

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** “CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”
2. **AUTORA:** Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
3. **DIRECTOR:** Ing. Mario José Añazco Romero, PhD
4. **COMITÉ LECTOR:**
Ing. Ing. Fabián Chicaiza Guanoluisa, Mgs
Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.
Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.
5. **AÑO:** 2017
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** PARROQUIA CANGAHUA, CANTÓN CAYAMBE
7. **BENEFICIARIOS:** Pobladores de la Parroquia de Cangahua

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: GUACHAMIN CUZCO

NOMBRES: ELIZABETH VIVIANA

C. CIUDADANIA: 100386981-3

TELÉFONO CONVENCIONAL: 022366457

TELEFONO CELULAR: 0969962711

CORREO ELECTRÓNICO: vivi.g_90@hotmail.com

DIRECCIÓN: Pichincha – Pedro Moncayo – La esperanza – Pisque 02-05-008 y Castro,

AÑO: 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: **FICAYA - UTN**


Fecha: 05 de julio del 2017

Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana: “CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE” Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 05 de julio del 2017. 69 páginas.


DIRECTOR: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

El objetivo general de la presente investigación fue: Determinar el contenido de carbono almacenado en el ecosistema páramos de Jambimachi de la comunidad de Chumillos Alto, de la Parroquia Cangahua del Cantón Cayambe. Entre los objetivos específicos se encuentran: Cuantificar el contenido de carbono total almacenado en el páramo en su estado natural, cuantificar el contenido de carbono total almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual) y comparar el carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de *Polylepis racemosa* (yagual)

Fecha: 11 de julio del 2017



.....
Ing. Mario José Añazco Romero, PhD
Director de trabajo de titulación



.....
Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
Autora

“CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DE JAMBIMACHI DEL CANTÓN CAYAMBE”

Autor: Guachamin Cuzco Elizabeth Viviana
Director de Trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero, PhD
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Carrera de Ingeniería Forestal
Universidad Técnica del Norte
Ibarra-Ecuador
Vivi.g_90@hotmail.com
Teléfono: 022366457/0969962711

RESUMEN

El aumento de la temperatura de la atmósfera provocado por la emisión de los gases de efecto invernadero ha generado una gran preocupación a nivel mundial por el advenimiento del cambio climático. Se ha documentado que los páramos son considerados grandes sumideros de carbono, ya que sus condiciones climáticas han permitido que el carbono se mantenga almacenado en el suelo.

La presente investigación se orienta a determinar el contenido de carbono almacenado en el ecosistema páramo de Jambimachi de la comunidad de Chumillos Alto, de la Parroquia Cangahua del Cantón Cayambe. Se realizó el estudio del contenido de carbono en cuatro stocks: biomasa viva, biomasa muerta, raíces y suelo; en el páramo y en la plantación de *Polylepis racemosa*. Se ejecutó un muestreo sistemático estratificado de acuerdo con la metodología del IPCC.

A través del estudio se determinó que en el páramo en estado natural, el suelo es el que mayor contenido de carbono almacena con el 55%, la biomasa viva 30%, biomasa muerta con 6% y raíces 9%, y en la plantación el 99% corresponde al carbono almacenado en el suelo y el 1% a los otros stocks, la relación existente entre el suelo y los otros stocks fue mínima.

Se observaron grandes diferencias con los datos de otras investigaciones, lo que puede darse por las variables de clima, altitud y otros factores. El páramo en su estado natural fue el que mayor contenido de carbono almacena, lo que indica que la implementación de plantaciones de conservación no es necesariamente positivas para el almacenamiento de carbono.

ABSTRACT

The increase in the temperature of the atmosphere caused by the emission of greenhouse gases has generated great concern worldwide for the advent of climate changes. It has been documented that moorlands are considered to be large carbon sinks, as their climatic conditions have allowed carbon to be stored in the soil.

This research is oriented to determine the carbon content stored in the Jambimachi moorland ecosystem of the community of Chumillos Alto, in Cangahua, a parish of Cayambe City. The carbon content was studied in four stocks: living biomass, dead biomass, roots and soil; in the moorland and in the plantation of *Polylepis racemosa*. Stratified systematic sampling was performed according to the IPCC methodology.

Through the study, it was determined that the moorland in its natural state shows that the soil is the one with the highest carbon content stored with 55%, living biomass 30%, dead biomass with 6% and roots 9%, and in plantation 99% belongs to the carbon stored in the soil and 1% to the other stocks, the relationship between the soil and other stocks was minimal.

Large differences were observed with data from other researches, which may be due to the variables of climate, altitude and other factors. The moorland in its natural state was the one with the highest carbon content stored, which shows that the implementation of conservation plantations are not necessarily positive for the storage of carbon

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe preocupación por el cambio climático generado fundamentalmente por el aumento de temperatura de la atmósfera esto como consecuencia del incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre los cuales están: el metano (CH₄), Óxido Nitroso (NO₂) y dióxido de carbono (CO₂); estos GEI son producidos principalmente por las actividades humanas (Bermejo, 2010). Un indicador de la preocupación mundial es la realización de las COP (conferencia de las partes) donde se discuten y se plantean medidas de la reducción y estabilización de los GEI (Añazco, 2016).

Los páramos del Ecuador ofrecen servicios ambientales tales como la regulación hidrológica, conservación de suelo y el almacenamiento y captura de carbono; este es uno de los ecosistemas con mayor capacidad de almacenar carbono ya que cuenta con suelos profundos y las temperaturas son bajas lo que hace que la descomposición de la materia orgánica sea lenta y el carbono se mantenga almacenado en el suelo; dadas las grandes cantidades de carbono que se almacenan en

este ecosistema podría representar una gran oportunidad para ingresar en los mercados de carbono (Mena & Hofstede, 2006).

Los páramos de Jambimachi pertenecientes a la comunidad de Chumillos Alto, en los últimos años se han expuesto a un incremento del cambio de uso del suelo, lo que implica la remoción de la cobertura vegetal y las quemadas que contribuyen a la liberación de CO₂ (Cobacango, 2016). Los representantes de las comunidades en su afán de recuperar este ecosistema han tomado medidas de recuperación mediante la implementación de plantaciones de conservación con la especie *Polylepis racemosa* (yagual).

Resulta importante conocer la capacidad de captura y almacenamiento de carbono que tiene el páramo en su estado natural y aquel que ha tenido un incremento en su diversidad, por lo que la presente investigación cuantificó el contenido de carbono y con estos resultados se anhela contribuir al adecuado manejo de los páramos de la comunidad de Chumillos Alto.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el Páramo Jambimachi, Comunidad de Chumillos Alto de la Parroquia Cangahua, ubicado a 13Km al sur oeste del Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

Para determinar el contenido de carbono se empleó la metodología que utilizó la Evaluación Nacional Forestal; liderada por el Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE) en convenio con FAO, la misma que fue constituida con base a los lineamientos del Panel Intergubernamental Contra el Cambio Climático (IPCC). (FAO, 2012)

Se georreferenció tres conglomerados de 45x45m y distanciamiento de 45m entre ellos, tres parcelas de 10x10m en cada conglomerado que corresponde al 15% de intensidad se las ubicó al NO – SO – SE del conglomerado, en cada parcela se definió una sub parcelas de 4x4m para la plantación y de 1x1m para el páramo y dentro de estas sub parcelas se instaló una parcelas de 0.30x0.30m para el páramo y una parcelas anidada de 0.40x0.40m para la plantación.

Para la recolección de los datos se aplicó el método destructivo, que consiste en la extracción física de la muestra, dichas muestras se las

recolecto y peso In-situ para obtener el peso verde de las mismas, posterior a esto las muestras fueron llevadas al laboratorio sometiéndose a un proceso de secado para obtener el peso seco constante, con estos datos se determinó la relación peso seco/peso verde. Para obtener la cuantificación del contenido de carbono se multiplicó el peso seco de la biomasa por el valor de conversión de 0.5 valor recomendado por el IPCC para determinar el contenido de carbono.

Para el muestreo del suelo se instalaron tres calicatas, una por conglomerado de 60cm de profundidad divididas en tres horizontes (0-20cm, 20-40cm y 40-60cm). Se extrajeron muestras de 500cm³, para determinar el contenido de carbono fijado en este ecosistema. Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio Labonort de la ciudad de Ibarra, se aplicó el método de Walkley and Black para obtener el contenido de materia orgánica y carbono. Para la extrapolación de datos se utilizó la fórmula propuesta por la FAO (2012).

$$Pss = Da * Pm * 10\ 000\ m2$$

Dónde:

Pss: Peso seco del suelo.

Da: Densidad aparente (gr/cm³).

Pm: Profundidad de la muestra (m).
10 000 m²: Equivalente de 1 ha en m²

$$Cs = \% C/100 * Pss$$

Dónde:

Cs: Contenido de carbono por tonelada y por hectárea.
% C: Porcentaje de carbono, valor obtenido a través de laboratorio

Pss: Peso seco del suelo

RESULTADOS

Contenido de carbono en el páramo

El páramo almacena un total de 1408,45TonC/Ha, del cual el 55% corresponde a carbono almacenado en el suelo, seguido de la biomasa con un 30%, raíces 9% y biomasa muerta 6%, como se indica en el tabla 1.

Tabla 1. Total de carbono almacenado en el páramo

Stocks	TonC/ha	Porcentajes
Biomasa viva	423,91	30%
Biomasa muerta	85,33	6%
Raíces	122,24	9%
Suelo	776,92	55%
TOTAL TonC/Ha	1408,40	100%

Analizando los tres stock (biomasa viva, biomasa muerta y raíces) a nivel de las parcelas, en el conglomerado dos - parcela tres es donde se obtuvo mayor porcentaje de carbono con un 71,56% en la biomasa viva como se observa en el gráfico 1, esto se debe a que en la mencionada parcela se encuentran macollos de paja con un promedio de 1m de altura y mayor número de plantas por m². En el conglomerado uno - parcela tres es donde se almacena menos carbono ya que esta se encuentra ubicada a orillas de una paso comunal por lo que los macollos de paja no superan los 90cm de altura y el número de plantas por unidad de superficie es menor al número que existe en otras parcelas. En relación a biomasa muerta (detritus y materia orgánica) estos porcentajes van relacionados al total de biomasa almacenado en las parcelas.

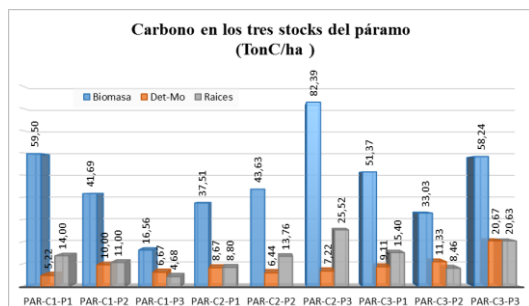


Gráfico 1. Carbono de tres stocks del páramo.

Con relación al contenido de carbono en el suelo del páramo, los resultados obtenidos en la

investigación fueron los siguientes: 53% TonC/ha. a una profundidad de 20cm bajo la cobertura 29% a los 40cm de profundidad y 18% a los 60cm de profundidad como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Total de carbono almacenado en el suelo del páramo

Profundidad	TonC/ha	Porcentaje
20 cm	409,02	53%
40 cm	228,67	29%
60 cm	139,24	18%
TOTAL TonC/ha	776,92	100%

A medida que se profundiza el muestreo en el suelo del páramo, el contenido de carbono disminuye como se indica en el gráfico 2.

A nivel de parcelas sumadas las tres profundidades, el conglomerado dos parcela uno es donde se encuentra el mayor contenido de carbono almacenado con 1041,58 TonC/ha, y en el conglomerado tres parcela uno es donde existe la menor cantidad de carbono con 621,46 TonC/ha.

CARBONO DE SUELO EN EL PÁRAMO TonC/ha

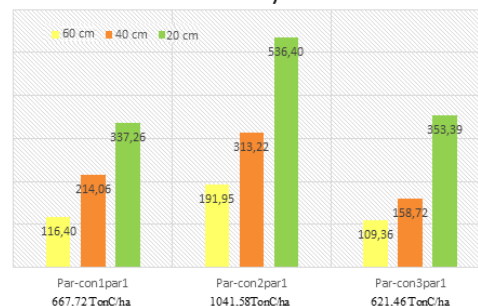


Gráfico 2. Carbono en el suelo del páramo de acuerdo a la profundidad de la muestra.

Contenido de carbono en la plantación de *Polylepis racemosa*.

Los valores de biomasa y contenidos de carbono son de alta confiabilidad, ya que el r² obtenido de la ecuación alométrica es cercano a la unidad; la ecuación alométrica que mejor reflejo los datos reales de la especie *Polylepis racemosa*, se muestra a continuación.

$$\text{Biomasa} = 0,715 + 0,28db + 0,59lnh + 0,229db * h$$

Donde

Biomasa= Biomasa total del individuo

Ln= Logaritmo natural

h= Altura total del árbol

db= Diámetro basal

El contenido de carbono que aporta la plantación de *Polylepis racemosa* al páramo es de 719.81TonC/ha, del cual el 99.81% corresponde al carbono almacenado en el suelo y el 0.11% a la biomasa viva, biomasa muerta y raíces, como se indica en la tabla 3; los resultados obtenidos en la plantación se deben a que esta no es homogénea pese a ser una plantación de 10 años de edad, esta cuenta con individuos entre 0.50m y 1m de altura.

Tabla 3. Total de carbono almacenado en la plantación

Stocks	TonC/ha	Porcentajes
Suelo	719,02	99.89%
Biomasa viva	0.79	0.11%
Biomasa muerta		
Raíces		
TOTAL TonC/ha	719,81	100%

Analizando los tres stock (biomasa viva, biomasa muerta y raíces) a nivel de parcelas, el conglomerado tres - parcela dos es donde mayor contenido de carbono se almacena, siendo la biomasa viva la que da un aporte considerable con un 97.78%, el alto porcentaje de carbono almacenado en esta parcela se debe a que los individuos tienen un promedio de 2.28m de altura. El conglomerado uno - parcela dos es donde menor carbono se almacena esto se debe a la presencia de individuos que tienen un promedio de 0.98m de altura. En lo que se refiere a biomasa muerta los pesos son significativamente parecidos entre parcelas. esto ocurre por la escasa hojarasca que existía debajo de los árboles como se muestra en el gráfico 3.

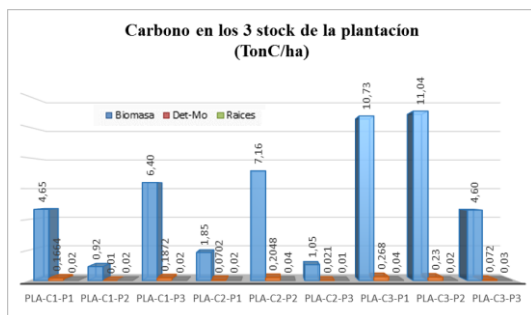


Gráfico 3. Carbono en los 3stock de la plantación.

El contenido de carbono almacenado en el suelo de la plantación muestra que a los 20cm de profundidad existe una mayor concentración de carbono con 52% TonC/ha, seguido de los 40cm con 30% y a los 60cm con 18% como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Total de carbono almacenado en el suelo de la plantación

Profundidad	TonC/ha	Porcentaje
20 cm	375,02	52%
40 cm	214,26	30%
60 cm	129,75	18%
TOTAL TonC/ha	719,02	100%

El carbono almacenado en las distintas profundidades del suelo presenta diferencias significativas en las tres parcelas muestreadas, donde el mayor porcentaje de carbono se encuentra en los 20cm de profundidad y a medida que desciende la muestra el contenido de carbono disminuye, como se indica en el gráfico 4.

A nivel de parcelas, sumado las tres profundidades; Conglomerado tres - parcela uno es donde mayor porcentaje de carbono se almacena con un total de 891,90TonC/ha, y en conglomerado dos - parcela uno es donde existe la menor cantidad de carbono con 615,33TonC/ha.

Carbono en suelo de la plantación (TonC/ha)

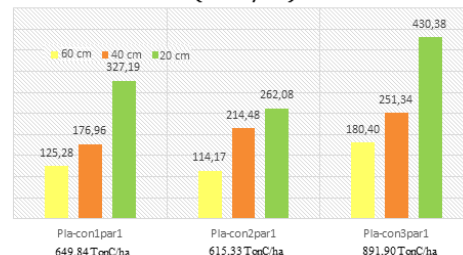


Gráfico 4. Carbono en el suelo de la plantación de acuerdo a la profundidad de la muestra.

Análisis comparativo del carbono orgánico almacenado en el páramo en su estado natural y en la plantación de *Polylepis racemosa*.

De acuerdo a los datos obtenidos en la investigación, en términos generales el contenido de carbono almacenado el páramo es mayor que el de la plantación de *Polylepis racemosa* como se muestra en la tabla 5, pero en ambos casos el suelo tiene un aporte significativo, esto se debe a que la descomposición biológica de la materia orgánica es lenta por las bajas temperaturas, pH ácido y elevada altitud sobre el nivel del mar, lo que favorece para que el carbono se almacene en el suelo.

Tabla 5. Análisis comparativo del páramo y la plantación.

Páramo		Plantación	
CODIGO	Total TonC/Ha/Par	CODIGO	Total TonC/Ha/Par
PAR-C1-P1	218,68	PLA-C1-P1	115,13
PAR-C1-P2	287,63	PLA-C1-P2	164,46
PAR-C1-P3	364,68	PLA-C1-P3	346,18
PAR-C2-P1	218,58	PLA-C2-P1	112,87
PAR-C2-P2	325,28	PLA-C2-P2	215,68
PAR-C2-P3	566,98	PLA-C2-P3	243,64
PAR-C3-P1	221,20	PLA-C3-P1	138,48
PAR-C3-P2	220,55	PLA-C3-P2	214,60
PAR-C3-P3	476,96	PLA-C3-P3	478,82
media	322,28		225,54
suma	2900,55		2029,86
suma cuad	1063664,19		573256,7626
var c	15269,32705		
error st med c	29,12552054		
tc	3,322	**	2,120 2,921
n	9		t < 0,05 t < 0,01

DISCUSIÓN

Cunalata *et al.*, (2011) determina que el porcentaje de carbono orgánico total en biomasa se incrementó conforme aumenta su altitud sobre el nivel del mar, situación similar a la de esta investigación donde las parcelas que estaban a mayor altitud presentaron un incremento en la biomasa, aunque también se evidencia que en sitios donde existe actividades antrópicas (pasos comunales) el porcentaje de biomasa tiene una notable disminución.

El contenido de carbono de suelo del páramo a los 60cm de profundidad es de 139,24 TonC/ha, mientras que, a la misma profundidad en la plantación es de 129,75 TonC/ha, demostrando que a medida que se profundiza el muestreo el contenido de carbono disminuye, conclusión que es similar a los resultados obtenidos por Ayala *et al.*, (2014), en el Parque Nacional Yacuri (PNR), quien concluyen que a medida que la muestra se profundiza el contenido de carbono tiende a disminuir, los resultados obtenidos pueden estar influenciados por las condiciones climáticas, altitud, tipo de vegetación entre otras.

Gamarra (2001) señala que en las plantaciones de *Eucalyptus globulus* la biomasa arriba del suelo es el mayor contribuyente a sus reservas de carbono, debido principalmente al carbono almacenado en los árboles, concluyendo así que el suelo no es un importante almacenador de

carbono ya que este contiene 37,39 TonC/ha. Mientras que Connolly & Corea (2007), afirman que la mayor fuente de almacenamiento de carbono es el suelo con un promedio de 178.79 TonC/ha seguido de la biomasa aérea, hojarasca y raíz, situación similar a lo que pasa en los páramos, que debido a la descomposición lenta de la materia orgánica permite que el carbono se almacene en los suelos del páramo. Con los datos obtenidos en la presente investigación de 1408,40 TonC/ha, que se almacenan en el páramo, se evidencia que este ecosistema almacena más carbono que las plantaciones de *Eucalyptus globulus*.

Resultados encontrados por Flores, Mendizábal & Alba (2012) demuestran que en la biomasa aérea de la plantación de *Pinus cembroides* se almacena 7222,07 TonC/ha, mientras que los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que en la plantación de *Polylepis racemosa* se almacena un promedio de 5.38TonC/ha, los resultados que influyen en el almacenamiento de carbono dependen de la especie arbórea, diámetros y la densidad de siembra.

El estudio realizado por Cunalata & Inga (2012) en los páramos del chimborazo señalan que en términos de porcentajes de carbono en el primer estrato es de 7.4%; en el segundo estrato es 6.5%, en el tercer estrato 6.1%; mientras que los resultados obtenidos en la presente investigación se obtuvo, 8.36% en el primer estrato, 6.77% en el segundo estrato y 6.75% en el tercer estrato, los resultados estas investigaciones tienden a ser similares esto se debe a que los estudios se los realizó en ecosistemas con características de temperatura similar.

CONCLUSIONES

- El contenido de carbono en el páramo natural fue de 1408,40 TonC/ha valor que es superior al de la plantación de *Polylepis racemosa*; contribuyendo con un 48% más que la plantación.
- La plantación almacena 718,81 TonC/ha, siendo el suelo el que contribuye con mayor contenido de carbono, que tanto en la plantación como en el páramo corresponde a más del 50% del total almacenado.
- El mayor contenido de carbono almacenado en el suelo se encuentra a los 20cm de profundidad y tiene una notable disminución a media que la muestra desciende. El 50% del carbono almacenado en las áreas de

estudio podría ser liberado a la atmósfera como CO₂, si estos se expusieran al cambio de uso de suelo.

- El carbono almacenado en la plantación de *Polylepis racemosa* no muestra un aporte significativo para el páramo, lo que indica que los procesos de forestación no son necesariamente positivos para el almacenamiento de carbono.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el presente estudio con el fin de evaluar el contenido de carbono que almacena este ecosistema a medida que la plantación de *Polylepis racemosa* adquiere mayor biomasa.
- Se recomienda compartir estos resultados con los dirigentes de la comunidad para buscar formas de financiamiento para el adecuado manejo y conservación de los páramos.
- La ecuación alométrica calculada para la estimación de biomasa en la plantación de *Polylepis racemosa*, se recomienda utilizarla para la mencionada especie de 10 años de edad, en las mismas condiciones de altitud.

BIBLIOGRAFÍA

- **Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N.** (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador .
- **Cunalata, C., Inga, C., Alvarez , G., Recalde, C., & Echevería , M.** (2011). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos de las comunidades: Chimborazo y Shobol Llin-Llin. Riobamba.
- **Cunalata , C., & Inga, C.** (2012). Cuantificación del carbono total almacenado en el suelo de los páramos en las comunidades de Shobol - Chimborazo, San Juan Chimborazo . Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- **Flores, N. F., Mendizábalba, L., & Alba, J.** (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO₂ en el valle de Perote. *Redalyc* , 7.

- **Gamarra, J.** (2001). Estimación del contenido de carbono en plantaciones de eucalipto globulus labill, en Jujin, Perú. El Tambo.
- **Mena , P., & Hofstede, R.** (2006). Los páramos ecuatorianos. *Botanica Económica de los Andes Centrales*.
- **Toasa, A.** (Septiembre de 2011). Manejo de páramo y uso vertical de pisos ecológicos. Quito, Pichincha, Ecuador.

