

Manejo sustentable de los recursos naturales como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático

Sustainable management of natural resources as a strategy for mitigating and adapting to climate change

<https://doi.org/10.46380/ecotemas-2026-1-27>

M.Sc. Vicente Javier Parra León

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
vparraleon@gmail.com

Recibido: 08/05/2025

Aprobado: 21/11/2025

Publicado: 01/01/2026

RESUMEN

La carrera de Recursos Naturales Renovables de la ESPOCH, en respuesta al cambio climático antropogénico y a la degradación acelerada de los recursos naturales, ha planteado soluciones transdisciplinarias para que estudiantes y agricultores aprendan y fomenten el manejo sustentable de los agroecosistemas para enfrentar esta problemática; por lo que se planteó como objetivo de la presente investigación incrementar la capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático mediante el manejo sustentable de los recursos naturales. Para cumplir éste objetivo se han estructurado tres ejes de investigación: suelo, agua y biodiversidad. En el eje recurso suelo, se están implementando la metodología de abonos verdes que es una técnica de cultivo de cobertura, utilizada para la producción de biomasa vegetal y captura de carbono orgánico, se está evaluando el contenido de materia orgánica como indicador de sustentabilidad. En el eje agua, se está utilizando la metodología de cosecha de agua lluvia como estrategia de resiliencia a los efectos del cambio climático, permitiendo el aprovechamiento del agua al recolectarla y distribuirla mediante métodos de riego eficientes. Y finalmente, en el eje de agrobiodiversidad, se están utilizando la metodología de policultivos de especies funcionales que fijan nitrógeno, aportan materia orgánica e incrementan los servicios del agroecosistema. Es así que, se han determinado 19 especies de plantas en 3000 m² que generan 8 servicios ecosistémicos, representando una potencialidad en la mitigación y adaptación al cambio climático. Este aprendizaje ambiental es realizado por estudiantes y agricultores con metodologías participativas, en los predios de la ESPOCH.

Palabras clave: Sustentabilidad, educación ambiental, resiliencia.

ABSTRACT

The Renewable Natural Resources program at ESPOCH, in response to anthropogenic climate change and the accelerated degradation of natural resources, has proposed transdisciplinary solutions so that

students and farmers can learn and promote the sustainable management of agroecosystems to address this issue. The objective of this research was to increase the capacity for adaptation and mitigation to climate change through the sustainable management of natural resources. To achieve this objective, three research axes were structured: soil, water, and biodiversity. In the soil axis, the methodology of green manures is being implemented, which is a cover cropping technique used for the production of plant biomass and the capture of organic carbon; the organic matter content is being evaluated as an indicator of sustainability. In the water axis, the methodology of harvesting rainwater is being applied as a resilience strategy to the effects of climate change, enabling the use of water by collecting and distributing it through efficient irrigation methods. Finally, in the agrobiodiversity axis, the methodology of polycultures of functional species is being used, which fix nitrogen, contributes organic matter, and enhances agroecosystem services. In this way, 19 plant species have been identified in 3,000 m² that generate 8 ecosystem services, representing a potential for climate change mitigation and adaptation. This environmental learning is carried out by students and farmers through participatory methodologies on ESPOCH's premises.

Keywords: legislation, natural diversity, strategies, treaties, tourist attractions.

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de los recursos, sumado al elevado aporte de insumos externos en la agricultura convencional del monocultivo, han provocado deforestación masiva, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, agotamiento del suelo y niveles elevados de emisiones de gases de efecto invernadero, principales causantes del cambio climático antropogénico. Agudizando la problemática ambiental actual y la problemática socio-económica como el hambre y la pobreza que todavía siguen siendo desafíos mundiales fundamentales (FAO, 2018). En ese sentido el informe del IPCC (2014) afirma que el cambio y la variabilidad del clima tendrán efectos negativos sobre la producción de alimentos en todos los niveles, ocasionados por el aumento en la frecuencia de eventos extremos tales como sequías e inundaciones o cambios en las precipitaciones y en la variación de la temperatura, entre los más importantes (IPBES et al., 2016)

Esto se debe principalmente a que las características inherentes de autorregulación natural, se pierden cuando los seres humanos modifican los ecosistemas para crear monocultivos. La dependencia de la humanidad en sistemas de producción de éste tipo, ya no es socio-económicamente y ecológicamente sustentable, ya que comprometen la biodiversidad y los servicios ecosistémicos inherentes a ella, además, son vulnerables a la variabilidad climática (Altieri et al., 2015; CI & MA, 2016) but new redesigned farming systems will not emerge from simply implementing a set of practices (rotations, composting, cover cropping, etc..

En la búsqueda de posibles soluciones a ésta problemática ambiental identificada, la carrera de Recursos Naturales Renovables de la ESPOCH ha planteado estrategias transdisciplinares para que estudiantes y agricultores aprendan y fomenten el manejo sustentable de los Agroecosistemas. En ese sentido se han desarrollado estratégicamente tres ejes de investigación: Suelo, Agua y Biodiversidad, con lo que se pretende incrementar la capacidad de

adaptación al cambio climático y adquirir y desarrollar herramientas para realizar acciones de mitigación.

En el eje recurso suelo, para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y conseguir la captura de carbono orgánico, se está implementando la metodología de abonos verdes que es una técnica agroecológica de cultivo de cobertura con la que se pretende fomentar múltiples efectos, incluyendo supresión de malezas y enfermedades del suelo, control de plagas y conservación del suelo, activación de la materia orgánica, fijación y extracción de nutrientes y fijación de carbono orgánico como estrategia de mitigación a los efectos del cambio climático. Es decir, estamos aplicando varios principios agroecológicos que impulsan procesos claves para el funcionamiento del agroecosistema (ciclo de nutrientes, regulación de plagas, productividad, etc.) (Jacobi et al., 2017; Nicholls, Altieri, et al., 2015) but new redesigned farming systems will not emerge from simply implementing a set of practices (rotations, composting, cover cropping, etc.. Como variables a ser validada se está considerando el contenido de materia orgánica como indicador de la sustentabilidad.

En el eje agua, se está realizando la cosecha de agua lluvia como metodología de resiliencia a los efectos del cambio climático, permitiendo el aprovechamiento del agua al recolectarla y distribuirla mediante métodos de riego eficientes (S R Gliessman et al., 2007; Mósquera et al., 2012).

En el mismo sentido, en el eje Biodiversidad se están realizando varias prácticas agroecológicas como: Agroforestería, policultivos, asociación y rotación de cultivos como estrategias que incrementan la diversidad de los grupos funcionales, promoviendo los procesos claves como: regulación de plagas, reciclaje de nutrientes, sinergia entre especies, fundamentales para la función de los Agroecosistemas, considerando además que el fomento de la de la biodiversidad es la piedra angular de cualquier estrategia para el rediseño de sistemas agrícolas (CI & MA, 2016; S R Gliessman et al., 2007).

Al fomentar la biodiversidad estamos también contribuyendo a la heterogeneidad del paisaje y a la generación de diversos servicios ecosistémicos, así como también el incremento de la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola hacia plagas y enfermedades y a las manifestaciones del cambio climático como son las alteraciones en los regímenes de precipitación y temperatura (CI & MA, 2016; Stepehn R. Gliessman, 2002).

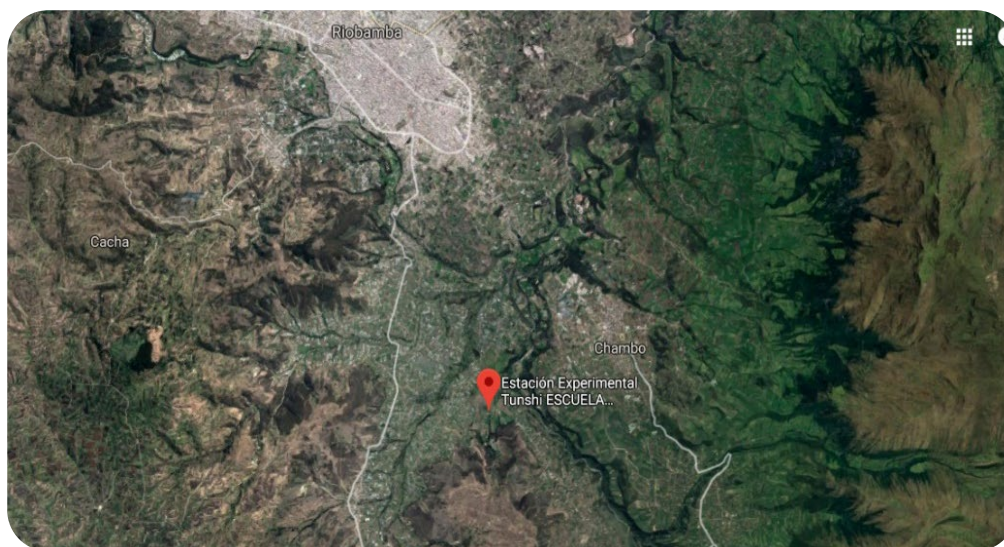
Por estas razones y basados en la fundamentación científica, nos hemos planteado como objetivo de la presente investigación, mejorar la calidad y aspectos biológicos del recurso suelo, incrementar la capacidad de retención de agua y fomentar la biodiversidad, consiguiendo brindar una mayor eficiencia energética y una mayor resiliencia al cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de las áreas de experimentación

La Escuela de Recursos Naturales Renovables de la ESPOCH, lugar donde se encuentran las áreas de experimentación, se encuentra en el sector de Tunshi, vía a Licto, a 20 minutos al Sur de Riobamba (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de las Áreas de experimentación



Fuente: Google Maps

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se han generado tres líneas de investigación: suelo, agua y biodiversidad, de la siguiente manera:

Recurso suelo

Selección de material vegetal: se seleccionaron plantas que estén adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Tunshi, que sean de rápido crecimiento y que cubran el suelo con abundante biomasa, las especies vegetales que fueron seleccionadas fueron:

- Avena (*Avena sativa*)
- Vicia (*Vicia sativa*)
- Centeno (*Secale cereale*)
- Cebada (*Hordeum vulgare*)

Diseño espacial: se sembraron 3 parcelas de 5000 m², 2 con avena y vicia, y 1 con centeno y cebada

Implementación: se sembraron vicia y avena en las cantidades de 200 Kg/Ha y 10 Kg/Ha respectivamente, en las parcelas de centeno y vicia se sembraron en las cantidades de 200 Kg/Ha, según las recomendaciones del INIAP. Las especies fueron sembradas al boleó y con la

utilización de motocultores para la preparación del terreno, evitando su compactación.

Validación: como variable a ser cuantificada, se consideró el contenido de Materia orgánica, para lo cual se realizó un muestreo anual en todas las parcelas.

Recurso hídrico

Para determinar la eficiencia de éste sistema se realizará mediciones del agua captada y se lo comparará con el agua utilizada para la irrigación de los cultivos según el requerimiento hídrico de los mismos, además se comparará en las dos épocas del año (lluvias y temporada seca). Actualmente se está implementando el sistema de cosecha de agua con el siguiente diseño:

Área de captación: que es el techo de dos invernaderos ubicados junto al área experimental.

Área de recolección y conducción: que son canaletas que se ubican en los extremos más bajos del techo. Los materiales usados deben ser livianos y duraderos, de metal o plástico.

Almacenamiento: el agua será almacenada en un tanque cisterna (2 recipientes de 1000 litros) integrada al sistema.

Distribución por métodos eficientes de riego: del tanque cisterna se distribuirá por medio de cintas de goteo a cultivos hortícolas con lo que se logra un uso eficiente del recurso hídrico como estrategia de adaptación al cambio climático. Para medir la eficiencia del sistema se comparará con la cantidad de agua que se necesita en el riego por gravedad y según los requerimientos hídricos de los cultivos, además se comprobará en las dos épocas del año (época lluviosa y época seca). El sistema está siendo instalado por el Centro Experimental del Riego (CER) (Figura 2).

Figura 2. Implementación del sistema de cosecha de agua a ser distribuido por métodos de riego eficiente en las áreas de experimentación.



Biodiversidad

Inventario de la agrobiodiversidad: mediante la metodología de conteo directo se identificó las especies existentes en el área experimental de 3000 m²

Identificación de los servicios ecosistémicos: En el área experimental se identificaron los servicios ecosistémicos categorizados en los 4 grupos: abastecimiento, regulación, soporte y cultural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Escuela de Recursos Naturales Renovables de la ESPOCH, desde el mes de noviembre del 2018 ha implementado varias prácticas agroecológicas como: abonos verdes, cosecha de agua y fomento de la biodiversidad como estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, obteniéndose los siguientes resultados:

Recurso suelo

Se está evaluando el contenido de materia orgánica mediante muestreos de suelo anuales, en marzo del 2019 se obtuvo un promedio de 1.5 % de materia orgánica, con las prácticas agroecológicas de Abonos verdes se pretende aumentar ese contenido, que según (Mósquera et al., 2012) La biomasa generada mediante la fotosíntesis es incorporada al suelo con el objetivo de incrementar las funciones clave del recurso suelo como: contenido de materia orgánica, captura de carbono orgánico, control de plantas espontáneas, de plagas y enfermedades. Estas funciones clave además generan ecosistema resilientes a variaciones climáticas y eventos extremos como heladas y sequías (Balvanera et al., 2014). En la imagen 3 se puede observar las áreas experimentales con abonos verdes.

Figura 3. Áreas de experimentación con abonos verdes (leguminosa y gramínea) implementados.



Recurso hídrico

De la cosecha de agua, todavía no se han obtenido resultados concretos, sin embargo se observó que el sistema consigue almacenar agua en los tanques cisterna. Lo que se espera a futuro es que la optimización del recurso hídrico mediante la captación del agua lluvia y su distribución mediante métodos eficientes de riego (goteo) sea una estrategia que genere Agroecosistemas resilientes al cambio climático, esto hipótesis concuerda con lo afirmado por (Nicholls, Henao, et al., 2015).

Biodiversidad

Para contribuir a la generación de servicios ecosistémicos, se han establecido un área experimental de 3000 m², en la cual se han inventariado 19 especies, como se puede observar en la Tabla 1. Esta agrobiodiversidad generó 8 servicios ecosistémicos; éstos datos concuerdan con lo mencionado por (Altieri et al., 2015), quien afirma que a mayor biodiversidad se generan más servicios ecosistémicos, los mismos que crean un agroecosistema más resiliente al cambio climático.

Tabla 1. Especies encontradas en el área experimental

	Especie	Nombre científico
1	Aliso	<i>Alnus jorujensis</i>
2	Fresno	<i>Fraginus sp</i>
3	Tilo	<i>Tilia platyphyllos.</i>
3	Arrayan	<i>Luma apiculata</i>
4	Cucarda	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
5	Durazno	<i>Prunus pérsica</i>
6	Manzana	<i>Malus domestica</i>
7	Maíz	<i>Zea mays</i>
8	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
9	Chochos	<i>Lupinus mutabilis</i>
10	Frejol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
11	Centeno	<i>Secale cereale</i>
12	Avena	<i>Avena sativa</i>
13	Vicia	<i>Vicia sativa</i>
14	Cedrón	<i>Aloysia citrodora</i>
15	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>
16	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>
17	Lavanda	<i>Lavandula dentata</i>
18	Acelga	<i>Beta vulgaris</i>
19	Apio	<i>Apium graveolens</i>

Dentro de los servicios ecosistémicos encontrados tenemos 3 de abastecimiento, principalmente para la alimentación, materia prima para la construcción (madera) y principios activos para la medicina. De la misma manera 2 servicios ecosistémicos de soporte, como son los abonos verdes para la conservación de los suelos y los hábitats generados por la agrobiodiversidad para insectos y aves. 1 servicio ecosistémico de regulación como es el secuestro y almacenamiento de carbono orgánico y 2 servicios ecosistémicos culturales que es las oportunidades que brindan los espacios de investigación para la enseñanza-aprendizaje de varias disciplinas como: botánica, ecología, zoología, entomología, entre otras sumado a la

belleza paisajística del área experimental. Estos datos se aprecian en la Tabla 2. Esta información concuerda con lo afirmado por Altieri et al., 2015 y CI & MA, 2016, que afirman que un sistema agrícola diversificado genera servicios ecosistémicos y un agroecosistema resiliente a los efectos del cambio climático

Tabla 2. *Servicios ecosistémicos encontrados en el área experimental*

Categoría	Servicio eco-sistémico identificado	Descripción
Abastecimiento	1. Alimentación	Encontrados principalmente en las hortalizas y policultivos sembrados, así como también en los sistemas agroforestales
	2. Medicina	
	3. Material de construcción	
Soporte	4. Abonos verdes	Identificados principalmente en los abonos verdes implementados
	5. Hábitats	
Regulación	6. Almacenamiento de carbono	De la misma manera, se identificaron el los abonos verdes
Cultural	7. Investigación	Es un servicio ecosistémico generado por la interacción de todos los subsistemas implementados
	8. Paisaje	

En sistemas diversificados, la mayor parte de los servicios ecosistémicos generados es de alimentación y soporte, ésta afirmación del (IPBES et al., 2016) concuerda con los datos obtenidos en los cuales más del 50 % corresponde a éstas dos categorías de servicios ecosistémicos del área experimental

CONCLUSIONES

El fomento de la biodiversidad nos ha generado oportunidades de generar conocimiento entre los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, quienes en las áreas de experimentación realizan prácticas sobre las descripciones botánicas de especies, de la misma con insectos y aves. Todo esto generado por el restablecimiento de las funciones ecosistémicas clave que generan diversidad de servicios ecosistémicos, ayudando además a aumentar la capacidad de resiliencia de éstos Agroecosistemas a los efectos del cambio climático.

Los abonos verdes son una estrategia de mitigación a los efectos del cambio climático, pues permiten captar el dióxido de carbono a través de la fotosíntesis, regulando la cantidad de CO₂. Además, estamos comprobando que controla el apareamiento de las plantas espontáneas, al disminuir la cantidad de deshierbas y al mantener cubierto el suelo.

Bajo la perspectiva del cambio climático, el problema de la escasez de agua tiende a empeorar en aquellas regiones en las que ya se presenta déficit, generado impactos en la agricultura; como disminución en los rendimientos de los cultivos y en algunos años, hasta pérdidas totales

de las cosechas. La ESPOCH en respuesta a esta problemática se ha planteado la búsqueda de alternativas como la captación de agua de lluvia para atender las necesidades para el consumo humano, uso agrícola y para la producción animal. El sistema está todavía en construcción, sin embargo se ha comprobado que, con la infraestructura instalada se consigue almacenar agua lluvia para su posterior distribución.

Por otro lado, la mayor parte de la producción alimentaria depende de los servicios ecosistémicos y de la gestión de la biodiversidad, puesto que, al mantener la salud y actividad biológica de los suelos, permiten la polinización y regulación de las plagas y las enfermedades, entre otros servicios. Por lo que, al fomentar la agrobiodiversidad que a su vez se relaciona directamente con el incremento de los servicios ecosistémicos, es así, en la investigación se encontraron 19 especies que generaron 8 servicios ecosistémicos en su mayoría de control, concluimos con éstos resultados que estamos en el camino de conseguir una producción ecológica productiva y que al mismo tiempo estamos enfriando el planeta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Balvanera, P., Siddique, I., Dee, L., Paquette, A., Isbell, F., Gonzalez, A., Byrnes, J., O'Connor, M. I., Hungate, B. A., & Griffin, J. N. (2014). Linking biodiversity and ecosystem services: Current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience*, 64(1), 49–57. <https://doi.org/10.1093/biosci/bit003>
- CI, N., & MA, A. (2016). Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 01(s5). <https://doi.org/10.4172/2157-7625.s5-010>
- FAO. (2018). *Y Agrícolas Sostenibles Los 10 Elementos De*. <http://www.fao.org/3/i9037es/I9037ES.pdf>
- Gliessman, S R, Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., & Bacon, C. (2007). *Agroecología : promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. 16(1), 13–23.
- Gliessman, Stepehn R. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. In *Diversidad y estabilidad del agroecosistema*. CATIE. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- IPBES, Ferrier, S., Ninan, K. N., Leadley, P., Alkemade, R., Acosta, L. a., Akcakaya, H. R., Brotons, L., Cheung, W., Christensen, V., Harhash, K. a., Kabubo-Mariara, J., Lundquist, C., Obersteiner, M., Pereira, H., Peterson, G., Pichs-Madruga, R., Ravindranath, N. H., Rondinini, C., & Wintle, B. (2016). *Summary for policymakers of The methodological assessment report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services*.

- Jacobi, J., Mathez-Stiefel, S.-L., Gambon, H., Rist, S., & Altieri, M. (2017). Whose Knowledge, Whose Development? Use and Role of Local and External Knowledge in Agroforestry Projects in Bolivia. *Environmental Management*, 59(3), 464–476. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0805-0>
- Mósquera, M. P., Reyes, O. E. S., Prager, M. S. De, Gallego, J. M., Iván, D., & Sánchez, Á. (2012). *Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos*. 53–62.
- Nicholls, C., Altieri, M., Vázquez, L., Nicholls, C., Altieri, M., & Vázquez Moreno, L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61–72.
- Nicholls, C., Henao, A., Altieri, M., Nicholls, C., Henao Salazar, A., & Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7–31.