

# REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



ISSN: 2709-4502

Alpha Centauri



**Captura de Carbono: Un enfoque sobre el cambio climático y los servicios ecosistémicos en el Perú**



**Carbon Sequestration: A Focus on Climate Change and Ecosystem Services in Perú**

<https://doi.org/10.47422/ac.v1i2.8>

## Captura de Carbono: Un enfoque sobre el cambio climático y los servicios ecosistémicos en el Perú

### Carbon Sequestration: A Focus on Climate Change and Ecosystem Services in Perú



DILAS-JIMÉNEZ, Josue Otoniel  
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja  
Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú



ORTECHO LLANOS, Ronald  
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja  
Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú



ALVAREZ TICLLASUCA, Adiel  
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja  
Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú

#### RESUMEN

El cambio climático es una temática que ha tomado importancia en las políticas públicas de los países y promovido por diversos organismos y acuerdos internacionales. El Perú, no ha sido ajeno en la implementación de normativas, políticas y mecanismos para enfrentar el cambio climático, mostrándose avances importantes, aunque limitados, vinculados a enfrentar la contaminación mundial con el CO<sub>2</sub>, entre ellos, el desarrollo de un portafolio de 169 proyectos MDL en el sector energía con inversiones de US\$ 13,06 millones habiéndose implementado US\$ 6,63 millones, así también proyectos REDD, REDD+ en 4 Áreas Naturales Protegidas que proyectan reducir unos 25.48 millones de toneladas de carbono en 10 años, en cuyos proyectos se han comercializado más de 1.64 millones de créditos de carbono. Así también, y no menos importante, el gobierno peruano a través de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento ha logrado avances en la implementación de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, entre ellos, el servicio ecosistémico de recurso hídrico, con lo que se ha recaudado cerca de US\$ 10 millones.

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub>, REDD, MDL, carbono, servicios ecosistémicos.

## ABSTRACT

Climate change is a topic that has taken on importance in the public policies of countries and has been promoted by various international organizations and agreements. Peru has not been a stranger to the implementation of regulations, policies and mechanisms to address climate change, showing significant progress, although limited, linked to tackling global pollution with CO<sub>2</sub>, including the development of a portfolio of 169 CDM projects in the energy sector with investments of US\$ 13.06 million, having implemented US\$ 6.63 million, as well as REDD, REDD+ projects in 4 Natural Protected Areas that project to reduce some 25.48 million tons of carbon in 10 years, in whose projects more than 1.64 million carbon credits have been traded. Also, and not less important, the Peruvian government through the National Superintendence of Sanitation Services has made progress in the implementation of Compensation Mechanisms for Ecosystem Services, among them, the water resource ecosystem service, which has collected close to US\$ 10 million.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, REDD, CDM, carbon, ecosystem services.

## INTRODUCCIÓN

Los gases de efecto invernadero (GEI) principales y más estudiados en nuestro planeta son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), metano (NH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) (Ordóñez & Masera, 2001). En la atmósfera se propagan estos GEI los cuales tiene la capacidad de absorber calor y retenerlo en la atmósfera resultando en el calentamiento de esta, a esto se denomina efecto invernadero, sin el cual la temperatura de la tierra sería alrededor de 33° por debajo de la temperatura actual (Baethgen & Daniel Martino, 2000). Los GEI son gases atmosféricos que se producen y participan en los ciclos naturales de la materia, ya que favorece el fenómeno natural llamado efecto invernadero lo cual mantiene la temperatura media de la Tierra en condiciones favorables para que se desarrolle la vida (NU, 2020).

El proceso de industrialización y a la intensificación de las actividades productivas, ha propiciado el incremento de las concentraciones atmosféricas de los GEI, especialmente del CO<sub>2</sub>, generando un aumento de la temperatura media y el consiguiente desequilibrio del efecto invernadero, ello se traduce en el fenómeno antrópico llamado calentamiento global. Todo ello y sumado a otras actividades humanas produce un cambio a escala global que afecta tanto a los sistemas naturales como a las sociedades (González Elizondo et al., 2003). Esta situación se agrava cuando desde otro ámbito también se analiza lo que la academia trabaja en la formación de profesionales y especialistas vinculados a estas temáticas (Baena, 2008).

Estos incrementos desmedidos de los GEI, especialmente el CO<sub>2</sub> por sus efectos en el cambio climático originan respuestas en los organismos vivos y los ecosistemas naturales, siendo éstas tan



variadas y complejas (González Elizondo et al., 2003). Así, para la salud humana, en cuanto a la epidemiología, la salud pública y la gestión misma de la salud, existe una preocupación creciente por los efectos que el cambio climático viene ejerciendo en la salud de las personas, estos efectos se relacionan por ejemplo a los patrones de distribución de los agentes infecciosos, así como de sus vectores (Pabón & Nicholls, 2005).

Ante ello, los países industrializados y no industrializados han celebrado diversos acuerdos y tratados internacionales con el objetivo de promover políticas, planes, normativas, mecanismos, entre otros documentos de gestión; a fin de adoptar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. El Perú no ha sido ajeno a estos acuerdos y/o tratados, por tanto, este documento realiza una revisión de las políticas públicas y las investigaciones realizadas respecto al cambio climático y el desarrollo de los servicios ecosistémicos, puntualmente la captura y almacenamiento de carbono.

## Desarrollo

### Cambio climático y abordaje internacional

El cambio climático es un problema mundial, que desde años atrás viene siendo afrontado desde los más altos niveles de políticas y gobiernos. En 1998 se creó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), creado por la organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El panel (IPCC, n.d.) “es el

organismo de las Naciones Unidas para el cambio climático, tiene como objetivo proporcionar a los gobiernos de todos los niveles información científica que puedan utilizar para desarrollar políticas climáticas. El IPCC es una organización de gobiernos que son miembros de las Naciones Unidas o la OMM, tiene actualmente 195 miembros.

El portal de las Naciones Unidas (UN) en su apartado “Cambio climático” (NU, 2020), indica que nos encontramos en momentos decisivos para tener que afrontar los desafíos que nos pone en frente el cambio climático por el calentamiento global. Entre los instrumentos jurídicos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se tienen:

- Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC): se dio lugar en 1992 en la Cumbre para la Tierra, ratificado por 197 países y tiene como objetivo prevenir una interferencia humana “peligrosa” en el sistema climático.
- Protocolo de Kyoto: firmado por 83 países en 1997, a la actualidad son 192 países que forman parte, este protocolo obliga jurídicamente a los países desarrollados que son parte a cumplir unas metas de reducción de emisiones, el primer compromiso fue desde el 2008 al 2012, el segundo compromiso inició el 2013 y finalizará en el 2020. Vale precisar que Estados Unidos no ha ratificado este protocolo (Ludeña et al., 2015).
- Acuerdo de París: en la 21va conferencia en el 2015 las partes del CMNUCC alcanzaron un acuerdo de combatir el cambio climático. Este



acuerdo tiene como objetivo reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C. Esto tiene el respaldo en informes técnicos del IPCC (IPCC, 2018). Este acuerdo cuenta a la actualidad con 195 países.

Según el IPCC (2019), el calentamiento global en el mundo tiene que ver con: (i) El ser humano afecta más del 70% de la superficie terrestre, (ii) desde el periodo preindustrial el mundo ha experimentado una duplicación de la temperatura media así como la desertificación y degradación de suelos, (iii) La agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra representan alrededor del 13% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la tierra se comporta como sumidero de carbono en hasta un 29% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, (iv) los cambios en las condiciones de uso de la tierra y del cambio climático, afectan el clima; entre otras. El impacto negativo ocasionado por la agricultura intensiva puede ser optimizado con la implementación de la agricultura ecológica (García et al., 2006).

### **Captura y almacenamiento de carbono en la vegetación y en el suelo**

En razón a que con los acuerdos del CMNUCC y la entrada en vigencia del protocolo de Kioto, se puso mayor énfasis a la actividad de captura de

CO<sub>2</sub> que hacen las plantas en su proceso fotosintético, así como del almacenamiento de carbono en el suelo, siendo así que las masas forestales juegan un rol preponderante en la fijación y retención de carbono atmosférico (Rojo-Martínez et al., 2003). Así, países con riqueza arbórea y alta diversidad biológica como es el caso del Perú, toma importancia la evaluación de su capacidad de captura y almacenamiento de carbono tanto en sus bosques naturales, plantaciones forestales y otros ecosistemas.

Estudios realizados en la selva peruana (Pucallpa) se determinó que un sistema agroforestal captura alrededor de 114 t C/ha y hasta 149 t C/ha en plantación de pijuayo con cobertura, mientras que en un bosque natural primario puede almacenar hasta 556 t C/ha (Alegre, 2017).

Las estimaciones de la fijación de carbono atmosférico por la vegetación, se realiza siguiendo diversas metodologías. Para sistemas arbóreos se realiza considerando parámetros como área basal, altura del árbol, entre otros; para luego realizar la determinación indirecta usando ecuaciones matemáticas; en sistemas de vegetación herbácea y arbustiva se realizan determinaciones directas e indirectas, así también para la estimación de las reservas de carbono en el suelo (Dar & Sundarapandian, 2015; Laclau, 2003; Ramírez & Avila, 2019).

Una forma de estimar la captura de carbono atmosférico por los árboles, sin la destrucción del espécimen, se realiza de manera indirecta optando por el uso de ecuaciones matemáticas llamadas curvas alométricas, que se basan en el uso de variables métricas como

diámetro a la altura del pecho (dap), área basal, altura de los árboles (Ounban et al., 2016; Rance et al., 2014; Rojas-García et al., 2015; Soares & Oliveira, 2002), para el caso de la medición en herbáceas, arbustos y suelo es más factible los métodos de determinación directa.

### **Mercados de carbono**

Sobre la base de los acuerdos internacionales derivados del Protocolo de Kioto, los países industrializados adoptaron mecanismos para mitigar los impactos del cambio climático como es el caso de las cuotas de responsabilidad cuya finalidad es contribuir a la reducción de los GEI; originándose los “Mercados de Carbono” (Chagas et al., 2013).

En el protocolo de Kioto se establecieron 3 mecanismos principales: (i) Comercio internacional de derechos de emisión entre las partes participantes en el mercado de carbono (países del Anexo 1 de este protocolo), (ii) se permite a los países del Anexo 1 invertir en proyectos para aminorar las emisiones de GEIs como créditos generados (implementación conjunta), (iii) los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) para que los países del Anexo 1 inviertan en proyecto en países en desarrollo; estos mecanismos ha generado el llamado mercado de carbono (Ludeña et al., 2015; Restrepo et al., 2008). Se precisa además que, el impuesto por las emisiones en dólares por tonelada de carbono en la Unión Europea es de 9,72 dólares, en el Japón de 36.2 dólares, en el Estados Unidos y el resto de países del Anexo I es cerca de 22 dólares, los

menores costos son en los países del G5, entre ellos India (menor a 1 dólar), China (1,6 dólares) y Sudáfrica (4 dólares).

La Unión Europea ha sido hasta la actualidad el grupo de países (15) con mayores avances en el cumplimiento del Protocolo de Kioto, por tanto su mercado de carbono conocido como EU-ETS comenzó a funcionar en el 2005, encontrándose operativo ya en el segundo compromiso del Protocolo con políticas públicas fuertes en los países de grupo, al margen de este grupo también participan Noruega y Suiza; así el sistema europeo interviene 4 agentes principales del mercado: (i) Empresas afectadas por el Protocolo de Kioto, (ii) Intermediarios y operadores del mercado, (iii) Organismos supervisores y sistemas de compensación y (iv) otros participantes (Erias & Dopico, 20 C.E.).

### **Legislación peruana sobre cambio climático y servicios ecosistémicos**

Con la creación del Ministerio del Ambiente en el año 2008 el gobierno peruano da mayor impulso a legislación e instrumentos para la gestión del ambiente. Así, para el 2015 se aprueba la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC) de alta importancia para afrontar los impactos del cambio climático en el Perú (Decreto Supremo N° 011-2015-2015-MINAM, Aprueban La Estrategia Nacional Ante El Cambio Climático, 2015), en ésta se citan 15 hitos del marco regulatorio sobre gestión ambiental en el Perú: (i) Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes (1994), (ii) Acuerdo Nacional

(2002), (iii) Ley marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245, 2004), (iv) Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria 2004-2015 (DS N° 066-2004-PCM, 2004), (v) Política Nacional del Ambiente (DS N° 012-2009-MINAM), (vi) Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, 2009), (vii) Plan Director de Áreas Naturales Protegidas – Estrategia Nacional (2009), (viii) Marco Macroeconómica Multianual, (ix) Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA 2011-2021 (DS N° 014-2011-MINAM, 2011), (x) Ley de Creación del Sistema Nacional de Gestión del riesgo de Desastres – SINAGERD (Ley N° 29664, 2011), (xi) Plan Bicentenario: el Perú hacia el 2021 (DS-054-2011-PCM, 2011), (xii) Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 29763, 2011), (xiii) Política Nacional de Modernización de la Gestión Pública al 2021 (2013), (xiv) Agenda Nacional de Acción Ambiental 2013-2014, (xv) Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. A partir de ello, se rescata secciones puntuales de algunas de estas normativas o documentos estratégicos:

La Política Nacional (Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Aprueba la Política Nacional Del Ambiente, 2009), en su fundamento 10 precisa que el Perú dispone de un importante capital natural para la provisión de servicios ambientales en su patrimonio forestal que además de los recursos genéticos que alberga también constituyen importantes sumideros de carbono.

La Ley N° 30215, (Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, 2014), cuyo objetivo promueve, regula y supervisa los mecanismos de retribución

por servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas. El reglamento de esta ley (Decreto Supremo N° 009-2016-MINAM, Aprueban Reglamento de La Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, 2016) tiene como objetivo promover, regular y supervisar el diseño e implementación de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE). Este reglamento, en su artículo 6 numeral 6.1 precisa 13 servicios ecosistémicos que pueden formar parte de un MERESE, entre ellos: regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro y almacenamiento de carbono, belleza paisajística, control de la erosión de suelos, entre otros.

En el Perú, los sistemas boscosos como sumideros de carbono atmosférico, es regulado por la Ley N° 29763 (Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, 2011), en su Reglamento de Gestión Forestal (Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, Decreto Supremo Que Aprueba El Reglamento Para La Gestión Forestal, 2015), artículo 5 numeral 5.67 sobre el uso múltiple del bosque precisa que el bosque aporta con servicios directos e indirectos, refiriéndose entonces al “aprovechamiento de diversas opciones de productos y servicios del bosque (...) usos indirectos, como el disfrute del paisaje, u otros servicios que este proporciona, entre los cuales se puede incluir protección de la biodiversidad, conservación de aguas y tierras, y captura de carbono (...)”, es por ello que en su artículo 38 numeral 38.1 sobre el Inventario Nacional Forestal

y de Fauna Silvestre precisa que es un proceso mediante el cual se registran variables cualitativas y cuantitativas de los recursos forestales, entre ellas la cuantificación de carbono u otras variables. Como aplicación de ello, este mismo reglamento en su artículo 127 sobre los pagos para la obtención del desbosque, en su numeral 127.1 precisa que la afectación del patrimonio se calcula un monto a pagar sobre una valorización integral, siguiendo 2 criterios (i) la oportunidad de aprovechamiento sostenible de todos los recursos maderables, no maderables y de fauna silvestre, (ii) secuestro de carbono, calculado como la información del stock del Mapa de Carbono del Perú, y precio promedio del mercado voluntario.

### **Avances y desafíos de los servicios ecosistémicos y mercado de carbono en el Perú**

Con la creación de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) en el 2013, el MINAM realiza el seguimiento a los diversos sectores públicos y privados mediante la implementación de la CMNUCC y el diseño e implementación de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC). La ENCC muestra que para el 2009 el inventario nacional de GEI (emisión de GEI) por sectores precisa que el uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura emiten el 39%, el sector agricultura el 20%, el sector energía 18%, el sector transporte 11%, los desechos 8% y los procesos industriales con 4% (Decreto Supremo N° 011-2015-2015-MINAM, Aprueban La Estrategia Nacional Ante El Cambio Climático, 2015). Ante estos resultados, es necesario poner especial

atención en el sector agropecuario como un importante emisor de GEI, siendo entonces necesario que las políticas públicas tiendan al apoyo a modelos de cultivo agroecológicos (Dilas-Jiménez & Ascurra-Toro, 2020) como los cultivos con certificación Rain forest Alliance o la creciente y prometedora certificación orgánica, aunque este modelo requiere de apoyo gubernamental para asegurar su rentabilidad y sostenibilidad en el largo plazo por sus elevados costos de producción y menor productividad (Beuchelt & Zeller, 2011; Poudel et al., 2015); sin embargo estos modelos productivos pueden facilitar la diversificación de productos conjugándose con la agroforestería (Dilas-Jiménez & Mugruza-Vassallo, 2020; Haggard et al., 2015; Schnabel et al., 2018), facilitan la agrobiodiversidad y los recursos genéticos (Avilez-López et al., 2020; FAO, 2007), así como brindan beneficios positivos al suelo y aseguran menores emisiones y mayor captura y almacenamiento de carbono, entre otros beneficios ambientales (Oelofse et al., 2010; Trinh et al., 2020; Tully et al., 2013).

Ahora bien, respecto del mercado de carbono, estando a puertas del cierre del segundo compromiso del Protocolo de Kioto, a través del trabajo de promoción del Fondo Nacional del Ambiente, el Perú cuenta con un portafolio de proyectos de carbono que ha ido creciendo, contando a la actualidad con proyectos de reducción de emisiones de GEI: 169 proyectos en el sector energía con inversiones de US\$ 13,06 millones habiéndose implementado US\$ 6,63 millones, así también en el sector forestal se tienen proyectos de Reducción de Emisiones por



Deforestación y Degradación de los bosques (REDD) y proyectos de conservación, gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono (REDD+); 50 de los cuales son iniciativas de Deforestación evitada (FONAM, 2020).

Por otro lado, en cumplimiento de los acuerdos de la COP 20 realizada en Lima, Perú y otras versiones anteriores de esta (MINAM, 2016), se han implementado proyectos REDD y REDD+, como créditos de carbono, en 4 Áreas Naturales Protegidas por el Estado Peruano: el Parque Nacional Cordillera Azul (San Martín, Loreto, Ucayali y Huánuco), la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene (ambos Madre de Dios) y el Bosque de Protección Alto Mayo (San Martín). Como resultado de estos 4 proyectos se están conservando 2,07 millones de hectáreas de bosques, una proyección de reducción de 25.48 millones de toneladas de carbono en 10 años, se comercializaron más de 1.64 millones de créditos de carbono, se construyeron 7 puestos de control y vigilancia; entre las empresas que optaron por compensar sus emisiones adquiriendo bonos de carbono están Disney, Microsoft, United Airlines, Pacífico Seguros, Toyota del Perú S.A, entre otros (SERNANP, 2020).

Asimismo, en cuanto a la puesta en marcha de la Ley N° 302015 y su reglamento, el Ministerio del Ambiente viene promoviendo la implementación de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE). Así uno de los 13 servicios previstos en el Reglamento, que ha logrado un mayor avance en su implementación

es el servicio ecosistémico de “regulación hídrica” (MERESE hídrico), cuyo ejecutor es la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), contando con una regulación a nivel de Directiva (Resolución N° 039-2019-SUNASS-CD) para su implementación por las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) mediante Proyectos de Inversión Pública (PIP).

A la actualidad 14 EPS en el territorio nacional (Cusco, 2 en Apurímac, San Martín, Lima, 3 en Junín, Amazonas, Ayacucho, Huánuco, Loreto, Ancash, San Martín) ya cuentan con una resolución tarifaria con la cual pueden recaudar fondos por MERESE, habiéndose recaudado alrededor de 30 millones de soles por concepto MERESE, y contando con 4 PIP viables en fase de ejecución: EPS SEDAM Huancayo, EPS Moyobamba, EPS SEDA Ayacucho y EPS SEDAPAL Lima (MINAM, 2020). Con la experiencia mostrada por la SUNASS en cuanto al MERESE hídrico, aunque es limitado, se esperaría que otros actores públicos y privados desarrollen los instrumentos legales y de gestión para la implementación de otros de los 13 servicios ecosistémicos previstos por la legislación nacional.

## CONCLUSIONES

El CO<sub>2</sub> es el más importante gas de efecto invernadero sobre el cual los acuerdos internacionales han hecho que los países implementen políticas públicas a fin de reducir su emisión. Ante ello, la vegetación arbórea, herbácea y arbustiva son el recurso más importante como



secuestradores del CO<sub>2</sub> emitido al ambiente, y sobre lo cual a partir del Protocolo de Kioto se establecieron los denominados mercados de carbono, así también nuevos mecanismos como los proyectos REDD y REDD+.

El Perú cuenta con legislación nacional y políticas públicas vinculadas a las acciones frente al cambio climático y los servicios ecosistémicos habiendo tenido avances en la implementación de proyectos tipo REDD, REDD+ y MDL, así como la implementación de PIP mediante el mecanismo MERESE hídrico, sin embargo, estos avances serían limitados teniendo en cuenta el potencial con el cual cuenta el país en cuanto a recursos naturales, bosques naturales, agrobiodiversidad, entre otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J. (2017). La agroforestería en la amazonia peruana para recuperar suelos degradados y mitigar efectos del cambio climático. Presentado En «Crianza Del Suelo Para El Buen Vivir» XVI Congreso Nacional y VII Ingternacional de La Ciencia Del Suelo.
- Avilez-López, T., Van Der Wal, H., Aldasoro-Maya, E. M., & Rodríguez-Robles, U. (2020). Home gardens' agrobiodiversity and owners' knowledge of their ecological, economic and socio-cultural multifunctionality: A case study in the lowlands of Tabasco, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00392-2>
- Baena, M. (2008). Consulta sobre la oferta de cursos y programas de posgrado en recursos fitogenéticos y agrobiodiversidad en universidades de América Latina (Primera Ed). Biodiversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/104775>
- Baethgen, W., & Daniel Martino. (2000). Cambio climático, gases de efecto invernadero e implicancias en los sectores agropecuario y forestal del Uruguay. <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-7.pdf>
- Beuchelt, T. D., & Zeller, M. (2011). Profits and poverty: Certification's troubled link for Nicaragua's organic and fairtrade coffee producers. *Ecological Economics*, 70(7), 1316–1324. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.01.005>
- Chagas, T., Costenbader, J., Streck, C., & Roe, S. (2013). Reference levels: Concepts, functions, and application in REDD + and forest carbon standards. January.
- Dar, J. A., & Sundarapandian, S. (2015). Variation of biomass and carbon pools with forest type in temperate forests of Kashmir Himalaya, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4299-7>
- Dilas-Jiménez, J. O., & Ascurra-Toro, D. (2020). Agroecología: Una alternativa sostenible para la pequeña agricultura en un escenario post COVID19. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun*, 1(2).



- <http://lamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/9>
- Dilas-Jiménez, J. O., & Mugruza-Vassallo, C. (2020). Instalación De Fincas Cafetaleras En Sistema Agroforestal Para Recuperación Y Sostenibilidad De Suelos Degradados De Selva Alta. *Revista de Investigación En Agroproducción Sustentable*, 4(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25127/aps.20201.534>
- Erias, A., & Dopico, J. A. (20 C.E.). Los mercados de carbono en la unión europea: fundamentos y proceso de formación de precios. *Revista Galega de Economía*, 1(1–25). <https://www.redalyc.org/pdf/391/39118564003.pdf>
- Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, (2011).
- Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, (2014).
- FAO. (2007). La ADRS y la agrobiodiversidad. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/diversidad/lecturas/apoyo/SARD-agri-biodiversidad - spanish.pdf>
- FONAM. (2020). Portafolio de Proyectos de Carbono. <https://fonamperu.org.pe/unfondo-ambiental-para-el-peru/portafolio-de-proyectos-de-carbono/>
- García, A., Laurín, M., Llosá, M., González Pérez, V., Sanz, M., & Porcuna y Col, J. (2006). Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional. *Agroecología*, 1, 75–87.
- González Elizondo, M., Jurado Ybarra, E., González Elizondo, S., Aguirre Calderón, Ó., Jiménez Pérez, J., & Nívar Cháidez, J. (2003). Cambio climático mundial : origen y consecuencias.
- Haggar, J., Asigbaase, M., Bonilla, G., Pico, J., & Quilo, A. (2015). Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. *Biodiversity and Conservation*, 24(5), 1175–1194. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0851-y>
- IPCC. (n.d.). Sobre IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved September 12, 2020, from <https://www.ipcc.ch/about/>
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_SPM\\_version\\_report\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf)
- IPCC. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)
- Laclau, P. (2003). Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest

- Patagonia. *Forest Ecology and Management*, 180(1–3), 317–333.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00580-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00580-7)
- Ludeña, C., de Miguel, C., & Schuschny, A. (2015). Cambio climático y mercados de carbono: Repercusiones para los países en desarrollo. *Cepal Review*, 2015(116), 61–85.
- Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, (2015).
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Aprueba la Política Nacional del Ambiente, (2009).
- Decreto Supremo N° 011-2015-2015-MINAM, Aprueban la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático, (2015).
- MINAM. (2016). COP20: el Espíritu de Lima que movilizó un acuerdo climático global. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/COP20.pdf>
- Decreto Supremo N° 009-2016-MINAM, Aprueban Reglamento de la Ley N° 30215, ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, (2016).
- MINAM. (2020). Avances de MERESE con Empresas Prestadoras. <https://www.minam.gob.pe/economia-y-financiamiento-ambiental/mecanismos-de-retribucion-por-servicios-ecosistemicos-mrse/>
- NU. (2020). Cambio climático. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Oelofse, M., Høgh-Jensen, H., Abreu, L. S., Almeida, G. F., Hui, Q. Y., Sultan, T., & de Neergaard, A. (2010). Certified organic agriculture in China and Brazil: Market accessibility and outcomes following adoption. *Ecological Economics*, 69(9), 1785–1793.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.016>
- Ordóñez, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3–12.  
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Ounban, W., Puangchit, L., & Diloksumpun, S. (2016). Development of general biomass allometric equations for *Tectona grandis* Linn.f. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. plantations in Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 50(1), 48–53.  
<https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.08.001>
- Pabón, J. D., & Nicholls, R. S. (2005). El cambio climático y la salud humana. 25(1), 5.8.  
<https://www.redalyc.org/pdf/843/84325101.pdf>
- Poudel, K. L., Johnson, T. G., Yamamoto, N., Gautam, S., & Mishra, B. (2015). Comparing technical efficiency of organic and conventional coffee farms in rural hill region of Nepal using data envelopment analysis (DEA) approach. *Organic Agriculture*, 5(4), 263–275.  
<https://doi.org/10.1007/s13165-015-0102-x>
- Ramírez, J. L., & Avila, E. J. C. (2019). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de una



- plantación de *Eucalyptus grandis* W. Hill. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(1), 86–97.  
<http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/402>
- Rance, S. J., Mendham, D. S., & Cameron, D. M. (2014). Assessment of leaf mass and leaf area of tree crowns in young *Eucalyptus grandis* and *E. globulus* plantations from measurements made on the stems. *New Forests*, 45(4), 523–543.  
<https://doi.org/10.1007/s11056-014-9416-x>
- Restrepo, P. P., Tobón, D., & Flores, J. H. (2008). Institucionalidad en torno a los mercados de carbono y los mecanismos de flexibilización derivados del Protocolo de Kioto. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 46, 46–57.  
<https://www.redalyc.org/pdf/430/43004606.pdf>
- Rojas-García, F., De Jong, B. H. J., Martínez-Zurimendí, P., & Paz-Pellat, F. (2015). Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests. *Annals of Forest Science*, 72(6), 835–864. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0456-y>
- Rajo-Martínez, G. E., Jasso-Mata, J., & Velásquez-Martínez, A. (2003). Las masas forestales como sumideros de CO<sub>2</sub> ante un cambio climático global. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(1), 57–67.  
<https://www.redalyc.org/pdf/629/62990106.pdf>
- Schnabel, F., de Melo Virginio Filho, E., Xu, S., Fisk, I. D., Roupsard, O., & Haggard, J. (2018). Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production. *Agroforestry Systems*, 92(6), 1535–1549.  
<https://doi.org/10.1007/s10457-017-0100-y>
- SERNANP. (2020). Preguntas y respuestas sobre bonos de Carbono en ANP.  
<https://www.sernanp.gob.pe/bonos-de-carbono>
- Soares, C. P. B., & Oliveira, M. L. R. de. (2002). Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(5), 533–539.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-67622002000500002>
- Trinh, L. T. K., Hu, A. H., Lan, Y. C., & Chen, Z. H. (2020). Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1307–1324.  
<https://doi.org/10.1007/s13762-019-02539-5>
- Tully, K. L., Lawrence, D., & Wood, S. A. (2013). Organically managed coffee agroforests have larger soil phosphorus but smaller soil nitrogen pools than conventionally managed agroforests. *Biogeochemistry*, 115(1–3), 385–397. <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9842-4>



**CORRESPONDENCIA:**

Mg. Josué Otoniel Dilas-Jiménez

jdilas@unat.edu.pe

