

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Determinación del potencial de los servicios
ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación
de impactos ambientales en el centro poblado
de Acopalca, en el año 2017**

Heidi Indrid Taype Otaño

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en un primer lugar a la Universidad Continental, por ser el sostén en mi formación profesional como alma máter, así como por la predisposición para el uso de los laboratorios de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental. Asimismo, agradezco a CARE Perú por la información brindada respecto de las actividades de reforestación en el Centro Poblado de Acopalca.

De igual manera agradezco a mi asesor de tesis: Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez, por brindarme los conocimientos adecuados para culminar la presente investigación de una manera óptima. Asimismo, a la Ing. Esmila Chavarría Márquez, responsable de los laboratorios de la Universidad Continental, por la atención brindada en la parte observacional en laboratorio de la presente investigación.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis padres y a mi hijo, Valentín, por ser mis motivos de vida, los cuáles me impulsan a seguir creciendo en todo aspecto: profesional y personal.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.3.1. Justificación práctica.....	5
1.3.2. Justificación metodológica.....	6
1.3.3. Justificación científica.....	6
1.3.4. Importancia.....	6
1.4. Hipótesis y variables.....	7
1.4.1. Hipótesis de investigación.....	7
1.4.2. Hipótesis nula.....	7
1.4.3. Operacionalización de las variables.....	8
CAPÍTULO II.....	9

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	9
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	13
2.1.3.	Antecedentes encontrados en artículos de divulgación	15
2.2.	Bases teóricas	17
2.2.1.	Fundamentos teóricos de la investigación	17
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación.....	21
2.2.3.	Modelo teórico de la investigación	30
2.3.	Definición de términos	31
CAPÍTULO III.....		34
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	34
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	34
3.1.2.	Tipo de la investigación	37
3.1.3.	Nivel de la investigación	37
3.2.	Diseño de la investigación	38
3.3.	Población y muestra	38
3.3.1.	Población.....	38
3.3.2.	Muestra	39
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	41
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	41
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	42
CAPÍTULO IV		43
4.1.	Resultados de la investigación.....	43
4.1.1.	Prueba de hipótesis	52
4.2.	Discusión de resultados.....	54
CONCLUSIONES		58
RECOMENDACIONES.....		59

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Servicios y funciones ecosistémicos.....	19
Figura 02. Representación de la especie forestal presente en el área de estudio y sus características.....	20
Figura 03. Criterios de protección ambiental asumiendo las características del medio ambiente.....	22
Figura 04. Metodología de evaluación de la cantidad de carbono (unitario inicial, rodales conglomerados, total.....	23
Figura 05. Ecuaciones alométricas empleadas para el cálculo de contenido de carbono en biomasa arriba del suelo.....	25
Figura 06. Distribución de los puntos de muestreo en función de la forma: cuadrado, irregular.....	26
Figura 07. Profundidad recomendada de extracción o muestreo de suelo en función de su uso.....	27
Figura 08. Sistemas y componentes ambientales complementarios y equivalentes a los componentes y factores ambientales trabajados en común a nivel nacional.....	30
Figura 09. Modelo teórico de la investigación.....	31
Figura 10. Proyectos piloto que fueron implementados a la fecha.....	40
Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo.....	41
Figura 12. Gráfico que muestra el porcentaje de servicios ecosistémicos identificados en relación al objeto de estudio de la investigación.....	45
Figura 13. Valores de la significancia de los impactos al considerar la interacción de la importancia y la magnitud.....	49
Figura 14. Representación de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a través del programa estadístico SPSS.....	53
Figura 15. Representación de la prueba paramétrica de correlación de Pearson como evidencia de validación estadística.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables.....	8
Tabla 02. Adhesión de la jerarquía de mitigación.....	21
Tabla 03. Consideraciones generales del plan de muestreo.....	25
Tabla 04. Consideraciones respecto de la determinación de las propiedades – características del suelo.....	28
Tabla 05. Complemento sustentatorio de la identificación de los servicios ecosistémicos asociados a la investigación.....	45
Tabla 06. Características de los suelos de la subcuenca del Shullcas.....	46
Tabla 07. Características de los suelos de Acopalca frente al análisis de los servicios ecosistémicos.....	46
Tabla 08. Determinación del almacenamiento y captura de carbono por árbol.....	48
Tabla 09. Identificación de componentes y factores ambientales necesarios para la investigación (representativos).....	48
Tabla 10. Matriz de causa y efecto de los servicios ecosistémicos identificados	50
Tabla 11. Comparativo entre las características de los suelos de Acopalca.....	56

RESUMEN

Se determinó el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017. El método empleado fue el deductivo y analítico, de corte específico observacional; el tipo y nivel de la investigación fue aplicada y explicativa respectivamente; el diseño fue no experimental transversal; se aplicaron 2 listas de cotejo y una ficha de muestreo de suelos que permitieron identificar el potencial los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* y sus características. Como resultados se determinaron impactos negativos al suelo del centro poblado de Acopalpa por la presencia de la especie forestal *Pinus radiata*; también se determinó un potencial de captura de carbono moderado por parte de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata*; se comprobó matricialmente que el nivel de mitigación de impactos ambientales tras el análisis de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* en la zona de estudio tiende a no ser el adecuado. Finalmente, se concluye que el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, mitigación de impactos ambientales, captura de carbono, regulación hídrica, *P. radiata*.

ABSTRACT

The potential of *Pinus radiata*'s ecosystem services for the mitigation of environmental impacts in the Centro Poblado de Acopalca was determined in 2017. The method used was the deductive and analytical, specific observational cut; the type and level of the investigation was applied and explanatory respectively; the design was non-experimental transversal; 2 checklists and a soil sampling sheet were applied that allowed identifying the potential of the ecosystem services of *Pinus radiata* and its characteristics. As a result, negative impacts on the soil of the populated center of Acopalca were determined by the presence of the *Pinus radiata* forest species; a moderate carbon sequestration potential was also determined by the *Pinus radiata* ecosystem services; it was found matrixally that the level of mitigation of environmental impacts after the analysis of the ecosystem services of *Pinus radiata* in the study area tends not to be adequate. Finally, it is concluded that the potential of *Pinus radiata*'s ecosystem services for the mitigation of environmental impacts is not significant in the Centro Poblado de Acopalca in 2017.

Key words: ecosystem services, environmental impact mitigation, carbon capture, water regulation, *P. radiata*.

INTRODUCCIÓN

La tendencia por el estudio, análisis y desarrollo de los servicios ecosistémicos a nivel nacional se encuentra en una fase inicial; a nivel normativo-ambiental realizado por el Ministerio del Ambiente considero que se vienen tomando en cuenta en los últimos años constantes innovaciones y muchas veces, acorde a un país desarrollado propiamente dicho que no concuerda con la realidad de nuestro país, sin embargo, la vulnerabilidad que representa nuestra biodiversidad, así como lo planteado internacionalmente según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) frente a la lucha contra el cambio climático, la contaminación ambiental etc., evidencia que debemos mantener esa línea de visión con el desarrollo de reforestación que procuren evidenciar un estado de sostenibilidad, por tanto, la conservación adecuada de nuestros ecosistemas y la mitigación de los impactos ambientales generados, en mayoría, por factores antropogénicos .

La presente investigación aborda como objeto de estudio el potencial de mitigación de impactos ambientales asociada al análisis de los servicios ecosistémicos del *Pinus radiata* en un área representativa de la provincia de Huancayo, como es el Centro Poblado de Acopalca cercano al Área de Conservación Regional Huaytapallana; el potencial análisis de contraste se realizó teniendo en cuenta una actividad de intervención en áreas degradadas muy evidente en dicha zona: la reforestación, para el caso de una especie introducida respecto del medio natural endémico: el pino. Se tomó antecedentes de estudios respecto al efecto del *P. radiata* en el suelo mineral superficial, estudios referentes a tecnología de reforestación, efecto de plantaciones de *P. radiata* sobre el recurso agua en la región del Biobío, Chile y tesis referidas a evaluación de servicios ecosistémicos. El generar conocimientos potenciales, como aporte científico y acorde al alcance metodológico, aportará una primera idea de la presencia de dicha especie forestal como eje de “optimización” de los servicios ecosistémicos, enmarcados en los mecanismos de retribución de los mismos normativamente; sin embargo, se llegó a comprobar que la presencia de la especie *P. radiata* no refleja lo esperado como investigadora: el obtener índices apropiados de mitigación de impactos ambientales en marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, por el contrario, la evidencia cotejada en campo y analizada apropiadamente en condiciones de gabinete (laboratorio), muestra que se obtienen valores insignificantes respecto de la consideración de dicho potencial de mitigación.

La especie forestal introducida (*P. radiata*) no favorece a los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, por tanto, no favorece el potencial de mitigación de impactos ambientales brindados por los servicios ecosistémicos del centro poblado de Acopalca a diferentes plazos, evidenciando una necesidad de mejora en posteriores acciones de reforestación.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ¹, en relación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - UNFCCC, existe una gran trascendencia frente a la adaptación al cambio climático en consecuencia a las necesidades de los países en desarrollo, dicha problemática está relacionada con el alcance de la sostenibilidad. Complementariamente, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO ² destaca que las reservas de biosfera, en especial las enmarcadas en áreas de conservación, porque son potenciales “laboratorios vivos” y una vía para alcanzar el Desarrollo Sostenible, de modo que dichas áreas potencialmente son las ideales para plantear e implementar propuestas innovadoras en la gestión de los servicios ambientales o de ecosistemas; sin embargo hoy en día, no se desarrolla de manera sostenible a causa de: “cambios demográficos, políticas energéticas, uso de la tierra, cambio climático, entre otros”. Dicha situación, a nivel global, influye en la merma de la calidad de vida de la población (objeto directo o indirecto de los servicios ecosistémicos). La UNESCO ³ también hace referencia a “las montañas como torres de agua del mundo: protegiendo el agua y los servicios ecosistémicos de montaña

ante el cambio climático”, donde hace referencia a que los ecosistemas propios de la montaña contribuyen en un servicio ambiental directo, e indirecto social y económico a regular el clima y la disposición del recurso hídrico, así como la calidad del aire y la protección de la población frente a riesgos naturales, además de que sus indicadores ecosistémicos son los más fiables a nivel mundial por su sensibilidad o vulnerabilidad respecto del cambio climático; dicho panorama no solo expone el potencial de análisis ecosistémico desde un sector geográficamente indicado respecto de su intervención, sino también las características de sostenibilidad que deben mantenerse a un margen adecuado que reflejen un progreso, lo cual no se evidencia como tal, al contrario, condicionantes expuestas líneas arriba favorecen a un escenario inversamente proporcional a lo esperado, de modo que la posibilidad de mejora a nivel integral aún permanece latente, en especial, como se mencionó, en sociedades en vías de desarrollo, como es el caso del Perú.

El Ministerio del Ambiente ⁴, págs. 23 - 24 del Perú menciona puntualmente como “avances en la adaptación al cambio climático y el estado de vulnerabilidad en el Perú” lo siguiente: “en los últimos 6 años (período 2010 - 2016), se ha desarrollado al menos 330 iniciativas denominadas programas, proyectos y/o acciones, 112 de los cuales han abordado la adaptación desde distintos enfoques. El 23 % de las iniciativas de adaptación cuentan con un enfoque basado en comunidades, 21 % en gestión de riesgo, 20 % en cuencas, 20 % en ecosistemas, 9 % en sectores prioritarios y 4 % en ciudades. Además, el 23 % de estas contribuyen a reducir la vulnerabilidad en zonas con diversidad biológica y servicios ecosistémicos”, hallando un contraste con lo propuesto desde el enfoque internacional respecto de la relación existente entre la adaptación al cambio climático y la reducción de la vulnerabilidad, para el caso, de los servicios ecosistémicos. De igual manera, a nivel nacional ya se tienen leyes que hacen referencia a los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE), como son la Ley N° 30215 ⁵ y su reglamento el D.S. 009-2016-MINAM ⁶, sin embargo se observa que en la práctica, aún no se evidencian como “comerciales” o atractivos de intervención fuera de lo propuesto por las entidades reguladoras y directamente parametrizadas con el desarrollo propio del tema; por otra parte, el 23 % de acciones referidas al desarrollo

de mecanismos que regulen positiva y equilibradamente a los servicios ecosistémicos aún no han sido evaluadas propiamente, por esta razón el potencial de intervención a niveles ambientales, considerando al Desarrollo Sostenible como eje, se mantiene en latencia ⁽⁷⁾. Complementariamente, el MINAM ⁴, pág. 114 en uno de los objetivos de los Planes Regionales de Reforestación al 2012, menciona que: “promover la reforestación de las cuencas hidrográficas y el manejo de los recursos naturales con criterios ecosistémicos y de sostenibilidad. Se espera lograr la regulación del régimen hídrico, la conservación de la biodiversidad, el control de la erosión y la desertificación, así como el incremento del valor patrimonial del poblador rural, influyendo así en el desarrollo socioeconómico de las poblaciones más pobres”, implícitamente, se pretende abordar los servicios ecosistémicos desde el punto de vista de la reforestación como alternativa de recuperación de áreas degradadas en concordancia con lo estipulado en la normativa nacional ⁶, sumándole el desarrollo de “Iniciativas de comunidades campesinas y nativas y pequeños productores para enfrentar el cambio climático” ⁴, pág. 182, las acciones de reforestación con “fines de carbono y generación de utilidades para agricultores cafetaleros y campesinos altoandinos” vienen siendo reconocidas honoríficamente por parte de los entes reguladores del tema, aunque aún no reportan la sostenibilidad de la aplicación de dichas acciones, evidenciando un potencial de intervención superlativo.

A nivel local, según el diario Correo ⁸, el año 2012 se buscó recuperar el potencial de equilibrio ecosistémico del Área de Conservación Regional (ACR) Huaytapallana mediante acciones de reforestación (anexo 09) acorde a la implementación de un proyecto piloto con el objeto de preservar el manto glaciar del nevado Huaytapallana así como la disposición de niveles óptimos del recurso hídrico enfocado en el uso poblacional, específicamente en la ciudad de Huancayo. El supervisor del proyecto, Jesús Córdova ⁸, hace referencia a lo siguiente: “el calentamiento global está afectando severamente a la ciudad de Huancayo, prueba de ello es la desglaciación del nevado Huaytapallana”, haciendo énfasis a la necesidad de intervención con fines preventivos a mediano y largo plazo.

Asimismo, la Agencia Peruana de Noticias (ANDINA) ⁹, hace referencia a las jornadas de reforestación que se realizaron con la activa participación de la población en el área de conservación regional (ACR) Huaytapallana; plantones reforestados incluyeron al quinal (*Polylepis incana*), pino (*P. radiata*) y aliso (*Alnus acuminata*) (ver anexo 09); el propósito de las jornadas fue: “impulsar la siembra de agua y la lucha contra el cambio climático”, en otras palabras, se hace referencia a los servicios ecosistémicos ⁶.

Se evidencia la necesidad de determinar el potencial de los servicios ecosistémicos del *P. radiata* para la mitigación de impactos ambientales en las áreas de influencia directa del área de conservación regional Huaytapallana, por la intervención realizada como fue la acción de reforestación con esta especie, para así realizar un análisis que permitirá evaluar el potencial de mitigación de impactos ambientales, lo cual tienda por favorecer también al análisis de la capacidad de adaptación de especies a las consecuencias del cambio climático ¹⁰.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Cuál es el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017?

B) Problemas específicos:

- ¿Cuáles son los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017?
- ¿Qué factores ambientales evidencian un mayor potencial de mitigación de impactos ambientales aportado por los servicios ecosistémicos de la reforestación de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.
- Determinar los factores ambientales que evidencian un mayor potencial de mitigación de impactos ambientales aportado por los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

El desarrollo de la presente investigación se justifica en la práctica por el hecho de abarcar uno de los conceptos que en la actualidad se viene incentivando en su desarrollo: el análisis y/o evaluación de los servicios ecosistémicos de especies introducida como paradigma complementario al alcance del Desarrollo Sostenible. De igual manera, se sustenta de manera asertiva por el hecho de ejecutar la investigación en un área reconocida como de “protección” o de necesidad vital para el desarrollo de la ciudad de Huancayo desde el punto de vista ecosistémico ⁸ acorde a lo también realizado como investigaciones independientes y complementarias (con distintos objetos de estudio: agronómico y forestal) de parte de organismos como el Ministerio de Agricultura y Riego y sus unidades desconcentradas regionales.

1.3.2. Justificación metodológica

Metodológicamente, la presente investigación se justifica por abordar desde el punto de vista del análisis del impacto ambiental (en un primer momento) el potencial de los servicios ecosistémicos por la realización y presencia o persistencia de la reforestación con *P. radiata* como medida de adaptación frente al cambio climático ⁷ en el Centro Poblado de Acopalca, provincia de Huancayo, que pertenece al Área de Conservación Regional Huaytapallana (ver anexo 08), según el Decreto Supremo N° 018-2011-MINAM ¹¹; en esencia, la determinación de dicha mitigación que favorecerá al desarrollo complementario de otras investigaciones (con proyección tecnológica) que se enfoquen a la persistencia del desarrollo de la citada medida de adaptación con dicha especie forestal con fines que evidencien la búsqueda y alcance de los lineamientos del Desarrollo Sostenible.

1.3.3. Justificación científica

La presente investigación se justifica científicamente por sostener a lo largo de la misma la aplicación del método científico con fines de obtener resultados y conclusiones reales o validadas (aporte científico) y a la vez representativas en relación al objeto de estudio. El aporte científico esperado se mantuvo en relación al abordaje de un problema desde el punto de vista ambiental, propiamente asumiendo los indicadores o niveles propuestos que, nacionalmente según la normativa, catalogan al impacto ambiental, así como su integración con la temática de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, de modo que la consistencia y lógica que se evidencie a lo largo de la presente refleje calidad y representatividad.

1.3.4. Importancia

La importancia de la presente investigación se fundamenta por abordar la temática del análisis inicial (desde el punto de vista de la mitigación de impactos ambientales en un entorno de medidas de prevención) de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos como alternativas de adaptación frente al cambio climático en relación a proyectos ejecutados, como es el caso de la reforestación con especies endémicas e introducidas; la inquietud de conocer si dicha reforestación evidencia un escenario de mitigación de impactos ambientales desde un primer alcance, acorde al nivel de investigación planteado, así como un aporte de importancia frente a la reducción de impactos ambientales negativos producidos, en mayoría, antropogénicamente, directa e indirectamente, abrirá un campo de investigación de suma importancia frente a la acción de la Ingeniería Ambiental propiamente dicha en su intervención en las áreas protegidas pero teniendo en cuenta terminología específica frente al alcance de la Sostenibilidad, así como se sostendrán mejores ideas de participación en relación a la elección de alternativas óptimas que favorezcan a la adaptación frente al cambio climático.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H₁: El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales es significativo en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017.

1.4.2. Hipótesis nula

H₀: El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.

1.4.3. Operacionalización de las variables

Tabla 01. *Descripción y Operacionalización de las variables.*

Variables	Tipo de variable	Conceptualización	Categorías	Indicadores
Mitigación de impactos ambientales	Dependiente	Se entiende por mitigación de impactos ambientales el nivel de reducción frente al impacto ambiental negativo que se viene dando en un área determinada mediante la aplicación de alternativas que reflejen sostenibilidad.	Niveles de significancia.	Significativo. Moderado. Insignificante.
			Impacto ambiental.	Positivo. Negativo. Magnitud. Importancia.
Servicios ecosistémicos aportados por la reforestación de <i>P. radiata</i> .	Independiente	Se refiere a los servicios que brinda el ecosistema y que forman parte de alternativas implantadas en un área determinada (reforestación) con el fin de recuperarla así como favorecer el equilibrio ecosistémico.	Factores ambientales.	Agua. Suelo. Flora. Paisaje.
			Servicios ecosistémicos.	Potencial de regulación hídrica. Potencial de captura y almacenamiento de carbono. Presencia de <i>P. radiata</i> en la unidad de análisis. Estado de conservación de <i>P. radiata</i> .

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado “Efecto de *P. radiata* sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial”, se planteó como objetivo el estudiar y comparar “dos trabajos comparativos sobre el efecto de las plantaciones de *P. radiata* (21 - 27 años), de primera rotación, sobre el piso forestal y sobre el horizonte mineral superficial, en relación a la situación bajo bosque natural secundario, de edad de desarrollo equivalente”. Se concluye que las reforestaciones con plantaciones de *P. radiata* desarrollan una estructura suelta en el suelo ya que forman humus de tipo moder y que a la vez presenta una descomposición lenta respecto del clima en el lugar de estudio; de igual modo hacen referencia a que el *P. radiata*, como especie pionera, refleja una conducta agresiva que es adecuada para la “colonización y habilitación de suelos recientes o erosionados” ¹², pág. 29 - 46.

En el artículo de investigación científica titulado “Tecnología para la reforestación en América Latina”, se planteó como objetivo “ver las semejanzas entre los programas históricos y los actuales relativos a la

conservación y la restauración de los suelos forestales degradados por la agricultura”. En marco de la sustentabilidad, llegó a los resultados que ésta tiende a ser considerada cuando se da un balance entre lo reforestado y lo deforestado, donde se debe tener en cuenta que “debe existir la responsabilidad de manejar el recurso para generar capital social, de tal forma que las actividades actuales sean equitativas y eviten la degradación de los recursos para beneficio de generaciones futuras”. Concluye que la reforestación propiamente tecnológica no influye significativamente en sectores en vías de desarrollo, mas así es necesario el incentivar a la aplicación de dicha tecnología con el fin de apoyar en la rehabilitación de áreas degradadas que, a su vez, respeten la cultura de las poblaciones circundantes o propias del área de influencia directa; es decir, se debe explotar lo que se tenga disponible para evidenciar una generación adecuada de preservación del patrimonio enmarcado en el alcance de la sostenibilidad ^{13, pág. 63 - 76.}

En el artículo científico titulado “Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas”, se formuló como objetivo mostrar una recopilación de información y conocimientos prospectivos relacionados a la temática de los servicios ecosistémicos, considerada en crecimiento respecto de su diversidad en investigación en los últimos años. Como resultados mencionan que “en la búsqueda de nuevos marcos conceptuales, nuevas metodologías, nuevos acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos y sus implicaciones para la toma de decisiones es fundamental el intenso intercambio de experiencias, perspectivas, éxitos y fracasos entre los interesados”, de modo que el avance científico propiamente en el tema se refleje como indispensable en la toma de decisiones, así como en la formulación de políticas que garanticen su sostenibilidad, así también mencionan que es de vital importancia el considerar las diversas necesidades de los sectores sociales, puesto que los impactos que se puedan dar ecosistémicamente no son los mismos o no suelen repetirse en esencia en contextos diferentes. Concluyen en su investigación que el análisis del “vínculo explícito entre los ecosistemas y el bienestar humano” refleja una gran utilidad para enfocar patrones

sociales actuales respecto del uso de los recursos naturales hacia una práctica sustentable de desarrollo, así como la necesidad de desarrollar tal análisis, desde el punto de vista de la investigación científica, optimizará la toma de decisiones a distintos niveles sociales ¹⁴, pág. 117 - 123.

En el artículo científico titulado “Servicios Ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario”, se propuso alcanzar “enfoques para tomar en cuenta el componente social de los servicios que los ecosistemas brindan a nuestras sociedades”, asumiendo que dichos servicios “se incorporan a nuestros modos de vida”. Se presenta como conclusiones finales que el abordaje del tema “servicios ecosistémicos” tiene que ser sí o sí desde el punto de vista multidisciplinario, es decir, asumiendo los componentes que conjungan al término Desarrollo Sostenible, así también teniendo muy en cuenta todos los puntos de vista posibles de los grupos de interés que son objeto de análisis; la consideración de un entorno multidisciplinario conlleva a lograr un fortalecimiento en el compromiso de la sociedad como parte funcional de un todo: ecosistema, de modo que los conflictos e interacciones entre diversos puntos de vista se enfoquen en un constructo positivo, el cual se evidencie en la adecuada toma de decisiones y el logro, en consecuencia, del desarrollo de una sociedad de manera sostenible, local o regionalmente según los autores ¹⁵, pág. 17 - 26.

En el artículo científico titulado “Efecto de las plantaciones de *P. radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile”, se formuló como el objeto de estudio el analizar “el efecto de plantaciones forestales sobre el recurso hídrico en cuencas de la vertiente este de la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, en el centro sur de Chile”, llegando a las siguientes conclusiones: ambas especies forestales presentan distintas características respecto de su dosel, así como “las pérdidas de agua por interceptación son mayores en las cuencas cubiertas con *P. radiata* que en las de eucalipto”; respecto de la evapotranspiración, en las cuencas reforestadas con *P. radiata* dicha

capacidad de inferior a comparación que las de eucalipto, influyendo inversamente proporcional sobre los caudales de los efluentes propios de dichas cuencas; asimismo, la carga de sedimentos es mayor en las cuencas reforestadas con *P. radiata* a comparación de las reforestadas con eucalipto ¹⁶, pág. 219 - 230 .

En el artículo de investigación científica titulado “Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la Contaminación ambiental”, se formuló como objeto de estudio el identificar y analizar una serie de herramientas que se enfoquen en la prevención, así como en el control de la contaminación ambiental, enfocándose en la reducción de los niveles de impacto ambiental o denominada como mitigación. En sus resultados considera las siguientes herramientas de prevención: señales de alarma temprana, tecnologías limpias, educación ambiental, economía ambiental, y gerencia ambiental; se enfocan en la esencia de la prevención de la contaminación sobre la remediación como una estrategia de “fuerza mayor” sostenida en la frase: “si no se genera contaminación, entonces no existen contaminantes que gestionar”, evitando la generación de costes absurdos de implementación de sistemas de recuperación ambiental o de mitigación de los impactos negativos; sin embargo, dicha prevención suele presentarse de una manera inviable en áreas o zonas catalogadas como “en vías de desarrollo”, lo cual evidencia que el escenario de la contaminación ambiental tiende a ser persistente y de urgente intervención con fines de lograr la citada mitigación de impactos ambientales. Concluye que “la detección temprana de algunas señales que predigan un futuro daño irreversible en el ecosistema puede ser de gran ayuda para prevenir daños”, evidenciando que un oportuno análisis del escenario de contaminación ambiental, ya sea preventivo o reactivo al tratarse de la mitigación de impactos ambientales, debe darse de manera constante y absolutamente consecutiva a lo desarrollado por el ser humano con el fin de evidenciar la práctica adecuada de los lineamientos del Desarrollo Sostenible ¹⁷, pág. 1 - 8 .

En el artículo científico titulado “La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos”, se planteó como objetivo el “desarrollar un método que proporcione información detallada y precisa sobre la distribución espacial de los valores correspondientes a los servicios ecosistémicos”. Los resultados de la investigación evidencian valores económicos propios de la propuesta metodológica desarrollada como tal, la cual fue construida en base a las técnicas de la evaluación ambiental, que muestran que los servicios de regulación (captura de carbono, protección del recurso hídrico) y aprovisionamiento (recursos naturales: madera como recursos de construcción y energético, provisión de agua de bosques) muestran valores altos, mientras que los servicios culturales (valor cognitivo: recreacional, estética) valores bajos; dichos servicios fueron considerados como categorías de los servicios ecosistémicos en general en la zona de estudio, así como fueron georreferenciados con los atributos anteriormente señalados. Como conclusión principal se manifiesta que “la distribución espacial del valor de cada uno de los servicios ecosistémicos permite ampliar el conocimiento y la información útil para los responsables encargados de la toma de decisiones con el fin de minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente”. Respecto de la evaluación del impacto ambiental, concluyen que la evaluación de los servicios ecosistémicos desde el punto de vista de la sostenibilidad permite una mejor planificación en caso se desarrollen actividades de intervención relacionadas a la mitigación del mencionado impacto, ya sea éste considerado como negativa y potencialmente significativo ¹⁸, pág. 41 - 52.

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia”, se planteó como objetivo: “evaluar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana”, llegando a las siguientes conclusiones ¹⁹, pág. 1 - 69.

- Los beneficios de los árboles son más que los aspectos negativos que generan en el lugar de estudio, sin embargo, es necesario el establecer mecanismos que permitan obtener un equilibrio antropo-forestal.
- En el contexto de estudio se tiende a generalizar la importancia de los árboles, como servicio ecosistémico, en un sentido perceptual y subjetivo, es decir, únicamente respecto del paisaje; por otro lado, se desconocen sus verdaderos atributos como servicio ecosistémico regulador, de soporte y cultural propiamente dicho.
- Respecto de la captura de carbono, consideran que esta es poca puesto que las emisiones generadas en el área de influencia directa tienden a ser superiores en cantidad frente a las especies identificadas, es decir, no es equitativo, puesto que el almacenamiento de carbono en el árbol es estable, mientras que la emisión de dicho elemento tiende a ser dinámico y con tendencia a crecer.

En la tesis titulada “Análisis y valoración de los servicios de los ecosistemas de humedales asociados al Río León (Urabá Antioqueño - Colombia). Su relación con el sistema hídrico subterráneo y con el bienestar humano”, se formuló como objetivo: “identificar los bienes y servicios que proveen los humedales del Urabá Antioqueño en Colombia, y valorar ambientalmente alguno de sus servicios en particular”, llegando a las siguientes conclusiones ^{20, pág. 1 - 76.}

- La identificación de los servicios ecosistémicos requirió de la comprensión del área de estudio, así como comprender su relación con factores físicos, biológicos y sociales.
- Se identificó que los bienes y servicios provistos por los humedales, en un entorno de servicio ambiental o ecosistémico, permiten regular un nuevo estándar respecto de las aguas subterráneas y superficiales con diversos fines: consumo, riego, industrial, caudal ecológico, etc., y que, respecto de su análisis económico, se evidencian como viables con tendencia a la sostenibilidad, de modo que, según su representatividad, se logró un avance en el conocimiento desde el punto de vista conservacionista.

En la tesis titulada “Cuantificación de servicios ecosistémicos urbanos en Cerros Isla”, se formuló como objetivo el “cuantificar la provisión actual del cerro Chena para los SEU seleccionados y estimar el cambio en la tasa de provisión una vez implementado el Proyecto de Parque Urbano propuesto por el Gobierno Local”. Se llegó a las siguientes conclusiones ^{21, pág. 1 - 74}:

- La implementación del citado proyecto influye significativamente en el incremento del nivel actual de la provisión de los servicios ecosistémicos, llegando a los siguientes parámetros o resultados: 86 % respecto de la mejora de la calidad del aire, 104 % en sentido de la infiltración de las aguas de lluvia y un 91 % respecto del control de la erosión.
- Se establecen herramientas innovadoras respecto del análisis de los servicios ecosistémicos que se enfocan en optimizar dos puntos específicos: generar nuevos conocimientos y conocer sobre los beneficios de los servicios ecosistémicos como complemento a las políticas públicas que vienen siendo desarrolladas progresivamente.

2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

En el artículo de divulgación científica titulado “Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas”, en el cual planteó como objetivo el analizar la emergente variación del término Desarrollo Sostenible por el de Servicios de los Ecosistemas. Como principales resultados se considera que la tendencia de crecimiento en la utilización de los términos: “Servicios de los Ecosistemas” y “Bienes y Servicios brindados por los ecosistemas”, que se constituyen técnicamente en el término “Servicios Ecosistémicos”, venía reflejándose artiméticamente y con una probabilidad de crecimiento exponencial en el futuro respecto de las publicaciones acerca del conocimiento e investigación científica apoyándose en el hecho de considerarlo como una “idea del valor social de la naturaleza” vinculada al conservacionismo ambiental. Se concluye que la aparición y práctica del término científico “Servicio Ecosistémico” promueve la interrelación entre las ciencias naturales y sociales, de modo que científicamente refleje

consistencia y sostenibilidad del conocimiento; de igual manera menciona que “esta ciencia emergente supone una nueva aproximación interdisciplinaria que se centra en la exploración de las interacciones complejas que se establecen entre los sistemas naturales y humanos, nos recuerda que existimos y nos desarrollamos dentro de un sistema socioecológico”, lo cual podría acarrear un cambio de perspectiva del actuar del ser humano y por lo tanto un cambio social que a la larga impactaría positivamente al ambiente y favorecería el desarrollo sostenible

22, pág. 1 - 3 .

En el artículo titulado “Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales”, se planteó como objetivo el analizar a los servicios ecosistémicos: de suministro, regulación y cultural, que ofrecen los bosques. Respecto de las “intervenciones que permiten mantener o recuperar los servicios ecosistémicos”, llega a las conclusiones, teniendo en cuenta resultados valederos, que engloban a que se implantó un sistema de restauración de bosques, o reforestación, que permitió recuperar servicios ecosistémicos así como la biodiversidad propia del lugar de estudio; menciona que las actividades de restauración dependerán sí o sí de la severidad de la degradación del sistema, así como la reforestación tendrá que darse con especies nativas necesariamente con fines de no alterar la diversidad genética; señala puntualmente que “la oferta de servicios es mayor en las zonas restauradas que en las degradadas, pero que no se alcanzan los valores observados en las zonas conservadas” 23, pág. 136 - 147 .

En el artículo titulado “Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile”, plantearon como objetivo general evidenciar la entrega de un concepto relacionado al servicio ecosistémico: provisión de agua en cuencas forestales/hidrográficas, además de proponer acciones de recuperación de cuencas degradadas. Como propuesta frente a la degradación en cuencas hidrográficas proponen la recuperación del agua

mediante “principios y prácticas de restauración ecológica”, que integre a los componentes ambientales, sociales y económicos, es decir evidencie sostenibilidad, y se enfoquen en “el incremento de la investigación científica y educación”, que en el futuro se verá reflejado en la difusión y transferencia tecnológica. Se concluye que “es necesario avanzar urgentemente en el conocimiento científico y su divulgación social, respecto a los servicios ecosistémicos, incorporando enfoques de trabajo y metodologías transdisciplinarias”²⁴, pág. 175 - 178.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2.1.1. Servicios ecosistémicos

Según el D.S. 009-2016-MINAM⁶ los servicios ecosistémicos (de regulación, provisión y culturales) a nivel nacional (Perú) son reglamentados, por tanto, parametrizados (conformantes), mediante los Mecanismos de Retribución de dichos servicios, los mismos que, según su Art. 6º son los siguientes:

- a) Regulación hídrica.
- b) Mantenimiento de la biodiversidad.
- c) Secuestro y almacenamiento de carbono.
- d) Belleza paisajística.
- e) Control de la erosión de suelos.
- f) Provisión de recursos genéticos.
- g) Regulación de la calidad del aire.
- h) Regulación del clima.
- i) Polinización.
- j) Regulación de riesgos naturales.
- k) Recreación y ecoturismo.
- l) Ciclo de nutrientes.
- m) Formación de suelos.

Adicionalmente, el Art. 8º menciona las acciones de los contribuyentes respecto de su intervención a favor de los servicios ecosistémicos, los cuales son: 1) conservación de espacios naturales; 2) recuperación de espacios deteriorados o que hayan sufrido degradación ambiental; 3) uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos; y 4) prácticas tradicionales de conservación y uso sostenible de ecosistemas. Adicionalmente, hace énfasis que los mecanismos de retribución de mayor importancia engloban a la regulación hídrica y a la captura (secuestro y almacenamiento) de carbono propiamente dicha. Los servicios ecosistémicos o ambientales tienden a ser una fuente de aseguramiento sobre la disposición de recursos que nos brinda la naturaleza, de modo que su importancia es fundamental ⁶.

SERVICIO ECOSISTÉMICO	FUNCIÓN ECOSISTÉMICA	EJEMPLOS
Regulación de gases	Química atmosférica	CO ₂ /O ₂ , O ₃ y radiación UVB
Regulación del clima	Térmica, pluvial	Gases de efecto invernadero
Regulación de eventos extremos	Fluctuaciones ambientales	Tormentas, inundaciones, sequías
Regulación hídrica	Caudales	Riego y otros usos del agua
Abastecimiento de agua	Almacenamiento	Cuencas, reservorios, acuíferos
Control de la erosión y la sedimentación	Retención del suelo en el ecosistema	Conservar suelo, controlar su degradación y sedimentación
Formación suelos	Procesos de formación	Meteorización, adición de materia orgánica
Reciclaje de nutrientes	Reciclaje natural	Fijar N, ciclos N, P y otros
Tratamiento residuos	Recupera nutrientes y elimina tóxicos	Controlar contaminación
Polinización	Activación de los gametos florales	Reproducción de la flora
Controles biológicos	Dinámica trófica	Controlar plagas
Refugios	Hábitat	Especies fauna y flora
Alimentos	Producción primaria bruta	Pesca, caza, cultivos de pequeña escala
Materias primas	Producción primaria bruta	Madera, forraje, etc.
Recursos genéticos y biodiversidad	Germoplasma	Medicina, genes, otros productos
Recreación	Espacios atractivos	Ecoturismo, pesca, caza
Cultura	Usos no comerciales	Valor artístico, estético, espiritual, científico

Figura 01. Servicios y funciones ecosistémicos.

Fuente: Constanza et. al. citado por Llerena y Yalle ²⁵, pág. 68.

Según Orihuela, citado por Llerena y Yalle ²⁵, pág. 70: “el Perú por su condición de país megadiverso, requiere mayor investigación sobre sus servicios ecosistémicos y los indicadores físicos, biológicos y otros que son fundamentales para imputarles valores”, evidenciando la necesidad por integrar al análisis de los

servicios ecosistémicos con los componentes y factores ambientales que deriven de la Evaluación de Impacto Ambiental propiamente dicha que también se mantiene normada a nivel nacional. Respecto de la intervención con fines de optimizar los servicios ecosistémicos, el Plan Maestro del Área de Conservación Regional Huaytapallana ²⁶ hace referencia a la promoción y realización de acciones de forestación y reforestación con especies nativas, así como respetar las intervenciones que se han desarrollado con anterioridad. La reforestación que fue realizada en el área de estudio consideró la plantación de la especie *P. radiata* ⁷, así como también especies como el quinal (*Polylepis incana*) y colle (*Buddleja coriacea*), que son complementarias para la presente.



Pinus radiata:

Familia: Pinaceae

N. científico: *P. radiata* D. Don

N. común: Pino

Alcanza los 60 m de altura y 100 cm de DAP; de tronco cónico y recto, corteza agrietada, copa alargada y cónica, flores con presencia de estambres, fruto similar a una piña. Requiere de un suelo franco-arenoso, con pH neutro algo ácido, exigente en fósforo, boro y zinc. De fácil preservación.

Figura 02. Representación de la especie forestal presente en el área de estudio y sus características.

Fuente: propia / Vinuesa ²⁷.

2.2.1.2. Mitigación del impacto ambiental

Brady, citado por Espinoza ²⁸, pág. 22, menciona puntualmente lo siguiente: “el propósito subyacente de la Evaluación de Impacto Ambiental es contribuir a la protección ambiental facilitando la

toma de decisiones en torno al logro de los objetivos de una propuesta, minimizando sus efectos ambientales, o bien previniendo acciones cuyo costo ambiental se considere inaceptable; la Evaluación de Impacto Ambiental puede ser vista como una herramienta importante que contribuye al desarrollo sostenible al proporcionar información necesaria para decisiones adecuadas”. En conjunto señalan las potencialidades básicas de la Evaluación de Impacto Ambiental, las cuales son: a) ayuda a la sostenibilidad ambiental; b) analiza integralmente las decisiones; c) proporciona información útil para la toma de decisiones. De igual manera, enfatizan que los mecanismos o herramientas de la Evaluación de Impacto Ambiental permiten evaluar y corregir “las acciones humanas y evitar, mitigar y compensar sus eventuales impactos ambientales negativos”.

Tabla 02. *Adhesión de la jerarquía de mitigación de impacto ambiental.*

Medidas	Características
De prevención	Evitar o prevenir impactos ambientales negativos.
De minimización	Reducir, mitigar o corregir la duración, intensidad y/o grado de los impactos ambientales negativos que pueden ser prevenidos o evitados.
De rehabilitación	Recuperar uno o varios elementos o funciones del ecosistema que fueron alterados por diversas actividades.
De compensación	Mantener la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas perdidos o afectados por los impactos ambientales negativos residuales no evitables.

Fuente: Ministerio del Ambiente ²⁹, pág. 20.

Complementariamente, señala que la identificación, análisis, medición y jerarquización de los impactos ambientales permitirá entender y conocer como es el ambiente en ausencia de un proyecto o ya de participe el ser humano dentro de la alteración

de un ecosistema. Respecto de la mitigación de impactos ambientales, señala que existen opciones, compensatorias en mayoría, que se enfocan en dicho sentido, los cuales son ^{28, pág. 50:}

- a) desarrollar formas alternativas para alcanzar las necesidades;
- b) hacer cambios en la planificación y el diseño;
- c) considerar reemplazo, reubicación y rehabilitación;
- d) proporcionar compensación monetaria;
- e) restaurar/habilitar/preservar territorio; y
- f) mejorar prácticas de seguimiento y de gerencia.

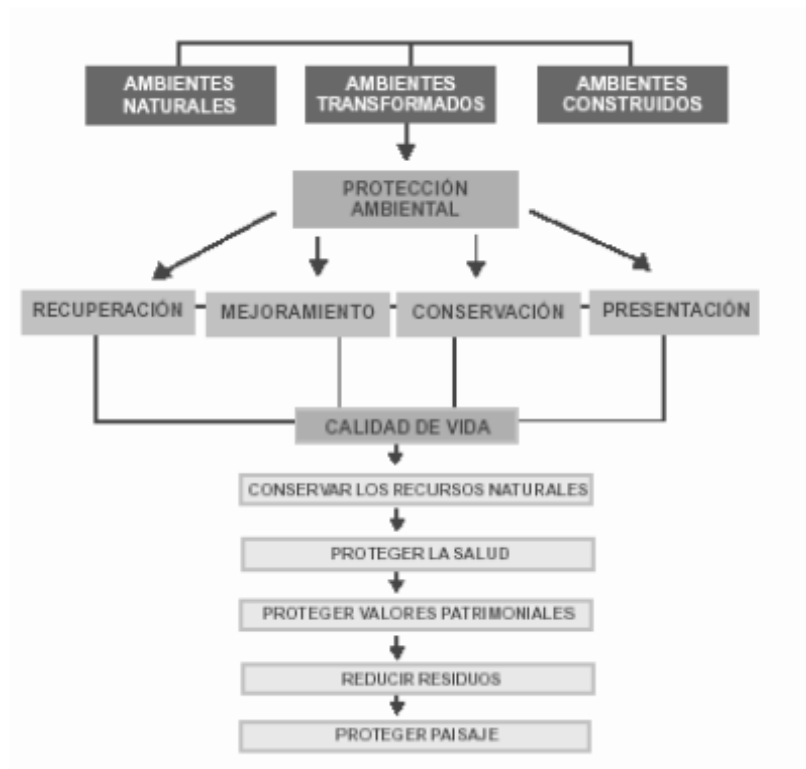


Figura 03. Criterios de protección ambiental asumiendo las características del medio ambiente.

Fuente: Espinoza ^{28, pág. 21}.

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

2.2.2.1. Servicios ecosistémicos

Según Schlegel et. al. ³⁰, para la toma adecuada de muestras forestales se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: selección de unidades de estudio, elección de rodales, establecimiento de conglomerados, forma y tamaño de las parcelas. Tras la determinación a conveniencia técnica de dichas consideraciones, en función del área total de estudio, el citado autor recomienda que para la determinación de la biomasa aérea, respecto de la medición de los árboles que conforman la muestra del objeto de trabajo, se tiene en cuenta lo siguiente: 1) primera medición de pie y 2) segunda medición del árbol volteado; sin embargo, lo mencionado hace referencia a un tipo de determinación de biomasa, necesaria para la estimación de carbono capturado, conocido como destructivo según Nadler et. al. ³¹, lo cual necesariamente se utiliza la determinación de stocks de carbono a nivel superlativo respecto de un conglomerado de bosque de un área natural protegida (extensión total), lo cual difiere de la exploración propiamente dicha de zonas de intervención que son analizadas en su primera vez.

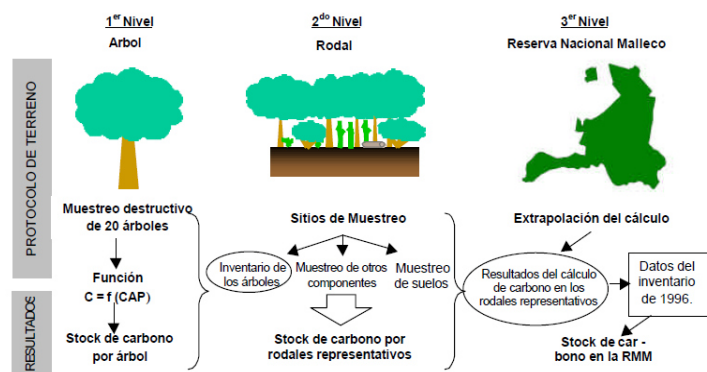


Figura 04. Metodología de evaluación de la cantidad de carbono (unitario inicial, rodales conglomerados, total).

Fuente: Nadler et. al. ³¹, pág. 3.

Con fines de la presente se tomó en cuenta lo recomendado por Nadler et. al. ³¹ respecto de la medición de la cantidad de carbono en los árboles, que representa el primer nivel de medición, el cual es adecuado para investigaciones exploratorias, sin tener en

cuenta, para el caso, del método destructivo. El citado autor hace referencia a que se debe tomar lo siguiente: 1) identificación del árbol (por numeración), 2) el DAP o diámetro a la altura del pecho, la altura total, el estado sanitario, la forma y la superficie de copa del árbol de muestreo; así también hace referencia a que se debe de tomar en cuenta una equidad respecto de los puntos de muestreo complementarios (suelo) frente a las muestras de los árboles: ejemplo: 5 árboles cercanos a los puntos de muestreo del suelo, que también fueron 5, con fines de consistencia desde el punto de vista inicial de análisis.

De igual manera, con fines de calcular el carbono capturado en función del análisis de la biomasa arriba del suelo en los bosques, fue necesario aplicar la siguiente ecuación propuesta por Chávez et. al., citado por el Ministerio del Ambiente ³²:

$$BAT = 0.112 * (p * dap^2 * ht)^{0.916}$$

Dónde: 1) BAT = biomasa aérea; 2) p = densidad de la madera (kg/m³); 3) dap = diámetro a la altura del pecho (cm); 4) ht = altura del árbol (cm). Dicha ecuación alométrica corresponde al alcance de costa y sierra propuesta por el citado autor al que hace referencia el organismo citado, lo cual se complementa con lo mostrado en la siguiente figura. Para la determinación del carbono almacenado se debe multiplicar a la biomasa por 0.5 según lo propuesto por Rugnitz et. al. ³³, así también recomiendan calcular al valor de dióxido de carbono al multiplicar al carbono determinado por la fracción 44/12 y para el oxígeno por la fracción 33/12.

TABLA 7 Ecuaciones alométricas empleadas para el cálculo de contenido de carbono en biomasa arriba del suelo en bosque			
Ecuación / Factor	Alcance	Región	Referencia
$0,112 \times (\rho \cdot \text{dap}^2 \cdot \text{ht})^{0,916}$	Costa y Sierra	Dry forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho \cdot \text{Exp}(-1,239+1,980 \cdot \text{Ln}(\text{dap})+0,207 \cdot \text{Ln}(\text{dap})^2-0,0281 \cdot \text{Ln}(\text{dap})^3)$	Selva Alta y Zona Hidromórfica	Wet forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$\rho \cdot \text{Exp}(-1,499+2,148 \cdot \text{Ln}(\text{dap})+0,207 \cdot \text{Ln}(\text{dap})^2-0,0281 \cdot \text{Ln}(\text{dap})^3)$	Selva Baja	Moist forest	Chave <i>et al.</i> (2005)
$6,666+12,826 \cdot \text{ht}^{0,5} \cdot \text{Ln}(\text{ht})$	Palmas de Alto Porte (ht>11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
$23,487+41,851 \cdot \text{Ln}(\text{ht})^2$	Palmas de Bajo Porte (ht≤11m)		Pearson <i>et al.</i> (2005)
	Lianas		Putz F.E. (1983)
0,49	Fracción de carbono		IPCC, 2006
0,64	Densidad de madera por defecto		

Dónde:
 ρ = densidad de la madera
 dap = diámetro a la altura de pecho
 ht = altura del árbol

Figura 05. Ecuaciones alométricas empleadas para el cálculo de contenido de carbono en biomasa arriba del suelo.

Fuente: Ministerio del Ambiente ³², pág. 40.

De modo de cumplir con las exigencias que requiere la ecuación alométrica en la presente, se tuvo en cuenta que la densidad (g/cm³) de la madera fue calculada por el método convencional o Principio de Arquímedes, es decir, teniendo en cuenta valores de masa por unidades de volumen, de modo que se llegue a obtener resultados confiables y representativos.

Tabla 03. Consideraciones generales del plan de muestreo.

Aspectos o consideraciones generales y obligatorios
1) Información básica del lugar de muestreo.
2) Resultados previos del análisis del suelo (si los hay).
3) Determinación de los puntos y características de muestreo.
4) Estrategia de muestreo según la normativa.
5) Verificación de los equipos a utilizar.
6) Medidas de seguridad ocupacional a seguir durante el muestreo.
7) Determinación de los parámetros de análisis.
8) Características de la preservación y conservación de muestras.
9) Medidas de seguridad para el manejo de muestras.

Fuente: Ministerio del Ambiente ³⁴, pág. 7.

Según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 12} se tiene un tipo de muestreo adecuado para la evaluación o comprobación de la remediación de sitios contaminados o degradados; sin embargo, para realizar propiamente dicho muestreo se debe de realizar un muestreo preliminar o exploratorio con la finalidad de tener data o información histórica que pueda ser cotejada con el muestreo posterior, de manera que se reporten resultados confiables y representativos; necesariamente, según el organismo citado, ambas situaciones deben darse siempre en cuando el objeto de análisis sea la evaluación de la disminución de contaminantes, mas no si se realiza una primera evaluación que permita recabar información que complemente a un análisis completo respecto del ecosistema o en todo caso respecto de un primer enfoque respecto de las alternativas de adaptación o mitigación de impactos ambientales con el afán de conocer, a grandes rasgos, las características del suelo como componente ecosistémico. Para dicha situación, recomienda tomar muestras en forma de un cuadrado donde se recolecten evidencias circundantes o “de pared”, así como una de fondo o central, requiriendo de por lo menos 5 muestras en función de la disposición espacial de la parcela objeto de estudio. El número mínimo de puntos de muestreo, según la fuente citada, se da en función del área de potencial interés medido en hectáreas, donde: para un área de 0.1 Ha los puntos de muestreo total deben ser 4, y así sucesivamente mientras el área se va incrementando (siempre en cuando sea para el muestreo de identificación).

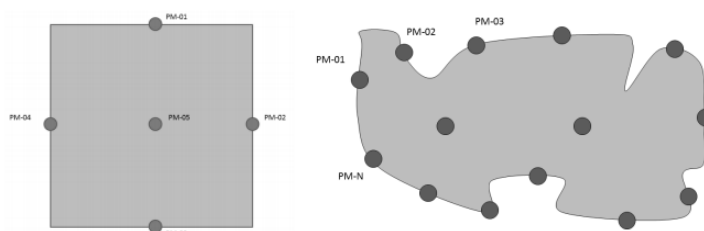


Figura 06. Distribución de los puntos de muestreo en función de la forma: cuadrado, irregular.

Fuente: Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 12 – 13}.

Según el Ministerio del Ambiente ³⁴, la manera adecuada de realizar sondeos manuales para conocer en una primera instancia las características del suelo es aplicar una toma de muestras denominada como superficial, donde la profundidad máxima de excavación será 100 cm; ésta técnica permite obtener muestras compuestas equivalente a la realización de múltiples sondeos. Se debe tener en cuenta que este tipo de muestreo no es aplicado para suelos con presencia de sustancias orgánicas volátiles, es decir, hidrocarburos en esencia.

Tabla N° 2: Profundidad del muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

- 1) Profundidad de aradura
 2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes
 3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Figura 07. Profundidad recomendada de extracción o muestreo de suelo en función de su uso.


Fuente: Ministerio del Ambiente ³⁴, pág. 16.

Complementariamente a ello, también el Ministerio del Ambiente ³⁴ hace referencia a que las muestras obtenidas en campo deben de guardar representatividad (en función de su conservación) a lo largo de su traslado y manipulación, hasta su análisis propio de un centro especializado, como lo es un laboratorio, para lo cual es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones: 1) utilizar recipientes que sean resistentes a la ruptura que eviten la generación de incompatibles derivados de reacciones químicas propias de una mezcla, así mismo, que eviten pérdidas, en especial por evaporación; 2) evitar en lo posible el uso de agente químicos preservantes; 3) conservar las muestras en lugares frescos (4 a 6°C); 4) identificar a las muestras mediante un etiquetado; 5) acompañar y evidenciar objetivamente al muestreo mediante fichas de observación y una cadena de custodia si lo

requiere; y 6) el operario o investigador debe guardar las condiciones de seguridad que le permita guardar su integridad (en función del muestreo a realizar).

Para la determinación de las propiedades del suelo que exige en Anexo N° 03: Ficha de muestreo de suelo propuesta por el Ministerio del Ambiente ³⁴ respecto de: color, textura (%), humedad (%) y densidad (g/cm³), se tuvo en cuenta lo siguiente: comparación con la escala de Munsell respecto del color en el que se contrasta el tono, la luminosidad y la saturación propia del suelo; para la textura (%) la comparación física tras el tamizado propio del suelo y su comparativa respecto del tamaño de grano; para la humedad (%) el análisis gravimétrico; y para la densidad (g/cm³) de igual manera mediante el análisis de la saturación de las muestras de suelo con agua. Las consideraciones fueron asumidas teniendo en cuenta a Flores y Alcalá ³⁵.

Tabla 04. Consideraciones respecto de la determinación de las propiedades – características del suelo.

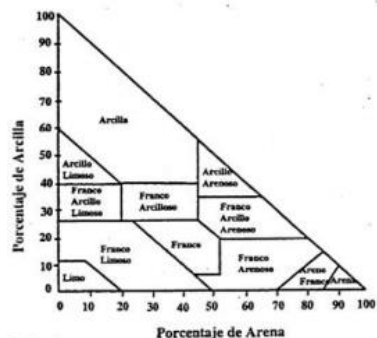
Propiedades/Características	Complemento técnico – Cálculo
<p>Color (Value/Chroma/Hue)</p>	
<p>Humedad (%)</p>	$w = \frac{M_{ag}}{M_s} = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} = \left(\frac{M_{sh}}{M_{ss}} - 1 \right) 100$ <p>donde w es el contenido de humedad gravimétrica, M_{ag} es la masa del agua, M_s es la masa de los sólidos, M_{sh} es la masa de suelo húmedo, M_{ss} es la masa de suelo secado en estufa.</p>

Densidad (g/cm³)

$$\rho_p (\text{Mg m}^{-3}) = \rho_w (W_s - W_a) / [(W_s - W_a) - (W_{sw} - W_w)]$$

ρ_w = Densidad del agua en gramos por centímetro cúbico a la temperatura observada
 W_s = Peso del picnómetro con la muestra corregida a 105° C
 W_a = Peso del picnómetro con aire
 W_{sw} = Peso del picnómetro llenado con suelo y agua
 W_w = Peso del picnómetro llenado con agua a la temperatura observada.

Textura (clase textural predominante).



Fuente: Flores y Alcalá ³⁵.

2.2.2.2. Mitigación del impacto ambiental

Según Espinoza ²⁸ la valoración de los impactos ambientales deben de reunir los siguientes parámetros: a) carácter, b) grado de perturbación, c) importancia, d) riesgo de ocurrencia, e) extensión, f) duración y g) reversibilidad. Asimismo, los impactos deben ser analizados en dichos parámetros en las siguientes variables (componentes/factores): físico, natural o biológico y socioeconómico. La dinámica de la evaluación de impacto ambiental responde a la valoración de la percepción que se tiene sobre el medio. Para una adecuada predicción, identificación e interpretación de los impactos es necesario seleccionar una metodología adecuada que evidencie a los aspectos cualitativos de una manera real. Los métodos que recomienda el autor citado ²⁸ generalmente establecen una relación entre las actividades a realizar que modifican el medio y las características iniciales del lugar de su ejecución; recomienda los siguientes: 1) matrices causa – efecto con ponderaciones fundadas en percepciones, 2) utilización de sistemas de información geográfica y 3) modelos de análisis de sistemas. De igual manera, recomienda que la medición tienda a ser mixta; puntualmente, también el citado autor complementa sobre la valoración de los impactos ambientales

deben de reunir los siguientes parámetros: 1) carácter (negativo, neutro, positivo), 2) grado de perturbación (importante, regular, escasa), 3) importancia (alta, media, baja), 4) riesgo de ocurrencia (muy probable, probable, poco probable), 5) extensión (regional, local, puntual), 6) duración (permanente, media, corta) y 7) reversibilidad (irreversible, parcial, reversible). De igual modo, los impactos deben ser analizados en dichos parámetros en las siguientes variables (componentes/factores): físico, natural o biológico y socioeconómico; los cuáles pueden ser modificados en función de las condiciones específicas de las unidades de análisis independientes, de modo que evidencie mayor consistencia.

Sistema	Componente	Elemento
Abiótico	Aire	Gases Partículas Ruido
	Agua	Propiedades químicas Propiedades físicas Calidad del agua
	Suelo	Propiedades químicas Propiedades físicas Calidad del suelo
Biótico	Flora	Cobertura vegetal Diversidad y número
	Fauna	Hábitat y nichos ecológicos Diversidad y número
Social	Cultural	Arraigo Manifestación cultural
	Demográfico	Salud y riesgos Calidad de vida
	Económico	Valorización de bienes Generación de empleo Desarrollo regional
	Urbanismo	Usos del suelo Servicios públicos e infraestructura Cambio en el paisaje

Figura 08. Sistemas y componentes ambientales complementarios y equivalentes a los componentes y factores ambientales trabajados en común a nivel nacional.

Fuente: Plazas et. al. ³⁶, pág. 645.

De modo complementario, desde el punto de vista de la ciencia y tecnología, asumiendo antecedentes ideales y multidisciplinarios como lo propuesto por Espino-Román et. al. ³⁷, se abarcó el análisis de la percepción que las personas tienen por el paisaje

mediante la aplicación, a propia voluntad en sentido representativo de la investigación, de una escala de percepción denominada “escala de Likert” por la cual se determinarían las condiciones del paisaje, como servicio ecosistémico, y su recuperación tras la reforestación como alternativa de mitigación de impactos ambientales. Según Espinoza ²⁸, esta escala es utilizada para la toma de muestras adecuadas respecto del paisaje propio del Área de Influencia Directa que es sometida a un cambio positivo o negativo (impacto) de modo que, cuantitativamente, se tenga una escala de valoración por la cual se evidencie un correcto análisis de información; complementariamente a ello, la escala tiende a medir un nivel de acuerdo, frecuencia, importancia, valoración y probabilidad, utilizando un rango de cotejo o equivalencia de 1 al 3 o del 1 al 5 para métodos convencionales de análisis paisajístico, representando así la consideración que uno tiene sobre el paisaje.

2.2.3. Modelo teórico de la investigación

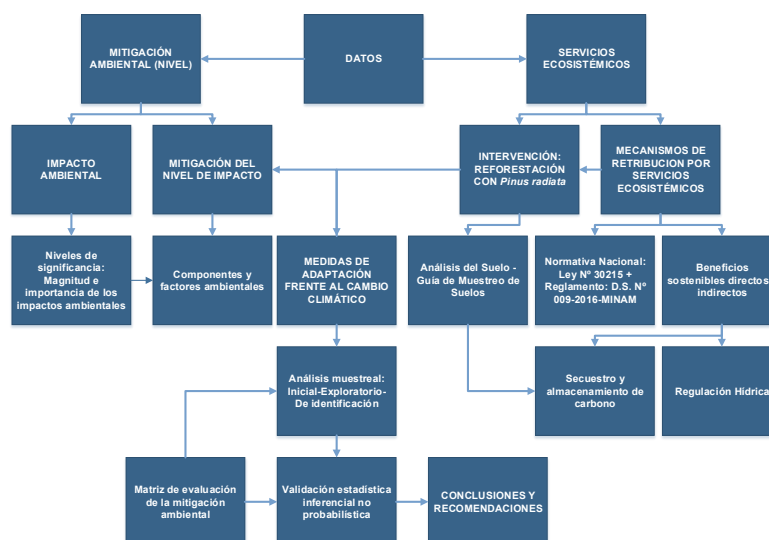


Figura 09. Modelo teórico de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Definición de términos

- ✓ Almacenamiento de carbono: es el proceso por el cual, en sentido de los servicios ecosistémicos, el carbono presente y excedente en la atmósfera es almacenado en especies forestales que actúan como un sumidero.
- ✓ Belleza paisajística: es la percepción que se tiene sobre el paisaje objeto de estudio, es decir, las condiciones que brinda dicho ecosistema y que se mantiene frente a la observación de los posibles agentes de intervención.
- ✓ Ciclo de nutrientes: tiende a ser el proceso por el cual los nutrientes son transferidos de un componente o factor ambiental o biológico a otro.
- ✓ Compensación ambiental: según el Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 18} son las “medidas y acciones generadoras de beneficios ambientales proporcionales a los daños o perjuicios ambientales causados por el desarrollo de los proyectos, siempre que no se puedan adoptar medidas de prevención, corrección, mitigación, recuperación y restauración eficaces”.
- ✓ Conectividad ecológica: según el Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 18} “es la capacidad de conexión entre ecosistemas similares en un paisaje fragmentado mediante corredores ecológicos.”
- ✓ Control de erosión de suelos: es el proceso por el cual se regula la degradación del suelo mediante alternativas de conservación que impiden que éste se llegue a erosionar o perder sus propiedades naturales.
- ✓ Ecosistema: según el Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 18} “es el sistema natural de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico, como unidad ecológica; son la fuente de los servicios ecosistémicos”.
- ✓ Envase: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 3} “recipiente de diferente material, forma y tamaño destinado a contener muestras de suelos para su conducción desde el lugar de muestreo hacia el laboratorio”.
- ✓ GPS: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 3} “equipo regido por el sistema de posicionamiento global que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave”.
- ✓ Impacto ambiental negativo no evitable: según el Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 19} “es aquel impacto ambiental residual de un proyecto o actividad que no ha podido ser prevenido, minimizado ni rehabilitado conforme a la debida aplicación del principio de jerarquía de mitigación”.

- ✓ Impacto ambiental negativo significativo: según el Ministerio del Ambiente ^{29, pág. 19} “son aquellos impactos o alteraciones ambientales que se producen en uno, varios o en la totalidad de los factores que componen el ambiente, como resultado de la ejecución de proyectos o actividades con características, envergadura o localización con ciertas particularidades”.
- ✓ Mantenimiento de la biodiversidad: es el contraste tras la intervención que pretende regular el aseguramiento de la diversidad biológica, genética y/o endémica de un lugar determinado.
- ✓ Mitigación del impacto ambiental: concierne a las acciones y su representatividad respecto de la disminución del nivel de impacto ambiental significativo o moderado a escalas o niveles menores.
- ✓ Muestra simple: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 4} son “las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar en particular; representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue recolectado”.
- ✓ Muestreo de identificación: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 4} “es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado. Entiéndase que toda referencia hecha al muestreo exploratorio en el D.S. N° 002-2013-MINAM, se entenderá como referida al muestreo de identificación”.
- ✓ Patrón de muestreo: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 4} “es la distribución espacial de los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular en base a las características y el objetivo del muestreo”.
- ✓ Provisión de recursos genéticos: tiende a ser el mantenimiento o preservación mediante la intervención en zonas de estudio específicas con especies endémicas del lugar con el fin de sostener la biodiversidad del medio.
- ✓ Punto de muestreo: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 4} “lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad”.
- ✓ Regulación Hídrica: producido por la intervención de algún proyecto o implementación de idea que permita lograr el equilibrio respecto de la disposición y almacenamiento del agua en una unidad hidrográfica determinada.
- ✓ Regulación de riesgos naturales: se entiende por el control efectivo y positivo de los riesgos naturales: deslizamientos, inundaciones; mediante la intervención de una zona degradada.

- ✓ Servicios ecosistémicos: según el Ministerio del Ambiente ⁶ son los beneficios que las personas obtenemos de los ecosistemas.
- ✓ Textura del suelo: según el Ministerio del Ambiente ^{34, pág. 5} “es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo”.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

A) Método general o teórico de la investigación

Se optó por tomar como método general de investigación el método Deductivo y analítico: según Arroyo ³⁸, el enfoque deductivo es considerado como un método general o teórico desde el punto de vista metodológico, es decir, enmarcado en el método científico. Se planteó emplear el método citado por el carácter del manejo de información: desde temas generales para llegar a situaciones específicas, es decir, considerando enfoques internacionales -servicios ecosistémicos: adaptación al cambio climático- para llegar a enfoques locales -análisis frente a lo mencionado en un sector geográficamente vulnerable ambientalmente, por lo tanto social y económicamente desde el enfoque de la sostenibilidad- y cumplir así con los objetivos de la investigación analítica y óptimamente.

B) Método específico de la investigación

El método específico de la investigación fue el observacional, no experimental: según Arroyo ³⁸, la observación es considerada como un método específico complementario al método general anteriormente expuesto, en el que se realiza la acción de mirar (observar) al fenómeno en estudio, de modo que represente un canal adecuado para su análisis constante; de igual modo, la presente investigación se acomodó a un método no experimental puesto que no se modificó en esencia las variables en estudio. La observación fue parametrizada: estructurada, directa y de campo ^{38, pág. 25 - 26}. El proceso metodológico aplicado a lo largo de la investigación fue el siguiente:

- 1) Se Identificó y formuló del problema de investigación relacionado con las líneas de investigación propuestas por la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.
- 2) Se recopiló información de fuentes primarias y secundarias para el planteamiento del problema, se delimitó las variables de estudio.
- 3) Se identificó la metodología de la investigación y se eligió los métodos a emplear, así como los alcances de la investigación.
- 4) Se realizó la recopilación del soporte bibliográfico que forme parte del marco teórico de la investigación.
- 5) Se confeccionó el modelo teórico de la investigación
- 6) Se delimitó la población objeto de estudio; se eligió la muestra representativa de la investigación.
- 7) Se construyó los instrumentos de recolección de datos en función de la técnica de recolección planteada.
- 8) Se realizó la recopilación de datos muestrales representativos en campo.
- 9) Se analizó los datos recolectados en función de lo planteado metodológicamente: determinación técnica de los valores que soporten el análisis de los servicios ecosistémicos.
 - a. Análisis de las muestras de suelo: Se realizó el análisis de laboratorio en la Universidad Continental, en el laboratorio de Calidad Ambiental (ver anexo 05 – Validación del uso de laboratorios); se cumplió las consideraciones necesarias de

las garantías estipuladas en una política de calidad. Se consideró los métodos de análisis según lo propuesto por Flores y Alcalá ³⁵, los cuáles se basaron en Burt et. al. respecto de los métodos normalizados de análisis de los suelos a nivel de laboratorio, es decir, se consideró ensayos de densidad (g/cm³) con volúmenes de agua y muestras suelos en un escenario de análisis por gravedad, mientras que para el análisis de humedad (%) se realizó una estandarización del entorno de la temperatura y pesos iniciales y finales; complementariamente, el entorno de la textura se determinó mediante el método de Bouyocus tras el tamiz propiamente de las muestras cotejadas en campo. Respecto de la textura, el suelo del lugar de estudio presentó una clase textual franco arenoso; el valor de arena predominó en términos porcentuales respecto de las muestras cotejadas y su profundidad promedio: 0.20 m a 0.60 m (según lo propuesto en las bases teóricas).

- b. Análisis de la captura de carbono: Para la determinación de la biomasa aérea se aplicó la siguiente fórmula (1), también expuesta en los fundamentos metodológicos, además de su conversión a unidades de carbono capturado (2) y finalmente a dióxido de carbono (3):

$$BAT = 0.112 * (p * dap^2 * ht)^{0.916} \dots \dots \dots (1)$$

$$C = BAT * 0.5 \dots \dots \dots (2)$$

$$CO2 = C * \left(\frac{44}{12}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Para la aplicación de la ecuación de determinación de la biomasa se consideró, además de constantes del cálculo mostradas en la figura 05, a la densidad de la madera (p), al diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura del árbol (ht); la conversión a unidades de kg de carbono se determinó mediante su multiplicación por el factor de 0.5, así como su conversión a kgCO₂ por el favor de la fracción 44/12

(relación de pesos atómicos). De ambas situaciones, sumado a lo expuesto y cotejado como las características de *P. radiata* como complemento de análisis del paisaje, se procedió a identificar y seleccionar los componentes y factores ambientales que aportarán la generación de conocimientos (aporte científico) representativos de la investigación.

- 10) Se contrastó la mitigación de impacto ambiental frente al análisis de reforestación con *P. radiata* analizado desde el punto de vista de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos enfocado en la recuperación de áreas degradadas.
- 11) Se realizó la validación y representatividad estadística de la investigación.
- 12) Se realizó las conclusiones y recomendaciones.

3.1.2. Tipo de la investigación

Aplicada: según Arroyo ^{38, pág. 20}, la investigación aplicada “tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos”, así también, en este tipo de investigación se utiliza información, y conocimientos, ya existentes en la práctica, de modo que sume respecto del logro de su finalidad principal; en la presente investigación se optó por abordar un problema ambiental, social y económico para brindar una solución en el contexto de estudio teniendo en cuenta a los mecanismos de retribución de los servicios ecosistémicos.

3.1.3. Nivel de la investigación

Explicativo; según Arroyo ^{38, pág. 20}, la investigación de nivel explicativo se centra en “explicar las causas por las que se provoca el fenómeno o evento”, lo cual se centra en la investigación respecto del objeto de estudio en sentido al alcance de determinar el potencial de los servicios

ecosistémicos de *P. radiata* para la mitigación de impactos ambientales, y obtener resultados que evidencien que dicha especie frente a su medio de contacto (el suelo) tiende a no generar un escenario de mitigación de impactos ambientales adecuado.

3.2. Diseño de la investigación

Transversal, no experimental: según Arroyo ³⁸, y acorde al nivel y método específico de la investigación, el diseño más apropiado de la investigación es el no experimental de corte transversal, no se manipuló la esencia de las variables en estudio, así mismo, el manejo de la información se realizó en un solo momento determinado por lo que el estudio es de corte transversal.

$$X \rightarrow Y$$

Donde:

- X = Servicios ecosistémicos.
- Y = Potencial de mitigación de impactos ambientales.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del área de estudio estuvo conformada por el Centro Poblado de Acopalca, exactamente el área de plantaciones de *P. radiata*, asociadas Según CARE Perú ⁷ se tiene un área reforestada de 1,750 ha con *P. radiata*, *Polylepis incana* y *Buddleja coriácea*, de las cuales 718 ha corresponden a *P. radiata*.

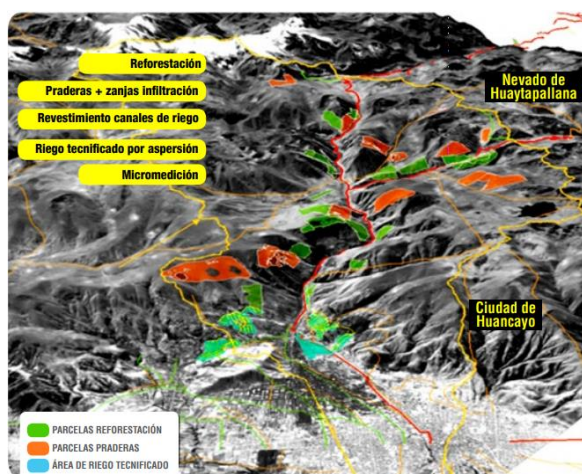


Figura 10. Proyectos piloto que fueron implementados a la fecha.

Fuente: CARE Perú 7, pág. 24.

3.3.2. Muestra

La muestra representativa de la investigación fue determinada en un entorno no probabilístico o catalogado como a conveniencia, sustentada por Arroyo ³⁸ en la necesidad de alcanzar un escenario de cantidad de datos mínimos que puedan reflejar medidas de tendencia central estadística a comparar, es decir, se aplicó un criterio técnico ³⁸ que refleja viabilidad.

El criterio que se asumió para evaluar al área asumida como muestra fue principalmente su contacto con la población, es decir, donde el *P. radiata* esté expuesta al posible contacto, de modo que en términos de conservación aquello también merme su potencial de mitigación de impactos ambientales, además de considerar a la biodiversidad asociada a la presencia de dicha especie forestal, como es el caso de la presencia humedales en formación, arbustos, hierbas y plantas vivaces, de modo que se pueda también consolidar el aporte en términos de mitigación de impactos ambientales en el ecosistema de influencia directa, así como el criterio para evaluar un área que permita el muestreo de suelo de identificación y una cantidad de muestras de suelo correspondiente en términos de viabilidad.

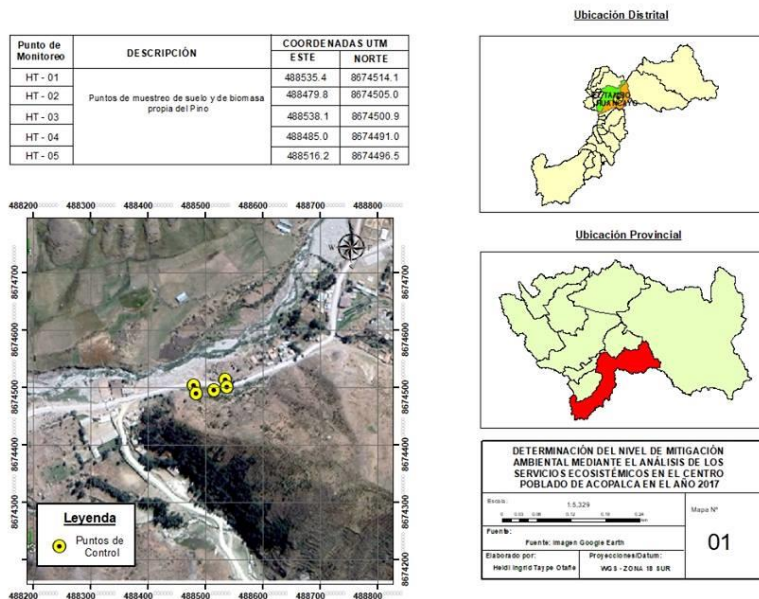


Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: elaboración propia utilizando el software ArcMap.

A partir de ello se identificaron a los servicios ecosistémicos asociados a las evidencias, la cual principalmente abarcó a 05 muestras de suelo en relación al citado método de identificación de características de los suelos (ver fundamentos metodológicos), así también muestras correspondientes a éstas, es decir 05 muestras, de *P. radiata* con fines de la determinación de la captura de carbono aéreo y propiedades del suelo; el área correspondiente a la parcela objeto de muestreo fue de 60 m² por tratarse de un estudio inicial en sentido del análisis de la mitigación de impactos ambientales en el contexto local de estudio según Arroyo ³⁸, así como por la concordancia frente a un número mínimo de muestras de suelo para dicha área, es decir, asumiendo un área menor a 0.1 ha fue oportuno muestrear un mínimo de 05 muestras representativas asumiendo también el entorno no destructivo asumido en la investigación respecto de las especie reforestada. La distribución de la toma de datos se observa en la siguiente figura y es evidenciada a través de las fotografías expuestas en el Anexo 04.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos, según Arroyo ⁽³⁸⁾ y apropiada para el método específico propuesto en la presente, fue la observación de corte estructurada, directa, participante y de campo y laboratorio. Dicha técnica se vio complementada por los instrumentos de recolección propuesto en el acápite siguiente, de modo que mantenga consecuencia desde el punto de vista metodológico.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente, acorde a la técnica señalada anteriormente, fueron los siguientes:

- a) El Anexo N° 03: Ficha de muestreo de suelo: proporcionada por el Ministerio del Ambiente ³⁴ respecto al cotejo de información relevante respecto de las condiciones o características del suelo en el lugar de estudio (ver anexos 02 y 03).
- b) Instrumento de recolección de datos N° 01 - Lista de cotejo: “Identificación de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos asociados a la reforestación de *P. radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017”; con la cual se cotejaron e identificaron a los servicios ecosistémicos, según normativa, que mantiene relación con el objeto de estudio de la investigación (ver anexos 02 y 03).
- c) Instrumento de recolección de datos N° 02 - Lista de cotejo: “Cotejo de las condiciones de recolección de muestras respecto de la especie forestal: *P. radiata*”; con la cual se buscó guardar representatividad respecto de la toma de muestras de la especie forestal objeto de estudio en la presente, equitativamente a la ficha de muestreo de suelo (ver anexos 02 y 03).

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Las técnicas de análisis de datos se mantuvieron en relación de lo metodológicamente expuesto a lo largo del presente capítulo y la tesis en general. En específico fueron:

- a) El análisis muestral en laboratorio (complementado por la aplicación de instrumentos de recolección de datos): se determinaron las características físicas del suelo, así como las características propias para la determinación de la captura de carbono acorde al análisis de la especie forestal objeto de estudio.
- b) El análisis estadístico: como eje comparativo respecto de la aplicación complementaria a nivel de gráficos estadísticos; por otro lado, y acorde a la determinación de la muestra; se realizó complementariamente una prueba paramétrica para una sola muestra y cotejada por una prueba de normalidad como prueba de confiabilidad respecto de la dispersión de los datos, como validez de hipótesis estadística, de modo que las afirmaciones y resultados expuestos en el siguiente capítulo mantengan consistencia y validez.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

Se reporta los resultados asociados al análisis de los datos tomados en campo, considerando el aporte de los servicios ecosistémicos y la intervención por reforestación de *P. radiata* como agente potencial que favorece la mitigación de impactos ambientales.

El objetivo específico 01 menciona la identificación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos asociados a la reforestación de *P. radiata* en el C.P. de Acopalca, ésta fue realizada mediante la aplicación del instrumento de recolección de datos N° 01 – lista de cotejo (ver anexo 03), donde se encontró que del total de servicios ecosistémicos, asumidos como mecanismos de retribución en la normativa nacional, un **38.46 %** aplica a la presente en el sentido de observación como parte ya de la obtención de un aporte científico apropiado, es decir, un poco más de un tercio de los servicios ecosistémicos considerados por la normativa nacional se evidencia como existente y asociada a la reforestación con *P. radiata* en el lugar de estudio; los servicios identificados fueron: regulación hídrica, secuestro y almacenamiento de carbono, belleza paisajística, control de erosión de suelos y regulación de riesgos naturales; dicha identificación se basó en el cotejo de los datos necesarios para determinar el potencial de mitigación de impactos ambientales de los servicios ecosistémicos, acorde a la disposición de información propia de un muestreo de identificación acorde al nivel exploratorio de la investigación y a la determinación muestral no paramétrica.

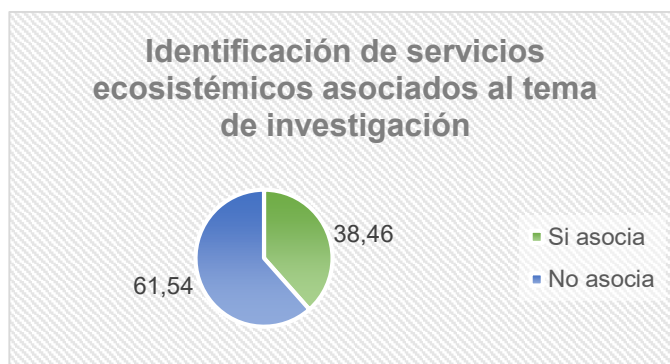


Figura 12. Gráfico que muestra el porcentaje de servicios ecosistémicos identificados en relación al objeto de estudio de la investigación.

Fuente: elaboración propia.

A partir de dicha identificación, se cotejaron los datos que sostendrán a las afirmaciones planteadas en la investigación, de modo que sean la base para la construcción de una matriz de causa efecto que evidencie una significancia positiva respecto del potencial de mitigación de impactos ambientales relacionada a la presencia del escenario de reforestación de *P. radiata* en Acopalca.

Tabla 05. *Servicios ecosistémicos relacionados a la reforestación con P. radiata en Acopalca, como evidencia de alcance de uno de los objetivos planteados.*

Servicios Ecosistémicos	Detalle
Regulación hídrica	En función del muestreo de suelos como medio receptor; análisis del caudal ecológico propuesto por el ente regulador.
Secuestro de almacenamiento de carbono	En función del muestreo de la especie forestal objeto de estudio de la investigación a nivel aéreo o sobre el suelo.
Belleza paisajística	Observación en campo a criterio del investigador (+ Likert).
Control de erosión de suelos	En función del muestreo de suelos; características como tal.
Regulación de riesgos naturales	En función del muestreo de suelos; características como tal; riesgos naturales físicos derivados del impacto ambiental.

Fuente: elaboración propia.

De manera complementaria y de necesidad comparativa, se consideraron datos sobre las características de los suelos del lugar de estudio; se obtuvieron datos confiables mediante el análisis de la investigación realizada por CARLOS et. al. ⁽³⁹ pág. 36), considerando los datos específicos en la siguiente tabla:

Tabla 06. *Características de los suelos de la subcuenca del Shullcas.*

Propiedades físicas	Carlos et. al.	Datos obtenidos en campo
Humedad (%)	38.53	66.8
Densidad (g/cm ³)	1.02	0.95
Arena (%)	53.76	57.62
Limo (%)	32.32	29.25
Arcilla (%)	13.92	13.13

Fuente: Carlos et. al. ³⁹, pág. 36 y datos propios.

El análisis de las características de los suelos (a nivel de laboratorio) se encuentran evidenciadas en la tabla a continuación; se tuvo en cuenta, acorde a lo requerido y necesario para la investigación y señalado en la Ficha de muestreo aplicada, los siguientes parámetros o características: textura (%), humedad (%), densidad (g/cm³).

Tabla 07. *Características físicas de los suelos de Acopalca frente al análisis de los servicios ecosistémicos.*

Característica	Codificación de las muestras				
	HT 01	HT 02	HT 03	HT 04	HT 05
Textura	Predominante: franco arenoso.				
	A: 66.14 %	A: 54.85 %	A: 61.43 %	A: 52.12 %	A: 53.54 %
Humedad (gravimétrica / %)	0.87	0.74	0.58	0.55	0.6
Densidad (g/cm ³)	0.3	1.37	0.49	1.59	1.02

Fuente: elaboración propia.

El análisis de regulación hídrica abarcó de manera complementaria al entorno de las propiedades del suelo como medio receptor, así como el dato de caudal propuesto por la USAID ⁴⁰ que hace mención que la disponibilidad de agua mediante la escorrentía superficial y subterránea del principal tributario del río Mantaro, es decir el río Shullcas, evidencia un caudal de avenida de 5.0 m³/s y en meses de estiaje se reduce a 1.5 m³/s. El sector de estudio, así como el período se encuentran enmarcados en meses de disponibilidad de agua, lo cual concuerda con el porcentaje de agua determinado respecto de la humedad de las muestras de los suelos, lo cual se encuentra entre 55 % a 87 % y difiere con lo reportado por Carlos et. al. ³⁹, pág. ³⁶ en la tabla 06, reporta un valor porcentual de 39 % en épocas de estiaje y corresponde a tierras forestales que en épocas de avenida tienden a generar escenarios de infiltración rápida y en épocas de estiaje se tiende a reducir el caudal como fue reportado anteriormente, evidenciando una tendencia de pérdida gradual del recurso hídrico en suelos con presencia de especies forestales, en mayor parte son por especies introducidas como *P. radiata*. Asumiéndose como tal, el escenario de regulación hídrica poco alentadora frente a la presencia de especies como *P. radiata*.

Respecto del *P. radiata* y su relación directa con la captura y almacenamiento de carbono como servicio ecosistémico, se determinaron los valores señalados en la siguiente tabla N° 08; complementariamente y según lo recomendado por las bases teóricas, se obtuvo información mediante la aplicación de la Lista de Cotejo N° 02 las consideraciones generales en campo respecto de las características de dicha especie dentro del área elegida como muestra representativa; dichas características son las siguientes: 1) pendiente: 45° aproximadamente, con tendencia a ser pronunciada; 2) exposición: alta; 3) grado de intervención: bajo; 4) cobertura: parcial; 5) estructurada: variada, cónica; 6) sanidad: potencialmente sanos con presencia de descomposición temporal natural; 7) forma: cónico; y 8) posición sociológica: alta.

Los valores que fueron asumidos como potenciales parámetros o niveles (alta, medio bajo) hacen referencia a la percepción mediante la observación (estilo Likert en equivalencia cualitativa) que se obtuvo tras la aplicación de la mencionada lista de cotejo; los datos sobre la altura de los árboles de la muestra representativa, así como los diámetros a la altura del pecho (DAP), se mantienen catalogadas en la tabla de cálculo de la captura de carbono por encima del suelo (aéreo).

Tabla 08. *Determinación del almacenamiento y captura de carbono por árbol.*

Valores	Codificación de las muestras				
	HT 01	HT 02	HT 03	HT 04	HT 05
Densidad (g/cm ³)	0.35	0.57	0.44	0.48	0.48
D.A.P. (cm)	10.2	16.2	13.7	14	14.2
Altura (cm)	400	450	420	410	410
Cte. 1			0.112		
Cte. 2			0.916		
BAT (kg)	7.27	29.63	16.06	17.79	18.26
C (kgC)	3.64	14.82	8.03	8.90	9.13
CO ₂ (kgCO ₂)	13.33	54.33	29.44	32.62	33.48

Fuente: elaboración propia.

A partir de dichas premisas, se logró identificar a los componentes y factores ambientales para cada servicio ecosistémico identificado.

Tabla 09. *Identificación de componentes y factores ambientales necesarios para la investigación (representativos).*

Servicios ecosistémicos identificados	Componentes ambientales interrelacionados	Factores ambientales interrelacionados
Regulación hídrica	Físico, biológico y socioeconómico.	Agua; suelo; flora; cultura.
Secuestro y almacenamiento de carbono	Físico, biológico y socioeconómico.	Aire; flora; cultura.
Belleza paisajística	Biológico y socioeconómico.	Flora; paisaje.
Control de erosión de suelos	Físico y socioeconómico.	Suelo; paisaje.
Regulación de riesgos naturales	Físico y socioeconómico.	Suelo, cultura.

Fuente: elaboración propia.

En interrelación de los servicios ecosistémicos y los componentes y factores de estudio, se obtiene como resultado que la totalidad de los componentes ambientales son necesarios de asumir en el análisis del impacto ambiental en sentido de mitigación, sin embargo respecto de los factores, solo la “fauna” propiamente dicha no se relaciona directamente con los servicios ecosistémicos catalogados; se hubiese llegado a un análisis total matricial si se hubiera identificado al servicio ecosistémico “provisión de recursos genéticos o polinización” siendo directos.

Para la deducción observacional, como eje metodológico, de la mitigación del impacto ambiental fue necesario realizar la confección de una matriz de causa y efecto como alternativa de identificación y evaluación del impacto ambiental desde el punto de vista de la Ingeniería Ambiental, demostrando así un soporte técnico, eficiente y valedero que evidencia el logro de resultados significativos. Se tuvo en cuenta un rango de importancia de la siguiente manera: 1 = poco importante; 2 = relativamente importante; 3 = muy importante; y respecto de las magnitudes, éstas se mantuvieron en el siguiente rango: 1 = leve; 2 = moderado; 3 = severo, así como para éstas se mantuvo el uso de los signos que hacen referencia a un valor positivo (+) o negativo (-).

Valorización de significancia de los impactos			
	Poco importante	Relativamente importante	Muy importante
Leve	1	2	3
Moderado	2	4	6
Severo	3	6	9
1, 2	Impactos insignificantes		
3, 4	Impactos moderados		
6, 9	Impactos significativos		

Figura 13. Valores de la significancia de los impactos al considerar la interacción de la importancia y la magnitud.

Fuente: elaboración propia según lo propuesto por Espinoza ²⁸.

Propiamente el análisis del suelo, respecto de sus características, sostendrá la valoración asignada en la matriz respecto de los servicios ecosistémicos “regulación hídrica, control de erosión de suelos y regulación de riesgos naturales”, así como el análisis de las características de la especie forestal *P. radiata* reflejarán una consistencia adecuada respecto de la valoración de los servicios ecosistémicos “secuestro y almacenamiento de carbono, y paisaje”. Como no se tuvo en cuenta una línea base respecto de una situación de contaminación previa a la reforestación, los valores obtenidos matricialmente representarán como tal una situación de potencial mejora frente a la intervención nula con un enfoque de recuperación, evidenciando el potencial de mitigación.

Tabla 10. *Matriz de causa y efecto de los servicios ecosistémicos identificados.*

Componentes y factores ambientales		Servicios Ecosistémicos (M / I)				
Componentes ambientales	Factores ambientales	Regulación hídrica	Secuestro y almacenamiento de carbono	Belleza paisajística	Control de erosión de suelos	Regulación de riesgos naturales
Físicos	Agua	1 / 3	-	-	-	-
	Aire	-	+2 / 2	-	-	-
	Suelo	-2 / 2	-	-	-2 / 2	-1 / 3
Biológicos	Flora	-2 / 2	+1 / 2	+1 / 1	-	-
Sociales y económicos	Paisaje	-	-	+2 / 2	-2 / 2	+1 / 2
	Cultura	-1 / 2	+1 / 2	-	-	-
Interacciones	Positivas	1	3	2	0	1
	Negativas	3	0	0	2	1
Promedio aritmético por servicio ecosistémico		-7	8	5	-8	-1
Niveles de significancia positiva relacionada a la mitigación de impactos		9	9	9	9	9
Promedio general del potencial de mitigación del impacto ambiental por la intervención con reforestación con <i>P. radiata</i> = - 3.						

Fuente: elaboración propia.

Los valores asignados para cada factor ambiental se relacionaron directamente a los servicios ecosistémicos identificados; para el factor agua se relacionó directamente al servicio de regulación hídrica, la cual en términos de cambio climático se pondera como de mucha importancia (3), sin embargo, para el contexto y período de estudio se tuvo una magnitud positiva pero leve (1), lo cual se refleja por el análisis del contenido de humedad en el suelo en relación de la presencia de *P. radiata*.

Para el servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono se asociaron a los factores ambientales: aire, flora y cultura; en sentido del aire, su valorización como relativamente importante (2) y de magnitud moderada (+2) se sostiene por el potencial de captura de carbono alcanzado, en caso de la flora de igual manera: la magnitud moderada y positiva se mantiene por el hecho de la presencia de una cantidad considerable de *P. radiata* que fue reforestada como acción de contrarrestar el cambio climático, la cual influye directamente en el potencial de captura de carbono, en el área de estudio según lo mostrado en el planteamiento del problema, sin embargo la valoración de poco importante (1) se da porque justamente dicha especie forestal es catalogada como introducida, dejando de lado la alternativa de valorizar al ecosistema del lugar con especies nativas, sosteniendo también la valoración del entorno cultural como factor ambiental asociado, es decir, que si fuese una alternativa de reforestación con especies nativas se optimizarían también aspectos de cultura ambiental o revalorización de lo “nuestro” o “propio”.

Para el servicio ecosistémico de belleza paisajística se consideró un valor de poco importante (1) y una magnitud leve (+1) respecto de la flora puesto que *P. radiata* observado se encuentra en desarrollo o en una fase “joven” de crecimiento, siendo vulnerable a su destrucción debido a actividad antropogénicas de turismo relacionadas a la práctica de una cultura ambiental pobre; para el entorno del paisaje se establecieron valores de relativa importancia (2) y de una magnitud moderada (2), asociado a lo anteriormente expuesto, sin embargo para el caso del paisaje se observó una distribución equitativa respecto de la reforestación realizada, así como especies que generan un escenario de mejor percepción del paisaje frente a la presencia de *P. radiata*.

En relación del servicio ecosistémico de control de la erosión de suelos, se observa que, si bien se tiene una humedad relativa superior a la reportada por Carlos et. al.³⁹, la densidad del suelo para dos puntos de analizados fue superior a lo normal, lo cual evidencia una merma de la materia orgánica y por tanto la predisposición del suelo a la desertificación; el control de la erosión hídrica no se vería mitiga significativamente, así como, a largo plazo, otros tipos de erosión derivados de la pérdida de materia orgánica, estableciendo así un valor de magnitud moderada y negativa (-2) e importancia relativa (2), sostenidas también por el hecho de que *P. radiata* se encuentra en desarrollo; el análisis anterior corresponde a la relación de dicho servicio frente al factor suelo directamente, sin embargo, también se le valorizó en relación al paisaje, el cual es directamente proporcional a la erosión de los suelos a largo plazo, es decir, existirá una tendencia a perder la belleza paisajística al no minimizar dicho escenario de presentarse.

Para la regulación de riesgos naturales, se valorizó su interacción frente al suelo como de una magnitud leve (-1) pero de mucha importancia (3) por considerar al área de estudio como propia del ACR Huaytapallana, es decir, donde se debe reflejar una preservación del ecosistema de manera adecuada; su magnitud leve a que la presencia de *P. radiata* como especie introducida mantiene un potencial de alteración del ecosistema por su adaptación en el medio, sin embargo, dicha especie aún se encuentra en desarrollo; para el entorno del paisaje, se valorizó como una magnitud similar al anterior frente al servicio ecosistémico en mención, pero la importancia fue valorizada como relativa (2) o un tanto menor, debido principalmente a que *P. radiata* se encuentra en desarrollo, no siendo perceptible a una escala significativa.

El valor de promedio general obtenido refleja una negatividad respecto del análisis de las magnitudes negativas que son, principalmente, atribuidas a los valores de las características de los suelos que reflejan un grado perjudicial de regulación como aporte de los servicios ecosistémicos interrelacionados a la intervención con *P. radiata* y su propia reforestación en la zona de estudio; propiamente en la sección discusión de resultados se analizó dicha situación, no evidencia un potencial de mitigación del impacto ambiental adecuado o positivo y significativo.

4.1.1. Prueba de hipótesis

Tal como se detalló en el capítulo 3 (metodología) se procedió a realizar una prueba de normalidad estadística para corroborar que los datos provienen de una distribución normal o evidencien representatividad. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a un nivel de confianza del 95 % que, según Triola ⁴¹, es consistente para la validación estadística por tratarse de una muestra menor a 50. Los valores que se asumieron en el entorno comparativo y demostración de significancia asociada a la mitigación ambiental fueron los presentados en la tabla 10: promedio aritmético por servicio ecosistémico y los niveles de significancia positiva relacionada a la mitigación de impactos ambientales.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Promedio.Impacto.SE	,217	5	,200	,910	5	,467

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

c. Significancia.Mitig.Imp es una constante y se ha desestimado.

Figura 14. Representación de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a través del programa estadístico SPSS.

Fuente: elaboración propia en función de lo representado por el programa SPSS.

Se llegó a obtener el valor de significancia estadística mayor que el valor crítico de prueba (correspondiente al nivel de confianza señalado) 0.05 ($0.05 < 0.467$); por tanto, se valida la afirmación que: los datos promedio del impacto y la significancia de la mitigación de impactos ambientales (constante reportada) por servicio ecosistémico del *P. radiata* reflejan una distribución normal, es decir, originalidad y representatividad de los datos.

A partir de ello fue posible comprobar alguna de las afirmaciones consideradas como hipótesis en el capítulo 1 de la presente investigación:

- H1: El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales es significativo en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017
- H0: El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017

Correlaciones

		Promedio. Impacto.SE	Significancia. Mitig.Imp
Promedio.Impacto.SE	Correlación de Pearson	1	-,166
	Sig. (bilateral)		,790
	N	5	5
Significancia.Mitig.Imp	Correlación de Pearson	-,166	1
	Sig. (bilateral)	,790	
	N	5	5

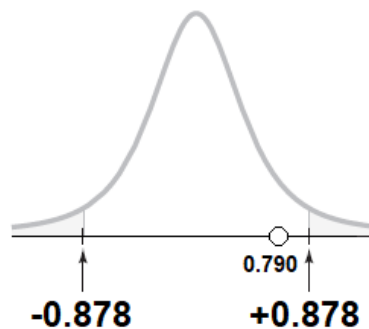


Figura 15. Representación de la prueba paramétrica de correlación de Pearson como evidencia de validación estadística.

Fuente: elaboración propia en función de lo representado por el programa SPSS.

Según Triola ⁴¹, al existir distribución normal de los datos analizados, corresponde realizar una validación hipotética de comparación paramétrica, es decir, donde exista un nivel de probabilidad respecto del valor estadístico de prueba; por tanto se sustenta el empleo de la correlación de Pearson como entorno probabilístico al 95 % de nivel de confianza, por tanto el valor crítico de prueba para $n = 5$ y dicho valor de confianza es de ± 0.878 según la Tabla A-6 de los apéndices del libro de Triola ⁴¹, pág. 873.

Se opta por la decisión de “retener la hipótesis nula” o en su defecto validarla al comparar a los datos del promedio aritmético por servicio ecosistémico mostrada en la tabla 10 frente a datos que evidencia un escenario de impactos ambientales positivos o derivados de la mitigación de impactos (valores del nivel significancia presentadas en la figura 13) en entornos de compensación asociada a los servicios ecosistémicos (valores altos y positivos de la interacción entre la magnitud e importancia positiva en referencia a la Tabla 10), sumado a la validación gráfica y estadística que proporcionó la prueba paramétrica determinada por la distribución normal mencionada.

El valor de significancia de la prueba de correlación de Pearson empleada fue de **0.790**, el cual recae en la zona de aceptación de la hipótesis nula gráficamente (ver figura 15), por tanto se valida la hipótesis nula: **El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017**; complementariamente se tiene al nivel de correlación hallado (- 0.166), el mismo que fue negativo (de relación inversa para el período en estudio, es decir, que, potencialmente, los servicios ecosistémicos de *P. radiata* (considerando escenarios de intervención para justamente mejorar dicho escenario ecosistémico) deberían aportar en generar escenarios de mitigación de impactos ambientales, lo cual no se observa en la realidad), de modo que dicha relación se evidencia como no significativa o baja respecto de la relación entre las variables, de modo que se valida que el potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017.

4.2. Discusión de resultados

Respecto del alcance de los resultados enfocados en responder al problema general de investigación, se comprobó estadísticamente que el potencial de los servicios ecosistémicos del *P. radiata*, es no significativo en términos de una Evaluación de Impacto Ambiental.

Tabla 11. Comparación de las características de suelos de Acopalca.

Características	Datos "patrón"	Datos obtenidos
Humedad (%)	38.53 %	67 %
Densidad (g/cm ³)	1.02 g/cm ³	0.95 g/cm ³
Textura (A%)	Franco arenoso A: 53.76 %	Franco arenoso A: 57.62 %

Fuente: elaboración propia.

En un primer momento, y considerando los datos patrón de Carlos et. al. ⁽³⁹⁾ que fueron tomados el año 2014 en condiciones aleatorias de selección que asumieron factores de pastoreo, intervención por reforestación (especies forestales en crecimiento) y pastos naturales en el sector de Acopalca; se tuvo data muestreada, analizada y calculada respecto del suelo y sus propiedades físicas e intrínsecas que hacen referencia a la situación anteriormente expuesta, obteniéndose valores equidistantes por tratarse de un análisis en distintas épocas del año respecto de las condiciones de precipitación (avenido/estiaje) respecto de dichas características en comparación con lo propuesto por Constanza ⁴², que hace referencia a que la humedad (%) se ve afectada por el cambio de uso de suelo a partir de un agente de intervención y que una humedad (%) relativamente alta pero con una tendencia a dicho escenario como se muestra en la presente, favorece al fenómeno de erosión y la vulnerabilidad física frente a riesgos naturales se incrementa, también concordando así con lo propuesto por Retamal ²¹; asimismo, respecto de la densidad (g/cm³) del suelo, Rubio ⁴³ considera que la obtención de valores altos de densidad (g/cm³) favorece a una infiltración lenta del recurso hídrico, sostenido asimismo por la textura de dicho factor ambiental, lo cual no favorece respecto de las condiciones de servicio del ecosistema frente a la capacidad óptima del desarrollo de especies forestales; ambas situaciones sostienen consistentemente que las características del suelo analizado corresponden o reflejan un escenario de mitigación de impactos ambientales adversa, puesto que no se evidencian valores y características que favorezcan dicho escenario, por lo contrario, sostiene a la valoración de las magnitudes negativas respecto del análisis causa efecto propio de la evaluación del impacto ambiental; respecto del desarrollo de especies forestales mencionado anteriormente, la presente al ser una especie introducida (*P. radiata*) mantiene un requerimiento de adaptación frente a las condiciones del ecosistema natural en el cual se encuentra, lo cual también afectaría a las

propiedades del suelo como es en el caso de la humedad propiamente dicha, la cual fue calculada y reportada con un valor de 0.6 % y se encuentra por debajo del punto de marchitez de la especie forestal, reportada como el 5 % ⁴⁴, lo cual evidencia que la extracción de agua del medio se ve afectada por la presente de dicha especie, haciendo que el suelo pierda propiedades o condiciones ideales, así también sosteniendo la afirmación respecto del potencial impacto respecto de la desertificación del lugar, a costa de una “ideal” capacidad de adaptación de la especie forestal al medio, alterando a éste y disminuyendo el potencial de mitigación de impactos ambientales. Respecto de la potencial captura de carbono a nivel aéreo o sobre el suelo, en función del análisis de las especies forestales analizada, se tuvo que dicha capacidad se mantuvo acorde a lo señalado por expertos en investigaciones con dicho objeto de estudio, como es el caso de Castañeda-Martin y Montes-Pulido ⁴⁵ y Céspedes ¹⁹, que hacen referencia a valores significativos reportados en toneladas por hectárea, que, al ser convertidos a las unidades propias de estimación de la presente evidencian consistencia respecto de la captura de carbono aportada por *P. radiata* y así potencialmente mejorar la calidad del aire de forma complementaria, al reducir por un medio de sumidero la concentración de carbono excedente en la atmósfera, evidencia un potencial de uso correcto, mas no significativo desde el punto de vista de los mecanismos de retribución de servicios ecosistémicos debido a las condiciones propias de su desarrollo de las especies encontrados.

En consideración con los antecedentes de la investigación, los resultados de la presente concuerdan en sobremanera con lo propuesto por Balvanera y Cotler ¹⁴, en sentido a que se deben cambiar las perspectivas de forestación en áreas degradadas, teniendo en cuenta principalmente experiencias de éxitos y fracasos en zonas de intervención similares o propiamente en la zona de interés, de modo que dicha acción sea la adecuada e influya adecuadamente en la optimización de los servicios brindados ecosistémicamente así como se enfoque en reducir el impacto ambiental de manera significativa. De igual modo, los resultados de la presente mantienen consistencia respecto del alcance, en predisposición, del Desarrollo Sostenible, evidentemente adverso en el contexto de estudio y más teniendo especies introducidas que “deterioran” las condiciones naturales de los servicios ambientales; ello concuerda con lo propuesto por Quétler et. al. ¹⁵; Galván y Reyes ¹⁷; Rodríguez ¹⁸; Arana ²⁰; Keyes ¹³; Montes ²²; y Little y Lara ²⁴: el conglomerado de autores que hacen referencia al término “sostenibilidad” aborda

temáticas relacionadas a una correcta planificación respecto de la intervención y mucho más puntual y específica si se trata de áreas naturales protegidas, de modo que los servicios ecosistémicos “optimizados” reflejen condiciones que favorezcan al desarrollo social, económico y ambiental, enmarcado en la calidad de vida; lo expuesto evidentemente se mantiene fuera de contexto respecto de una intervención adecuada en el lugar de estudio, evidenciada en el potencial adverso implícitamente relacionado con el potencial no significativo de mitigación de impactos ambientales, por tanto, es posible afirmar que las intervenciones de reforestación, para el caso y puntualmente con una especie introducida, no favorece a la recuperación de áreas degradadas, es decir, se debería de impulsar intervenciones correctivas con especies naturales endémicas de la zona de estudio, augurando el alcance de los lineamientos del Desarrollo Sostenible.

Complementariamente, Schlatter y Otero ¹² consideran que *P. radiata* “refleja una conducta agresiva que es adecuada para la colonización y habilitación de suelos recientes o erosionados”, pero que sin embargo deberían tener en cuenta el área de potencial intervención con la salvaguarda de que las condiciones ambientales y específicas como tal de dichas zonas complementen a lo afirmado en sentido de representatividad en el medio; final y complementariamente Huber et. al. ¹⁶ consideran que “las pérdidas de agua por interceptación son mayores en las cuencas cubiertas con *P. radiata* que en las de eucalipto; respecto de la evapotranspiración, en las cuencas reforestadas con *P. radiata* dicha capacidad de inferior a comparación que las de eucalipto, influyendo inversamente proporcional sobre los caudales de los efluentes propios de dichas cuencas”, evidenciando en su afán comparativo que la reforestación con *P. radiata* no regula adecuadamente al ciclo del recurso hídrico, sosteniendo las afirmaciones analizadas inicialmente en el presente acápite; concluyo de manera objetiva, teniendo en cuenta un análisis real y conciso del objeto de estudio para así reflejar un aporte científico adecuado, que la reforestación con *P. radiata* no favorece a los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos en el Centro Poblado de Acopalca. Asimismo, dicho escenario evidencia que no se obtiene el servicio de regulación de la contaminación como tal, es decir, el potencial de mitigación de impactos ambientales, abriendo la oportunidad de realizar intervenciones con opciones de mejora de modo que éstas mantengan o reflejen una consistencia en sentido del alcance de la sostenibilidad.

CONCLUSIONES

- a) El potencial de los servicios ecosistémicos de *Pinus radiata* para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017 ($r = - 0.166$), debido principalmente a que no se guarda contextos de seguimiento y/o monitoreo de los proyectos realizados en el ACR Huaytapallana con el fin de valorizar a dichos servicios ecosistémicos, generando así escenarios de regulación de impactos ambientales (así como la reducción de niveles negativos de éstos) poco significativos.
- b) Se identificó que los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que se asocian con la presencia de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017 son: regulación hídrica, secuestro y almacenamiento de carbono, belleza paisajística, control de erosión de suelos y regulación de riesgos naturales, los cuales no tienden por ser preservados adecuadamente con la mencionada especie forestal.
- c) Los factores ambientales que aportan en la mitigación de impactos ambientales, a partir de los servicios ecosistémicos que han sido identificados en relación a la presencia de *Pinus radiata* en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017 son el componente físico, biológico y socioeconómico, y los factores derivado de dichos componentes, los cuales son: aire, paisaje y cultura, demostrando la importancia de la preservación y valorización de los servicios ecosistémicos para así regular y reducir niveles de impactos ambientales negativos y significativos.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar el análisis de los servicios ecosistémicos complementarios a los identificados en la presente, de modo que se sostenga la necesidad de revalorizar a la investigación como eje de difusión y generador de conocimientos óptimos que involucren a otras profesiones como tal en función de un enfoque multidisciplinario.
- b) Realizar un inventario por stock de carbono de manera complementaria al muestreo inicial o de primera intervención respecto del análisis de parcelas más grandes, de modo que lo reportado en la presente sea complementado y discutido.
- c) Realizar reforestaciones con especies nativas de la sierra central que evidencien un potencial de conservación significativo para la generación de servicios ecosistémicos y analizar las reforestaciones realizadas con otras especies forestales en la zona de estudio para así priorizar a los servicios ecosistémicos como eje fundamental enfocado en el alcance del Desarrollo Sostenible, así como en la adaptación frente al cambio climático en zonas altamente vulnerables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Unidos por el clima*. Bonn: UNFCCC, 2007. 9292190466.
2. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. www.unesco.org. [En línea] UNESCO, 2017. [Citado el: 03 de enero de 2018.] <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/ecological-sciences/mab-lac-themes/servicios-ecosistemicos/>.
3. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA.. www.unesco.org. [En línea] UNESCO, 2017. [Citado el: 03 de enero de 2018.] http://www.unesco.org/new/es/lima/communities/single-view/news/unesco_presenta_el_informe_de_politica_las_montanas_com/.
4. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *El Perú y el Cambio Climático*. Lima: Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, 2016. 201604430.
5. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley N° 30215. *Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2014.
6. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Aprueban Reglamento de la Ley N° 30215 Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. *D.S. 009-2016-MINAM*. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2016.
7. CARE Perú. *Análisis situacional de la implementación de los proyectos piloto como medidas de adaptación*. Huancayo: Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado por los Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA, 2014.
8. DIARIO CORREO. Con reforestación buscar recuperar el Huaytapallana. 2012.
9. AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS ANDINA. Con faena comunal reforestan Área de Conservación del Huaytapallana. Huancayo: Andina, 2016.
10. FAIETA, J. *La ONU y la COP 20*. 9, Lima: PNUD, 2014.
11. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Decreto Supremo que establece el Área de Conservación Regional Huaytapallana. *D.S. N° 018-2011-MINAM*. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2011.

12. SCHLATTER, J. y OTERO, L. *Efecto de P. radiata sobre las características químico-nutritivos del suelo mineral superficial*. 1, Valdivia: Bosque, 1995, **16**.
13. KEYES, M. *Tecnología para la reforestación en América Latina*. 1, Xalapa: Madera y Bosques, 1996, **2**. 14050471.
14. BALVANERA, P. y COTLER, H. *Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas*. 84-85, México D.F.: Gaceta Ecológica, 2007. 14052849.
15. QUÉTLER, F. y otros. *Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario*. 84-85, México D.F.: Gaceta Ecológica, 2007. 14052849.
16. HUBER, A. y otros. *Efecto de las plantaciones de P. radiata y Eucalyptus globulus sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile*. 3, Valdivia: Bosque, 2010, **31**. 07179200.
17. GALVÁN, L. y REYES, R. *Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la Contaminación Ambiental*. 53, Caracas: Universidad, Ciencia y Tecnología, 2009, **13**. 13164821.
18. RODRÍGUEZ, L. y otros. *La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos*. 1, Trento: BOSQUE, 2016, **37**.
19. CÉSPEDES, T. *Evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2007.
20. ARANA, V. *Análisis y valoración de los servicios de los ecosistemas de humedales asociados al Río León (Urabá Antioqueño - Colombia). Su relación con el sistema hídrico subterráneo y con el bienestar humano*. La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2015.
21. RETAMAL, C. *Cuantificación de servicios ecosistémicos urbanos en Cerros Isla*. Santiago: Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, 2015.
22. MONTES, C. *Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas*. 3, Madrid: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente - ECOSISTEMAS, 2007, **16**.

23. BALVANERA, P. *Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales*. 1, México D.F. : Ecosistemas, 2012, **21**.
24. LITTLE, C. y LARA, A. *Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile*. 3, Valdivia: BOSQUE, 2010, **31**.
25. LLERENA, C. y YALLE, S. *Los servicios ecosistémicos en el Perú*. Lima: Xilema, 2014, **27**.
26. GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN. *Plan Maestro del Área de Conservación Regional Huaytapallana 2014-2018*. Huancayo: GRRNMA, 2014.
27. VINUEZA, M. *Ficha Técnica N° 13 Pino (P. radiata)*. Quito: Ecuador Forestal, 2013.
28. ESPINOZA, G. *Gestión y fundamentos de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2007.
29. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*. Lima: MINAM, 2015.
30. SCHLEGEL, B., GAYOSO, J. y GUERRA, J. *Manual de procedimientos: Muestreos de biomasa forestal*. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2000.
31. NADLER, C., y otros. *Medición de carbono almacenado en los bosques de la Reserva Nacional de Malleco. IX Región, Chile*. Valdivia: Simposio Internacional: Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistema forestales, 2001.
32. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques del Perú*. Lima: MINAM, 2014.
33. RUGNITZ, M., CHACÓN, M. y PORRO, R. *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima: Centro Mundial Agroforestal - ICRAF, 2009. 9789290592549.
34. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía para el muestreo de suelos*. Lima: MINAM, 2014.
35. FLORES, L. y ALCALÁ, J. *Manual de procedimientos analíticos*. México D.F.: UNAM, 2010.

36. PLAZAS, J., LEMA, Á. y LEÓN, J. *Una propuesta estadística para la evaluación del impacto ambiental de proyectos en desarrollo*. 1, Medellín: Facultad Nacional de Agronomía, 2009, **62**.
37. ESPINO-ROMÁN, P., OLAGUEZ-TORRES, E. y DAVIZON-CASTILLO, Y. *Análisis de la percepción del medio ambiente de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica*. 4, Sinaloa: Formación Universitaria, 2015, **8**.
38. ARROYO, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo: Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
39. CARLOS, G. y otros. *Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas forestales y de pastoreo en la subcuenca del Río Shullcas*. 01, Huancayo: Apuntes de Ciencia y Sociedad, 2014, **04**.
40. AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. *Diagnóstico de la subcuenca del río Shullcas*. Huancayo: USAID, 2016.
41. TRIOLA, M. *Estadística*. México D.F.: Pearson Education, 2004. 9702605199.
42. CONSTANZA, M. *Efecto del uso de suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz - Colombia*. 1, Medellín: Facultad Nacional de Agronomía, 2014, **67**.
43. RUBIO, A. *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010.
44. www.tecnicoagricola.es. *Gabinete de Ingenieros Técnicos Agrícolas*. España: GeneratePress, 2018.
45. CASTAÑEDA-MARTIN, A. y MONTES-PULIDO, C. *Carbono almacenado en páramo andino*. Bogotá: Entramado, 2017.
46. GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN. Fortalecimiento del sistema de Áreas Naturales Protegidas y establecimiento de la conservación regional de Junín. Huancayo: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, 2012.

ANEXOS

Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE *Pinus radiata* PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL CENTRO POBLADO DE ACOPALCA, EN EL AÑO 2017.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el potencial de los servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> para la mitigación de impactos ambientales en el centro poblado de Acopalca, en el año 2017?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuáles son los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017?</p> <p>¿Qué factores ambientales evidencian un mayor potencial de mitigación de impactos ambientales aportado por los servicios ecosistémicos de la reforestación de <i>Pinus radiata</i> en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el potencial de los servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> para la mitigación de impactos ambientales en el centro poblado de Acopalca, en el año 2017.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017.</p> <p>Determinar los factores ambientales que evidencian un mayor potencial de mitigación de impactos ambientales aportado por los servicios ecosistémicos de la reforestación de <i>Pinus radiata</i> en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.</p>	<p>Hipótesis de investigación</p> <p>H₁: El potencial de los servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> para la mitigación de impactos ambientales es significativo en el Centro Poblado de Acopalca, en el año 2017.</p> <p>Hipótesis nula</p> <p>H₀: El potencial de los servicios ecosistémicos de <i>Pinus radiata</i> para la mitigación de impactos ambientales no es significativo en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Mitigación de impactos ambientales.</p> <p>Variable independiente</p> <p>Servicios ecosistémicos (aportados por la reforestación de <i>Pinus radiata</i>).</p>	<p>Método general Deductivo.</p> <p>Método específico Observacional.</p> <p>Tipo de investigación Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación Explicativa.</p> <p>Diseño de investigación Transversal, no experimental.</p> <p>Población C.P. Acopalca.</p> <p>Muestra Servicios ecosistémicos, 05 puntos de muestreo de suelo y biomasa aérea.</p> <p>Técnica de recolección de datos Observación estructurada, de campo y laboratorio, directa y participante.</p>

Anexo 02. Instrumentos de recolección de datos (evidencias de formato):

Anexo N° 3: Ficha de muestreo de suelo

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Uso principal:	Dirección del Predio:

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona):
Coordenadas: X: Y: (UTM,WGS84)	Descripción de la superficie: (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados:
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática : (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción):

Datos de las muestras:

Clave de la muestra:									
Fecha:									
Hora:									
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)									
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)									
Características organolépticas:									
Color:									
Olor:									

Textura:								
Compactación/Consistencia:								
Humedad:								
Componentes antropogénicos:								
Estimación de la fracción > 2 mm (%):								
Cantidad de la muestra: <i>(Volumen o peso)</i>								
Medidas de conservación:								
Tipo de muestra: <i>(simple/compuesta)</i>								
Para muestras superficiales compuestas:								
Área de muestreo (m ²):								
Número de sub-muestras:								

Comentarios:

Croquis:

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01 – LISTA DE COTEJO

“IDENTIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS A LA REFORESTACIÓN A BASE DE PINO EN EL CENTRO POBLADO DE ACOPALCA EN EL AÑO 2017”

Objetivo: Identificar los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos según el D.S. 009-2016-MINAM (Art. 6°) asociados a la reforestación a base de pino en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.

Investigadora: Bach. Ing. Ambiental Heidi Taype.

Fecha: __/__/__

Instrucciones: Marca con una **X** en caso se identifique un servicio ecosistémico asociado a la reforestación con pino; considerar observaciones de ser necesarias.

Servicio Ecosistémico	Asociación	Observaciones
Regulación hídrica		
Mantenimiento de la biodiversidad		
Secuestro y almacenamiento de carbono		
Belleza paisajística		
Control de erosión de suelos		
Provisión de recursos genéticos		
Regulación de la calidad del aire		
Regulación del clima		
Polinización		
Regulación de riesgos naturales		
Recreación y ecoturismo		
Ciclo de nutrientes		
Formación de suelos		

Fuente bibliográfica: D.S. 009-2016-MINAM, Reglamento de la Ley de Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02 – LISTA DE COTEJO

“COTEJO DE LAS CONDICIONES DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS RESPECTO DE LA ESPECIE FORESTAL: PINO”

Objetivo: Catalogar las condiciones de toma de muestra en campo respecto de la especie forestal objeto de estudio: pino.

Investigadora: Bach. Ing. Ambiental Heidi Taype

Fecha: __ / __ / __

Instrucciones: Rellenar la ficha de campo con las condiciones de calidad del muestro de la especie forestal objeto de estudio: pino.

Consideraciones generales:

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

Anexo 03. Instrumentos de recolección de datos (evidencias de registro, rellenas).

Guía para Muestreo de Suelos

Anexo N° 3: Ficha de muestreo de suelo

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: <u>Acopelca.</u>	Departamento: <u>Junín.</u>
Razón social: <u>-</u>	Provincia: <u>Huancayo.</u>
Uso principal: <u>ACE. - Conservación.</u>	Dirección del Predio: <u>-</u>

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo:	Operador: <u>Bach. Heidi Taype Ofane.</u>
Coordenadas: X: <u>488484.58</u> Y: <u>8674496.64</u> (UTM,WGS84)	Descripción de la superficie: <u>Asfalto, Vegetación P pura. reforestación.</u> (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C): <u>Aprox. 10°C.</u>	Precipitación (si/no, intensidad): <u>No.</u>
Técnica de muestreo: <u>Sondeo manual.</u> (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados: <u>Picota, Flexómetro.</u>
Profundidad final: <u>0,2; 0,4; 0,6 m.</u> (en metros bajo la superficie)	Napa freática: <u>No.</u> (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: <u>No.</u> (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: <u>No.</u> (si/no, descripción):

Datos de las muestras:

Clave de la muestra:	<u>HT01</u>	<u>HT02</u>	<u>HT03</u>	<u>HT04</u>	<u>HT05</u>			
Fecha:	<u>10/12/17</u>	<u>10/12/17</u>	<u>10/12/17</u>	<u>10/12/17</u>	<u>10/12/17</u>			
Hora:	<u>10:00am</u>	<u>10:10am</u>	<u>10:20am</u>	<u>10:30am</u>	<u>10:40am</u>			
Profundidad desde: <u>Prof.</u> (en metros bajo la superficie)	<u>0,2m</u>	<u>0,4m</u>	<u>0,6m</u>	<u>0,2m</u>	<u>0,4m</u>			
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie)	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>			
Características organolépticas:								
Color: <u>(Munsell)</u>	<u>T = 10 YR 2/1 ↔ Oscuro negro → Presencia materia orgánica.</u>							
Olor:	<u>Orgánico</u>	<u>(Idem)</u>	<u>(Idem)</u>	<u>(Idem)</u>	<u>(Idem)</u>			

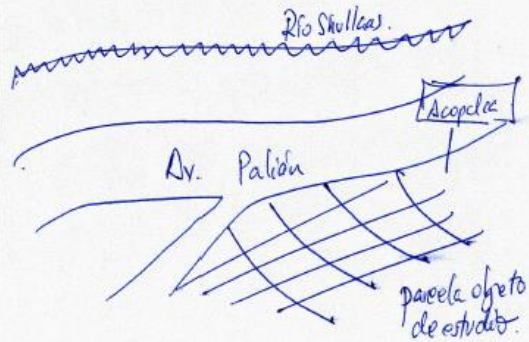
Guía para Muestreo de Suelos

Textura:	<u>franco arenillo arenoso.</u>							
Compactación/Consistencia:	<u>Consistente</u>	<u>Consistente</u>	<u>Consistente</u>	<u>Consistente</u>	<u>Consistente</u>			
Humedad:	<u>0.87</u>	<u>0.74</u>	<u>0.58</u>	<u>0.55</u>	<u>0.6</u>			
Componentes antropogénicos:	<u>H.O. raíz</u>	<u>H.O. raíz</u>	<u>H.O. raíz</u>	<u>H.O. raíz</u>	<u>H.O. raíz</u>			
Estimación de la fracción > 2 mm (%):	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>			
Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)	<u>100gr</u>	<u>100gr</u>	<u>100gr</u>	<u>100gr</u>	<u>100gr</u>			
Medidas de conservación:	<u>T: Bolsas ziploc, etiquetado, cooler (temperatura fría).</u>							
Tipo de muestra: (simple/compuesta)	<u>Simple</u>	<u>Simple</u>	<u>Simple</u>	<u>Simple</u>	<u>Simple</u>			
Para muestras superficiales compuestas:								
Área de muestreo (m²):	<u>T = 200m²/parcela ↔ c/o → a sondeo simple.</u>							
Número de sub-muestras:	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>			

Comentarios:

- Muestreo por sondeo manual a contenerencia en función de la reforestación realizada.
- Presencia de humedales en el área propia de la parcela.

Croquis:



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01 – LISTA DE COTEJO

"IDENTIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS A LA REFORESTACIÓN A BASE DE PINO EN EL CENTRO POBLADO DE ACOPALCA EN EL AÑO 2017"

Objetivo: Identificar los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos según el D.S. 009-2016-MINAM (Art. 6°) asociados a la reforestación a base de pino en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017.

Investigadora: Bach. Ing. Ambiental Heidi Taype.

Fecha: 10/12/17

Instrucciones: Marca con una X en caso se identifique un servicio ecosistémico asociado a la reforestación con pino; considerar observaciones de ser necesarias.

Servicio Ecosistémico	Asociación	Observaciones
Regulación hídrica	X	
Mantenimiento de la biodiversidad		Especie de análisis introducida.
Secuestro y almacenamiento de carbono	X	
Belleza paisajística	X	
Control de erosión de suelos	X	
Provisión de recursos genéticos		Especie de análisis introducida.
Regulación de la calidad del aire		No aplica a la investigación.
Regulación del clima		—*
Polinización		No aplica a la investigación.
Regulación de riesgos naturales	X	
Recreación y ecoturismo		No aplica a la investigación.
Ciclo de nutrientes		—*
Formación de suelos		—*

Fuente bibliográfica: D.S. 009-2016-MINAM, Reglamento de la Ley de Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.

*recomendaciones - complementario / multidisciplinario.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02 – LISTA DE COTEJO

"COTEJO DE LAS CONDICIONES DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS RESPECTO DE LA ESPECIE FORESTAL: PINO"

Objetivo: Catalogar las condiciones de toma de muestra en campo respecto de la especie forestal objeto de estudio: pino.

Investigadora: Bach. Ing. Ambiental Heidi Taype

Fecha: 10/12/17

Instrucciones: Rellenar la ficha de campo con las condiciones de calidad del muestro de la especie forestal objeto de estudio: pino.

Consideraciones generales:		
Especie forestal: Pino (<i>Pinus radiata</i>)		
) Características generales (global)		
✓ Pendiente: 45° (prom.)) Etiquetado + preservación Etiquetas / HP/Rno/# Correspondiente muestro: suelo ✓ Color a 1° ambiente 24h → JiloveForts Calidad ambiental Universidad Católica	
✓ Especimen: Alto		
✓ Estado de intervención: Bajo		
✓ Obstrucción: Pasiva		
✓ Estrutura: Variedad / Cónico		
✓ Sanidad: Salud con desarrollo natural.		
✓ Forma: Cónico triangular		
✓ Posición sociológica: Alto		
• DAP { 01 ⇨ 30.2cm 02 ⇨ 36.2cm 03 ⇨ 37.7cm 04 ⇨ 14cm 05 ⇨ 11.2cm		• h { 01 ⇨ 400cm 02 ⇨ 450cm 03 ⇨ 420cm 04 ⇨ 400cm 05 ⇨ 410cm
Observaciones: HT-01: -11,490403; -75,10537 HT-02: -11,490337; -75,105311 HT-03: -11,490283; -75,105135 HT-04: -11,490244; -75,105067 HT-05: -11,490277; -75,105285		

Fuente: elaboración propia.

Anexo 05. Evidencias fotográficas de la toma de datos y el análisis observacional en laboratorio.



Fotografía N° 01: Toma de datos para el DAP.



Fotografía N° 02: Preparación de la muestra de suelo a una debida profundidad.



Fotografía N° 03: Evidencia de la reforestación: Unidad de análisis – C.P. Acopalca (1).



Fotografía N° 04: Evidencia de la reforestación: Unidad de análisis – C.P. Acopalca (2).



Fotografía N° 05: Evidencia de la reforestación: Unidad de análisis – C.P. Acopalca (3).



Fotografía N° 06: Evidencia de la reforestación: Unidad de análisis – C.P. Acopalca (4).



Fotografía N° 07: Evidencia del etiquetado y preservación de las muestras de suelo.



Fotografía N° 08: Ejemplo de la muestra de suelo etiquetada y almacenada óptimamente.



Fotografía N° 09: Muestras de suelo preservadas y en preparación para su análisis en laboratorio.



Fotografía N° 10: Materiales de laboratorio.



Fotografía N° 11: Determinación de la masa inicial de las sub-muestras de suelo.



Fotografía N° 12: Estandarización de las muestras a una temperatura y tiempo predeterminado.



Fotografía N° 13: Evidencia de la muestra de la especie forestal analizada.



Fotografía N° 14: Tamiz utilizado en la determinación de textura del suelo.

Anexo 06. Evidencia del visto bueno respecto del uso de laboratorios de la Universidad Continental.



**Universidad
Continental**

"AÑO DEL DIÁLOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL"

Solicito: Conformidad de uso de laboratorios de la Universidad Continental con fines de investigación.

Ing. Guillermo Jaramillo Cabrera.
Jefe Corporativo de Laboratorios de Cómputo e Ingeniería
Universidad Continental

Es grato dirigirme a su persona para saludarlo cordialmente y exponerle lo siguiente:

Con la finalidad de sostener la validez respecto del análisis de las muestras correspondientes a la investigación realizada por mi persona, como Tesis de grado titulada: "Determinación del nivel de mitigación ambiental mediante el análisis de servicios ecosistémicos en el Centro Poblado de Acopalca en el año 2017", le solicito dar el visto bueno a la presente como evidencia objetiva de su parte que daría el soporte adecuado a la validez mencionada.

Desde ya quedo agradecida por el tiempo concedido; como evidencias de la finalización de mi investigación se adjunta un ejemplar del informe de conformidad por parte de mi Asesor: Ing. CIP Roly Jaime Nuñez Nuñez.

05 de Febrero de 2018

Atte.

Bach. Heidi Indrid Taype Otañe.

DNI 72770952

Bach. Heidi Taype Otañe Investigadora	Ing. Cip. Roly Nuñez Asesor de Tesis	Ing. Guillermo Jaramillo Jefe de Laboratorios

Anexo 07. Cálculos de los datos reportados como resultados.

Valores de la especie forestal					
*	HT 01	HT 02	HT 03	HT 04	HT 05
Densidad	0,35	0,57	0,44	0,48	0,48
DAP	10,2	16,2	13,7	14	14,2
altura	400	450	420	410	410
0,112	0,112	0,112	0,112	0,112	0,112
0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916
CCO2	727,26	2963,29	1605,91	1779,31	1826,15
CCO2 est.	7,27	29,63	16,06	17,79	18,26

Capacidad de captura y almacenamiento de carbono por árbol.

*	HT 01	HT 02	HT 03	HT 04	HT 05
Humedad	0,87	0,74	0,58	0,55	0,6
masa agua	80	80	80	80	80
masa sólido	4,1	8,4	2,7	5,1	4,2
masa suelo húmedo	134,83	143,76	126,53	156,31	143,84
masa suelo seco	72,09	82,72	80,31	100,67	89,9

Humedad del suelo

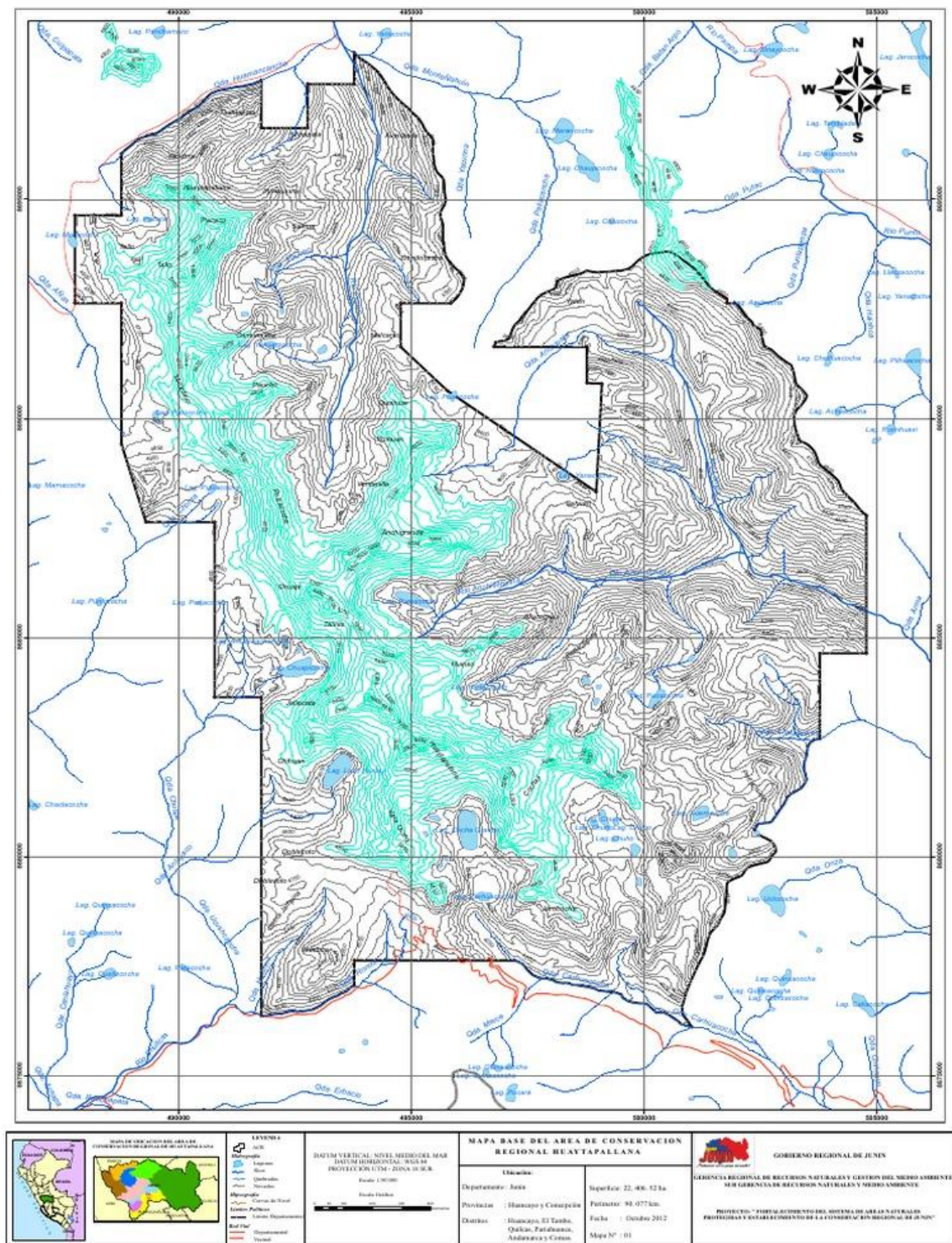
Densidad suelo	0,30	1,37	0,49	1,59	1,02
peso matraz con muestra	72,09	82,72	80,31	100,67	89,9
peso matraz vacío	57,11	67,43	65,35	86,43	75,43
peso matraz agua + suelo	134,83	143,76	126,53	156,31	143,84
peso matraz agua °C	170,14	139,61	141,85	151,01	143,5
Densidad del agua a 20°C	0,9982	0,9982	0,9982	0,9982	0,9982

Densidad del suelo

*	ml	g	ml	ml	a cm3	g/cm3
Densidad forestal	Aforo volumen 1	Peso madera	Volumen 2	d(Volumenes)	conversión	densidad
HT 01	80	3,49	90	10	10	0,35
HT 02	80	3,99	87	7	7	0,57
HT 03	80	3,5	88	8	8	0,44
HT 04	80	3,36	87	7	7	0,48
HT 05	80	3,84	88	8	8	0,48

Cálculo de la densidad forestal

Anexo 08. Mapa Base del Área de Conservación Regional Huaytapallana.



Fuente: GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN.

Anexo 09. Evidencia de las aseveraciones del planteamiento del problema.

Con reforestación buscan recuperar el Huaytapallana



Con reforestación buscan recuperar el Huaytapallana

Reporte del Diario Correo en relación con la intervención mediante la reforestación en el ACR Huaytapallana.

Fuente: DIARIO CORREO (8).

Con faena comunal reforestan Área de Conservación del Huaytapallana

Siembran más de 2,000 plantones en Reserva Regional de Junín



ANDINA

Reporte de la Agencia Peruana de Noticias ANDINA en sentido a la reforestación del ACR Huaytapallana.

Fuente: ANDINA (9).

Anexo 10. Sector de análisis, ingreso al Centro Poblado de Acopalca.



Toma fotográfica del área de estudio – C.P. de Acopalca.

Fuente: propia.