

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Investigación científica en Perú: Captura de carbono en sistemas
forestales y agroforestales**

Por:

Katiusca Flores Valencia

Asesor:

Dr. Alex Rubén Huamán de la Cruz

Lima, diciembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN PERÚ: CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS FORESTALES Y AGROFORESTALES" constituye la memoria que presenta la estudiante Katuska Flores Valencia para aspirar al 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 constancia en Lima, el 02 de diciembre del año 2019.



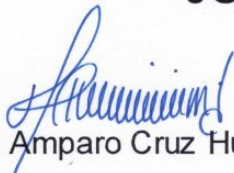
Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz

Investigación científica en Perú: Captura de carbono en
sistemas forestales y agroforestales

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

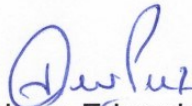
Presentado para optar el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Presidente



Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio

Secretario



Ing. Jappsem Justo Valeriano Mamani

Vocal



Dr. Enrique Vega Beteta

Vocal



Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz

Asesor

Lima, 02 de diciembre de 2019

Investigación científica en Perú: Captura de carbono en sistemas forestales y agroforestales

Scientific Research in Peru: Capture in forest and agroforestry systems

Katiusca Flores Valencia§*

§EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

Los sistemas forestales y agroforestales tienen una gran capacidad para capturar el CO₂ emitido, puesto que es una cualidad natural de la vegetación. Sin embargo, esta puede variar en base a diversos factores. El objetivo principal de la presente investigación es dar a conocer la tendencia de la investigación científica en Perú, relacionada con la captura de carbono en sistemas forestales y agroforestales, para ello se realizó una recopilación sistemática de información bibliográfica de un total de 24 publicaciones, las cuales se describieron y detallaron, asimismo, se notó un incremento en la investigación hacia la última década. El contenido de carbono se estimó con técnicas analíticas y estimaciones matemáticas, de las cuales la metodología más empleada fue la de estimación de carbono por ecuaciones alométricas, la Región Ucayali sobresalió entre las regiones que estudian el tema por el número de investigaciones publicadas. Por otro lado, los compromisos internacionales como el protocolo de Kioto, han motivado y reorientado las investigaciones en el tema.

Palabras clave: CO₂, cambio climático, captura, sistemas forestales y agroforestales

Abstract

Forest and agroforestry systems have a great capacity to capture the CO₂ emitted, since it is a natural quality of vegetation. However, this may vary based on a variety of factors. The main objective of this research is to publicize the trend of scientific research in Peru, related to carbon capture in forest and agroforestry systems, for this purpose a systematic collection of information was carried out bibliographic of a total of 24 publications, which were described and detailed, and there was also an increase in research towards the last decade. The carbon content was analyzed with analytical techniques and mathematical estimates, of which the most commonly used methodology was carbon estimation by allometric equations, the Ucayali Region excelled among the regions studying the subject by the number published research. On the other hand, international commitments such as the Kyoto Protocol have motivated and refocused research on the issue.

Keywords: CO₂, climate change, capture, forest and agroforestry systems

Autor de correspondencia:

Universidad Peruana Unión. Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima

Tel.: 946882355

E-mail: katiuskaflores@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Se llama cambio climático al cambio de clima que se relaciona directa o indirectamente a la actividad antropogénica que impacta en la composición de la atmósfera (ONU, 1992). Es un problema global provocado por el incremento excesivo de gases de efecto invernadero (GEI) (Díaz, 2012), dentro de los cuales el que tiene mayor presencia en la atmósfera es el CO₂. La acumulación de estos gases hace que se forme una capa densa de los mismos que impide la salida del calor que emite la tierra y absorbe una porción de los rayos infrarrojos provenientes del sol (Soto et al., 1995), por consiguiente esto provoca un cambio drástico en la variabilidad climática observada durante períodos de tiempo comparables (Ordóñez & Maser, 2017). El Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático a través de investigaciones en el año 2014 evidenció el aumento de estos gases en la atmósfera, dentro de los cuales el de mayor generación fue el Co₂. El incremento de los GEI se debe mayormente a la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales, el crecimiento de la tala indiscriminada y el cambio de uso de suelo (IPCC, 2015). Sin embargo, a estas causas se le suma la producción de CO₂ de la vegetación, océano y otras causas naturales (Díaz, 2012).

Los datos del Banco Mundial indican el incremento de CO₂ a nivel internacional hasta el 2014, en el caso de Perú, éste alcanzó el punto más alto en el mismo año, teniendo como cifra 2 toneladas métricas per cápita, a diferencia de 1960 cuyo valor fue 0.8, evidenciándose un crecimiento de 1.2 TM per cápita (Grupo Banco Mundial, 2019)

Ángulo (2017) refiere que los bosques del mundo absorben 110 Gt Carbono/año. Debido a las grandes cantidades de Co₂ absorbidas por bosques se considera a los sistemas forestales y agroforestales como medidas de mitigación de incremento de los GEI.

Bermúdez (2013) menciona por datos estadísticos obtenidos de la UNESCO que el Perú se encuentra dentro de los países que menos invierte en investigación. En la actualidad el tema de captación de carbono no es muy estudiado, dado que recién hace algunos años se toma como una línea de investigación, lo que se ve reflejado en la cantidad de publicaciones sobre el tema en revistas de investigación (Mollocondo & Aguilar, 2018).

La presente investigación muestra la inclinación de investigadores científicos, en temas de sistemas forestales y agroforestales como sumideros de CO₂, dado que este tema ha cobrado gran relevancia internacionalmente desde el protocolo de Kioto, que entró en vigor el 2005, cuyo propósito es reducir los GEI de los países desarrollados mediante el reemplazo de energía derivada de combustibles fósiles, por energías renovables, además de proyectos de reforestación y otros. (CONAMA, 2013) El mencionado protocolo establece que los países en desarrollo no están obligados a reducir sus GEI, sin embargo, con la creación del mercado internacional de carbono, estos países pueden desarrollar proyectos para la reducción de los mismos y así obtener un certificado a la venta para los países de primer mundo (Rugnitz, Chacón, & Porro, 2009).

Así mismo al desarrollar el tema de prevención y compensación de daños ambientales, López (2015) refiere que la captura de carbono está categorizada como valor de uso indirecto, la cual permite la obtención de beneficios monetarios según la cantidad de carbono almacenado por dicho servicio ambiental.

El objetivo principal de la presente investigación es dar a conocer la tendencia de la investigación científica en Perú, relacionada con la captura de carbono en sistemas forestales y agroforestales.

CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco sobre Cambio Climático define el cambio climático a un cambio en el clima, que supera la variabilidad climática y se suma a ésta (CONAMA, 2013), sin embargo, El cambio climático representa una desviación de las condiciones meteorológicas esperadas o normales para un lugar y tiempo específico (Leiva, 2013). Es una de las principales preocupaciones mundiales que involucra a países desarrollados y subdesarrollados, ya que puede tener efectos negativos en la vida del ser humano y especies de flora y fauna (Luis & Fernández, 2012). En 1979 la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos plantea la teoría que de duplicarse la concentración de CO₂ provocada por causa del hombre, se producirá un aumento de la temperatura mundial entre 1.5 y 4.5°C, desde entonces numerosos investigadores se inclinaron por el tema.

El Perú tiene 27 de los 32 tipos de clima según la clasificación de Thornthwaite y a pesar de estar en la línea ecuatorial no cuenta con un clima tropical definido, esto se debe a la presencia de la cordillera de los andes y la corriente de Humboldt, por lo que la vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático crece más (MINAM, 2016). Los impactos del cambio climático en Perú se asocian principalmente al cambio de uso de suelo, deforestación y alteración del relieve en la Cordillera de los Andes, ya que ésta genera diversidad de microclimas y climas (SENAMHI, 2012).

ROL DE LOS BOSQUES EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

Se considera al ciclo de carbono, la relación entre un conjunto de depósitos: atmósfera, biósfera, los océanos y sedimento; los que liberan y almacenan carbono. Uno de los mecanismos principales para el intercambio de carbono en estos depósitos es la fotosíntesis, a través de las plantas ya que absorben el CO₂ atmosférico y lo transforman en elementos de crecimiento para el desarrollo de vegetales y plantaciones (Pérez et al., 2005). El carbono se deposita en follaje, tallos, sistema radicular y leñoso de fuste y ramas, en ello radica la importancia de los bosques en el ciclo del carbono

SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales (SAF) son ecosistemas manejados por el hombre a través de la selección de especies asociadas para aumentar su producción, disminuir su variación en el tiempo y reducir el uso de productos químicos para su conservación (Fassnbender, 1993). Padilla (1981) define a los SAF como un sistema de especies animales combinados con cultivos agrícolas y especies forestales, donde las especies tienen usos múltiples (Pérez et al., 2005). La reforestación implica además de las especies forestales, a diversas formas de cultivo, además, los SAF incluyen prácticas sostenibles que reducen los impactos negativos en los suelos y plantas.

USO DE SUELOS

A nivel mundial, los suelos agrícolas ocupan alrededor de 38% de la superficie terrestre, que equivale al 10% del total de almacén de carbono, cabe recalcar que el impulsor primario de la pérdida de suelo es su cambio de uso (FAO, 2015). De la extensión territorial de Perú sólo el 7% son suelos de aptitud agropecuaria (5.478.354 ha). El uso de suelos se clasifica en: Superficie agrícola (agrícola en secano 11%, agrícola bajo riego 5%) y superficie no agrícola (pastos 47%, los bosques 26%, y otras tierras 11%) (MINAGRI, 2015).

CAPTURA DE CARBONO

Para determinar el carbono contenido en un sistema forestal y agroforestal se debe determinar el stock de carbono que contienen cada uno. Para ello primero se define el área del proyecto, después se determina el tipo, número y tamaño de parcelas de muestreo. Para determinar la biomasa sobre el suelo se realiza un inventario de especies forestales; un inventario de biomasa forestal en barbecho, bosque natural y sistemas agroforestales y un inventario de

árboles dispersos. En cada parcela se debe medir el diámetro y la altura de árboles. Finalmente mediante ecuaciones determinar el stock de carbono.

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂e (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para saber la cantidad de CO₂e emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar esta por 3,67. Por ejemplo, si un proyecto que almacene (o secuestre) anualmente unas 15 t C/ha, podrá negociar en el mercado el equivalente a 55 Certificados de Reducción de Emisiones (CRE's) por hectárea por año (Rugnitz et al., 2009)

PUBLICACIONES SOBRE LA TEMÁTICA

Las investigaciones de captura y almacenamiento de carbono en sistemas forestales y agroforestales en Perú son relativamente recientes, se ha determinado un periodo de 22 años, desde la adopción del Protocolo de Kioto en Japón, ya que es un acuerdo internacional cuyo objetivo principal es la reducción de emisiones de GEI que provocan el cambio climático, cabe mencionar que éste entró en vigor el año 2005 (Rugnitz et al., 2009), lo cual despertó el interés de los investigadores en el tema. Se revisaron 24 artículos publicados, de los cuales, el 79.2% fueron publicados en la última década y 20.8% son de años anteriores. De las investigaciones revisadas se sabe que el 37.5% estudia el contenido de carbono en sistemas forestales, el 54.2% en sistemas agroforestales y el 8.3% en ambos sistemas.

El estudio de cultivos tuvo la siguiente distribución: Cacao (44.4%), café (16.7%), guaba (11.1%) y maíz, habas, guanábana, naranja y carambola (5.6%).

Las investigaciones consideran la estimación de carbono en: La biomasa aérea (87.5%), biomasa herbácea y arbustiva (66.7%), necromasa (70.8%) y suelo (58.3%)

TENDENCIA EN EL USO DE METODOLOGÍAS

Para la determinación de carbono existen tres metodologías: el monitoreo del almacén de carbono, aproximaciones experimentales y modelaje (Jones, 2010, citado por Zamora et al., 2019). Rugnitz et al (2009) refieren que existen 2 metodologías para estimar la biomasa: el método destructivo para la elaboración de ecuaciones alométricas y sus factores de expansión, para ello es necesario tomar muestras representativas de individuos, cortarlos y pesarlos o extrapolarlos y el método indirecto emplea factores de expansión que en muchos caso ya están establecidos.

Las investigaciones referentes al tema revelaron que el contenido de carbono en sistemas forestales y agroforestales fue evaluado en un 26% mediante aproximaciones con ecuaciones alométricas estandarizadas por el ICRAF (método indirecto), 43% con ecuaciones alométricas establecidas por otros autores, 4% con el método destructivo y 26% con metodologías combinadas.

Tabla 1.

Uso de metodologías para la determinación de carbono

Biomasa subterránea		Biomasa sobre el suelo		CO en el Suelo		Necromasa	
Metodología	%	Metodología	%	Metodología	%	Metodología	%
Metodología del ICRAF	42	Metodología del ICRAF	26	Análisis de Walkley y Black	14.3	Metodología del ICRAF	26.7
Metodología de otros autores	8	Metodología de otros autores	43	Análisis de Nelson Y Sommer	7.1	Metodología de otros autores	73.3

Metodología destructiva	25	Metodología destructiva	4	Metodología del ICRAF	71.4
Metodologías combinadas	25	Metodologías combinadas	26	Otras	7.1
	100		100		100

Fuente: Elaboración propia

PUBLICACIONES EN REVISTAS

Las revistas de investigación mediante sus publicaciones exponen diversos artículos para que un investigador pueda trabajar sobre la materia que éstos artículos abordan, pueda consultar y citar (Lameda, Suárez, Uzcátegui, & Zambrano, 2015)

Algunas de las siglas de instituciones que estudiaron el tema de captura de carbono en sistemas forestales y agroforestales ya sea por el método directo e indirecto fueron: UNALM, UNAS, UNMSM, IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana), UNAP, entre otros. Pulgar (2014) manifiesta que varias instituciones y gobiernos de diferentes niveles han tomado la iniciativa de cuantificar el contenido de carbono en sistemas forestales, sin embargo, debido a su dispersión e inconstancia no son significativos.

Tabla 2.

Revistas científicas, que contienen investigaciones peruanas sobre el tema de captura de carbono

Revista	%
Aporte Santiaguino	8.3
Ecología Aplicada	20.8
Folia Amazónica	4.2
Investigación y Amazonía	4.2
Journal of Chemical Information and Modeling	4.2
Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG	4.2
Scientia Agropecuaria	16.7
Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible	4.2
TZHOECOEN	8.3
Xilema	8.3
RINDERESU	4.2
Conocimiento Amazónico	4.2
Otros	8.3
TOTAL	100

Fuente: Elaboración propia

INVESTIGACIONES POR REGIONES

De las 24 investigaciones revisadas, 22.2% fueron realizados en territorio perteneciente a la Región Ucayali, siendo ésta la Región de Perú que investiga más sobre la captura de carbono en sistemas

forestales y agroforestales, seguida por la Región de Huánuco que posee un 15% de investigaciones publicadas, la región Amazonas tiene un 14.8% de investigaciones en su territorio. Por otro lado, las Regiones de Junín y San Martín tienen un 11.1% cada una, Madre de Dios 7.4% y finalmente las Regiones de Amazonas, Madre de Dios y Lima tiene un 6.7%.

Tabla 3.

Regiones donde se realizó investigaciones sobre la captura de carbono

Región	%
Ucayali	22.2
Huánuco	15
Amazonas	14.8
San Martín	11.1
Junín	11.1
Madre de Dios	7.4
Lima	3.7
Puno	3.7
Cusco	3.7
Ancash	3.7
Loreto	3.7
TOTAL	100

Fuente: Elaboración propia

INFLUENCIA DEL PROTOCOLO DE KIOTO

La captura de carbono en sistemas forestales y agroforestales hace posible la generación de ingresos económicos para los productores de cultivos o comunidades que foresten bosques (Zavala, Merino, & Peláez, 2018). Asimismo, el pago por este servicio ambiental significa una actividad rentable por la producción y preservación de estos sistemas (Concha, Alegre, & Pocomucha, 2007).

De las investigaciones revisadas, el 58.3% incluyeron la valorización económica de la captura de carbono como servicio ambiental, lo que significa que el protocolo de Kioto, mediante la creación del mercado internacional de bonos de carbono tuvo una gran influencia en la investigación científica sobre el tema desde su entrada en vigor el 2005. Freundt, Perla, Suber, & Robiglio (2015) hacen mención que Perú se encuentra entre los países que no están obligados a reducir sus emisiones, por el contrario, esta acción sería de carácter voluntario, sin embargo el Perú puede ofrecer servicios ambientales en el mercado de carbono.

VENTAJAS DE METODOLOGÍAS

Rugnitz et al., (2009) señala que la metodología adoptada por el ICRAF, se enfoca en la conservación del medio ambiente, ya que se determina el contenido de carbono mediante ecuaciones precisamente para no provocar impactos con la toma de muestras de las especies. Y si de costos se trata, ésta resulta más económica que la metodología destructiva. El uso del método directo para hallar el contenido de carbono es más exacto y preciso, sin embargo el destruir las especies de un sistema para analizarlas, supone la degradación de bosques, lo que incrementa la emisión de GEI, por ende los efectos del cambio climático (Martel & Cairampoma, 2012).

CONCLUSIONES

La metodología más empleada en Perú para la determinación de carbono en sistemas forestales y agroforestales es la estimación por ecuaciones alométricas que se puede adaptar a diversas especies, para la determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo, el método más empleado es el establecido por Walkley y Black.

Las investigaciones de captura de carbono revisadas, se realizaron en 11 regiones del Perú, de las cuales sobresale Ucayali con un 22.2% de investigaciones en su territorio. Asimismo, se sabe que el 44.4% de investigaciones estudiaron el contenido de carbono en cultivos de Cacao, siendo éste el más estudiado en el tema.

En cuanto a la publicación de estas investigaciones, la revista *Ecología Aplicada* es la que cuenta con más publicaciones referentes al tema (20.8%)

La valorización económica de la captura de carbono como servicio ambiental supone un ingreso económico para las comunidades o agricultores. Este aspecto fue considerado en el 58.3% de las investigaciones peruanas, lo que evidencia la influencia del protocolo de Kioto en la investigación científica de Perú.

RECOMENDACIONES

El potencial de captura de carbono de sistemas forestales y agroforestales en Perú se desconoce, debido a la escasa información referente al tema, por lo que se debería estandarizar métodos para evaluar la captura de carbono en sistemas agroforestales y forestales, asimismo, promover el uso de nuevas tecnologías para el secuestro de carbono en diferentes sistemas de uso de suelo, promover las buenas prácticas para favorecer el secuestro de carbono. Es necesario también, impulsar proyectos forestales con especies que tengan gran capacidad para almacenar CO₂ y auspiciar dichos proyectos.

El método más empleado para la determinación del contenido de carbono orgánico y CO₂ capturado en sistemas forestales y agroforestales es el método indirecto, sin embargo existen investigaciones en el tema con simulaciones mediante software's, lo cual reduciría tiempo y costos en la investigación. Se recomienda emplear esta metodología en Perú, dado que en la actualidad no hay investigaciones con este método.

Referencias

- Angulo, E. (2017). *Servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea en plantaciones de bolana (guazuma crinita mart), cacao (theobroma cacao L.) y guaba (Inga edulis Mart) en Saipai-Pueblo Nuevo*.
- Bermúdez, J. (2013). Investigación científica en el Perú: factor crítico de éxito para el desarrollo del país. *Sinergia E Innovación*, 1(2), 18.
- CONAMA, (Comisión Nacional del Medio Ambiente). (2013). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y protocolo de Kioto. *ÁGORA Revista Eletrônica*, 1–4. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C1018>
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de Theobroma Cacao L. En el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1–2), 75. <http://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.343>
- Díaz, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia Y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=87024179004>
- FAO. (2015). *Estado mundial del recurso suelo, resumen tecnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Fassnbender, H. . (1993). *Modelos edafologicos de sistemas agroforestales*. CATIE. Turrialba. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8JQOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA102&dq=sistemas+agroforestales&ots=u0LmYEVYD3&sig=8o00oVgQC_V9QAqFSCKij7TUwDE#v=onepage&q=sistemas+agroforestales&f=false
- Freundt, D., Perla, J., Suber, M., & Robiglio, V. (2015). *Estudiando el mercado de Carbono Forestal en el Perú. Evaluación de actores: Intereses y limitaciones para las inversiones en proyectos*

- de carbono forestal. *Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación; ICRAF Y WWF* (Vol. 84). Retrieved from <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- IPCC. (2015). *Cambio climático 2014*.
- Lameda, C., Suárez, L., Uzcátegui, R., & Zambrano, C. (2015). Importancia de publicar artículos científicos desde las perspectivas individual, de las organizaciones y la sociedad. *Redip. Unexpo*, 5(4). <http://doi.org/10.1161/01.CIR.79.6.1398>
- Leiva, S. (2013). *Determinación del stock de carbono en los bosques de la zona propuesta para área de conservación regional Velo de la novia en la región Ucayali*.
- López, G. (2015). *Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo Violeta*. Retrieved from <http://herzog.economia.unam.mx/profesores/blopez/valoracion-valoracion.pdf>
- Luis, J., & Fernández, U. (2012). El Cambio Climático: Sus Causas Y Efectos Medioambientales. *Climate Change: Causes and Environmental Effects*, 71–98.
- Martel, C., & Cairampoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en “Cicra”, Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59–65. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v11n2/a03v11n2.pdf>
- MINAGRI. (2015). Uso Actual de suelos. Retrieved October 28, 2019, from <https://www.minagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo/332-uso-actual>
- MINAM. (2016). El Perú y el cambio climático. *Ministerio Del Ambiente*, 329.
- Mollocondo, M., & Aguilar, L. (2018). *Estimación de la captura de CO2 en plantaciones forestales de Polylepis sp. Cupressus spp y Eucaliptus globulus, para mitigar el cambio climático en el centro de Producción San Juan de Potojani - Puno, 2018*.
- ONU. (1992). Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, 62301.
- Ordóñez, J. A. B., & Masera, O. (2017). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera Y Bosques*, 7(1), 3. <http://doi.org/10.21829/myb.2001.711314>
- Pérez, E., Ruíz, C., Reyes, F., López, J., & Calero, C. (2005). *Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono en Nicaragua. Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR)*.
- Pulgar, M. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*.
- Rugnitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)*. Retrieved from http://scholar.google.es/scholar?q=Gu+a+para+la+determinaci+n+de+carbono+en+peque+as+propiedades+rurales&btnG=&hl=en&as_sdt=0,5#1
- SENAMHI. (2012). Cambio climático. Retrieved November 8, 2019, from <https://www.senamhi.gob.pe/?p=cambio-climatico>
- Soto, L., De Jon, B., Nelson, K., Farias, P., Yakactic, P., & Taylor, J. H. (1995). Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolobal del Estado de Chiapas, (January).
- Zamora, B., Mendoza, M., Sangerman, D., Quevedo, A., & Navarro, A. (2019). La investigación científica en México: secuestro de carbono orgánico en suelos agrícolas y de agostadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 155–164.
- Zavala, W., Merino, E., & Peláez, P. (2018). Influencia de tres sistemas agroforestales del cultivo de cacao en la captura y almacenamiento de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 493–501. <http://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.04>