y significativamente más bajo el bosque en comparación con los pasturas. El cual concluyo que se ve afectado principalmente por los retornos y acumulación de la hojarasca en el paso. El hecho de que la fosfatasa alcalina se hidroliza. Por ello el P disminuye significativamente.

A) Nitrógeno

Supuestos

c. Normalidad

Tabla 19.

Normalidad para nitrógeno

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
N	pino	0.885	5	0.331
	pastura	0.877	5	0.296

Nota. La variable para el nitrógeno en ambos grupos se comporta normalmente, porque los p-valor son mayores que 0.05.

a. Igualdad de varianza

Tabla 20.

Igualdad de varianza para nitrógeno.

Igualdad de varianza		
Variable	Prueba de Levene (F)	P- valor
Fósforo	1.546	0.249

Nota. Para un alfa 0.05, la varianza es igual porque el P-valor es mayor que 0.05.

Tabla 21.

Prueba de t student para nitrógeno.

Prueba t			
Variable	t	gl	P- valor
Fósforo	-3.706	8	0.006

Nota. No existe diferencia significativa, porque el P-valor es mayor que 0.05.

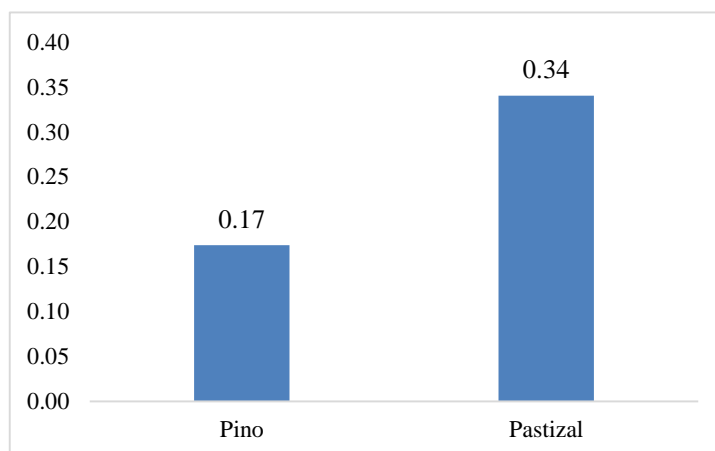


Figura 7. Media del contenido del nitrógeno %.

La figura 7, el nitrógeno presenta 0.174 %, inferior en 0.166. Con respecto a las pasturas (0.34%), esta variación inferior del suelo con pino representa una disminución de 0.166 %, y al comparar ambas medias con la tabla 7 podemos afirmar, que los suelos con plantaciones de pino muestran un nitrógeno para un suelo bajo, y los suelos con pasturas el nitrógeno para un suelo bajo o medio. Además en la tabla 21 indica que genera impactos negativos en el suelo la plantación de pino. La pérdida N del suelo bajo las plantaciones de Pino puede indicar una pérdida general en la fertilidad del suelo (Brady y Weil 2002). Además, los mayores niveles de nitrato en las pasturas, indican la permanente actividad metabólica de las plantaciones forestales.

A) Potasio

Supuestos

a. Normalidad

Tabla 22.

Normalidad para potasio

Variable	Uso de suelo	Shapiro-Wilk	gl	P-valor
K	pino	0.931	5	0.605
	pastura	0.794	5	0.073

Nota. La variable potasio en ambos grupos se comporta normalmente, porque los p-valor son mayores que 0.05.

b. Igualdad de varianza

Tabla 23.

Igualdad de varianza para potasio.

Igualdad de varianza		
Variable	Prueba de Levene (F)	P- valor
Potasio	1.025	0.341

Nota. Para un alfa 0.05, la varianza es igual porque el P-valor es mayor que 0.05.

Tabla 24.

Prueba de t student para potasio.

Variable	Prueba t		
	t	gl	P- valor
Potasio	-1.524	8	0.166

Nota. No existe diferencia significativa, porque el P-valor es mayor que 0.05.

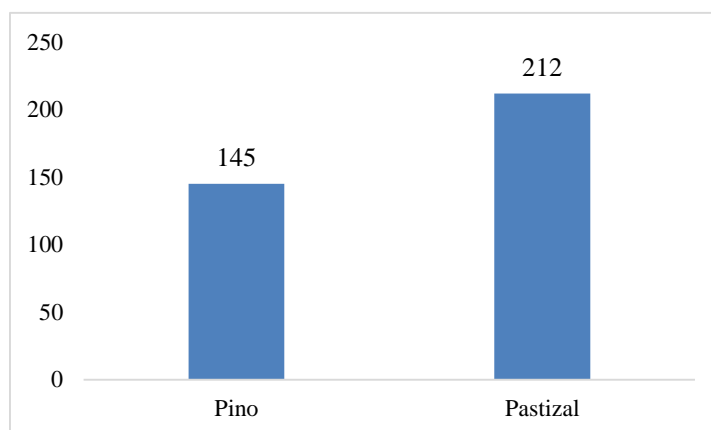


Figura 8. Media del contenido del potasio ppm.

En la figura 8, muestra para el potasio bajo la plantación de pino una disminución de 31.6 %, con respecto a las pasturas del cual podemos afirmar, que los suelos con plantaciones de pino muestran un suelo medio o bajo, y los suelos con pasturas el potasio para un suelo alto. Sin embargo según la prueba de “t student” no genera impactos negativos al suelo. Este resultado obtenido en los suelos con plantaciones de pino realizado por Chirino, et al. (2010); Estupiñan (2000) & Barahona (2012); Frossard et al., (1995); Sohrt et al., (2017) donde indican que los suelos bajo pino presentan menores niveles de potasio respecto a suelos con especies nativas. Estos resultados se puede atribuirse a una combinación de factores que incluyen como el cese del pastoreo, los cambios en la materia orgánica y los retornos de nutrientes al suelo debajo de los árboles en comparación con las pasturas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, indicó que el pino tiene algún efecto adverso en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

- En cuanto a la densidad aparente, de acuerdo a los resultados obtenidos, muestran efectos negativos por compactación de suelo.
- En cuanto al pH, respecto a las plantaciones de pino se clasifican ligeramente ácido, y para las pasturas de clasificación ácido, por lo tanto, se determinó que el pino no genera efectos negativos.
- Por otro lado, la naturaleza de su hojarasca del *Pinus radita*, no presenta una descomposición rápida, conllevando a la disminución de nutrientes como la materia orgánica, nitrógeno, potasio y fósforo. Para tener un mejoramiento de las propiedades del suelo debe usarse prácticas agrícolas de mejoramiento de suelos, con el fin de evitar disminución de fertilidad o incrementar la productividad del lugar.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones por estratos y a distancias específicas a partir de la plantación de pino con el fin determinar el efecto real sobre el suelo.

- Recomendamos a las instituciones involucradas con proyectos de forestación como: MINAM, SERNANP, SERFOR pueda tomar decisiones y hacer una adecuada gestión de uso de tierra.
- Para la sostenibilidad del recurso suelo, el *Pinus radita* no se debe plantar en suelos ricos de nutrientes, debido a la naturaleza de su raíz. Además, las plantaciones de Pino debe complementarse con planes de manejo como la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatos y cal, de esa manera evitar efectos negativos sobre el suelo.

REFERENCIAS

- Abad, M. (1993). *Sustratos características y propiedades*, Instituto de Estudios Almerienses 45-60 pp.
- Alejo, J., Valer, F., Pérez, J., Canales, L & Bustinza., V. (2014). *Manejo de pastos naturales altoandinos*. Programa de Adaptación al Cambio Climático. Perú. 24 pp.
- Almorox, J. López, F. Rafaelli, S. (2010). *La degradación de los suelos por erosión hídrica*. Métodos de estimación. Ediciones de la Universidad de Murcia.
- Bancroft, H. (1976). *Introducción a la bioestadística*. Novena edición. Editorial universitaria de Buenos Aires. Argentina. 246 pp
- Barahona, J. (2012). *Influencia de las plantaciones de Eucalyptus globulus Labill Y Pinus radiata D. Don en las propiedades del suelo, Chamiseria-Junin*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo. 94 pp.
- Barreira, E. (1978). *Fundamentos de edafología para la agricultura*. Editorial hemisferio Sur S.A., 150 pp.
- Bashour, I. I., and Sayegh, A. H. (2007). *Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions*. Rome, Italy. Pp. 1–128.
- Bell, M, L., McDermott, S. L., Samet, J. M., Dominici, F. (2004). *Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000*. 2372-2378 pp.
- Bocai, C. (1999). *Soil Physical Properties and Root Growth of Radiata Pine*. University of Canterbury.
- Bremner J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen Total. In A. L. Page, R. H. Miller, & D.

- R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, 2, 95-624. *Madison: American society of agronomy.*
- Broquen P., Candan F., Falbo G., Girardin J & Pellegrini V (2005). Impacto del *Pinus ponderosa* sobre la acidificación de los suelos de la transición bosque-estepa, SO del Neuquen, Argentina. *Rev, Bosque* 26(3): 63-74. 12 pp.
- Calla, J. (2017). Determinación de los impactos negativos de la forestación de *Eucaliptus globulus Labill* sobre las propiedades del suelo en la comunidad de Kocan – JULIACA. Puno. Peru.
- Cepeda, J. (2012). *Química de suelos*. 1ra. Edición. Editorial Trillas, S.A., México. 155 pp
- Chen, C., Condon, L., Sinaj, S., Davis, M., Sherlock, R., Frossard, E., (2003). Effects of plant species on phosphorus availability in a range of grassland soils. *Rev. Plant Soil* 256, 115–130.
- Chirino, I., Davis, M., and Condon, L. (2016). *Impact of different tree species on soil phosphorus immediately following grassland afforestation. Journal of soil science and plant nutrition* 16(2). 477- 489. 13 pp.
- Chirino, I; Condon, L; McLenaghan & Murray Davis. (2010). Effects of plantación forest species on soil properties. World Congress of Soil Science, *Soil Solutions for a Changing World*, New Zealand.
- Cortina, J & Vallejo, V. (1993). *Efecto de las plantaciones de Pinus radiata sobre la fertilidad del suelo*. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. España. 6 pp.

- Cortina, J., Romanya, J., Vallejo, V., (1995). Nitrogen and phosphorus leaching from the forest floor of a mature *Pinus radiata* stand. *Geoderma* 66, 321–330.
- Davis, M. (1995). Influence of *radiata pine* seedlings on chemical properties of some New Zealand montane grassland soils. *Rev. Plant and Soil* 176: 255-262, 1995.
- Downard RB Jr. (1988) *The effects of reforestation on forest soil properties at Charles Lathrop Pack Forest*, Warrensburg, New York. M.S. thesis, State Univ. of New York Coll. of Envir. Sci. and For., Syracuse. 176 pp
- Eldridge, K.G. (1997): «Genetic Resources of *Radiata Pine* in New Zealand and Australia», en Burdon, R.D., Moore, J.M. (Ed.) (1997): Iufro '97. Genetics of *radiata pine*: Proceedings of Conference 1-4 December 1997, en el Workshop 5 diciembre 1997, IUFRO Working Party S2.02.19, *Pinus radiata* provenances and breeding, Rotorua (Nueva Zelanda): FRI-Bulletin. 1997, No. 203: 26-41.
- Estudio de suelos y capacidad de uso mayor (CUM), (2014). Proyecto “*Desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial de la Región Puno*”. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.
- Estupiñan H. 2000. Impacto causado en el suelo por las plantaciones de Pino en el Páramo Gachaneca.
- Estrada, J., Villachica, H., Felipe- Morales, C., y Bazán, R. (1986). *Manual de prácticas de edafología*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de suelos. Lima Peru.
- Farley & Kelly (2003). *Effects of afforestation of a paramo grassland on soil nutrient status*. Rev. Science direct

- Flores, L. (2010). *Manual de procedimientos analíticos*. Universidad Nacional Autónoma de México. México pp. 2-56.
- Fox, D., Tilman, D., Hobbie, S. (2009). *Linkages between plant functional composition, fine root processes and potential soil N mineralization rates* 48- 56pp.
- Frank, D & Finckh, M. (1997). Impactos de las plantaciones de *pino Oregón* sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Rev. Chilena de Historia Natural. Telemuco*. Chile. 21pp.
- Frossard, E., Brossard, M., Hedley, M., Metherell, A., (1995). *Reactions controlling the cycling of in soils*. In: *Tiessen, H. (Ed.), Phosphorus Cycling in Terrestrial and Aquatic Ecosystems: A Global Perspective*. John Wiley, New York, pp. 107–137
- Gamboa, A; Ramos, C; Garcia, M. 2010. *Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino*. Bogotá- Colombia.
- Gobierno Regional de Puno (GOREP), (2015). *Informe final del área de geológica región puno. Proyecto “desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial de la región Puno”*. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.
- Granda, P. (2006). *Monoculture tree plantations in Ecuador*. World Rainforest Movement, Montevideo, Uruguay.
- Greacen, EL, & Sands, R, (1980). *Compaction of forest soils. A review*. Australian Journal of Soil Research Greacen, EL, & Sands, R. (1980). *Compaction of forest soils. A review*. *Australian Journal of Soil Research*, 18(2), 163. doi:10.1071/sr9800163

- Horneck, D, Sullivan, D., Owen, J., & Hart, J. (2011). *Soil Test Interpretation Guide*. Oregon State University, Extension Service, July, 1–12. 478 pp.
- Kadeba, O & Aduayi, E. (1985). *Impacto n soils of plantations of Pinus caribaea stands in natural tropical savannas*. Department of Soil Science, University of Ire, Ile-Ife (Nigeria). *Rev. Forest Ecology and Management*, 13 (1985) 27—39 pp.
- León-Gamboa, L., Ramos, C., García, R. (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artopofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Rev. Biol. Trop.* ISSN-0034-7744) Vol. 58 (3): 1031-1048
- Limache, A. (1985). *Ensayo de micorrización de Pinus radiata D. Don en los viveros forestales del Dpto. de Cuzco*. Tesis Ing. For. UNCP. Huancayo-Perú.
- Lipiec, J., and Hatano, R. (2003). *Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth*. *GEODERMA* 116. 107-136. doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1
- Mensah, A. (2016). *Effects of Eucaliptus plantation on soil physic-chemical properties in Thiririka subcatchment, Kiambu county, Kenya*. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Award of the Degree of Master of Sciences of Kenyatta University, Kenya.
- Miralles, I. (2006). *Calidad de suelos en ambientes calizos mediterráneos: Parque natural de sierra María-Los Vélez*. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia. Departamento de Edafología y química agrícola Granada. ISBN: 84-338-4139-4. 578 pp.
- Montecinos C. 2008. Manejo Biológico del Fósforo en el Suelo.

- Mucina L, Rutherford MC (2006) The vegetation of South Africa, Lesotho and Swaziland. *Strelitzia* 19, South African National Biodiversity institute, Pretoria
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties Agron.* 9, pp. 539-579, . Madison, Wisconsin
- Nowak CA, Downard, Jr., RB & White EH (1991) *Potassium trends in red pine plantations at Pack Forest*, New York. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 847-850
- Oliva, S; Collazos, R & Esparraga, T (2015). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características físico-químico de los suelos en tres pisos altitudinales en la región amazonas. Proyecto SNIP N°159865. PROMARENA. Chachapoyas. 69 pp.
- Önorm L 1083 (2006). *Chemical analyses of soils – Determination of acidity (pH value)*. Austrian Standard Institute, Austria.
- Parfitt, Hill y Scott. (1997). Does contact of *Pinus radiata* slash with soil influence post-harvest nutrient losses. *Palmerston North*, New Zealand 174 pp.
- Porté, A., F. Huard & P. Dreyfus. (2004). Microclimate beneath pine plantation, semi-mature pine plantation and mixed broadleaved-pine forest. *Agr. Forest Meteorol.* 126: 175-182.
- Pritchett, W. (1986). *Suelos forestales propiedades, conservación y mejoramiento*. 1ra. edición. Editorial Limusa, S. A., de c. v., México. 565 pp.
- Ravina, M. (2012). *Impact of Eucalyptus plantations on pasture land on soil properties and carbon sequestration in Brazil*. Agriculture Programme, Brazil 59 pp.

- Rodríguez, H., y Rodríguez, J. (2015). *Métodos de análisis de suelos y plantas*. 3ra. edición. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México. 282 pp.
- Sá Mendonça E., Rowell D., Martins da Silva, A. (2006). *Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brasil*. Geoderma 132:131-142.
- Sands, R, Greacen, EL, & Gerard, CJ. (1979). Compaction of sandy soils in Radiata pine forests. I. A penetrometer study. *Australian Journal of Soil Research*, 17(1), 101. doi:10.1071/sr9790101
- Schlatter, J & Otero, L., (1995); *Efecto de Pinus radiata sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial*. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. C.D.O.: 181.32-114.35. 18 pp.
- Sedjo, R.A. (1999). The potential of high-yield plantation forestry for meeting timber needs. *Rev. New Forest*. 17: 339-359.
- Sierra, A., Vázquez, J. y Rodríguez, D. (1994). La Auto ecología de Pinus radiata en la Cuenca de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Sistema de gestión forestal. (2012). *Gobierno de Chile. Requerimientos ecológicos de pino*. Ficha técnica
- Smith, J & Doran, J. (1996). *Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analyses*. In J.w. Doran and A.J Jones (ed). *Methods for assessing soil quality*. Publ. 49. 169-185 pp.
- Sohrt, J., Lang, F., Weiler, M., (2017). *Quantifying components of the phosphorus cycle in*

temperate forests. WIREs Water 2017, e1243. <http://dx.doi.org/10.1002/wat2.1243>.

Spurr S y Barnes B. 1982. Ecología Forestal. MX. 681 Páginas.

Talha, M., El-Damaty, A. H., El-Gala, A. M., & Abo-Zayed, I. S. (1974). *Changes in Physical Properties of Virgin Calcareous Soil by Several Seasons of Alfalfa Cultivation*. Zeitschrift Für Pflanzenernährung Und Bodenkunde, 137(1), 1–5. doi:10.1002/jpln.19741370102

Talha, M., El-Damaty, A. M., El-Gala, A. M., and Abo-Zayed, I. S. (1973). *Changes in physical properties of virgin calcareous soil by several seasons of alfalfa cultivation*. Z. PJanzenernarBodenkd 137, 2-5.

Tapia, M., y Flores, J. (1984). *Pastoreo y pasturas de los andes del Sur del Perú*. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores. Lima. 312 pp.

Toro, J. & S. Gessel. 1999. *Radiata pine plantations in Chile*. New Forests 18: 33-44.

Turner, J., & Lambert, M. (1988). Soil properties as affected by *Pinus radiata* plantations. *New Zealand Journal of forestry Science* 18: 77- 91. New South Wales 2119, Australia. 15 pp.

Universidad Técnica Del Norte De Ecuador. (2010). *Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Ing. Forestal*. Nombre buscar articulo científico URL: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/122>.

USDA Forest Service, (2000). *Evolution and biogeography of Pinus Radiata, with a proposed revision of its quaternary history*. Pacific Southwest Research Station,

Albany, California 94706, United States pag. 335-358.

Velázquez, N. 2004. *Modernización Agrícola en Venezuela Los valles alto andinos 1930 – 1999*. Fundación Polar. Caracas, Venezuela.

Vukeya, N & Sheunesu, R. (2018). *Physical properties of soil in Pine elliottii and Eucalyptus cloeziana plantations in the Vhembe biosphere, Limpopo Province of South Africa*. University and Springer-Verlag GmbH Germany.

Yakabi, K. (2014). *Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina san pedro de Laraos, provincia de Huarochiri, Lima*. Tesis para optar el título de Licenciada en Geografía Y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Zegarra, R. (2011). Las especies madereras del departamento de Tacna. Su impacto ecológico. *Revista Ciencia y Desarrollo* 2011; 13: 36-42. 7 pp.

Zonificación ecológica y económica Departamento de Puno (ZEE), 2015. “*Proyecto desarrollo de capacidad para el Ordenamiento Territorial de la Región Puno*”. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Planteamiento del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología	Estadística
<p>GENERAL ¿Cuáles son los efectos de la reforestación de <i>Pinus radiata</i> sobre las propiedades del suelo en la comunidad de la Huerta Huaraya – Puno?</p>	<p>GENERAL Evaluar el efectos de la forestación de pino (<i>Pinus radiata</i>) sobre las propiedades fisicoquímicos del suelo en la comunidad de Huerta Huaraya - Puno</p>	<p>GENERAL La forestación de <i>Pinus radiata</i> genera efectos sobre las propiedades del suelo en la comunidad de Huerta-huaraya-Puno</p>			
<p>ESPECIFICO ¿Cuál es el efecto de la forestación de pino sobre la propiedad física (densidad aparente) del suelo al comparar con suelo de pasturas? ¿Cuál es el efecto de la forestación de pino sobre las propiedades físico químicas del suelo al comparar con suelo con pasturas? ¿La prueba estadística t student al comparar determinara los efectos de la forestación.</p>	<p>ESPECIFICO Determinar el parámetro físico (densidad aparente) de la forestación de pino y pasturas. Determinar el parámetro físicoquímico (N, P, K, pH y materia orgánica) de la forestación de pino y pasturas. Aplicar la prueba estadística t de student para comparar el efecto de la forestación sobre las propiedades físicoquímico del suelo.</p>	<p>ESPECÍFICO La forestación de <i>Pinus radiata</i> generará efectos sobre el parámetro físico (densidad aparente) del suelo. La forestación de <i>Pinus radiata</i> generara efectos sobre los parámetros físicoquímicos (N, P, K, pH y materia orgánica) del suelo. Al aplicar la prueba estadística t de studen determinará el efcto de la forestación de pino sobre las propiedades físicoquímicas del suelo.</p>	<p>INDEPENDIENTE Plantaciones de pino Pasturas</p> <p>DEPENDIENTE Densidad Aparente, pH, Materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio</p>	<p>Enfoque cuantitativo Diseño experimental alcance pre experimental</p>	<p>"t" de studente</p>

Anexo B. Resultados de parámetros fisicoquímicos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : PAMELA VERONICA MAYTA MAMANI
PROCEDENCIA : PUNO/ SAN ROMAN/ JULIACA
REFERENCIA : H.R. 65531
BOLETA : 2037
FECHA : 30/10/2018

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺	N
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100	%
413	Pino 01	5.52	0.21	0.00	6.11	10.9	128	0.10	0.27
414	Pino 02	5.64	0.17	0.00	4.33	4.7	162	0.10	0.15
415	Pino 03	5.56	0.25	0.00	4.55	32.6	194	0.15	0.12
416	Pino 04	5.35	0.20	0.00	4.41	5.1	91	0.15	0.14
417	Pino 05	5.30	0.12	0.00	5.98	4.6	132	0.15	0.19
418	Pastzal 01	4.69	0.26	0.00	9.65	100.2	141	0.65	0.43
419	Pastzal 02	6.02	0.36	0.00	9.19	3.2	168	0.00	0.42
420	Pastzal 03	5.77	0.19	0.00	6.09	2.0	365	0.15	0.25
421	Pastzal 04	5.10	0.21	0.00	11.03	2.0	180	0.15	0.31
422	Pastzal 05	5.43	0.14	0.00	6.90	12.2	206	0.10	0.29


 Saady Garcia Bendezú
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349 5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



RESULTADO DE ANÁLISIS
UPEU – FIA/ING-AMBIENTAL 2018-016

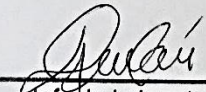
Una Institución Adventista

CLIENTE : Bach. Pamela Verónica Mayta Mamani
DIRECCIÓN : Jr. Calle 2 Pancaquia – Azangaro
LUGAR DE MUESTREO : Comunidad de Huerta Huaraya
TIPO DE MUESTRA : Suelo Superficial
F. RECEPCIÓN DE MUESTRA : 21/11/2018
F. INICIO DE ENSAYOS : 22/11/2018
MUESTREADO POR : Laboratorio de Monitoreo Ambiental

Análisis de Suelo		
Código de ensayos	Unidad	Parámetro
		Densidad Aparente
Pino 01	gr/cm ³	1.42
Pino 02	gr/cm ³	1.53
Pino 03	gr/cm ³	1.37
Pino 04	gr/cm ³	1.35
Pino 05	gr/cm ³	1.30
Pastizal 01	gr/cm ³	1.18
Pastizal 02	gr/cm ³	1.17
Pastizal 03	gr/cm ³	1.28
Pastizal 04	gr/cm ³	1.01
Pastizal 05	gr/cm ³	1.23

Nota. El método aplicado fue "Método del cilindro".

Juliaca, 23 de Noviembre del 2018



 Jefe de Laboratorio
 ING. AMBIENTAL - UPEU FJ

Anexo C. Panel fotográfico



Fotografía 1. Comunidad Huerta Huaraya.- Lugar de intervención con pino



Fotografía 2. Comunidad Huerta Huaraya.- Lugar de intervención con pastura



Fotografía 3. Limpieza del área a muestrear



Fotografía 4. Sellado de muestras para enviar al laboratorio



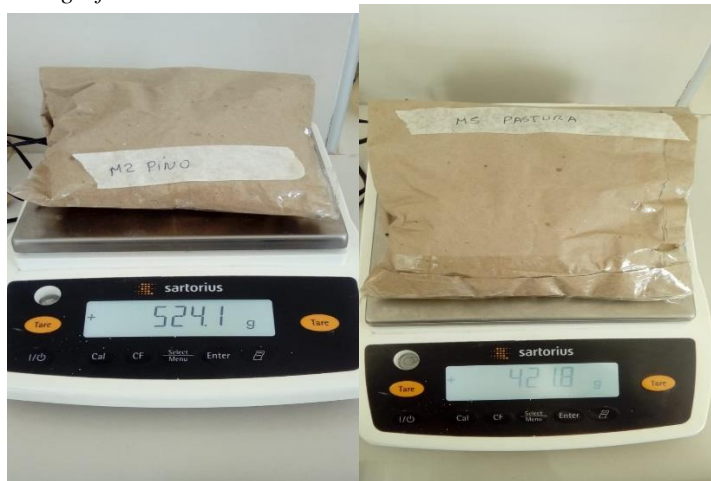
Fotografía 5. Muestreo para densidad aparente



Fotografía 6. Colocación el a estufa a 110 °C por 24 horas.



Fotografía 7. Colocación de las muestras de suelo en el desecador



Fotografía 8. Pesado de las muestras secas