

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



Una Institución Adventista

Una aproximación a la estimación del almacenamiento de carbono en los bosques de Polylepis de la subcuenca Lampa mediante el programa InVEST

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autor:

Ada Leidi Mamani Calsin

Asesor:

Mg. Renny Daniel Diaz Aguilar

Juliaca, diciembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Renny Daniel Diaz Aguilar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **UNA APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS BOSQUES DE POLYLEPIS DE LA SUBCUENCA LAMPA MEDIANTE EL PROGRAMA INVEST** constituye la memoria que presenta la estudiante Ada Leidi Mamani Calsin para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 23 días del mes de diciembre del año 2020.



Mg. Renny Daniel Diaz Aguilar

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 22 día(s) del mes de diciembre del año 2020 siendo las 9:10 horas.

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) Ing. Juan Eduardo Ugo Rivera

presidente(a) : Ing. Juan Eduardo Ugo Rivera el (la) Ing. Miguel Ángel Salcedo Enriquez

secretario(a) : Ing. Miguel Ángel Salcedo Enriquez y los demás miembros:

Mac. Bernardino Espia Aguilar

y el (la) asesor(a) Ing. Renny Daniel Díaz Aguilar

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Una aproximación a la estimación del almacenamiento de carbono en los bosques de Polylepis de la subcuenca Lampa mediante el programa INVEST

de los (las) egresados (as): a) Arda Leidi Mamani Galsin

b) _____

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a la candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por la... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a) Arda Leidi Mamani Galsin

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Candidato/a (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a la... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Una aproximación a la estimación del almacenamiento de carbono en los bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa mediante el programa InVEST

Ada Leidi Mamani Calsin ^{a1}, Renny Daniel Diaz Aguilar ^b

^aEstudiante, EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

^bDocente, EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo estimar el Secuestro y Almacenamiento de Carbono (SAC) en los bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa, mediante la aplicación del programa InVEST, esta herramienta es utilizada para la valoración de los servicios ecosistémicos. En la metodología se recopiló información bibliográfica (matriz de sumideros de carbono: carbono aéreo, carbono debajo, carbono en suelo y carbono en materia muerta) y datos cartográficos de la zona de estudio (uso de suelo actual). Estos datos se ingresaron al modelo de SAC obteniéndose la cantidad de carbono. Como resultado del modelo se obtuvo 1200993.11Mg de carbono fijado por los bosques de género *Polylepis*, siendo este un valor aproximado. Concluyendo que los bosques de *Polylepis* capturan carbono de manera significativa, disminuyendo la emisión de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera, evitando el incremento del efecto invernadero y sus posteriores consecuencias en la salud y en el ambiente.

Palabras clave: Almacenamiento de carbono, invest, polylepis.

Abstract

The present research has the objective of estimating the amount of Carbon Sequestration and Storage (CSS) in the *Polylepis* forests of the Lampa sub-basin, through the application of the InVEST program, this resource is utilized for valuation of ecosystem services. During the methodology, bibliographic information (matrix of carbon sinks: aboveground carbon, belowground carbon, carbon in soil, and carbon in dead matter) and cartographic data of the study area (current soil utilization) were compiled. The variables of the data collected were entered to the CSS model, obtaining the amount of carbon. The result obtained from the model was 1200993.11Mg of carbon fixed by the forests of *Polylepis* genus, this being an approximate amount. Concluding that *Polylepis* forests capture carbon significantly, reducing the emission of carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere, avoiding the increase of the greenhouse effect, and its subsequent consequences on health and the environment.

Keywords: Carbon storage, invest, polylepis.

1. Introducción

A nivel mundial la deforestación y degradación de los bosques representan en promedio el 20% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) producidos por la población humana. En el Perú, la deforestación constituye el 47% del total de emisiones de GEI (CIFOR, 2012), siendo el tercer país más vulnerable del mundo, frente a los efectos del cambio climático que experimenta el planeta (PUCP, 2014).

¹ Autor de correspondencia:
Km. 7 Salida Arequipa, Chullunquiani, Juliaca
Tel.: +51-993-176-542
E-mail: ada.mamani@upeu.edu.pe

Por esa razón, la consolidación del sistema de conservación nacional prioriza la evaluación de los recursos forestales (MINAM, 2016), acumulando un mayor porcentaje de carbono, cerca del 80% (Galiana, 2015).

Los bosques tienen una función muy importante con la regulación del clima, se encargan de fijar el carbono mediante la fotosíntesis, produciendo y emitiendo oxígeno (O₂) al ambiente (Arroyave et al, 2018), contrarrestan los gases de efecto invernadero (GEI), ayudando con la disminución a los efectos del cambio climático, actuando como depósitos de almacenamiento de carbono en la biomasa y en el suelo (Miranda et al, 2008). Un árbol absorbe aproximadamente entre 10kg y 30 Kg de CO₂ al año, teniendo en cuenta que se requieren 22 árboles en promedio para suplir la demanda de oxígeno de una persona al día.

Entre los lugares prioritarios para la conservación de la diversidad de Puno, constituido por grandes extensiones de bosques se identificó el género *Polylepis* en la subcuenca Lampa con 4 especies, siendo una especie endémica representativa de la flora conformando uno de los ecosistemas exclusivamente de los andes tropicales con mayor vulnerabilidad (Gobierno Regional de Puno, 2016).

En la actualidad los bosques de *Polylepis* en la subcuenca Lampa están sufriendo una fuerte influencia degradación y aislamiento por la constante acción antrópica por parte de la incesante quema para la obtención de áreas de cultivo, obtención de carbón, uso de leña o por incendios forestales accidentales. Tienen un rol muy importante como hábitat de especies de flora y fauna, conservando así gran parte de su diversidad biológica nativa. Además, protegen al suelo contra la erosión y funcionan como depósitos de agua; almacenando una gran cantidad de humedad proveniente de la precipitación.

Por otra parte, no se tiene registro de estudios relacionados al almacenamiento de carbono en la provincia de Lampa, particularmente en los bosques andinos de *Polylepis* (Maquera, 2017).

Cuadros (2015), Realizó el estudio de los servicios ecosistémicos de los bosques de *Polylepis* del área de conservación privada Uchumiri (Arequipa), concerniente al almacenamiento de carbono, utilizando modelos del programa InVEST. Los datos de carbono se estimaron de manera analítica, por monitoreo in situ y en laboratorio, almacenando una cantidad total de 19,4 mil toneladas de carbono en un área total de 2 400 hectáreas de bosques de *Polylepis*.

El estudio se desarrolló con el uso del programa computacional InVEST (Versión 3.7.0). Esta herramienta es utilizada para la valoración de los servicios ecosistémicos, generando resultados confiables mediante la modelación (PNUMA Y EPN, 2016). El modelo SAC, puede ser aplicable para el procesamiento de la información cartográfica generada a partir de las corridas que efectúan los modelos SWAT y TerrSet (Lopez, 2016).

El programa INVEST es una herramienta muy importante para desarrollar la estimación de Secuestro y Almacenamiento de Carbono (SAC), las variables que requiere son el Mapa de Cobertura de uso de suelo actual (LULC) y Sumideros de Carbono (carbono encima, carbono debajo, carbono en suelo y carbono en materia muerta) (Sharp et al, 2018).

Para el desarrollo del estudio se tomó en cuenta como variable independiente el uso de suelo (cobertura vegetal, recurso hídrico, área rocosa, entre otros) y como variable dependiente el alto potencial de captura de carbono, la metodología realizada se basó en la recopilación de datos bibliográficos (artículos, tesis y sitios web), para su posterior procesamiento.

La presente investigación tiene por objetivo estimar la cantidad de carbono almacenado en los bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa; teniendo en cuenta que forma parte de la segunda mayor extensión de bosques altoandinos del departamento de Puno.

2. Materiales y Métodos

2.1. Localización

La subcuenca en estudio se encuentra ubicada en la provincia de Lampa, departamento de Puno, entre los 9874798298E y 8298202N, con una altitud de 3950 - 4200 m.s.n.m y una extensión de 164145 hectáreas. El lugar de estudio se caracteriza por sus extensas planicies y laderas rocosas, además se pueden encontrar humedales y terrenos utilizados para la agricultura. Las temporadas de lluvia comienzan en el mes de diciembre, finalizando el mes de abril, el clima durante el verano es nublado, con presencia de lluvia y templado. En cambio, en invierno el clima es seco y frío. La agricultura que se desarrolla en el lugar es en base a papa, trigo, maíz, oca, habas, olluco, etc. En la ganadería se tiene ganado vacuno, auquénido y ovino. En las especies de florística se pueden encontrar 86 especies entre arbustos, helechos y árboles (Montesinos et al, 2015).

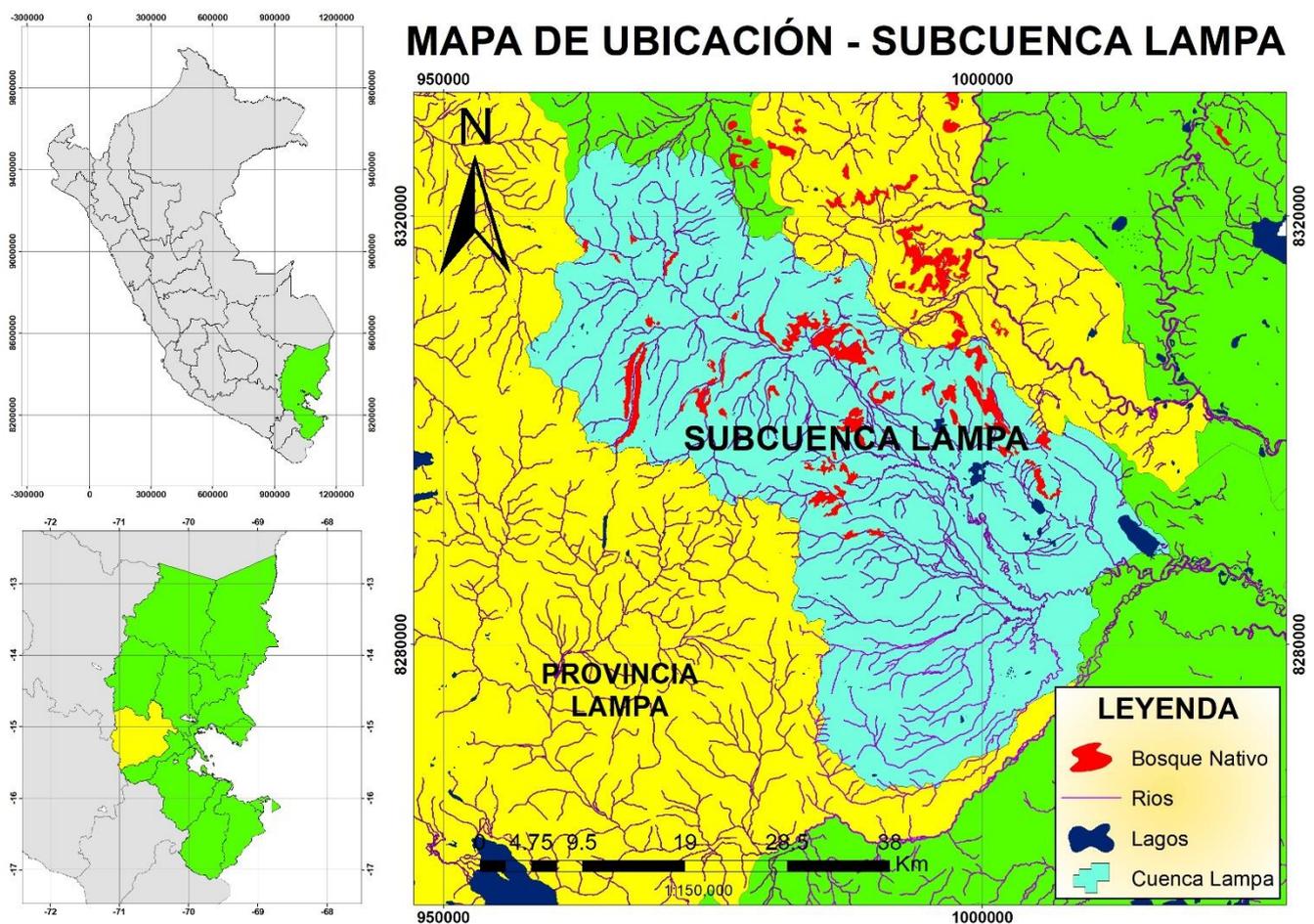


Figura 1. Mapa de Ubicación de la Subcuenca Lampa

2.2. Modelamiento mediante el programa InVEST

El modelo utilizado del paquete de InVEST, es el Secuestro y Almacenamiento de Carbono (SAC), este modelo sigue la metodología descrita en Chaplin-Kramer et al. (2015), donde se construye una serie de modelos de regresión entre la densidad de la biomasa forestal (Mg/ha) y la distancia desde el borde del bosque (km) para celdas de 100 km x 100 km en todo el pantrópico.

Para el procesamiento del modelo SAC se requieren las concentraciones de carbono representadas en una Matriz de Sumideros de Carbono de acuerdo al uso de suelo del área en estudio (Sharp et al, 2015),

procesada la información, el modelo realiza una simulación del secuestro de carbono por Mg que es fijado por los bosques.

En la siguiente tabla N°1, se muestra los requerimientos del modelo de Secuestro y Almacenamiento de Carbono.

Tabla 1.

Datos requeridos por el modelo de SAC.

Datos requeridos	Formatos	Detalles
Mapa de Cobertura de uso de suelo actual (LULC)	Raster	Año actual
	.csv	Lucode: Tipos de cobertura
	.csv	c_above: Carbono sobre el suelo (Mg/ha)
Sumideros de Carbono	.csv	c_below: Carbono abajo del suelo (Mg/ha)
	.csv	c_soil: Carbono del suelo (Mg/ha)
	.csv	c_dead: Carbono de materia muerta (Mg/ha)
Mapa de cobertura Futura ¹	Raster	Año de la cobertura futura
Mapa de cobertura REDD ²	Raster	Año de la cobertura REDD

⁽¹⁾ Opcional para la valoración económica.

⁽²⁾ Datos opcionales para el modelo.

Fuente: (Sharp et al, 2015)

2.2.1. Mapa de cobertura de uso de suelo actual

Se utilizó el mapa de uso de suelo actual de acuerdo a la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del Departamento de Puno (MINAM, 2017) para la corrida del modelo SAC, sin embargo, considerándose únicamente el área con presencia de Bosque Nativo (*Polylepis*). En la siguiente tabla se presentan las diferentes coberturas de suelo actual.

Tabla 2.

Cobertura de uso de suelo Actual.

Cobertura de uso de suelo	Área	
	ha	%
Área poblada	473.96	0.10
Área sin cobertura vegetal	2 273.30	0.49
Bosque Nativo	6396.8	61.05
Cuerpo de agua	3 375.11	0.73
Cultivo	4 18.88	0.09
Glaciar	4 252.92	0.93
Páramo	121 678.69	26.47
Pastizal	46 554.69	10.13
Total	459 659.30	100.00

Nota: Solo se consideró Bosque Nativo.

Fuente: (MINAM, 2015)

Para la identificación de las áreas de bosque se hizo uso de las bandas satelitales Sentinel, en la figura 3 se muestran las áreas de bosque nativo (*Polylepis*). (COPERNICUS, 2020)

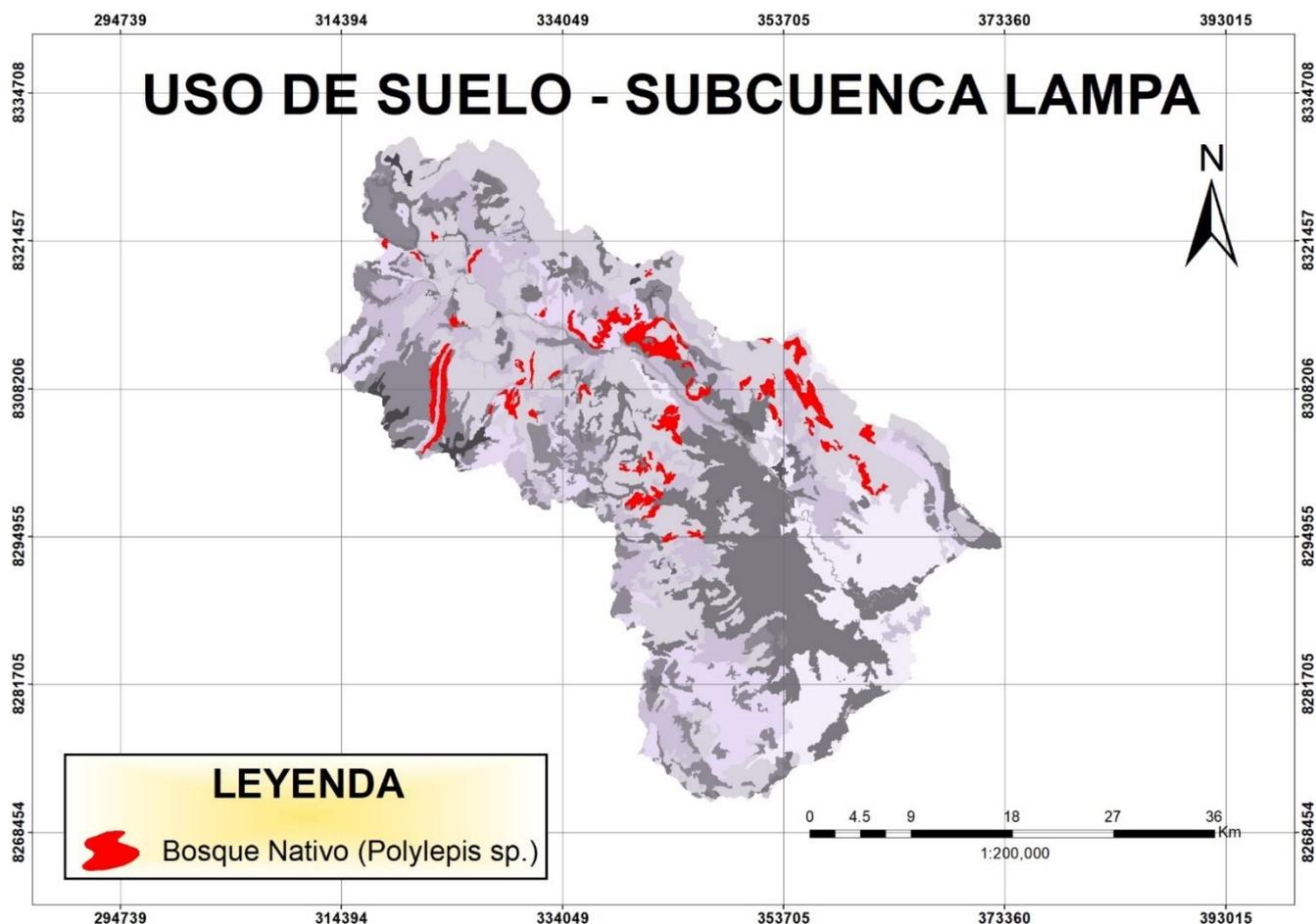


Figura 3. Mapa de Uso de Suelo de la Subcuenca Lampa

2.2.2. Matriz de sumideros de carbono

Para obtener la matriz de sumideros de carbono sugerido por la organización Natural Capital Project (NATCAP, 2015), se utilizó una base de datos bibliográfica, siendo ingresados al programa InVEST en formato .csv (valor separado por comas). La información detallada se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Matriz de sumideros de Carbono, ""C_aéreo", "C_subterráneo", "C_suelo", "C_materia muerta".

Lucode	LULC_Name	C_aéreo	C_subterráneo	C_suelo	C_materia muerta	Fuente
001	Bosque Nativo	15.779	1.183	16.61	0.84	(Ginez, 2019)
002	Bosque Nativo	8.857	1.328	19.049	1.143	(Quicaño, 2019)
003	Bosque Nativo	14.57	2.05	76.64	3.364	(Cuadros, 2015)
004	Bosque Nativo	15.779	1.183	137.98	0.84	(Ginez, 2019) y (Sullca, 2018)
005	Bosque Nativo	8.857	1.328	137.98	1.143	(Quicaño, 2019) y (Sullca, 2018)
006	Bosque Nativo	14.57	2.05	137.98	3.364	(Cuadros, 2015) y (Sullca, 2018)

Nota: Solo se consideró Bosque Nativo.

Ginez (2019), desarrollo una investigación en el distrito de Capazo, Puno; con el objetivo de determinar la cantidad de carbono almacenado en los bosques altoandinos de *Polylepis*, a una altitud aproximada de 4400 m.s.n.m. Quicaño (2019), realizó la estimación de las reservas potenciales de carbono en el bosque se *Polylepis rugulosa*, en la Reserva Paisajística de la Subcuenca de Cotahuasi, a una altitud de 2683 ms.n.m. aproximadamente. Cuadros (2015), determino la cantidad de carbono almacenado en los bosques de *Polylepis* del Área de Conservación Privada Uchumiri ubicada a una altitud aproximada de 4200 m.s.n.m. Sullca (2018), determino la captura de carbono en suelos forestales de queñual (*Polylepis*) en la comunidad de Quello Quello, provincia de Lampa, a una altitud de aproximada de 3892 m.s.n.m.

3. Resultados y Discusión

3.1.Resultados

La extensión total ocupada por los bosques altoandinos de *Polylepis* de la subcuenca Lampa es de 6396.8 hectáreas. En la tabla 4 se muestra la cantidad de carbono almacenado de los bosques de *Polylepis*, siendo resultado del procesamiento realizado a partir de la distribución de carbono (encima, debajo, en suelo y en materia muerta).

Tabla 4.

Resultados obtenidos de la cantidad de Almacenamiento de Carbono.

Proceso	LULC_Name	Valor Total	Valor / Ha	Unidades	Fuente
001	Bosque Nativo	267756.51	41.8576	Mg de C	(Ginez, 2019)
002	Bosque Nativo	236360.56	36.9496	Mg de C	(Quicaño, 2019)
003	Bosque Nativo	751882.13	117.5404	Mg de C	(Cuadros, 2015)
004	Bosque Nativo	1212124.98	189.4893	Mg de C	(Ginez, 2019) y (Sullca, 2018)
005	Bosque Nativo	1161751.50	181.6145	Mg de C	(Quicaño, 2019) y (Sullca, 2018)
006	Bosque Nativo	1229102.84	192.1434	Mg de C	(Cuadros, 2015) y (Sullca, 2018)

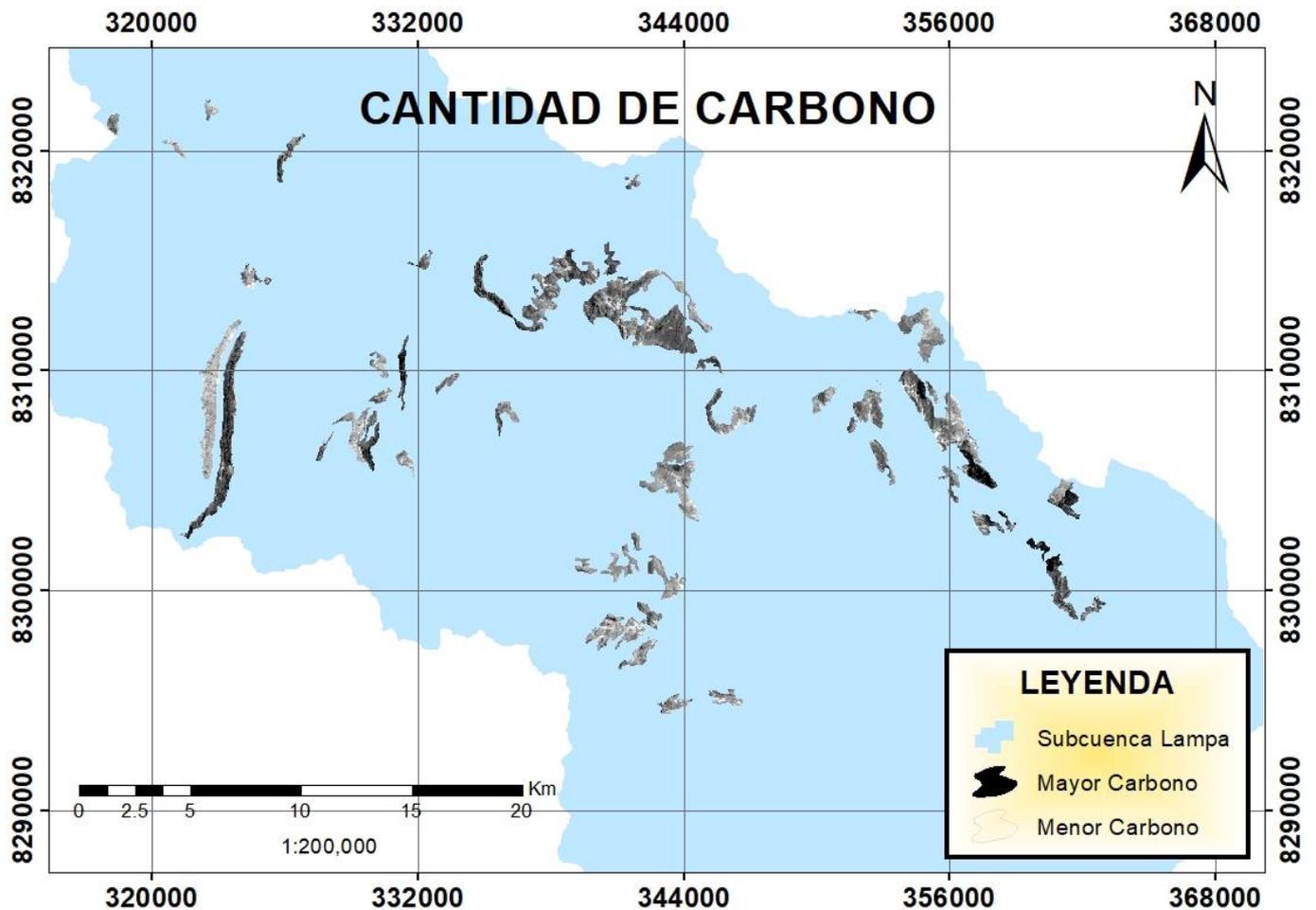


Figura 3. Mapa de Cantidad de Carbono Almacenado en zonas densas y semidensas en la subcuenca Lampa.

3.2. Discusiones

Los estudios de almacenamiento de carbono realizados en la región de Puno son limitadas, por lo que, para el procesamiento con el paquete computacional InVEST se tomó en cuenta datos de estudios previos, generando resultados aproximados a los valores reales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los procesamientos 004, 005 y 006 con valores de 1212124.98Mg, 1161751.50Mg y 1229102.84Mg de carbono respectivamente, estos resultados son los más apropiados debido a que los datos de carbono en suelo son del lugar de estudio. Dando un valor promedio aproximado de 1200993.11Mg de carbono almacenado en los bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa.

La variación del carbono en el suelo se debe a su uso y manejo, así pues, las diferencias en la presencia de carbono entre diferentes zonas ecológicas se presentan en relación a la temperatura y la lluvia (Lal, 2002).

Por otra parte, existen diversos modelos matemáticos para estudiar y simular la dinámica de carbono como resultado de los cambios de uso del suelo. Generalmente están ligados a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y requieren diversos datos, tanto del clima, como de las características del suelo, información sobre el manejo del suelo y la materia orgánica presente (Hernandez, 2005).

4. Conclusiones

En conclusión, la presente investigación haciendo uso del paquete computacional InVEST logró estimar el Secuestro y Almacenamiento de Carbono (SAC), de los bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa. El modelo SAC, fue de gran utilidad para lograr el objetivo de la investigación, además que es una herramienta confiable y práctica.

La estimación aproximada del Secuestro y Almacenamiento de Carbono (SAC) es de 1200993.11Mg en el área total de bosques de *Polylepis* de la subcuenca Lampa y con 324.87 Mg/ha, indicando que el bosque de género *Polylepis* tiene alta capacidad de almacenamiento de carbono a comparación a otros estudios realizados del mismo género, siendo importante su preservación, sin embargo, existe una ligera discrepancia en los niveles de captura de Carbono, en comparación con investigaciones previas, esto podría ser consecuencia de actividades antropogénicas y otros factores como el tipo de suelo y la eficiencia de la especie en distintas condiciones.

La subcuenca en estudio es de gran importancia e interés debido a la presencia de bosques endémicos y vulnerables al cambio climático de género *Polylepis*, estos contribuyen con el almacenamiento de carbono mitigando la contaminación atmosférica y aporte al efecto invernadero que por consiguiente causa el calentamiento global.

Recomendaciones

Se sugiere realizar estudios experimentales para determinar la cantidad de carbono de los bosques del género *Polylepis* presentes en la subcuenca Lampa, a fin de obtener mejores datos para el modelamiento de Secuestro y Almacenamiento de Carbono.

Se recomienda promover investigaciones relacionadas a los recursos naturales y ecosistemas; debido a la importancia de estos para encaminarnos a un desarrollo sostenible, donde se pueda hacer partícipe a la población en todo el proceso. Con este tipo de estudios podremos proveer de información relevante a los gobiernos locales, regionales y nacionales para la toma de decisiones respecto al manejo del territorio; procurando en todo momento el bienestar del ambiente.

Referencias

- Arroyave, M., Posada, M., Nowak, D., & Hoehn, R. (2018). *Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá*. Obtenido de Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2019/nrs_2019_arroyave-maya_001.pdf
- Chaplin-Kramer, R., Ramler, I., Sharp, R., Haddad, N., Geber, J., West, P., . . . King, H. (diciembre de 2015). *Degradation in carbon stocks near tropical forest edges*. Obtenido de UNIVERSITY OF MINNESOTA: <https://experts.umn.edu/en/publications/degradation-in-carbon-stocks-near-tropical-forest-edges>
- CIFOR. (2012). *REDD y REDD+ : iniciativas para reducir las emisiones de carbono derivadas de la deforestación y carbono derivadas de la deforestación y degradación de los bosques*. Obtenido de Dialogos Ambientales con la prensa MINAM: http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dossier_DA_prensa1.pdf
- COPERNICUS. (26 de setiembre de 2020). *Copernicus Open Access Hub*. Obtenido de COPERNICUS: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Cuadros, J. (2015). *Servicios ecosistémicos de los bosques de Polylepis del área de conservación privada Uchumiri Marzo a Mayo 2015*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/428/M-21634.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galiana, C. (setiembre de 2015). *de todos los ecosistemas terrestres, los bosques son los que acumulan un mayor porcentaje de carbono, cerca del 80%*. Obtenido de Repositorio Institucional - Universidad Politécnica de Madrid.

- Ginez, A. (2019). *ESTIMACIÓN DEL CARBONO TOTAL ALMACENADO EN LOS BOSQUES ALTOANDINOS (Polylepis sp.) DEL DISTRITO DE CAPASO MEDIANTE MODELO InVEST*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Juliaca: <file:///D:/10%20X%20UNI/.....DATOS/TESIS%20EPIAF%20UNAJ%20-%20ALEISY%20KATHERINE%20GINEZ%20QUISPE.pdf>
- Gobierno Regional de Puno. (2016). *SITIOS PRIORITARIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA - REGIÓN PUNO*. Obtenido de Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente: file:///C:/Users/Downloads/sitios_prioritarios_conservacion_db_region_puno2c_agosto_2016.pdf
- Hernandez, J., Tirado, D., & Beltrán, R. (2005). *Captura de carbono en los suelos*. Obtenido de Repositorio - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e.html>
- Lal, R. (2002). *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Obtenido de LEWIS PUBLISHERS: <file:///C:/Users/leidi/Downloads/ThepotentialofU.S.grazinglandstosequestercarbonandmitigatethegreenhouseeffect-LewisPublishers2001.pdf>
- Lopez, C. (setiembre de 2016). *Evaluación hidrológica de la cuenca del río coca en función del cambio de uso de suelo por medio del modelo swat*. Obtenido de BIBDIGITAL - Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16892>
- Maquera, D. (octubre de 2017). *Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani - UNA- Puno por titulación*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6183/Maquera_Maquera_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINAM. (2016). *ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO: http://www.bosques.gob.pe/archivo/ff3f54_ESTRATEGIACAMBIOCLIMATICO2016_ok.pdf
- MINAM. (julio de 2016). *LA CONSERVACIÓN DE BOSQUES EN EL PERÚ: Conservando los bosques en un contexto de cambio climático como aporte al crecimiento verde*. Obtenido de Ministerio del Ambiente - Ambiente en Acción - Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático: <http://www.minam.gob.pe/informessectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/11-La-conservaci%C3%B3n-de-bosques-en-el-Peru%C3%BA.pdf>
- MINAM. (2017). *Zonificación Ecológica y Económica - Departamento Puno*. Obtenido de Gobierno Regional Puno: http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geo.servidor/Archivos/Documentos/Doc_zee_puno.pdf
- Miranda, T., Machado, R., Machado, H., Brunet, J., & Duquese, P. (2008). *Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero*. Obtenido de SCIELO: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-7269200800030000
- Montesinos, D., Pinto, Á., & Galiano, W. (2015). *Vegetación de un bosque de Polylepis incarum (Rosaceae) en el distrito de Lampa, Puno, Perú*. Obtenido de Revista Peruana de Biología - REDALYC: <https://www.redalyc.org/pdf/1950/19503859105.pdf>
- NATCAP. (2015). *Data Sources For InVEST*. Obtenido de NATURAL CAPITAL PROJECT: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- PUCP. (24 de octubre de 2014). *Perú es tercer país más vulnerable del mundo al cambio climático*. Obtenido de Clima de cambios - Pontificia Universidad Católica del Perú: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/peru-es-tercer-pais-mas-vulnerable-del-mundo-al-cambio-climatico/#:~:text=Per%C3%BA%20es%20tercer%20pa%C3%ADs%20vulnerable%20del%20mundo%20al%20cambio,la%20crisis%20del%20calentamiento%20global>
- Quicaño, L. (2019). *ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS POTENCIALES DE CARBONO COMO SERVICIOS ECOSISTEMICOS EN EL BOSQUE DE Polylepis sp (Zona de Recuperación) DE LA RESERVA PAISAJISTICA "SUBCUENCA DELCOTAHUASI"*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <file:///D:/10%20X%20UNI/.....DATOS/IAqualj.pdf>
- Sharp, R., Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., & Chaplin-Kramer, R. (2018). *Evaluación integrada de servicios ecosistémicos y compensaciones*. Obtenido de Natural Capital Project - Stanford University: https://naturalcapitalproject.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9321/f/invest_version_en_espanol_oct_2019.pdf
- Sullca, W. (2018). *Determinación de la captura de carbono en suelos forestales de queñual (Polylepis sp.) en la comunidad de Quello Quello, Región Puno*. Obtenido de Repositorio Universidad Peruana Unión: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1715/Wendy_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y