




ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Sistemas agroforestales como alternativa para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático

Amanda Elizabeth Bonilla Bonilla <sup>1,2</sup>   Juan Gabriel Chipantiza Masabanda <sup>1,2</sup>  &  
Marco Iván Chávez Cadena <sup>1</sup> 

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC220001, Ecuador

2 Grupo de Investigación Causana Yachay, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, El Coca EC220001, Ecuador

 Correspondencia: [amanda.bonilla@esepoch.edu.ec](mailto:amanda.bonilla@esepoch.edu.ec)  +593 998215108

Recibido: 05/noviembre/2020; Aceptado: 06/diciembre/2020; Publicado: 09/diciembre/2020

DOI/URL: <https://www.greenworldjournal.com/doi-028-gwj-2020>



Check for updates



**Resumen:** El objetivo de investigación se basa en determinar la eficacia de un programa de formación basado en el diseño de sistemas agroforestales como alternativa para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático. Se empleó el método deductivo, mediante un tipo de investigación explicativa con diseño cuasi experimental con grupo experimental y control, con pre y pos prueba. Al tenerse como referencia 0.05 como valor de significancia para la prueba de ANOVA, se tiene que el eje de mayor significancia en la muestra poblacional, resultó desarrollo sostenible (DS) al obtener un valor de 0,004 seguido por visión agroforestal sostenible (VAS) con significancia de 0,133. Siendo ambos fundamentales en el diseño curricular del programa aplicado, se considera como efectiva la aplicación del mismo. La visión agroforestal sostenible se desarrolla desde una visión compleja y multidisciplinar en razón de contribuir a la sumatoria de esfuerzos y recursos para la optimización del entorno ecológico como espacio para el desarrollo óptimo de las diversas especies que lo conforman.

**Palabras claves:** agricultura de subsistencia; política agraria; ecología; ecosistema.

## Agroforestry systems as an alternative for sustainable development and climate change mitigation

**Abstract:** The research objective is based on determining the effectiveness of a training program based on the design of agroforestry systems as an alternative for sustainable development and climate change mitigation. The deductive method was used, through a type of explanatory research with a quasi-experimental design with an experimental group and control, with pre and post-test. Having as reference 0.05 as significance value for the

ANOVA test, the most significant axis in the population sample, was sustainable development (SD) when obtaining a value of 0.004 followed by sustainable agroforestry vision (SVA) with significance of 0.133. Being both fundamental in the curricular design of the applied program, it is considered as effective the application of the same one. The sustainable agroforestry vision is developed from a complex and multidisciplinary vision in order to contribute to the sum of efforts and resources for the optimization of the ecological environment as a space for the optimal development of the diverse species that form it.

**Keywords:** subsistence agriculture; agricultural policy; ecology; ecosystem.

## 1. Introducción

Las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, incluidos el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) han aumentado rápidamente durante el siglo XX. La contribución de las emisiones de GEI agrícolas se estima en un 60% para África y América Latina, un 30% para Asia y aproximadamente un 10% para Europa y América del Norte [1]. En estas regiones, se espera que aumenten las emisiones de GEI agrícolas. Además, los pequeños agricultores que dominan estas regiones (África, América Latina y Asia) tienen bajas emisiones absolutas de GEI por hectárea, pero altas intensidades de emisión, es decir, emisiones por unidad de alimento producido [2].

Para frenar el rápido aumento de las emisiones de GEI agrícolas, se ha desarrollado el concepto de agricultura climáticamente inteligente. La agricultura climáticamente inteligente se centra en tres pilares principales, i) aumentar de manera sostenible la productividad para respaldar el desarrollo y el aumento equitativo de los ingresos agrícolas y la seguridad alimentaria, ii) aumentar la resiliencia y iii) reducir o eliminar las emisiones de GEI (mitigación) siempre que sea posible [3]. Bajo este concepto, se han propuesto varias prácticas agrícolas que incluyen agrosilvicultura, manejo integrado de nutrientes, semillas avanzadas, labranza de conservación, manejo de recursos hídricos y razas ganaderas mejoradas [4].

Una de las soluciones para el cambio climático en la agricultura es la adaptación basada en ecosistemas, es decir incluir elementos en los sistemas agrícolas para potenciar los procesos naturales y la provisión de servicios eco sistémicos, entre estas prácticas se incluye la conservación y restauración del entorno natural, el manejo adecuado del agro ecosistema [5,6]. Los sistemas agroforestales incluyen especies leñosas perennes (sean árboles o arbustos) y cultivos tradicionales o pastizales, la interacción de estos componentes contribuye a la mitigación y adaptación al cambio climático y provee un sinnúmero de productos y servicios ambientales [7,8]. Estos sistemas son altamente difundidos en los trópicos, en combinación con cultivos como el cacao, plátano, piña o cítricos [7].

La vertiente agroforestal puede constituirse en una opción para fomentar el desarrollo sostenible en función de proyectar prácticas favorables que contribuyan en concientizar sobre el orden de contribuir en revertir el calentamiento global, así los estudiantes de la

carrera de Agronomía de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Sede Orellana del Ecuador, han venido formándose en generar huertos urbanos, así como ambientes agroforestales con la finalidad de promover un aprendizaje significativo en función de establecer hábitos de preservación entre la conjugación del saber ancestral y científico, por lo que el objetivo de investigación se basa en determinar la eficacia de un programa de formación basado en el diseño de sistemas agroforestales como alternativa para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático, resultados importantes para la proyección operativa y sistemática del proyecto.

## 2. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en un espacio agroforestal de la Extensión Norte Amazónica de la ESPOCH, Región Amazónica del Ecuador, representada por la diversidad y complejidad de sus ecosistemas, originados por sus características geomorfológicas, climatológicas y de formaciones vegetales, siendo favorables para formación de prácticas agroforestales con visión sostenible del territorio, siendo propicio para la combinación de agricultura y cría de animales, facilitando la formación de los estudiantes mediante un aprendizaje constructivo, trascendiendo el modelo centrado en lo cognitivo. Se empleó el método deductivo, mediante un tipo de investigación explicativa con diseño cuasi experimental con grupo experimental y control, con pre y pos prueba, conociéndose los cambios en la muestra poblacional en relación al tratamiento aplicado. Técnicas que fortalecieron los resultados alcanzados.

La población se conformó por 136 estudiantes de la carrera de agronomía de la ESPOCH, sede Orellana-Ecuador, quienes participaron activamente en la generación de un espacio agroforestal con una visión de desarrollo sostenible con la intención de promover hábitos favorables para la preservación del medio ambiente, específicamente del cambio climático. La muestra poblacional fue segmentada en 71 estudiantes para el grupo experimental (G1), mientras que 65 estudiantes conformaron el grupo control (G2), a ambos grupos se les aplicó pre test en único momento, luego se aplicó tratamiento a (G1) constituido por los ejes: 1. Educación ambiental sostenible, 2. Políticas ambientales del Ecuador, 3. Desarrollo sostenible, 4. Cambio climático, 5. Visión agroforestal sostenible. 6. Identificación y desinfección de plagas. Una vez culminado el tratamiento (programa de formación), se procedió a aplicarse pos prueba tanto a G1 y G2, con la finalidad de comparar las medias mediante prueba.

La prueba aplicada (pre y pos test), se validó mediante prueba piloto aplicada a 20 estudiantes con características similares a la población de estudio sin pertenecer a la misma, se calculó el coeficiente de Alfa de Cronbach obteniéndose un coeficiente de 0,91 catalogándose confiable para su aplicación, así mismo su contenido fue validado por el juicio de cinco expertos. Estadísticamente se aplicó la prueba T de Student para comparación de medias, se complementó con prueba de ANOVA, para conocer el eje de mayor incidencia en la formación de los estudiantes en apoyo del programa estadístico IBM SPSS versión 25.

### 3. Resultados

El análisis y aplicación de técnicas indican que al existir significancia bilateral de 0,045 para el grupo experimental en momento de pos test (G1) en comparación al resto de los grupos que permanecen en 0, se considera que existe movimiento estadístico (*Tabla 1*), lo cual corresponde que el tratamiento aplicado surtió efecto en la muestra poblacional, procediéndose a aceptar la hipótesis afirmativa.

**Tabla 1.** Prueba T de Student de medias independientes para pre y pos test en muestra poblacional.

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 5						
	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
G1PRETES	-29,11	70	0	-3,09859	-3,3109	-2,8863
G2PRETES	-25,76	64	0	-3,24615	-3,4979	-2,9944
G1POSTEST	-2,044	70	0,045	-0,05634	-0,1113	-0,0014
G2POSTEST	-55,07	64	0	-3,72308	-3,8581	-3,588

H1: El programa de formación basado en el diseño de sistemas agroforestales como alternativa para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático fue efectivo en la muestra poblacional. H0: El programa de formación basado en el diseño de sistemas agroforestales como alternativa para el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático no fue efectivo en la muestra poblacional (*Tabla 2*). Finalmente, se acepta H1 y se rechaza H0.

**Tabla 2.** Prueba ANOVA para significancia de eje sobre el grupo experimental

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EAS	Entre grupos	0,111	1	0,111	0,298	0,587
	Dentro de grupos	25,776	69	0,374		
	Total	25,887	70			
PAE	Entre grupos	0,010	1	0,010	0,016	0,899
	Dentro de grupos	43,567	69	0,631		
	Total	43,577	70			
DS	Entre grupos	4,543	1	4,543	8,925	0,004
	Dentro de grupos	35,119	69	0,509		
	Total	39,662	70			
CC	Entre grupos	0,106	1	0,106	0,198	0,658
	Dentro de grupos	37,049	69	0,537		
	Total	37,155	70			
VAS	Entre grupos	1,030	1	1,030	2,314	0,133
	Dentro de grupos	30,716	69	0,445		

	Total	31,746	70		
	Entre grupos	0,196	1	0,196	0,458 0,501
IDP	Dentro de grupos	29,466	69	0,427	
	Total	29,662	70		

Como referencia se mantiene 0.05 de significancia para la prueba de ANOVA, el eje de mayor significancia en la muestra poblacional, resultó desarrollo sostenible (DS) al obtener un valor de 0,004 seguido por visión agroforestal sostenible (VAS) con significancia de 0,133. Siendo ambos fundamentales en el diseño curricular del programa aplicado, se considera como efectiva la aplicación del mismo.

#### 4. Discusión

La educación ambiental sostenible juega un papel fundamental no solo en los estudiantes en formación de la carrera de agronomía de la ESPOCH, por cuanto constituye un factor esencial en la concepción de una sociedad basada en la generación de prácticas y hábitos permeados por la consecución de lograr una visión ecologista del mundo, lo cual constituye un factor esencial para la conformación de escenarios propicios para la vida [9–11], tanto para el humano como otras especies vivas, posibilitando su concepción curricular en la educación formal desde un entramado transversal en donde se proyecte la promoción de una conducta social favorable al paradigma del buen vivir desde lo agroforestal [7,12].

Las políticas ambientales del Ecuador, son otro eje fundamental para la conformación de un pensamiento crítico reflexivo en función de establecer una conciencia colectiva en favor de establecer las normativas jurídicas pertinentes en función de proteger el medio ambiente [13,14], así como respaldar la práctica de nuevos enfoques sostenibles posibilitadores de integrar disciplinas en favor de armonizar lo agroforestal como un hábito cultural desde el entramado social que representa trabajar en las comunidades en función de organizarse mediante organizaciones no gubernamentales en favor de optimizar el uso de los recursos naturales de una determinada zona geográfica [15], concatenada al turismo y producción agro ecológica como generadores de posibles emprendimientos para coadyuvar en el sostenimiento económico de la región amazónica del Ecuador, posibilitándose además la integración de la educación universitaria con el desarrollo de proyectos sustentables en cooperación del crecimiento integral local [13,16,17].

El desarrollo sostenible debe ser concebido como un factor multidisciplinar y complejo [4,18], diseñado a partir de una visión ecológica de la realidad, siendo la práctica agroforestal no solo en entornos selváticos, rurales, sino, urbanos, como una cosmovisión cultural enfocado hacia la consolidación de entorno social para la convivencia de los seres que cohabitan en la misma [4,19], comprendiéndose no como una mera práctica habitual, siendo fundamental establecer un principio de convivencia desde el buen vivir como opción de integración de visiones en favor de constituir un engranaje en razón de lo sostenible como razón fundamental para la elaboración de políticas favorables al crecimiento integral de la población.

El cambio climático es un tema controversial, ligado a la emisión de gases de invernadero (GEI), proyectándose efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos (factores directos: aumento de las temperaturas y variación de las precipitaciones, e indirectos: disponibilidad de agua de riego y proliferación de plagas, los cuales indican directamente en la emanación de gases [20,21], por lo tanto, es necesario y urgente generar espacios agroforestales desarrollados desde una visión sostenible del medio ambiente [7,22], no puede dejarse como un tema retórico por cuanto esto obvia la responsabilidad del ser humano sobre el clima [23,24], más aun cuando se trata de profesionales ligados a la agronomía, por cuanto desde espacio del conocimiento se debe promover una sociedad basada en prácticas para la sana convivencia de las próximas generaciones [12,25].

La visión agroforestal sostenible es un conjunto de prácticas en sinergia de generar un estilo de vida saludable, para lo cual se requiere aprovechar los recursos disponibles en un determinado espacio geográfico, por lo que es pertinente enfocarlo desde la complejidad de la realidad por cuanto cada especie biótica y abiótica son complementarias para el buen vivir de las múltiples que habitan un sector, siendo uno de ellos el ser humano, así por causa y efecto, cada individuo aporta en el bienestar del otro, es así que el profesional de la agronomía debe concebir su formación como multidisciplinar [7,26,27].

La identificación y desinfección de plagas forma parte esencial de la visión agroforestal sostenible, por cuanto esto implica desinfectar en base a prácticas y procedimientos biológicos no contaminantes o de mínimo impacto al suelo, aguas, seres vivos del ecosistema, posibilitándose el empleo de una concepción multidisciplinar y compleja para la proyección de un espacio ecológico favorable para la convivencia, trascendiéndose la perspectiva de explotación de los recursos, es así que surge la necesidad de interactuar entre los ejes formativos planteados para consolidar una educación universitaria concatenada con la sostenibilidad del medio ambiente [22,28].

## 5. Conclusión

La visión agroforestal sostenible se desarrolla desde una visión compleja y multidisciplinar en razón de contribuir a la sumatoria de esfuerzos y recursos para la optimización del entorno ecológico como espacio para el desarrollo óptimo de las diversas especies que lo conforman, el programa formativo aplicado es efectivo por cuanto contribuye a formar una cosmovisión amplia sobre el accionar del ser humano en favor o detrimento del clima como elemento esencial para el hábitat, por lo tanto, se gestionó la conciencia ecológica como factor transversal para la consolidación de una sociedad sustentable para el buen vivir.

**Contribución de los autores:** Los autores participaron en todas las etapas investigativas.

**Financiamiento:** La publicación fue financiada a integridad por los autores y la institución responsable del proyecto.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

1. Núñez Collado, J.R.; Wang, H.-H. Slum upgrading and climate change adaptation and mitigation: Lessons from Latin America. *Cities* **2020**, *104*, 102791.
2. Kahhat, R.; Parodi, E.; Larrea-Gallegos, G.; Mesta, C.; Vázquez-Rowe, I. Environmental impacts of the life cycle of alluvial gold mining in the Peruvian Amazon rainforest. *Sci. Total Environ.* **2019**, *662*, 940–951.
3. Grubert, E. Relational values in environmental assessment: the social context of environmental impact. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* **2018**, *35*, 100–107.
4. Hernández-Blanco, M.; Costanza, R.; Anderson, S.; Kubiszewski, I.; Sutton, P. Future scenarios for the value of ecosystem services in Latin America and the Caribbean to 2050. *Curr. Res. Environ. Sustain.* **2020**, *2*, 100008.
5. Jost, F.; Dale, A.; Newell, R.; Robinson, J. Climate action assessment in three small municipalities in British Columbia: advancements vis-à-vis major neighboring cities. *Curr. Res. Environ. Sustain.* **2020**, *2*, 100010.
6. Pilco, D.E.S.; Montoya, A.V.G. Evaluación de la capacidad ecosistémica para proveer servicios ambientales en la parroquia Calpi, Riobamba. *Polo del Conoc. Rev. científico-profesional* **2020**, *5*, 141–165.
7. Hillel, D.; Rosenzweig, C.B.T.-A. in A. The Role of Biodiversity in Agronomy. In; Academic Press, 2005; Vol. 88, pp. 1–34 ISBN 0065-2113.
8. Githiru, M.; Njambuya, J.W. Globalization and Biodiversity Conservation Problems: Polycentric REDD+ Solutions. *L.* 2019, *8*.
9. Potter, G. Environmental Education for the 21st Century: Where Do We Go Now? *J. Environ. Educ.* **2009**, *41*, 22–33.
10. Mansour, H.; Hilal, N.; Alhajri, S.; Al-Yahyai, F.; Al-Amri, M. The education of art culture at Sultanate of Oman through the multidisciplinary integration between graphic design and eco-friendly textile printing. Part 1: Standardization of extraction and dyeing with natural wastes products. *Energy Reports* **2020**, *6*, 933–939.
11. Mestanza Ramon, C.; Sanchez Capa, M.; Cunalata Garcia, A.; Jimenez Gutierrez, M.; Toledo Villacís, M.; Ariza Velasco, A. Community Tourism In Ecuador: A Special Case In The Rio Indillama Community, Yasuní National Park. *Int. J. Eng. Res. Technol. (IJERT)*, 2019, vol. 8, num. 6, p. 653–657 **2020**.
12. Delgado, J.A.; Barrera Mosquera, V.H.; Alwang, J.R.; Villacis-Aveiga, A.; Cartagena Ayala, Y.E.; Neer, D.; Monar, C.; Escudero López, L.O.B.T.-A. in A. Potential use of cover crops for soil and water conservation, nutrient management, and climate change adaptation across the tropics. In; Academic Press, 2020 ISBN 0065-2113.
13. Sánchez Capa, M.; Mestanza-Ramón, C.; Sánchez Capa, I. Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World J.* **2020**, *3*, 009.



14. Mestanza-Ramón, C.; Henkanaththege, S.M.; Vásquez Duchicela, P.; Vargas Tierras, Y.; Sánchez Capa, M.; Constante Mejía, D.; Jiménez Gutiérrez, M.; Charco Guamán, M.; Mestanza Ramón, P. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. *Divers.* 2020, 12.
15. Pandey, D.N. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Clim. Policy* 2002, 2, 367–377.
16. Mestanza, C.; Saavedra, H.F.; Gaibor, I.D.; Zaquinaula, M.A.; Vásquez, R.L.; Pacheco, O.M. Conflict and impacts generated by the filming of Discovery Channel's reality series "Naked and Afraid" in the Amazon: A Special case in the Cuyabeno Wildlife Reserve, Ecuador. *Sustain.* 2018, 11.
17. Ramón, C.M.; Villacís, M.A.T.; García, A.E.C. Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explor. Digit.* 2020, 4, 55–65.
18. Mestanza-Ramón, C.; Capa, M.C.S.; Gutiérrez, M.J. Capacidad de Carga turística una herramienta para la gestión sostenible en áreas protegidas. *Tierra Infín.* 2019, 5, 6–22.
19. Carter, N.H.; Schmidt, W.S.; Hiron, C.A. An International Assessment of Mangrove Management: Incorporation in Integrated Coastal Zone Management. *Divers.* 2015, 7.
20. Neumann, B.; Vafeidis, A.T.; Zimmermann, J.; Nicholls, R.J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding—a global assessment. *PLoS One* 2015, 10, e0118571–e0118571.
21. VijayaVenkataRaman, S.; Iniyar, S.; Goic, R. A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 878–897.
22. Yang, Z.; Cai, J.; Sliuzas, R. Agro-tourism enterprises as a form of multi-functional urban agriculture for peri-urban development in China. *Habitat Int.* 2010, 34, 374–385.
23. Rosa, I.M.D.; Purvis, A.; Alkemade, R.; Chaplin-Kramer, R.; Ferrier, S.; Guerra, C.A.; Hurtt, G.; Kim, H.; Leadley, P.; Martins, I.S.; et al. Challenges in producing policy-relevant global scenarios of biodiversity and ecosystem services. *Glob. Ecol. Conserv.* 2020, 22, e00886.
24. Mereu, S.; Sušnik, J.; Trabucco, A.; Daccache, A.; Vamvakieridou-Lyroudia, L.; Renoldi, S.; Virdis, A.; Savić, D.; Assimacopoulos, D. Operational resilience of reservoirs to climate change, agricultural demand, and tourism: A case study from Sardinia. *Sci. Total Environ.* 2016, 543, 1028–1038.
25. Lefèvre, C.; Rekik, F.; Alcantara, V.; Wiese, L. *Soil organic carbon: the hidden potential*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017; ISBN 9251096813.
26. Ding, P. Tropical Fruits. In; Thomas, B., Murray, B.G., Murphy, D.J.B.T.-E. of A.P.S. (Second E., Eds.; Academic Press: Oxford, 2017; pp. 431–434 ISBN 978-0-12-394808-3.
27. Lessmann, J.; Muñoz, J.; Bonaccorso, E. Maximizing species conservation in continental Ecuador: a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecol. Evol.* 2014, 4, 2410–2422.



28. Baćmaga, M.; Wyszowska, J.; Kucharski, J. Response of soil microorganisms and enzymes to the foliar application of Helicur 250 EW fungicide on *Hordeum vulgare* L. *Chemosphere* 2020, 242, 125163.

#### Reseña de los autores:



Amanda Elizabeth Bonilla Bonilla, Ingeniero Agropecuaria, Magister en Agroecología y Ambiente. En la actualidad se desempeña como profesora investigadora de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sus últimas investigaciones se han desarrollado en la zona norte de la región amazónica en las provincias de Orellana, Ecuador.



Juan Gabriel Chipantiza Masabanda, Ingeniero Agrónomo y Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial. En la actualidad se desempeña como profesor investigador de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Marco Ivan Chavez Cadena, Ingeniero Industrial, Licenciado en Diseño Gráfico, Master en Seguridad Industrial, Mención Prevención de Riesgos y salud Ocupacional. En la actualidad se desempeña como profesor investigador de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sus últimas investigaciones se han desarrollado en la zona norte de la región amazónica en las provincias de Orellana, Ecuador.



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).