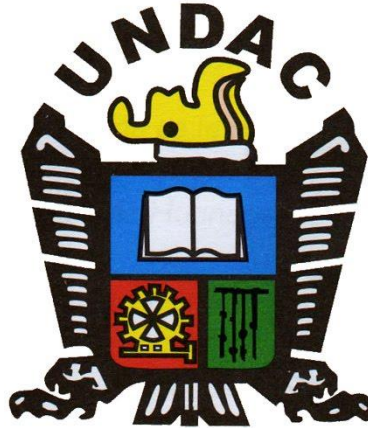


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pinus Radiata
sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad
campesina de Paríamarca, Distrito de Yanacancha - 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Ronaldo Ariel CHACON LEON

Asesor:

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pinus Radiata
sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad
campesina de Paríamarca, Distrito de Yanacancha – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 113-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pinus Radiata
sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la
comunidad campesina de Paríamarca, Distrito de Yanacancha -
2023**

Apellidos y nombres de los tesisistas:

Bach. CHACON LEON, Rolando Ariel

Apellidos y nombres del Asesor:

Ing. BASUALDO BERNUY, Miguel Ángel

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

12 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 26 de abril del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.05.2024 21:52:53 -05:00

DEDICATORIA

Quiero expresar mi dedicación inicial a Dios, quien ha sido mi guía espiritual constante a lo largo de mi tiempo en la universidad, brindándome la fortaleza necesaria para perseverar y alcanzar las metas que me propuse.

También esta tesis está dedicada con profundo amor y agradecimiento a mis padres, quienes han sido la fuente inagotable de apoyo, inspiración y sacrificio a lo largo de mi trayectoria académica. Su constante aliento y valores inquebrantables han sido la base de mi perseverancia y éxito. A ustedes, mis queridos padres, les dedico este logro con todo mi cariño y reconocimiento por ser mi faro en este viaje educativo.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a los distinguidos profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Dr. Rommel López Alvarado, Mg. Rosario Vásquez García, Dr. Héctor Oscanoa Salazar, Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos, Mg. Mayvi Uscuchagua Cornelio, y a mis apreciados jurados calificadores. Quiero expresar un agradecimiento especial a mi asesor por su invaluable orientación durante el proceso de culminación de la presente tesis.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la forestación con la especie *Pinus radiata* en la mejora de la composición físico-química del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca, distrito de Yanacancha, en el año 2023. Utilizando el procesamiento de imágenes, se aplicaron combinaciones de bandas para detectar áreas forestadas y suelos degradados debido a la erosión. Los resultados revelaron la forestación de 5.4 hectáreas y la presencia de 19.7 hectáreas de suelos degradados. Se concluye que el cultivo de *Pinus radiata* tiene impactos tangibles y mensurables en las propiedades físicoquímicas del suelo, como el pH, influyendo en la dinámica y salud de los ecosistemas forestales y en la capacidad del suelo para mantener otras formas de vegetación. Por lo que El efecto de *Pinus radiata* en las propiedades del suelo es especialmente significativo en términos de acidificación, acumulación de hojarasca y cambios en la disponibilidad de nutrientes. Estos efectos desempeñan un papel fundamental en la capacidad del suelo para sustentar diferentes tipos de vegetación y afectan tanto la salud como la dinámica de los ecosistemas forestales en las áreas donde se implementa esta especie.

Palabras Claves: Forestación, *Pinus Tadiata*, Áreas degradadas, Procesamiento de imágenes, imágenes satelitales

ABSTRACT

The research aims to analyze the impact of afforestation with *Pinus radiata* species on the improvement of the physical-chemical composition of degraded soil in the rural community of Pariamarca, Yanacancha district, in the year 2023. Using image processing, band combinations were applied to detect forested areas and degraded soils due to erosion. The results revealed the afforestation of 5.4 hectares and the presence of 19.7 hectares of degraded soils. It is concluded that the cultivation of *Pinus radiata* has tangible and measurable impacts on the physicochemical properties of the soil, such as pH, influencing the dynamics and health of forest ecosystems and the ability of the soil to support other forms of vegetation. The effect of *Pinus radiata* on soil properties is especially significant in terms of acidification, litter accumulation and changes in nutrient availability. These effects play a fundamental role in the capacity of the soil to support different types of vegetation and affect both the health and dynamics of forest ecosystems in areas where this species is implemented.

Keywords: Afforestation, *Pinus Tadiata*, Degraded areas, Image processing, satellite images.

INTRODUCCIÓN

El *Pinus radiata*, también conocido como pino insigne o pino radiata, es una conífera extensamente cultivada en diversas partes del mundo, incluyendo América Latina, con el propósito de obtener madera. El impacto de esta especie en las características fisicoquímicas del suelo puede variar según el manejo forestal, las condiciones climáticas y los factores edáficos.

El *Pinus radiata* tiene la tendencia de acidificar el suelo debido a la liberación de compuestos ácidos durante la descomposición de las hojas y restos de la planta. Este fenómeno puede resultar en una disminución del pH del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes para otras plantas y organismos del suelo. Además, tiende a generar una capa densa de hojas y agujas en el suelo, cuya descomposición lenta forma un mantillo que influye en la infiltración de agua, la aireación del suelo y la descomposición de la materia orgánica. La descomposición de las hojas y restos del *Pinus radiata* también puede liberar compuestos químicos específicos al suelo, como taninos y resinas, que afectan la actividad microbiana, la disponibilidad de nutrientes y la interacción con otros organismos del suelo.

El *Pinus radiata* absorbe eficientemente nutrientes, como el nitrógeno, del suelo, lo que puede reducir la disponibilidad de ciertos nutrientes en el suelo circundante y afectar la fertilidad y la capacidad de crecimiento de otras plantas en las áreas forestales de *Pinus radiata*. La composición microbiana del suelo también puede cambiar en estas áreas debido a las características químicas de las hojas y la acidez del suelo, afectando la descomposición de la materia orgánica, la ciclización de nutrientes y otros procesos biológicos del suelo.

En relación con tres proyectos de forestación con *Pinus radiata* en la región Pasco, Perú, que motivaron la presente investigación:

A. Proyecto de Forestación Sostenible en Pasco (Año 2010): Este proyecto buscó establecer plantaciones de *Pinus radiata* en áreas degradadas o deforestadas de la región con el objetivo de restaurar ecosistemas, promover la conservación del

suelo y el agua mediante la plantación de esta especie de pino, conocida por su rápido crecimiento y versatilidad.

B. Programa de Reforestación Comunitaria en Pasco (Año 2015): Iniciado en colaboración con comunidades locales, este programa incluyó la plantación de *Pinus radiata* con el propósito de involucrar a las comunidades en la restauración de áreas degradadas. Se proporcionó capacitación y recursos para establecer plantaciones forestales que beneficiaran tanto al ambiente como a la economía local.

C. Iniciativa de Forestación para la Mitigación del Cambio Climático (Año 2020): Esta iniciativa se orientó a mitigar el cambio climático aprovechando el alto potencial de captura de carbono del *Pinus radiata* debido a su rápido crecimiento. El objetivo era contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.3.1. Problema general	5
1.3.2. Problemas específicos	5
1.4. Formulación de Objetivos.	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Justificación de la investigación	6
1.6. Limitaciones de la investigación.....	9

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	10
2.2. Bases teóricas- científicas	18
2.3. Definición de términos básicos	25
2.4. Formulación de hipótesis	27
2.4.1. Hipótesis general.....	27
2.4.2. Hipótesis específicas.....	27
2.5. Identificación de las variables	27
2.5.1. Variable independiente.....	27

2.5.2. Variable dependiente.....	27
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	27

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	29
3.2. Nivel de Investigación	29
3.3. Métodos de investigación	29
3.4. Diseño de investigación	30
3.5. Población y muestra	30
3.5.1. Población	30
3.5.2. Muestra	30
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	31
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos	32
3.9. Tratamiento Estadístico	32
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	34
4.3. Prueba de Hipótesis.....	43
4.4. Discusión de resultados.....	44

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Coordenadas Geográficas</i>	5
Tabla 2 Matriz de operacionalización de las variables	28
Tabla 3 <i>Superficies forestadas y degradadas</i>	40
Tabla 4 <i>Prueba de hipótesis</i>	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio, ciudad de Huanta.....	5
Figura 2 <i>Especie de pinus radiata</i>	21
Figura 3 <i>Plantaciones de Pinus Radiata en la zona</i>	34
Figura 4 <i>Flora existente en la zona</i>	35
Figura 5 <i>Suelo degradado de la zona de estudio</i>	36
Figura 6 <i>Suelo forestado</i>	37
Figura 7 <i>Cobertura vegetal</i>	37
Figura 8 <i>Zona de Paríamarca en escala gris para su procesamiento</i>	38
Figura 9 <i>Histograma de la imagen</i>	39
Figura 10 <i>Teledetección de las áreas forestadas</i>	39
Figura 11 <i>Suelo degradado con la imagen forestación.</i>	40

CAPÍTULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

La degradación del suelo es un proceso que afecta el valor del entorno biofísico debido a diversas acciones humanas sobre la tierra. Cualquier cambio o perturbación en la tierra se considera perjudicial o no deseado, excluyendo los riesgos naturales, aunque las actividades humanas puedan tener efectos indirectos en eventos como inundaciones e incendios forestales.

Este tema se ha vuelto crucial en el siglo XXI debido a sus amplias implicaciones en la productividad agrícola, el medio ambiente y su impacto en la seguridad alimentaria. Se estima que hasta un 40% de las tierras agrícolas a nivel mundial están experimentando una degradación significativa.

Según el Informe especial sobre el cambio climático y la tierra del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, aproximadamente una cuarta parte de la superficie terrestre sin hielo en la Tierra está experimentando degradación inducida por actividades humanas.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 de las Naciones Unidas tiene como meta restaurar las tierras y suelos degradados, buscando lograr un mundo neutral en cuanto a la degradación de la tierra para el año 2030. Este objetivo

refleja la urgencia de abordar la degradación del suelo para garantizar la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria a nivel global.

El suelo es un componente importante del planeta porque en ella se desarrollan las actividades de los seres vivos. Desde tiempos muy antiguos el suelo ha sido utilizado para múltiples propósitos, así como para ganadería, agricultura y explotación de recursos naturales, la sobre explotación del suelo se debe principalmente por las actividades humanas que viene desarrollando como la deforestación, producción agropecuaria a gran escala, minería, desarrollo industrial, urbanización, introducción de especies exóticas, entre otros, ocasionan una pérdida de los suelos.

La condición de los suelos en las zonas altas de la comunidad de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha, perteneciente a la región de Pasco, es crítica debido a prácticas inadecuadas por parte de la población y a la influencia de eventos climáticos extremos asociados al cambio climático. Se observa una reducción significativa en la cobertura vegetal, incluyendo pastos y praderas, como resultado del pastoreo excesivo y las quemas. Esto ha llevado a una erosión severa y cambios en la composición físico-química de los suelos.

Esta problemática está impactando directamente a los bojedales alto andinos, que son ecosistemas delicados y desempeñan un papel crucial en la economía de las comunidades de alta montaña. La degradación del suelo está afectando las áreas de pastoreo, cruciales para la alimentación y cuidado del ganado. En estas altitudes, el suministro de agua es significativo solo durante la temporada de lluvias, convirtiéndose en una fuente vital para el agua y los pastizales.

La subsistencia de las comunidades está amenazada, ya que dependen en gran medida de estos recursos para la alimentación del ganado. La gestión inadecuada del suelo, combinada con los impactos del cambio climático, está generando un escenario preocupante que requiere intervenciones urgentes para

preservar la sostenibilidad de estas comunidades de alta montaña. Por ello, la comunidad decidió la transformación de la vegetación natural, con el sembrío de plantaciones forestales de especies de rápido crecimiento como una actividad emergente para su comunidad, siendo la especie de *Pinus Radiata* con la finalidad de mejorar sus suelos y atenuar el cambio climático

1.2. Delimitación de la investigación

La delimitación de estudio en el distrito de Yanacancha, en la región de Pasco, se enfoca en la crítica situación medioambiental derivada de prácticas inadecuadas de la población y la influencia de eventos climáticos extremos relacionados con el cambio climático. La problemática central se centra en una marcada disminución de la cobertura vegetal, abarcando pastos y praderas, como consecuencia directa del pastoreo excesivo y la realización de quemas. Este deterioro ambiental ha desencadenado una erosión severa y alteraciones significativas en la composición físico-química de los suelos en la mencionada localidad.

Los aspectos clave que requieren una atención detallada en el estudio incluyen:

A. Prácticas Inadecuadas de la Población

Se identificarán y analizarán las actividades humanas que contribuyen a la degradación del suelo, como el pastoreo excesivo y las quemas. Se buscará comprender los motivos detrás de estas prácticas y evaluar su impacto en la cobertura vegetal y la salud general del suelo.

B. Eventos Climáticos Extremos y Cambio Climático

Se investigará cómo los eventos climáticos extremos, agravados por el cambio climático, están afectando la región de Yanacancha. Se analizarán patrones climáticos, frecuencia e intensidad de eventos extremos, y su relación con la degradación del suelo.

C. Reducción de la Cobertura Vegetal

El estudio se centrará en la magnitud y las consecuencias de la disminución de la cobertura vegetal, específicamente en pastos y praderas. Se examinará cómo esto afecta la biodiversidad local, la calidad del suelo y la disponibilidad de recursos para la comunidad.

D. Erosión del Suelo y Cambios Físico-Químicos

Se evaluarán los niveles de erosión del suelo y las alteraciones en su composición físico-química. Esto incluirá análisis detallados de la pérdida de nutrientes, la compactación del suelo y otros factores que contribuyen a la degradación.

E. El contexto

Como también el comprender la complejidad de estos problemas ambientales en el distrito de Yanacancha para proporcionar recomendaciones específicas y efectivas que contribuyan a la restauración y preservación sostenible de los recursos naturales en la región.

El espacio: Ubicación del CC. PP. Pariamarca:

- Distrito: Yanacancha
- Provincia: Pasco
- Región: Pasco
- Ubigeo: 190113
- Latitud Sur: 10° 38' 58.8" S (-10.64967923000)
- Longitud Oeste: 76° 9' 33.3" W (-76.15924960000)
- Altitud: 4348 m s. n. m.

Tiempo:

- Desarrollo del estudio de 01 de agosto al 30 de noviembre 2023.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio, ciudad de Huanta



Tabla 1

Coordenadas Geográficas

COORDENADAS DE UBICACIÓN	
-	Latitud Sur: 10° 38' 58.8" S (-10.64967923000)
-	Longitud Oeste: 76° 9' 33.3" W (-76.15924960000)

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será el impacto de la forestación utilizando la especie de *Pinus radiata* en la mejora de la composición físicoquímica del suelo degradado en la comunidad campesina de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha para el año 2023?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el impacto de la forestación con la especie de *Pinus radiata* en la rehabilitación de la estructura física del suelo degradado en la Comunidad Campesina de Pariamarca, Distrito de Yanacancha en el año 2023?

¿De qué manera la forestación utilizando la especie de *Pinus radiata* contribuye al mejoramiento de la composición química de suelos degradados en la Comunidad Campesina de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha durante el año 2023?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el impacto de la forestación utilizando la especie de *Pinus radiata* en la mejora de la composición fisicoquímica del suelo degradado en la comunidad campesina de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha para el año 2023

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar el impacto de la forestación con la especie de *Pinus radiata* en la rehabilitación de la estructura física del suelo degradado en la Comunidad Campesina de Pariamarca, Distrito de Yanacancha en el año 2023

Determinar la forestación utilizando la especie de *Pinus radiata* contribuye al mejoramiento de la composición química de suelos degradados en la Comunidad Campesina de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha durante el año 2023

1.5. Justificación de la investigación

La degradación del suelo es un fenómeno natural, pero las acciones humanas también desempeñan un papel significativo en este proceso. Diversas actividades antropogénicas, como la deforestación, la agricultura, el pastoreo excesivo y la urbanización, han acelerado considerablemente este proceso en las últimas décadas. Analicemos más detalladamente las principales razones detrás de la degradación del suelo, impulsadas por la actividad humana, mediante ejemplos concretos:

A. Malas prácticas agrícolas

- Monocultivo: Agota selectivamente nutrientes del suelo.
- Riego Ineficaz: Impacta negativamente en la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes.
- Uso Excesivo de Fertilizantes y Pesticidas Químicos: Conduce a la degradación de la salud del suelo.

B. Prácticas de cultivo agresivas

Arado Profundo y Labranza Pesada: Debilitan los agregados del suelo y alteran su estructura.

C. Uso Indebido de Fertilizantes

Puede afectar la salud del suelo y los organismos beneficiosos a través de desequilibrios de nutrientes, contaminación ambiental y acidificación.

D. Pastoreo Excesivo

Provoca degradación al agotar la cubierta vegetal y aumentar la compactación del suelo.

E. Erosión

Pérdida de tierra vegetal, materia orgánica y nutrientes debido a la erosión hídrica y del viento.

F. Expansión Urbana

Conversión del suelo, sellado del terreno y construcción de infraestructuras, resultando en pérdida de suelo fértil.

G. Actividades Industriales y Mineras

Liberación de contaminantes tóxicos y metales pesados que vuelven la tierra inadecuada para la agricultura o fines ecológicos.

H. Contaminación del Suelo

Amenaza para la salud humana y el medio ambiente debido a vertidos industriales, eliminación incorrecta de residuos o escorrentías agrícolas, liberando contaminantes tóxicos y sustancias químicas.

La forestación en la comunidad campesina Pariamarca se desarrollo debido que existía una problemática ambiental sobre la perdida de composición física química del suelo por el mal uso de suelo y el sobre pastoreo y la inclusión de especies de animales (vicuñas) a este habitat, para lo cual la forestación con pinos busca beneficios a corto y mediano plazo con la producción de madera, protección y disminución de la erosión, regulación del agua, mejoramiento

paisajístico e incremento de biodiversidad así como la disminución y controlar la contaminación ambiental.

Promover la conservación del medio ambiente y la cultura del desarrollo sostenible.

Donde la presente investigación abordara el mejoramiento de la composición físico química del suelo por el sembrón de pinos en los terrenos comunales campesina de Paríamarca, fortaleciendo la cultura ambiental para atenuar el cambio climático.

Importancia y alcances de la investigación

A. Importancia

La inadecuada utilización de tierras y la limitación de espacios para la producción agropecuaria en las zonas de gran altitud en los Andes están exacerbando los desafíos socioeconómicos en las comunidades rurales, especialmente en Yanamachay. En esta comunidad, se ha optado por abordar estos problemas a través de iniciativas de forestación comunitaria, específicamente con la especie de *Pinus radiata*. Estas acciones buscan mejorar los suelos degradados debido al sobre pastoreo, al mismo tiempo que buscan generar mejoras estéticas en el paisaje y aumentar la retención de agua como medida adaptativa frente a los impactos del cambio climático.

B. Alcances de la investigación

Este proyecto de investigación se propone examinar los efectos de la forestación con plantones de *Pinus radiata* en la comunidad campesina de Paríamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha. El objetivo principal es realizar un análisis detallado de la composición físicoquímica del suelo con el fin de evaluar y documentar las mejoras en este componente. La metodología adoptada para llevar a cabo este estudio será de tipo descriptivo, buscando proporcionar una comprensión detallada de los

cambios en el suelo resultantes de la forestación con *Pinus radiata* en la mencionada comunidad.

1.6. Limitaciones de la investigación

En el presente proyecto se encuentran las siguientes limitaciones:

La falta de colaboración de las instituciones involucradas en el tema de forestación en el sentido de proporcionar información puntual sobre el tema en cuestión.

La carencia de un sistema de información que facilite la revisión de la producción técnica y científica relacionada al tema.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

A. Antecedentes Internacionales

(Hui quan, y otros, 2003) *Pinus radiata* D. Don, originario de un entorno costero de California, se ha introducido en muchas partes del mundo como especie exótica para la forestación. Actualmente es una de las principales especies de plantación en el hemisferio sur. En 1990, se introdujo en la zona muy degradada y seca del valle del río Min, en la prefectura de Aba de la provincia de Sichuan (República Popular China). La supervivencia y el crecimiento de los árboles jóvenes plantados en varios lugares parecen razonables. Esta revisión pretende servir de introducción a la amplia bibliografía sobre *P. radiata* para los científicos forestales de China. Trata los siguientes aspectos: *P. radiata* en su entorno nativo y en plantaciones ex situ, procedencia y variaciones genéticas, limitaciones medioambientales y nicho climático, enfermedades y plagas, lecciones de las introducciones fallidas y el uso de *P. radiata* para la restauración ecológica. Se describe brevemente el crecimiento temprano de *P. radiata* plantado en la zona del valle seco del río. También se identifican los

problemas potenciales asociados a la introducción de *P. radiata* en Aba y las necesidades futuras de investigación.

(Imanuddin, y otros, 2020) El *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese, conocido como Tusam o pino de Sumatra, es el único pino que crece de forma natural al sur del Ecuador y su distribución natural se encuentra en Indonesia, Filipinas, Myanmar, Tailandia, Laos, Camboya y Vietnam. El pino de Sumatra es una especie de importancia económica y ecológica en Indonesia que abarca tres variedades autóctonas, Aceh, Kerinci y Tapanuli. La extracción de resina del pino se practica desde hace cientos de años, mientras que su madera se utiliza comercialmente desde hace mucho tiempo para diversos fines. Aunque el pino se conoce como especie de tierras altas, su adaptabilidad a un amplio espectro de entornos lo hace adecuado para diversos fines de restauración y rehabilitación tanto en tierras bajas como altas. Sus elevados valores comerciales también han hecho que la especie se plante masivamente en plantaciones de pinos fuera de su distribución natural en Sumatra (es decir, en Java y la isla de Sulawesi). En este documento se revisará el estado actual del pino de Sumatra y su potencial como especie de restauración y rehabilitación y se presentará su mapa de distribución natural y artificial en Indonesia. Además, el documento también mostrará la variabilidad genética de la especie, determinará las prácticas innovadoras actuales en el aspecto silvícola tanto a escala de vivero como de plantación, describirá el programa de mejora de árboles, incluido su papel en las prácticas agroforestales, los productos del pino tanto madereros como no madereros, y sus recursos potenciales en relación con la gestión de la mitigación del cambio climático.

(Gartzia Bengoetxea, Martínez de Arano, & Arias González, 2021) El aumento previsto de la demanda mundial de productos forestales en las próximas décadas puede llevar a una gestión forestal más intensiva. Esto

implicará una ampliación de la superficie de bosques plantados, un aumento de la mecanización y una mayor presión para extraer madera de zonas sensibles como laderas empinadas y suelos húmedos y pesados. Sin embargo, esta intensificación puede poner en peligro la protección del suelo y los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques. En este estudio, se evaluaron los impactos de la preparación mecanizada del sitio forestal (cizallamiento y ripado) y la preparación manual del sitio durante los primeros 2,5 años y 15 años después del establecimiento de la plantación en un suelo susceptible a la erosión y la compactación en un clima templado húmedo. Se evaluaron la productividad del lugar, el almacenamiento de carbono en el suelo, la fertilidad del suelo, las propiedades hidrológicas del suelo y la protección contra la erosión y la escorrentía como servicios ecosistémicos proporcionados por los suelos forestales. La pérdida de suelo debida a la preparación manual del terreno fue de $25 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, mientras que la pérdida anual de suelo osciló entre 98 y 3128 g m^{-2} en los terrenos esquilados y entre 345 y 4652 g m^{-2} en los arrancados. Sin embargo, la pérdida de suelo fue insignificante 2,5 años después de la preparación del terreno. Por el contrario, la compactación del suelo persistió durante 15 años y fue significativamente mayor en las parcelas preparadas mecánicamente que en las preparadas manualmente. Los cambios en la capacidad de retención de agua del suelo persistieron 15 años después de la preparación del terreno. Por el contrario, se observaron diferencias significativas en el diámetro medio cuadrático de los árboles 15 años después de la preparación del sitio, siendo los volúmenes de árboles más altos en las parcelas preparadas manualmente. Los resultados muestran que la preparación manual del terreno preserva los servicios de los ecosistemas forestales, como la productividad del lugar y la regulación

hídrica, y puede considerarse un medio para conservar el suelo y el agua y un enfoque "climáticamente inteligente" en la silvicultura de plantación.

(Parfitt & Ross, 2011) La plantación de *Pinus radiata* D. Don en pastizales previamente pastoreados es un cambio de uso del suelo común en Nueva Zelanda. Aunque el carbono (C) se acumula con relativa rapidez en los árboles, no se han realizado estudios sobre el efecto anual en el contenido de C del suelo durante los primeros años de establecimiento. Aquí estudiamos las propiedades del suelo bajo *P. radiata* y pastos cada año durante 11 años después de que *P. radiata* fuera plantado en pastos que habían sido pastoreados por ovejas. Bajo los árboles en crecimiento, la hierba fue gradualmente sombreada por los árboles sin podar, y desapareció completamente después de 6 años; la hojarasca de acículas había aumentado apreciablemente. A los 9 años, el C y el nitrógeno (N) microbianos del suelo, así como la mineralización neta de N, eran significativamente menores bajo los pinos que bajo los pastos. El pH del suelo, muestreado en 0-100 mm a principios de primavera cada año, disminuyó en ~0,3 unidades bajo pino y aumentó en ~0,3 unidades bajo pasto. Cerca de los tallos de los pinos, el C y el N totales disminuyeron significativamente durante 3 años, mientras que ~100 kg N/ha se acumularon en los árboles. El C y el N del suelo aumentaron en los años siguientes, cuando se incrementó la hojarasca. En conjunto, el suelo mineral bajo los pinos perdió ~500 kg N/ha durante 11 años, en consonancia con la absorción por los árboles. Las pérdidas por lixiviación (estimadas mediante lisímetros) en el año 9 fueron de 4,5 kg N/ha.año. Estos datos indican que pueden haberse perdido ~6 Mg C/ha del suelo mineral en este lugar. Se discuten las dificultades asociadas a la medición de las pérdidas de C.

Paola Galeano Valenzuela. (2012): "Siembra forestal: recuperación paisajística y revegetalización en agregados. El Vínculo Ltda. Soacha -

Cundinamarca” Año 2012. Ingenio Libre. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá – Colombia.

La autora hace un estudio de caso basado en la ausencia de cobertura vegetal y por las características del suelo en la zona aledaña al lugar de explotación minera en agregados El Vínculo, ubicado en Soacha – Cundinamarca, se busca diagnosticar y caracterizar los suelos proponiendo un programa de revegetalización a través de la siembra de árboles maderables de tipo liviano, considerando sus bondades para la recuperación de suelos, generando grandes beneficios ambientales, para lograrlo se deben plantar especies de *Alnus Acuminata* (aliso) que cumple con características para el mejoramiento de suelos ácidos y bajos en nitrógeno, favoreciendo el paisaje y convirtiéndolo en un suelo productivo.

Juan E. Schlatter. (2012). “La relación entre suelo y plantaciones de *pinus radiata* en Chile Central. Análisis de la situación actual y planteamientos para su futuro manejo” Año 2012. C.D. Oxf. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

El investigador hace un estudio de caso basado en que gran parte del bosque nativo de Chile Central ha sido explotado sin cuidado de las consecuencias ecológicas posteriores. Extensos terrenos de capacidad de uso forestal son utilizados para fines agropecuarios presentando diferente grado de degradación, lo que significa peligro de disminución de su fertilidad, sobre algunos de estos terrenos se han establecido plantaciones de *Pinus radiata* en diferentes condiciones de sitio, sin considerar adecuadamente sus requerimientos ecológicos, antes de efectuar extensas plantaciones de pino, es importante conocer bajo qué condiciones de suelo esta especie se desarrolla bien, compatibilizando las características del suelo con las del crecimiento, para lograr que la posterior producción

maderera entregue utilidades y se posibilite así su manejo forestal nacional, el presente trabajo describe la actual situación de las plantaciones de *Pinus radiata*, analiza la relación de estas con el sitio y da indicaciones importantes para su futuro manejo.

B. Antecedentes Nacionales

(Tito, y otros, 2022) Aunque los bosques tropicales están experimentando una rápida transformación como resultado de los impactos humanos directos, muchas zonas deforestadas están volviendo a convertirse en bosque mediante regeneración natural o asistida por el hombre. Esta situación ofrece una oportunidad para aplicar estrategias de gestión forestal que permitan alcanzar objetivos medioambientales y, al mismo tiempo, promover el desarrollo social y contribuir a los medios de subsistencia locales. Sin embargo, el éxito de una política de gestión forestal depende de lo bien que podamos evaluar las consecuencias medioambientales, así como del valor de los servicios ecosistémicos que proporcionan estos bosques en regeneración. En este artículo, revisamos la bibliografía publicada para sintetizar los servicios ecosistémicos proporcionados por tres tipos de transiciones forestales: bosques secundarios regenerados de forma natural, sistemas agroforestales y plantaciones de árboles, en las regiones costera, andina y amazónica de Perú. Luego discutimos el potencial de estos bosques en regeneración como soluciones basadas en la naturaleza que pueden ayudar en la adopción de políticas que promuevan su uso sostenible y conservación. Nuestro análisis bibliográfico revela que las transiciones forestales proporcionan importantes servicios de compensación de las emisiones de carbono, proporcionan hábitats para la biodiversidad y regulan los servicios hidrológicos. Destacamos el potencial de los bosques secundarios para una gestión del territorio que apoye iniciativas medioambientales múltiples e

integradas. Este marco puede orientar las decisiones políticas para elegir las opciones apropiadas sobre los tipos de transición forestal más adecuados para alcanzar objetivos finales específicos a escala local y regional, teniendo en cuenta tanto los servicios ecosistémicos como los diservicios para evitar compensaciones en las que la consecución de un objetivo vaya en detrimento de otro.

(Urriola Canchari, Baral, & Wang, 2018) La contribución económica del sector forestal sigue siendo relativamente importante en todas las economías en desarrollo. En las últimas décadas, el valor añadido del sector forestal de estas economías ha aumentado gradualmente. En consecuencia, ha crecido la necesidad de una evaluación detallada y precisa de la contribución económica del sector para llamar la atención de los responsables políticos y destacar su importancia en la mitigación de la pobreza y el desarrollo sostenible. Por el contrario, en Perú, el sector forestal sigue rezagado debido al crecimiento más rápido de otros sectores de la economía. A pesar de contar con considerables recursos forestales, todavía no se conoce en toda su magnitud la contribución económica del sector forestal a la economía local y nacional. La escasez de datos actualizados sobre el valor añadido en el sector forestal y la indiferencia general hacia cualquier bosque que no sea la selva amazónica han agravado la situación ya existente. En este contexto, este trabajo tiene como objetivo hacer un análisis empírico de las contribuciones directas del sector forestal a la economía local del Perú en el corto plazo utilizando una serie temporal anual de datos de 2007 a 2016. Los bosques de plantación de *Pinus radiata* del departamento de Ayacucho, ubicado en los Andes del sur del Perú, sirvieron como caso para este estudio. Los resultados revelaron contribuciones nominales pero significativas de los bosques de *Pinus radiata* al crecimiento económico del Departamento de Ayacucho. Dado que

nuestro estudio se limitó únicamente a los beneficios directos en efectivo, los estudios futuros también deberían tener en cuenta los beneficios informales y no monetarios a fin de aprehender plenamente las contribuciones económicas del sector forestal a la economía local y nacional.

(Cabrera, Humphries, & Paucar, 2010) En las áreas elevadas de la región andina, específicamente en el páramo y la puna, se encuentran numerosas pequeñas explotaciones y zonas comunales. Sin embargo, los suelos y las pendientes en estas áreas no son adecuados para la agricultura, lo que podría tener consecuencias negativas para el medio ambiente. Dado que las actividades agrícolas podrían generar impactos ambientales y sociales desfavorables que superan los beneficios económicos de la agricultura en estas zonas, surge la oportunidad de implementar pagos a los agricultores.

Estos pagos podrían incentivar cambios en la gestión agrícola y el uso del suelo, enfocándose en mejorar o proteger los servicios ambientales. Por ejemplo, se podría pagar a los agricultores para que lleven a cabo prácticas como la plantación y protección de áreas ribereñas con el fin de preservar la calidad del agua o la sustitución de tierras previamente destinadas a la agricultura por plantaciones de árboles para estabilizar el suelo (como se describe en Quintero 2006).

Este enfoque de pagos, conocido como pagos por servicios ambientales (PSA), generalmente implica generar ingresos a través de la venta de créditos de carbono relacionados con la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Esto se logra, por ejemplo, mediante la adopción de tecnologías más eficientes, como estufas de mayor eficiencia o energías alternativas. Además, el PSA puede involucrar la captura de dióxido de carbono a través de la plantación de árboles en proyectos de reforestación.

En resumen, este enfoque busca equilibrar las necesidades económicas con la conservación ambiental en áreas donde la agricultura convencional no es sostenible.

(Cotler & Maass, 1999) Las comunidades campesinas de la cordillera andina noroccidental de Perú utilizan una eficaz estrategia de gestión de los árboles que contribuye a satisfacer sus principales necesidades. Los árboles proporcionan muchos bienes materiales a los campesinos, como madera para la construcción de viviendas y muebles, pegamento, cuerdas, medicinas, jabón y veneno. Sin embargo, la debilidad de la organización comunal hace que el control del acceso a las zonas forestales sea inadecuado, lo que provoca la sobreexplotación de los recursos forestales, el pastoreo excesivo y la erosión del suelo. Se elaboró un inventario de las principales especies arbóreas y arbustivas de la zona para sentar las bases de una gestión más sostenible, así como para planificar mejor la futura reforestación de la región. Se dio prioridad a la descripción de cada especie en función de su uso local, su aplicabilidad para la agrosilvicultura y su posición en el contexto edafológico y paisajístico en el que se ha desarrollado. Los géneros *Acacia*, *Alnus*, *Cordia*, *Erythrina* y *Prosopis* se proponen como los más eficaces para la mejora de las zonas forestales que se utilizan para el pastoreo.

2.2. Bases teóricas- científicas

A. Orígenes de la especie de *pinus Radiata* (Michel Rodriguez, 2006)

La primera mención documentada del pino radiata se remonta a 1833 en Monterrey, California, realizada por Douglas, quien envió muestras a la Royal Horticultural Society de Londres. La presencia de la especie se citó en los jardines de Kew en Londres a partir de 1833. Posteriormente, Coulter recolectó nuevos especímenes durante su viaje por California en 1834/35. En 1838, Loudon menciona la presencia del pino radiata en el

catálogo comercial de James Booth and Sons en 1838, de los viveros Flottbeck en Hamburgo, Alemania.

A finales del siglo XIX, durante proyectos de reforestación en varios países, se empezó a utilizar progresivamente el pino radiata debido a su rápido crecimiento. Thomas William Adams en Nueva Zelanda, Walter Gill en Australia y Mario Adán de Yarza en el País Vasco fueron pioneros en su aplicación. La primera referencia de la especie en España la realizó Cavanilles en 1857 en un jardín de Lekeitio, Bizkaia.

En 1870, un ejemplar adquirido en la Quinta de la Esperanza en Madrid fue plantado en la Escuela de Montes de El Escorial por el profesor José Sainz de Baranda. En Galicia, Areses cita la existencia de un ejemplar en 1906 en Bayona (Pontevedra) y otro en Redondela (Pontevedra), así como la tala en 1925 de un ejemplar en el castillo de Monterreal de Bayona.

En Inglaterra, Torner en 1915 menciona el pino radiata como una conífera de crecimiento rápido en las zonas más templadas. Sin embargo, el Catálogo Metódico de las Plantas Cultivadas en España y de las Principales Especies Arbóreas de Dantín Cereceda en 1920 no incluye al pino radiata entre los pinos inventariados en España.

En la actualidad, el pino radiata cubre el 2,1% de la superficie forestal estatal en España, principalmente en la Cornisa Cantábrica y algunas provincias como Tenerife, León y Málaga. En 1986, ocupaba 287,671 hectáreas, siendo el 56,6% en Euskadi, seguido por Galicia (25%), Cantabria (5,9%), y Asturias (5,7%). En Euskadi, representa el 41,8% de la superficie arbolada, seguido por Cantabria con un 10,2%.

A diferencia de lo que ocurre en otros países, en Perú, el Ministerio de Agricultura dirige las actividades forestales. Entre 2015 y 2018, el MINAGRI financió más de 11 proyectos de forestación utilizando más de 13 millones de plantones de pinos en 10 regiones peruanas, principalmente a

través del programa Agrorural (SERFOR, 2018). No se han encontrado proyectos en el portal web del ministerio para ese mismo período que prioricen el uso de especies nativas. La mayoría de estos proyectos fueron promovidos bajo la premisa de un efecto regenerador de los pinos en el "colchón hídrico" y un aumento en la disponibilidad de agua para los agricultores. Surge la pregunta de si alguien en Agrorural ha revisado los estudios científicos previamente citados. ¿Podría ser que el interés de Agrorural en favorecer los pinos se deba simplemente a su rentabilidad económica? El crecimiento rápido hace que el pino sea una opción económicamente ventajosa a corto plazo para obtener madera (Instituto Crecer, 20 de abril 2018). Sin embargo, el problema radica en que se insiste en los beneficios hídricos, y esto contradice no solo el conocimiento científico, sino también la campaña de la SUNASS que, desde mayo de 2017, desaconseja a las comunidades el uso del pino en proyectos que buscan incrementar la disponibilidad hídrica (SUNASS, 2017).

Además, el MINAGRI parece estar yendo en contra del enfoque ecosistémico promovido por su propia Ley Forestal y de Fauna Silvestre aprobada en 2015 (MINAGRI, 2015) y el reglamento para la gestión forestal (MINAGRI, 2015). Estos documentos establecen que, en plantaciones con fines de protección, se deben privilegiar especies nativas, permitiéndose el uso de especies exóticas solo con autorización del SERFOR, y el solicitante debe presentar estudios científicos que demuestren el comportamiento de la especie en ese entorno y evidencien un nulo o escaso riesgo de impactos ecológicos.

Aunque la llegada del nuevo programa de siembra y cosecha de agua del MINAGRI, "Sierra Azul" (Andina., 2017), podría sugerir un cambio hacia intervenciones con un enfoque ecosistémico y una visión a largo plazo, se financiarán al menos tres proyectos de forestación en seis

regiones que utilizarán millones de pinos, ya sea solos o combinados con especies nativas (MINAGRI, 2017). Sin embargo, los lineamientos de Sierra Azul especifican que solo financiarán la reforestación con especies nativas (MINAGRI-Sierra Azul, 2017). No hay indicios de que el MINAGRI esté actualmente en un período de transición tecnológica que busque dar más espacio a especies nativas. Por el contrario, los anuncios institucionales recientes apuntan hacia más pinos y eucaliptos en los viveros institucionales y una mayor capacitación de comuneros para su cultivo (Andina, 2018).

B. Clasificación taxonómica de Pino (*Pinus radiata*)

- REINO: Plantae
- DIVISIÓN: Pinophyta
- CLASE: Coniferopsida
- ORDEN: Pinales
- FAMILIA: Pinaceae
- GENERO: *Pinus*
- ESPECIE: *Pinus radiata* Don.
- NOMBRE COMUN: Pino de California, Pino de Monterrey, Pino insigne.

Figura 2

Especie de pinus radiata



C. Morfología de la planta:

El árbol tiene una altura de 30-40 metros con corteza de color negro con hojas aciculares en fascículos de tres en tres, largas de 7-15 centímetros finas, de color verde brillante y muy asimétrico. Debido a su rápido desarrollo, se utilizan ampliamente suelos degradados en las zonas alto andinas debido a su adaptabilidad a estos tipos de climas y altitudes.

D. Factores Ambientales para el pino radiata

El pino puede ser cultivado en altitudes que van desde los 2.000 metros sobre el nivel del mar hasta los 3.500 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación máxima de 2.000 mm y a una temperatura promedio de 12 °C, mostrando una fuerte resistencia a temperaturas bajas. En su hábitat original, demuestra una notable resistencia a la sequía, ya que recibe escasas precipitaciones anuales. Para que el cultivo de pino sea exitoso, se deben cumplir ciertos requisitos:

- La precipitación anual debe oscilar entre 380 mm o más.
- La temperatura mínima media durante los periodos más fríos debe situarse entre 1,5 y 12 °C, mientras que la temperatura máxima media durante los periodos más cálidos debe estar entre 17 y 30 °C.
- La humedad relativa debe mantenerse al 40% o superior.
- La textura del suelo puede variar desde muy liviana hasta pesada.
- El drenaje del suelo debe ser bueno a moderado.
- El pH del suelo debe ser igual o inferior a 7,4

E. Factores del suelo para el pino radiata

Para que el pino radiata crezca de manera óptima, los suelos ideales deberían tener una textura que va desde franco arenosa hasta franco limosa y una profundidad de aproximadamente 1.0-1.3 metros. En la práctica, este tipo de pino ha demostrado ser capaz de crecer y desarrollarse bien en diferentes tipos de suelo, con la excepción de sitios muy secos, suelos

pantanosos y áreas con abundantes nevadas y temperaturas más frías de 7°C bajo cero. No tolera suelos compactos, poco profundos o mal drenados. Por lo tanto, los Pinos radiata alcanzan su mejor desempeño en suelos fuertes y húmedos, siendo los silíceos-arcillosos profundos los más adecuados. También es importante tener en cuenta las características químicas del suelo; los suelos salinos, turbosos, muy ácidos, fuertemente podsolizados o deficientes en nutrientes pueden afectar negativamente el crecimiento de los pinos radiata.

En cuanto a las estrategias de restauración del suelo mediante la forestación con pinos, la transformación de la vegetación natural a plantaciones forestales de especies de crecimiento rápido, como los pinos, es una tendencia global. Estas especies importadas se consideran exóticas. Los impactos más significativos de las plantaciones de pinos están relacionados principalmente con el suelo y la hidrología. Estas plantaciones modifican las condiciones microclimáticas y del suelo, generando cambios importantes en la estructura y diversidad de la vegetación natural. A pesar de esto, pueden ofrecer beneficios positivos, como mejorar la retención de agua y carbono en el suelo, lo que sugiere que estas actividades podrían ser una alternativa para rehabilitar áreas degradadas, controlar la erosión y capturar dióxido de carbono atmosférico. Además, también contribuyen a la producción de diversos "bienes y servicios".

F. Adaptabilidad del *Pinus radiata*

En diversas partes del mundo, las especies de *Pinus* se han adaptado de manera natural. En el caso de Perú, específicamente en las zonas andinas, se introdujeron *Pinus radiata* y *Pinus patula* con el propósito de realizar forestación y reforestación (según datos del MINAM, 2019). Estas especies son vitales, ya que su supervivencia está estrechamente ligada a la presencia de hongos ectomicorrízicos. La ausencia de estos

hongos podría resultar en el fracaso de las plantaciones de pinos, como indican varios estudios (Barragán et al., 2018; Lofgren et al., 2018; López et al., 2018; Ning et al., 2019).

Los hongos ectomicorrízicos, al encontrarse abundantemente en suelos pobres en nutrientes, se sugiere que optimizan la nutrición de las plantas, facilitan la absorción de agua, mejoran la resistencia a diferentes condiciones de estrés, protegen contra patógenos de las raíces y contribuyen al mantenimiento de bosques tropicales monodominantes (García et al., 2017a; Hortal et al., 2017; Torres et al., 2017; Corrales et al., 2018; Albornoz et al., 2020; Liang et al., 2020; Liu et al., 2020).

En el distrito de Yanacancha, ubicada en la Región Pasco del Perú, al igual que en otras regiones de la sierra peruana, existe un potencial forestal significativo. Sin embargo, a nivel práctico, las plantas de pino muestran una tasa de mortalidad superior al 50%, principalmente debido a la escasez de inóculo ectomicorrízico. La falta de disponibilidad de estos simbiontes naturales limita la micorrización de las plantas de vivero. En esta región, no se dispone de inóculos basados en micelio, por lo que se considera una alternativa viable utilizar inóculos de hongos locales, basados en esporas o partes de los hongos (Barragán et al., 2018; López et al., 2018), especialmente en viveros comunitarios.

G. Principales beneficios de la forestación de *Pinus radiata*

a. Clima

Se puede diferenciar una mejor cantidad de la intercepción en las precipitaciones, mayor movimiento de la masa de aire, mayores cambios en la temperatura y humedad del suelo, lo que puede tener consecuencias favorables en la disminución de escorrentía, los procesos erosivos y el crecimiento biológico.

b. Suelo

El reemplazo de ciertos cultivos por plantaciones genera un aumento del nivel de cobertura y consecuentemente puede llevar hacia una mayor estabilización del suelo y el grado de degradación del suelo será mínimo. Donde los cursos de agua y quebradas principales, traen como consecuencia una reducción de los procesos de erosivos y deslizamientos de tierras.

2.3. Definición de términos básicos

A. Cambio Climático

Cambios en los patrones climáticos naturales del planeta como consecuencia de la acción humana, destacando las emisiones significativas de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, originadas principalmente por actividades industriales y la combustión masiva de combustibles fósiles.

B. Conservación del Medio Ambiente

Restaurar áreas que han sufrido deforestación o degradación ambiental para conservar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo y proteger los recursos hídricos.

C. Deforestación

La pérdida o reducción de áreas cubiertas por bosques conduce a la degradación del suelo y la transformación de la vegetación a un estado dominado por arbustos medianos y plantas herbáceas, propenso a la desertificación.

D. Efecto Invernadero:

El aumento gradual de la temperatura del planeta causado por la influencia humana en el medio ambiente, principalmente a través de la liberación de dióxido de carbono (CO₂) derivado de las actividades industriales y la combustión de combustibles.

E. El proceso de reforestación

Implica cuidadosa planificación para seleccionar especies adecuadas, considerando las condiciones climáticas y del suelo. Además, se deben aplicar prácticas de manejo sostenible para garantizar el éxito a largo plazo del proyecto. La reforestación es una herramienta esencial en los esfuerzos globales para la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad.

F. Erosión

La desaparición de la cubierta vegetal que protege la superficie terrestre, dejándola incapaz de mantener la vida, en periodos muy breves, acentuada por la reducción de la cobertura vegetal.

G. Generación de Hábitats

La reforestación crea o restaura hábitats naturales para diversas especies de flora y fauna, promoviendo la diversidad biológica.

H. Impacto Ambiental

El impacto derivado de los cambios en los elementos ambientales en la salud y bienestar humanos, evaluando así las consecuencias de estas alteraciones.

I. Medio Ambiente

Se refiere al conjunto de componentes naturales, creados por la naturaleza, la intervención humana o inducidos, que abarcan factores físicos, químicos y biológicos. Estos elementos facilitan la existencia, transformación y crecimiento de organismos vivos.

J. Prevención de la Erosión

La vegetación, especialmente las raíces de los árboles, ayuda a mantener la estructura del suelo, evitando la erosión y reduciendo el riesgo de deslizamientos de tierra.

K. Recuperación de Suelos Degradados

En áreas donde la actividad humana ha provocado la pérdida de nutrientes o la compactación del suelo, la reforestación puede ayudar a recuperar su fertilidad y estructura.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La forestación con *Pinus radiata* mejorara la calidad y la composición física química del suelo degradado en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La composición física del suelo degradado mejorara con la forestación del *pinus radiata* en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.
- La composición química del suelo degradado mejorara con la forestación del *pinus radiata* en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Composición física y química del suelo.

2.5.2. Variable dependiente

Especie de *Pinus radiata* en la comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 3, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 2
Matriz de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Dimensión
Variable Independiente				
Composición física y química del suelo.	Determina la salud y la fertilidad del suelo. Un suelo equilibrado proporciona un ambiente propicio para el crecimiento de plantas saludables y contribuye al funcionamiento sostenible de los ecosistemas.	Determinar la composición física y química del suelo	-Materia orgánica. - Minerales - Textura del suelo	- Unidad
Variable Dependiente				
Especie de Pinus radiata en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha.	Pinus radiata ha demostrado ser una especie adaptable y valiosa en términos de producción maderera y contribución al manejo forestal sostenible.	La vegetación, especialmente las raíces de los árboles, ayuda a mantener la estructura del suelo, evitando la erosión y reduciendo el riesgo de deslizamientos de tierra.	- Especie de Pinus radiata	-Unidad.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación adopta un enfoque aplicado, siendo de naturaleza observacional y comparativa. Se centra en describir de manera objetiva cómo la forestación con *Pinus radiata* impacta positivamente en la composición físico-química del suelo en la comunidad campesina de Pariamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha, durante el año 2023.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación se sitúa en el nivel explicativo al examinar los impactos de la plantación de *Pinus Radiata*, una especie orgánica resistente a climas fríos, en la reducción de la deforestación y en la mejora de las propiedades físico-químicas en la comunidad campesina de Pariamarca. Este enfoque es cuantitativo, donde las variables que establecen la relación causa y efecto son validadas mediante el uso del modelo estadístico paramétrico de la prueba t de Student.

3.3. Métodos de investigación

La investigación sigue un enfoque inductivo-deductivo, ya que parte de la identificación de las condiciones reales de la composición físico-química del

suelo en áreas donde se han plantado árboles de *Pinus radiata* en la comunidad campesina de Paríamarca, ubicada en el distrito de Yanacancha durante el año 2023. La metodología avanza desde la observación y análisis de datos específicos hacia la formulación de conclusiones generales y la validación de hipótesis, aplicando un enfoque tanto inductivo como deductivo en el proceso de investigación.

3.4. Diseño de investigación

La investigación adopta un enfoque correlacional, ya que busca evaluar la relación existente a través de la observación directa en un tiempo específico. Se centra en comprender la conexión entre la plantación de *Pinus radiata* y la composición físico-química que afecta la calidad del suelo en la comunidad campesina de Paríamarca, situada en el distrito de Yanacancha, provincia y región de Pasco.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Los suelos de la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha.

3.5.2. Muestra

Para la muestra se considera los suelos forestados con especies de *pinus radiata* de la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha..

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A. Recolección de Datos

Para obtener información sobre la composición del suelo, se llevará a cabo la toma de muestras que posteriormente serán sometidas a análisis en un laboratorio. Este enfoque garantiza una recopilación precisa y detallada de datos relacionados con las características físico-químicas del suelo.

B. Técnica Documental

La investigación documental tiene como propósito desarrollar un marco teórico-conceptual sólido, permitiendo la construcción de un conjunto de ideas fundamentales sobre el objeto de estudio. Este enfoque se basa en la revisión y análisis de documentos existentes, contribuyendo a la comprensión profunda del tema de investigación.

C. Ficha de Trabajo

La utilización de fichas de trabajo se presenta como una herramienta esencial. Su función principal es organizar y clasificar de manera sistemática los datos recopilados durante la investigación documental. Esta técnica facilita la posterior elaboración y estructuración de la información obtenida de diversas fuentes.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

La selección de los instrumentos de recolección de datos de acuerdo con el objetivo de evaluar los efectos de la forestación corresponde a una ficha de observación en la que se consignan las coordenadas geográficas del lugar a sí mismo la recopilación de fotografías como evidencia del estudio en el centro poblado de Pariamarca

Con relación a la validación esta se da en base a la experiencia de un experto relacionado a la ingeniería ambiental que verifica la consistencia de las preguntas, así como el cumplimiento de los objetivos del presente pensionada documentación se recopila en la sección de anexos

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

A. Codificación textual de datos

La codificación de datos es un método de orden para elaborar los cuadros del estudio y obtener los resultados esperados y contrastarlos con la hipótesis.

B. Interpretación de datos

Una vez ordenados los datos se pasó a interpretarlos de acuerdo con la realidad del estudio.

3.9. Tratamiento Estadístico

El estudio de la distribución de muestreo de estadística para pequeñas muestras se llama teoría de pequeñas muestras, pues sus resultados son válidos para el trabajo de investigación a desarrollar.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Por la misma naturaleza al validar que la forestación de la especie *Pinus radiata* mejora la composición física química del suelo degradado, con llevó a hacer uso de herramientas basadas en la tecnología digital como el manejo de softwares que realizan el análisis de imágenes satelitales así como el acceso que se tiene a las bases de datos como el USGS y del Google Earth por ende presente es inédito en busca contribuir con los conocimientos a la sociedad y sea cómo va a ser referente de próximas investigaciones relacionado a los temas de degradación de suelos y a la forestación con la especie de *pinus radiata*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Se inició con la visita de campo a la zona de pariamarca a unos kilómetros de la ciudad de cerro de Pasco en ella se constató las plantaciones de pino, identificando el área a través de imágenes satelitales para ello se usó la base de datos del Google Earth, así como la base de datos del usgs, con la finalidad de realizar las descargas de las imágenes satelitales con ellas realizar un análisis multiespectral para cuantificar el área forestada y el área degradada de la zona de estudio.

Como herramientas de procesamiento de imágenes satelitales se empleó el QGIS, el Google Earth y para los cálculos matemáticos de regiones, así como procesamiento de imágenes el matlab, para el caso del Análisis estadístico se trabajó con el spss versión 27.

Para determinar las imágenes referidas a la forestación del pino se usó la combinación de bandas en el orden de la Banda 6,5 y 2 y para los suelos degradados en el orden del 5,4 y 3

4.2. **Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

Resultados de la visita de campo en la zona de Pariamarca perteneciente al distrito de Yanacancha.

Figura 3

Plantaciones de Pinus Radiata en la zona



Flora perteneciente al área de estudio conformado por plantaciones de quinales tal como se aprecia en la figura.

Figura 4

Flora existente en la zona

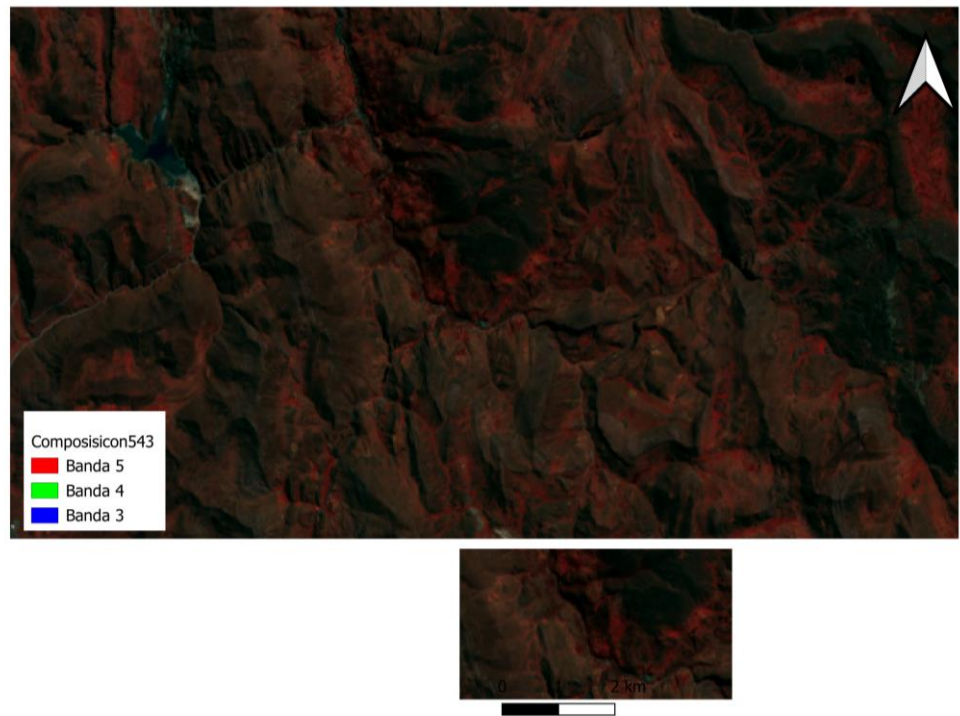


La combinación de bandas en imágenes satelitales es una estrategia fundamental para identificar y evaluar suelos degradados. Al abordar esta problemática, es común emplear técnicas de procesamiento y análisis que involucran diferentes bandas espectrales, como las del infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED). Estas combinaciones permiten discernir características específicas de los suelos, como su contenido de humedad y vegetación.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se calcula utilizando el NIR y el RED, lo que brinda información sobre la salud y vitalidad de la vegetación. Al comparar estas combinaciones con datos de suelos degradados, es posible identificar patrones y correlaciones que ayuden a detectar áreas propensas a la degradación y, en última instancia, guíen la toma de decisiones en la gestión y restauración de suelos en dichos entornos degradados. A continuación, se muestra el resultado se tiene la imagen de suelo degradado mostrado a continuación producto de la combinación de las bandas 5, 4 y 3.

Figura 5

Suelo degradado de la zona de estudio



La identificación y monitoreo de zonas forestadas a gran escala implica la captura y análisis de datos provenientes de sensores remotos, para obtener información sobre la cobertura vegetal y el uso del suelo. Al utilizar diferentes bandas del espectro electromagnético, como la infrarroja cercana y la infrarroja lejana, se pueden detectar patrones característicos de la vegetación y distinguir áreas forestadas de otros tipos de cobertura. Además, la teledetección permite no solo mapear la presencia de bosques, sino también evaluar su salud y cambios a lo largo del tiempo, lo que resulta esencial para la gestión sostenible de los recursos forestales, la conservación de la biodiversidad y la supervisión de actividades como la deforestación y la reforestación. Para la de teledetección de los suelos forestados con la especie de *Pinus radiata*, la combinación de las bandas 6, 5 y 2, muestra las regiones de acuerdo a la figura.

Figura 6
Suelo forestado

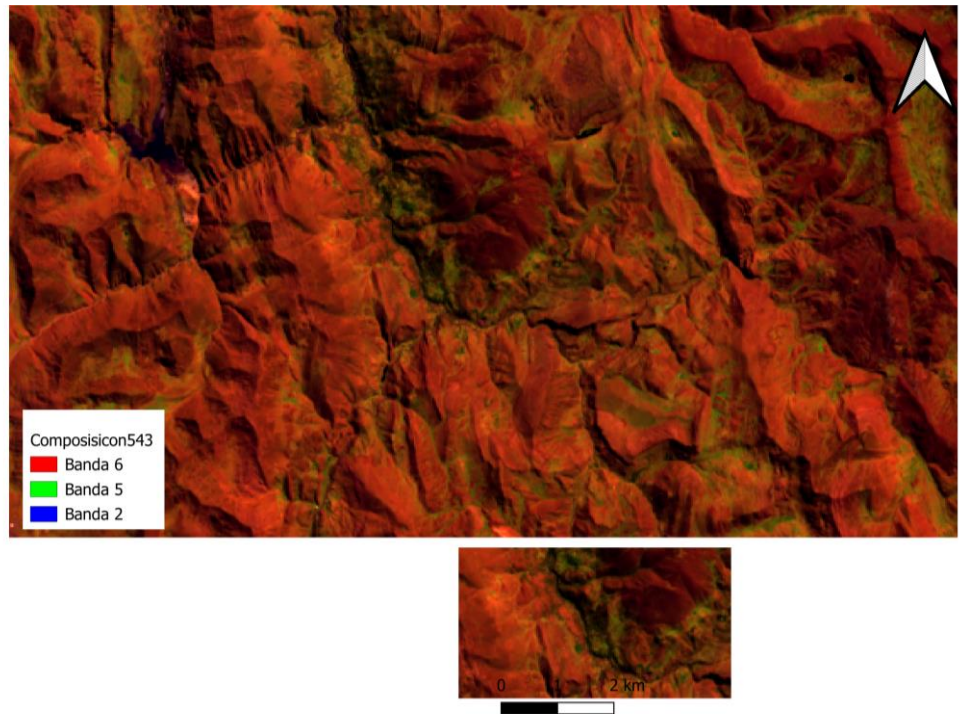


Figura 7
Cobertura vegetal



En el caso del procesamiento de imágenes es necesario utilizar la escala gris con la finalidad de combinar y georreferenciar las imágenes satelitales y tener una apropiada localización.

Figura 8

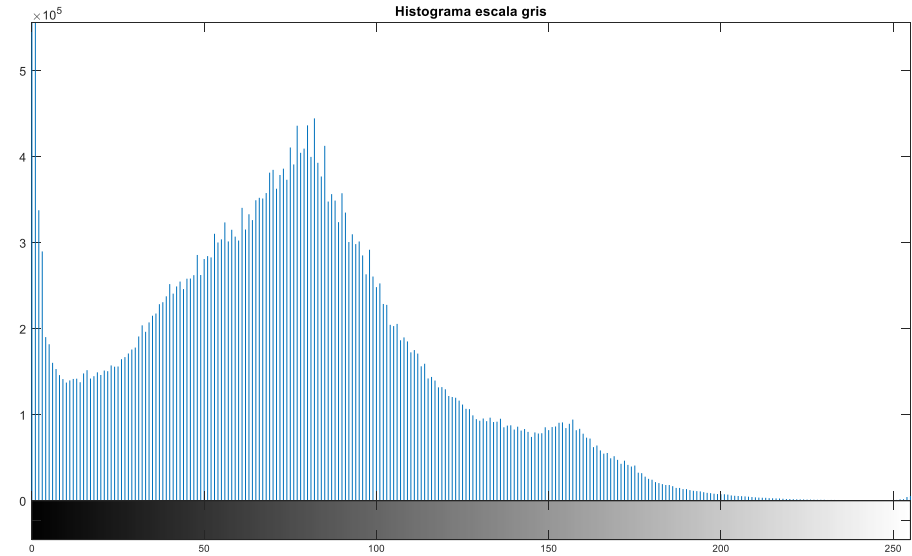
Zona de Pariamarca en escala gris para su procesamiento



Los histogramas son útiles para evaluar y ajustar la exposición y el contraste de una imagen, identificar problemas de iluminación y ayudar en la edición y mejora de imágenes. En el caso de que el histograma muestra que los tonos se agrupan en un extremo, podría indicar que la imagen está subexpuesta o sobreexpuesta. Ajustar la exposición en función del histograma puede ayudar a lograr un mejor equilibrio tonal y una imagen más visualmente atractiva.

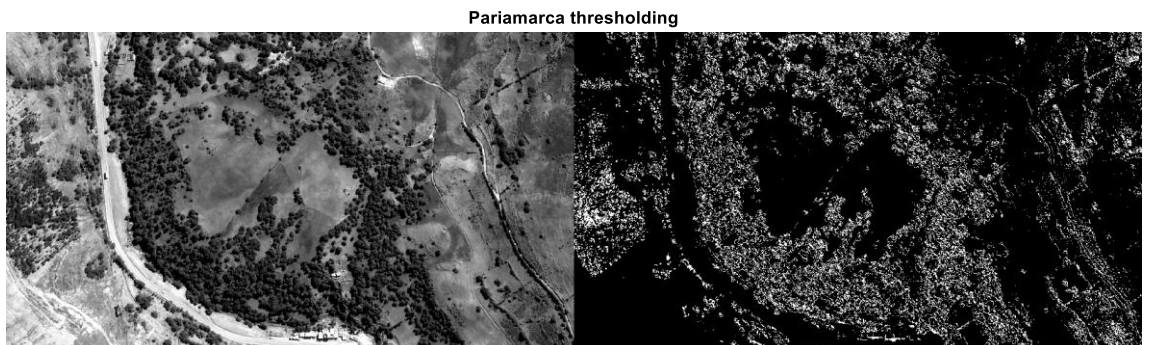
Producto del análisis espectral se muestra a continuación un histograma donde se cuantifica la tonalidad de color con mayor frecuencia en la escala del 0 a 255 esta tiende a una concentración entre 150 a 160.

Figura 9
Histograma de la imagen



A continuación, se presentan los resultados de la comparación de la imagen en escala gris con todas las bandas y al lado derecho la segmentación en la cual se aprecia los sembríos de los árboles de color blanco y así como algunas especies vegetales de la zona.

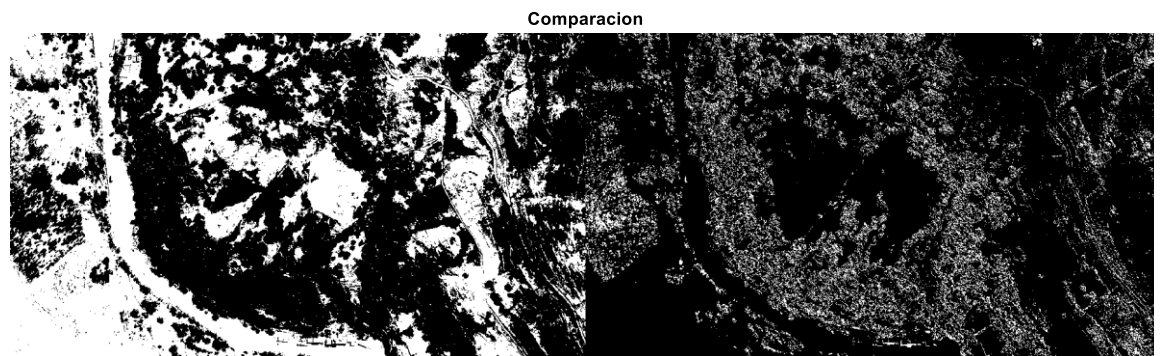
Figura 10
Teledetección de las áreas forestadas



De igual manera para los suelos degradados se presenta la imagen en la escala gris o binaria al lado izquierdo y al lado derecho las áreas forestadas.

Figura 11

Suelo degradado con la imagen forestación.



Producto del procesamiento de imágenes satelitales por medio de la combinación de bandas, se determinó las regiones la prestación, así como la degradación o erosión del suelo, su cuantificación se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 3

Superficies forestadas y degradadas

N	Forestación		Degradación	
	Px	m2	Px	m2
1	6	0.1	7088663	89492.0
2	82	1.0	396	5.0
3	84	1.1	71	0.9
4	143	1.8	307	3.9
5	8	0.1	22	0.3
6	51	0.6	388	4.9
7	248	3.1	118	1.5
8	323	4.1	66	0.8
9	166	2.1	431	5.4
10	175	2.2	317	4.0
11	5	0.1	27	0.3
12	10	0.1	457	5.8
13	14	0.2	278	3.5
14	61	0.8	12631	159.5
15	14	0.2	215	2.7
16	1195	15.1	864	10.9
17	202	2.6	625	7.9
18	14	0.2	51	0.6
19	3632	45.9	1763	22.3
20	18	0.2	216	2.7
21	482	6.1	622	7.9

22	52257	659.7	4708	59.4
23	899	11.3	237	3.0
24	158	2.0	49	0.6
25	115	1.5	583	7.4
26	28	0.4	55	0.7
27	2348	29.6	83	1.0
28	1596	20.1	3964	50.0
29	146	1.8	251	3.2
30	47	0.6	36	0.5
31	71	0.9	7666	96.8
32	36	0.5	29	0.4
33	194	2.4	117	1.5
34	298	3.8	36	0.5
35	325	4.1	121	1.5
36	1779	22.5	184	2.3
37	230	2.9	229	2.9
38	9	0.1	121	1.5
39	86	1.1	87	1.1
40	11	0.1	287	3.6
41	590	7.4	53	0.7
42	1	0.0	133	1.7
43	507	6.4	131	1.7
44	4	0.1	1273	16.1
45	1018	12.9	112	1.4
46	133	1.7	66	0.8
47	225	2.8	36	0.5
48	45	0.6	769	9.7
49	48	0.6	2948	37.2
50	83	1.0	103	1.3
51	101	1.3	45	0.6
52	1721	21.7	77	1.0
53	68	0.9	191	2.4
54	40	0.5	226	2.9
55	73	0.9	57	0.7
56	21	0.3	56	0.7
57	72	0.9	919	11.6
58	217	2.7	74	0.9
59	17	0.2	73	0.9
60	9	0.1	141	1.8
61	94	1.2	311	3.9
62	107	1.4	1064	13.4
63	10	0.1	135	1.7
64	2	0.0	173	2.2
65	38	0.5	216	2.7
66	266	3.4	637	8.0
67	17	0.2	929	11.7

68	41	0.5	36	0.5
69	2	0.0	199	2.5
70	91	1.1	90	1.1
71	176	2.2	310	3.9
72	83	1.0	50	0.6
73	77	1.0	100	1.3
74	10	0.1	36	0.5
75	263	3.3	50	0.6
76	137	1.7	2283	28.8
77	92	1.2	142	1.8
78	550	6.9	2342	29.6
79	212	2.7	177	2.2
80	92	1.2	73	0.9
81	337	4.3	57	0.7
82	101	1.3	592	7.5
83	47	0.6	4490	56.7
84	337	4.3	1824	23.0
85	5	0.1	251	3.2
86	62	0.8	1217	15.4
87	182	2.3	84	1.1
88	161	2.0	406	5.1
89	53	0.7	62	0.8
90	21	0.3	29	0.4
91	14	0.2	428	5.4
92	48	0.6	137	1.7
93	136	1.7	636	8.0
94	144	1.8	234	3.0
95	1196	15.1	104	1.3
96	208	2.6	14881	187.9
97	49	0.6	2644	33.4
98	129	1.6	55	0.7
99	141	1.8	417	5.3
100	177	2.2	49	0.6
TOTAL 4355825 54990.8 15608897 197057.2				

La tabla presenta los resultados de una prueba para una muestra en la que se analiza el efecto de la forestación en relación con un valor de prueba de 197057 m2 que es el total de la superficie erosionada. La prueba se realizó con un tamaño de muestra (gl) de 99 y arrojó un valor de significancia (Sig.) de 0.000, lo que indica que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa. La diferencia de medias calculada es -29866.273 y se acompañada de un

intervalo de confianza del 95%, que va desde -197060.1842 hasta -197034.0018. Estos resultados sugieren que la forestación está asociada con una disminución significativa en el valor analizado, con una confianza del 95% en que la diferencia de medias está dentro del rango mencionado.

Tabla 4

Prueba de hipótesis

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 197057

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Forestación	-29866,273	99	,000	-197047	-197060,1842	-197034,0018

4.3. Prueba de Hipótesis

H0: ($\mu=197057$) La forestación con *Pinus radiata* no mejora la composición física química del suelo degradado en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.

H1: ($\mu \neq 197057$) La forestación con *Pinus radiata* mejora la composición física química del suelo degradado en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.

Interpretación: De acuerdo a la tabla se realiza una comparación de la superficie forestada con la especie pino radiata con el total del área degradada del centro poblado de Pariamarca, en la columna sig bilateral, su resultado es cero y al emplear el criterio de rechazo de la hipótesis nula esta debe ser menor al 0.05, por lo que se valida la hipótesis de la investigación, entendiéndose que la forestación con *Pinus radiata* mejora la composición física química del suelo degradado en la Comunidad campesina de Pariamarca del distrito de Yanacancha.

4.4. Discusión de resultados

A continuación, se compara los resultados cuantificados del efecto del *Pinus radiata* sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, basados en investigaciones científicas y estudios realizados en diferentes regiones:

Cambios en el pH del suelo, diversos estudios han mostrado que la presencia de plantaciones de *Pinus radiata* conlleva a una disminución significativa en el pH del suelo, como es el caso de las áreas de Nueva Zelanda, en ello se ha observado una reducción en el pH del suelo de alrededor de 0.5 unidades en comparación con áreas sin pino radiata (Triviño, 2012). Por lo que la acidificación influye en la disponibilidad de nutrientes esenciales para otras plantas.

También la acumulación de hojarasca y mantillo, la producción de hojas y agujas por parte del *Pinus radiata* contribuye en una acumulación significativa de hojarasca en el suelo. En un estudio realizado en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, se encontró que la cantidad de hojarasca acumulada varió entre 4.4 a 10.5 toneladas por hectárea por año (Brandbyge, J.,2017). Por lo que esta acumulación de hojarasca influye en la descomposición de la materia orgánica y la calidad del suelo.

Asimismo, los cambios en la concentración de nutrientes, la presencia de *Pinus radiata* influye directamente en la concentración de nutrientes en el suelo. Como es en el país de Chile donde se ha demostrado que las plantaciones de *Pinus radiata* disminuyen la concentración de nitrógeno en el suelo. Esta reducción puede tener impactos en la disponibilidad de nitrógeno para otras plantas y la calidad del suelo.

En relación a las modificaciones en la actividad microbiana, muchos estudios han indicado que la presencia de *Pinus radiata* influye en la actividad microbiana del suelo. En un trabajo realizado en Chile, se encontró que la descomposición de la hojarasca de *Pinus radiata* afectaba la actividad

microbiana, reduciendo la actividad enzimática relacionada con la descomposición de materia orgánica. Implicando una afectación a los procesos de ciclado de nutrientes y la calidad del suelo.

CONCLUSIONES

El cultivo de *Pinus radiata* tiene efectos medibles y cuantificables sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo como en el pH, lo que a su vez influye en la dinámica y salud de los ecosistemas forestales y en la capacidad del suelo para sustentar otras formas de vegetación.

El efecto del *Pinus radiata* en las propiedades fisicoquímicas del suelo es significativo, especialmente en lo que respecta a la acidificación, la acumulación de hojarasca y los cambios en la disponibilidad de nutrientes. Estos efectos influyen en la capacidad del suelo para sustentar otros tipos de vegetación y afectar la salud y la dinámica de los ecosistemas forestales en las áreas donde se cultiva esta especie.

La superficie forestada de acuerdo al procesamiento de imágenes con el análisis de banda es de 5.4 sin embargo las superficies erosionadas con efectos de degradación son de 19.7 hectáreas demostrando la eficiencia de esta especie en la forestación de suelos para zonas como el centro poblado de Pariamarca ubicado a una altitud 4348 msnm perteneciente al distrito de Yanacancha provincia Pasco región Pasco

RECOMENDACIONES

Realizar un muestreo cuidadoso y representativo de los suelos tanto en áreas de plantación de *Pinus radiata* como en áreas adyacentes no afectadas por la plantación. Se deben seleccionar sitios de manera aleatoria o sistemática para obtener una muestra que refleje la variabilidad del suelo en la región de estudio.

Medir una serie de propiedades fisicoquímicas del suelo, como pH, contenido de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), textura y porosidad. Comparar estos datos entre las áreas de plantación y las áreas de referencia para determinar si existen diferencias significativas en las propiedades del suelo.

Si es posible, recopilar datos históricos previos a la plantación de *Pinus radiata* para establecer una línea base. Comparar las propiedades fisicoquímicas del suelo antes y después de la plantación puede proporcionar información valiosa sobre los cambios a lo largo del tiempo y el impacto directo de la plantación.

Utilizar análisis estadísticos adecuados para evaluar la significancia de las diferencias entre las propiedades del suelo en las áreas de plantación y las áreas de referencia. Puede emplearse pruebas como ANOVA o pruebas no paramétricas según la distribución de los datos. Además, el uso de mapas y análisis espaciales puede ayudar a visualizar las diferencias espaciales en las propiedades del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Decreto Supremo 014-92-EM. (1992). *Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería*. Perú. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/900997/DS-014-92-EM__TUO_.pdf?v=1593565033
- Sáciga Mendoza, M. M. (2019). *Análisis del proceso de evaluación ambiental del instrumento de gestión ambiental para la formalización minera*. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/707>
- Anderson, M. (2016). *Escalas de medición y variables en estadística*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://mauricioanderson.com/escalas-de-medicion-estadistica/>
- Andina. (25 de julio de 2018). Ayacucho: familias campesinas de Omasi recibirán 2,000 kilos de heno.
- Andina. (29 de Octubre de 2017). Más de 90,000 familias rurales se favorecerán con programa "Sierra Azul".
- Balcona Mamani, A. H. (2022). *Evaluación del proceso de formalización minera integral de la pequeña minería y minería artesanal en la región de Puno*. (U. N. Altiplano, Ed.) Puno. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3218927>
- Blanco Benavente, E. E., & Paricahua Sinca, H. F. (2020). *Identificación y valoración de impactos ambientales generados por las actividades de la minería informal, en el Cerro Luicho del Distrito de Colta, Provincia de Paucar del Sara Sara, Ayacucho*. Ayacucho. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3017>
- Cabrera, A., Humphries, S., & Paucar, R. (2010). Análisis financiero de un proyecto de reforestación y pago por servicios ambientales en Piura, Perú. *Usaid*.

Calduch Cervera, R. (2014). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL*. MADRID: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Técnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>

Chávez Bazán, J. L. (2019). *La evolución de las disposiciones gubernamentales para el proceso de formalización minera en las actividades de pequeña minería y minería artesanal en el Perú, entre los años 2012 al 2018*. Lima - Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15025/CHAVEZ_BAZAN_JORGE_LUIS_EVOLUCION_DISPOSICIONES_FORMALIZACION_MINERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez Bazán, J. L. (2019). *La evolución de las disposiciones gubernamentales para el proceso de formalización minera en las actividades de pequeña minería y minería artesanal en el Perú, entre los años 2012 al 2018*. (P. U. Perú, Ed.) Peru. Obtenido de <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=c8f68a98-e96c-489f-b806-84cf44ae606e%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLHNzbyZsYW5nPWVzJnNpdGU9ZWRzLWxpdmUmc2NvcGU9c2l0ZQ%3d%3d#AN=CONCYTEC.20.500.12404.15025&db=ir00912a>

Coelho, F. (19 de marzo de 2020). *Significado de Crecimiento poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.significados.com/crecimiento-poblacional/>

ConceptoDefinicion.de. (2019). *Zona Agrícola*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://conceptoDefinicion.de/zona-agricola/>

Concha Pérez, M. (2013). *Impacto Ambiental del Crecimiento Urbano en el Alto Q'osqo, San Sebastian - Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/antoniano/v23n123/a9.pdf>

Congreso de la República. (2005, 15 de octubre). *Ley General del Ambiente - Ley N° 28611*. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H901891>

Congreso de la República. (2017, 6 de enero). *Decreto Legislativo N° 1336 - Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización minera integral*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1171584>

Congreso de la República. (2021). *Ley N° 31388, Ley que proroga la vigencia del proceso de formalización minera integral*. Peru. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1301058>

Cotler, H., & Maass, J. M. (1999). Gestión arbórea en la cordillera noroccidental andina de Perú. *Mountain Research and Development*, 153-160.

Datosmacro. (2018). Perú registra un incremento de su población. *Expansión*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de Expansio: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/peru>

Decreto Legislativo N° 1293. (2016). *Decreto Legislativo que declara de interés nacional la formalización de las actividades de la pequeña minería y minería artesanal*. Perú. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-czz0zbcc4ukzrc-decreto-legislativo-1293-1468957-2.pdf>

Decreto Legislativo N°1336. (2017). *Decreto Legislativo N° 1336*. Perú. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-k8366lqj9z8sc674z-Decreto-Legislativo-n-1336-1471014-2.pdf>

Decreto Supremo N°016-2022-EM. (2022). Decreto Supremo N° 016-2022-EM. *Diario Oficial el Peruano*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3917139/DS%20N%C2%B0%20016-2022-EM.pdf.pdf?v=1670427933>

Decreto Supremo N° 038-2017-EM. (2017). *Establecen Disposiciones Reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal*. Perú: El peruano. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/308245/D.S._N__038-2017-EM_Reglamento_IGAFOM.pdf?v=1555364431

Definiciones XYZ. (2015). *Concepto de Desarrollo Urbano*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.definicion.xyz/2018/05/desarrollo-urbano.html>

Ejemplosde.com. (2019). *Ejemplos de proyectos sociales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://ejemplosde.co/proyectos-sociales/>

El Estado Peruano. (2021). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/8487-superintendencia-nacional-de-aduanas-y-de-administracion-tributaria-registro-integral-de-formalizacion-minera-reinfo>

Enciclopedia Libre. (2 de junio de 2020). *Crecimiento poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_poblacional#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20crecimiento%20poblacional,de%20tiempo%20para%20su%20medici%C3%B3n.

Estela Raffino, M. (2020). *Crecimiento Poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://concepto.de/crecimiento-poblacional/>

Ficeda. (2017). *Lo que no sabes de la Central de Abastos*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.cityexpress.com/blog/lo-que-no-sabes-de-la-central-de-abastos>

Gamarra Agama, S. (2017). *Ánalisis de la Cobertura y Uso de la Tierra Utilizando imágenes de Resolución Espacial Media para el Distrito de San Ramón - Chanchamayo - Junín - Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Ciencias Forestales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>

Gartzia Bengoetxea, N., Martínez de Arano, I., & Arias González, A. (2021). La productividad forestal y los servicios ecosistémicos del suelo asociados permanecen alterados 15 años después de la preparación mecanizada del terreno para la reforestación con *Pinus radiata*. *Soil and Tillage Research*.

Geoinova. (2019). *¿Qué son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?* Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>

Gerencia de Planeamiento Urbano. (2020). *Proceso para la formulación del nuevo Plan de Desarrollo Urbano 2022 – 2032*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://msi.gob.pe/portal/proceso-para-la-formulacion-del-nuevo-plan-de-desarrollo-urbano-2022-2032/#:~:text=Un%20plan%20de%20desarrollo%20urbano%20es%20un%20documento%20t%C3%A9cnico%20donde,ha%20de%20hablar%20en%20dicho>

Gestion en Recursos Naturales (GRN). (2018). *Impactos Ambientales*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>

Granados Posso, C. C. (2019). *El proceso de formalización minera integral en el Perú y la vulneración de los derechos de los concesionarios mineros*. Lima-Perù: Universidad de Lima. Obtenido de

https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9458/Granados_Posso_Carmen_Clemencia.pdf?sequence=4

Guevara, M. (2017). Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial, Puebla. doi:10.18537/est.v006.n011.a04

Haller, A. (2016). Los impactos del crecimiento urbano en los campesinos andinos. Un estudio de percepción en la zona rural-urbana de Huancayo, Perú. *Instituto de Investigación Interdisciplinaria de Montaña*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/17579/18486>

Hui quan, B., Simpson, J., Rong wei, L., Hong, Y., Zong xing, W., Shi-min, C., & Eldridge, R. (2003). Introducción del *Pinus radiata* para la forestación: una revisión con referencia a Aba, China. *Journal of Forestry Research*, 311–322 .

Imanuddin, R., Hidayat, A., Rachmat, H., Turjaman, M., Pratiwi, Nurfatriani, F., . . . Susilowati, A. (2020). Reforestación y gestión sostenible de plantaciones forestales de *Pinus merkusii* en Indonesia: Una revisión. *Forests*.

Instituto Crecer. (20 de abril 2018). Agricultura: mirando al Bicentenario y más allá in Gestión.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (abril de 2020). *Densidad de población*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.sielocal.com/informe/565/Densidad-de-poblaci%C3%B3n>

Jimenez Inza, J. C. (2019). *Evaluación de la aplicación del instrumento de gestión ambiental para la formalización de la pequeña minería y minería artesanal en el distrito de Supe – Barranca - Lima - 2019*. Lima: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2418>

- Ley General del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente*. Perú. Obtenido de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/\\$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf)
- Ley N° 27651. (2002). *Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal*. Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27651.pdf>
- LiderDeProyecto.com. (2020). *Megaproyectos*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.liderdeproyecto.com/megaproyectos/>
- Luhing Soto, J. D., & Torres Congachi, D. P. (2021). *La Política de Ampliación de Plazos en la Formalización Minera y su relación con el Daño Ambiental, en el departamento de Ayacucho*. Trujillo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/69934/Luhing_SJ-D-Torres_CDP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mariátegui D'Ornellas, L. R. (2019). *El Proceso de Formalización Minera Integral y su relación con el ambiente*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15994/RODRIGUEZ_MARIATEGUI_D%C2%B4ORNELLAS_LUIS_JOS%C3%89.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Meza, C., & Comeca, M. (2011). Aplicación del SIG en el crecimiento urbano de la ciudad de Pucallpa para su gestión y ordenamiento ambiental. *Investigaciones Sociales*, 63-64. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/7361/6434>

Michel Rodriguez, M. (2006). *El Pino radiata en la Historia Forestal Vasca Análisis de un proceso de forestalismo intensivo*. Madrid: Aranzadi.

MINAGRI. (2015). Ley forestal y de fauna silvestre No 29763 y sus reglamentos: bosques productivos para la vida.

MINAGRI. (2015). Reglamento para la gestión forestal.

MINAGRI. (13 de diciembre de 2017). Sierra Azul. Campaña forestal agraria.

MINAGRI-Sierra Azul. (2017). Lineamientos de intervención para la elaboración y/o ejecución de expedientes técnicos de los proyectos de inversión pública enmarcados en siembra y cosecha de agua de la unidad ejecutora 0036-001634 "Fondo Sierra Azul".

MINEM. (2018). *Eitird.mem.gob.do*. Obtenido de [Eitird.mem.gob.do: https://eitird.mem.gob.do/actividad-minera-exploracion-produccion-y-exportacion/](https://eitird.mem.gob.do/actividad-minera-exploracion-produccion-y-exportacion/)

Ministerio de Energía y Minas. (1992, 4 de junio). *DECRETO SUPREMO N° 014-92-EM - Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería*. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H754834>

Ministerio de Energía y Minas. (2017, 1 de junio). *Decreto Supremo N° 018-2017-EM - Establecen disposiciones complementarias para la simplificación de requisitos y la obtención de incentivos económicos en el marco del Proceso de Formalización Minera Integral*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1181740>

Ministerio de Energía y Minas. (2017, 1 de noviembre). *Decreto Supremo N° 038-2017-EM Establecen Disposiciones Reglamentarias para el Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería*

Artesanal. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1192891>

Ministerio de Energía y Minas. (2022, 25 de noviembre). *Decreto Supremo N° 016-2022-EM - Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional Multisectorial para la Pequeña Minería y Minería Artesanal al 2030*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1331293>

Montalvo Soto, Y. Y. (2019). *Modelo de gestión para la formalización de pequeña minería y minería artesanal basado en la metodología Six Sigma en la región Ancash*. Ancash: Univesidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635426/Montalvo_SY.pdf?sequence=3

Ordenanza General de Urbanismo y Cosntrucciones (OGUC). (2018). *¿Qué es el Uso de Suelo?* Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://scsarquitecto.cl/uso-de-suelo-que-es/>

Parfitt, R., & Ross, D. J. (2011). Efectos a largo plazo de la forestación con *Pinus radiata* sobre el carbono, el nitrógeno y el pH del suelo: un estudio de caso. *Soil Research*, 494-503.

Pérez Porto, J., & Merino, M. (2009). *Definición de Agricultura*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://definicion.de/agricultura/>

Plataforma Educativa de Recursos Digitales (PERD). (2015). *La Agricultura en el Perú*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://carpetapedagogica.com/agriculturaenelperu>

Poder Ejecutivo. (2016, 30 de diciembre). *DECRETO LEGISLATIVO N° 1293 - Decreto Legislativo que declara de interés nacional la formalización de las actividades*

de la pequeña minería y minería artesanal. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/detallenorma/H1170895>

Rodríguez, V. (2015). Impacto del crecimiento poblacional en el medio ambiente. *Relaciones De Población*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://valenanit.webnode.com.co/ecologia/crecimiento-poblacional-humano/impacto-del-crecimiento-poblacional-en-el-medio-ambiente/#:~:text=Relaciones%20De%20Poblaci%C3%B3n-,Impacto%20del%20crecimiento%20poblacional%20en%20el%20medio%20ambiente,la%20superv>

Rosete Vergés, F., Pérez Damián, J., & Bocco, G. (2008). Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n67/n67a4.pdf>

Rueda Berlanga, C. R. (2017). *DETERMINACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA ACTIVIDAD MINERA EN EL DISTRITO DE OYOLO, REGIÓN AYACUCHO, 2017*. Arequipo: EPG Universidad Católica de Santa María . Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/8900/8V.1873.MG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz Mitjana, L. (2018). *¿Qué es el diseño de investigación y cómo se realiza?* Recuperado el 27 de junio de 2020, de Analizamos el conjunto de herramientas, técnicas y métodos idóneos para realizar una investigación.: <https://psicologiymente.com/miscelanea/disenio-de-investigacion>

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SMARNP). (2000). Impactos ambientales del crecimiento de la población en México. *Semarnap*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://www.paot.org.mx/centro/ine->

semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/01dim_social/01_01_
Demografia/data_demografia/Recuadro1.1.1.htm

SERFOR. (2018). Con el apoyo del SERFOR y AGRORURAL comunidad campesina de Tarma realiza jornada de plantación de 8,000 pinos.

Shutterstock. (2017). *Tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Recuperado el 27 de junio de 2020, de Métodos de investigación: <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>

SUNASS. (09 de mayo de 2017). Plantaciones de pino no ayudan a superar sequías, las empeoran.

Tito, R., Salinas, N., Cosio, E. G., Boza Espinoza, T. E., Muñiz, J. G., Aragón, S., . . . Roman-Cuesta, R. M. (2022). Bosques secundarios en Perú: prestación diferencial de servicios ecosistémicos en comparación con otras transiciones forestales posteriores a la deforestación. *Ecology and Society*.

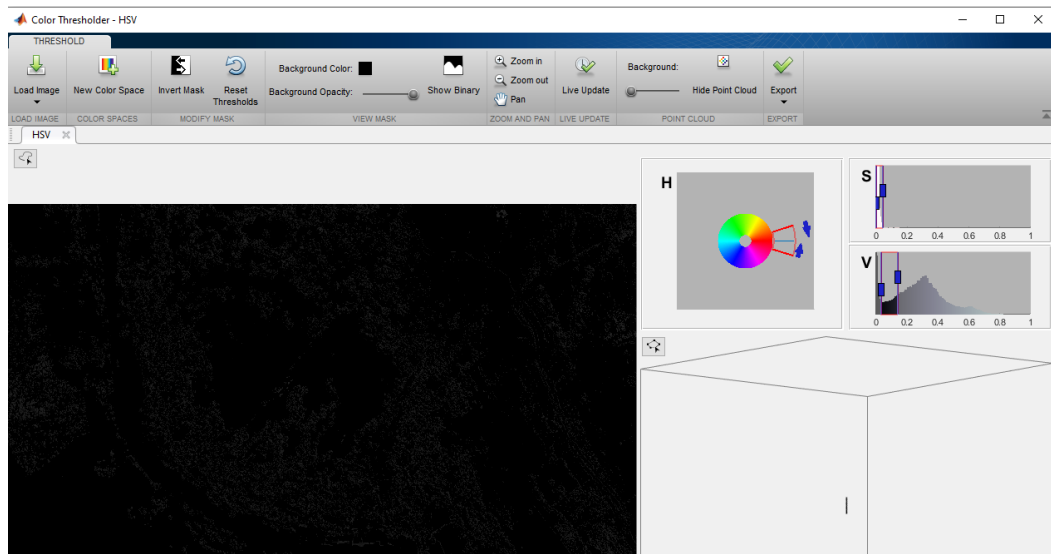
Urriola Canchari, N. N., Baral, P., & Wang, L. (2018). Contribuciones locales de los bosques al crecimiento económico de Perú: El caso de las plantaciones de *Pinus radiata*. *Economics*.

Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J., & Macías. (2014). *Crecimiento demográfico y Sostenibilidad*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=4>

Zárate Martín, M. (s.f.). *Crecimiento Poblacional*. Recuperado el 26 de junio de 2020, de GeoEnciclopedia: <https://www.geoenciclopedia.com/crecimiento-poblacional/>

ANEXOS

Anexo 1 Análisis de bandas por medio de procesamiento de imágenes satelitales



Anexo 2 Pinus Radiata



Anexo 3 Matriz de consistencia

Título: Evaluación del efecto de la plantación forestal de Pinus Radiata sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en la comunidad campesina de Paríamarca, Distrito de Yanacancha – 2023

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V.I	Población	Método	
¿Cómo influirá la forestación con la especie de Pinus Radiata en el mejoramiento de la composición físicoquímica del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023?	Evaluar la influencia de la forestación con la especie de pinus radiata en el mejoramiento de la composición físico-química del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023	La forestación con Pinus radiata mejorara la composición física química del suelo degradado en la Comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha.	Composición física y química del suelo.	Composición del suelo de la comunidad campesina de Paríamarca	Hipotético - deductivo	Estadística Inferencial
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V.D	Muestra	Nivel de investigación	Validación de hipótesis
¿Cómo influye la forestación con la especie de Pinus radiata en el mejoramiento de la composición físico del suelo degradado en la Comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023?	Determinar la influencia de la forestación con la especie de pinus radiata en el mejoramiento de la composición físicoquímica del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023	La composición física del suelo degradado mejorara con la forestación del pinus radiata en la Comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha.	Especie de pinus radiata en la comunidad campesina de Paríamarca.	Muestreo intencionado no probabilístico	Causal	Pruebas paramétricas
¿Cómo influye la forestación con la especie de Pinus radiata en el mejoramiento de la composición química del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023?	Determinar la influencia de la forestación con la especie de pinus radiata en el mejoramiento de la composición físicoquímica del suelo degradado en la comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha 2023	La composición química del suelo degradado mejorara con la forestación del pinus radiata en la Comunidad campesina de Paríamarca del distrito de Yanacancha		No Experimental	Diseño	T student