

## FACTORES LIMITANTES EN LA PRODUCCION DE CUPUAZÚ *Theobroma grandiflorum* (Wild ex Spreng) Schum, EN SISTEMAS AGROFORESTALES, AMAZONIA BOLIVIANA

### Limiting factors for Cupuazú production *Theobroma grandiflorum* (Wild ex Spreng) Schum, in agroforestry systems, Bolivian amazon

Zonta A.<sup>1</sup>, Angola F.<sup>2\*</sup> y Gonçalves A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma del Beni, e Instituto para el Hombre, Agricultura y Ecología (IPHAE), Riberalta, Bolivia

<sup>2</sup> Instituto para el Hombre, la Agricultura y Ecología (IPHAE), Riberalta, Bolivia. \*Correo de contacto: f\_angola@yahoo.com

#### RESUMEN

El cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) es un árbol frutal que se cultiva en el norte de la amazonia boliviana, el cual crece bien en sistemas agroforestales. Además, se consume ampliamente en la región y genera importantes ingresos para las familias campesinas. El objetivo del estudio fue determinar la relación que existe entre la producción de frutos de cupuazú y cinco factores: pH, textura, contenido de materia orgánica, total de bases intercambiables del suelo y labores culturales al cultivo. Se evaluaron 21 sistemas agroforestales con plantas de cupuazú de aproximadamente 12 años de edad, y se muestrearon cuatro árboles por cada sitio. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y de regresión. Los resultados mostraron que los factores de mayor significancia para la obtención de frutos de buena calidad fueron pH, textura de suelo y el número de labores culturales que se realizaban al cultivo. Las mejores producciones se obtuvieron en árboles establecidos en suelos donde el pH era cercano a 6, textura franco, franco-arcilloso, franco-limoso y franco-arenoso, y en sistemas agroforestales con al menos tres labores culturales anuales.

**Palabras clave:** bosque tropical, frutas amazónicas, pH del suelo

#### SUMMARY

Cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) is a fruit tree cultivated in the north of Bolivian Amazon, and it develops well in agroforestry systems. It is also consumed in the entire region and generates an important income for the farmers and family. The aim of the research work was to determine the relationship between cupuazú fruits production and five factors: pH, texture, organic matter content, total exchangeable bases from the soil and crop management practices. Twenty one agroforestry systems were evaluated with 12 year old plants approximately, and four trees per each site were sampled. Data was analysed by ANOVA and regression analysis. Results indicated that pH soil, texture and number of crop management practices were the factors of mayor significance in order to obtain fruits of good quality. The best production was obtained in trees established in soils with a pH around 6 and texture loam, clay loam, silt loam and sandy loam; also in agroforestry systems with at least three crop management practices.

**Key words:** Amazon fruits, soil pH, tropical forest

---

#### INTRODUCCIÓN

En la región norte amazónica de Bolivia el cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) es cultivado en sistemas agroforestales asociados a otras

especies frutales y maderables como la castaña (*Bertholletia excelsa*), pupuña (*Bactris gasipaes*), mara (*Swietenia macrophylla*), almendrillo (*Apuleia leiocarpa*), cuchí verde (*Gliricidia sepium*) y especies de cobertura como el kudzu

(*Pueraria spp*), además de especies agrícolas. La densidad para el cupuazú utilizada en estos sistemas agroforestales (SAF) varía de 200 a 400 plantas por hectárea, lo que caracteriza sistemas de tipo comercial con una fuerte preferencia por el cultivo del cupuazú en relación a los demás cultivos. Estos SAF comerciales se implementaron de manera simultánea, (plantas maderables + cupuazú + cultivos anuales, en el mismo sitio y en el mismo periodo) seguido de prácticas culturales de una a tres veces por año.

Así, hasta el año 2010, la población de cupuazú superó las 70000 plantas cultivadas en aproximadamente 350 hectáreas de SAF, perteneciente a familias campesinas de comunidades de los municipios de Riberalta, Guayaramerín y Gonzalo Moreno del norte amazónico de Bolivia. La producción de frutos de cupuazú en 2011 fue un componente importante del producto interno bruto de las familias productoras y podría convertirse en la primera especie frutal cultivada de importancia en la economía regional, superando las 400 toneladas de pulpa por año (IPHAE, 2013). Recientemente se reportó que la zona cuenta con más de 500 hectáreas de cupuazú cultivado en SAF y bajo el cuidado de 170 familias (FAN, 2015).

En estos SAF se encontraron factores limitantes en la producción de cupuazú, ya sea por deficiencia de nutrientes y/o ataque de plagas como la broca del fruto (*Conotrachelus humeropictus*) y escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*).

Se conoce que una buena producción de frutos depende de las condiciones ambientales que existe en el sitio y de la base genética de la planta. Por otro lado, la condición de fertilidad natural de un suelo depende de la roca madre que le dio origen, del pH, del contenido de la materia orgánica que se incorpora a partir de la descomposición de residuos orgánicos y de la disponibilidad de agua existente en el sitio durante todo el año. Por estas razones, se decidió evaluar la productividad de plantas de cupuazú dentro de los sistemas agroforestales establecidos en el norte amazónico de Bolivia, según los factores ambientales y la presencia de plagas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización geográfica.** Los sistemas agroforestales evaluados se encuentran en los municipios de Riberalta y Guayaramerín en el norte amazónico boliviano. Estas áreas poseen clima húmedo tropical, con altitudes de 150 a 175 msnm, temperaturas medias anuales entre 25 a 27°C y precipitaciones medias anuales que varían entre 1500 y 1800 mm, concentradas el 80% en la época lluviosa de octubre a abril y una época seca con déficit hídrico entre junio y septiembre (SENAHMI, 2014).

**Material vegetal.** Se evaluaron plantas de cupuazú cultivadas en SAF, con 12 años de edad, altura entre 5 a 8 metros, copa con diámetro de siete metros, ramas bajas con mayor dirección horizontal ocasionando contacto de ramas con el suelo y por ende del fruto, asociadas con castaña (*Bertholletia excelsa*), serebó (*Schizolobium amazonicum*), picana (*Cordia alliodora*), copaibo (*Copaifera reticulata*) y otras especies en menor cantidad. Presentaban un estrato superior dominado por castaña y serebó, y un estrato intermedio con picana, copaibo y otros en menor escala. El uso de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) como cobertura viva fue observado en algunas parcelas. La primera floración ocurrió al final del tercer año y la producción comercial se alcanzó a los cinco años (10 a 15 kg de frutos por planta).

**Manejo del cultivo.** Las labores culturales que se aplicaron con mayor frecuencia fueron coroneo (eliminación de la vegetación alrededor de la planta de cupuazú) en los primeros dos años, y a partir del tercer año poda de formación de copa y un deshierbe por año. También se realizó la poda de raleo para asegurar una buena entrada de luz dentro de los sistemas. Las podas de mantenimiento de copa y limpieza se hicieron todos los años después de la diseminación de los frutos.

**Suelo.** Se realizó un análisis de suelo previo, las muestras fueron obtenidas de 0-20 cm de profundidad y enviadas al laboratorio para su análisis físico-químico. Se estableció el pH, bases de intercambio catiónico Ca, Mg, K y Na, total

bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico efectivo, saturación de bases, materia orgánica, nitrógeno total, microelementos y textura del suelo. Así se determinó que, en general, las plantas de cupuazú se establecieron en suelos del tipo oxisoles, profundos, con textura franco arenoso y franco arcilloso, moderadamente ácidos y con fertilidad natural baja.

**Muestreo.** Fueron seleccionados 21 sistemas agroforestales con plantas de aproximadamente 12 años de edad. Dentro de cada sistema, fueron marcadas cuatro plantas de cupuazú al azar y demarcada su área vital según el tamaño de copa. Las plantas se identificaron con cinta roja y código individual que indicaba el número de planta, nombre de la familia productora y la comunidad. Las plantas por lo general respondían a la misma edad, espaciamiento y asociación; con parcial uniformidad tanto en la eliminación de la vegetación invasora como en el manejo de cobertura.

Las variables dependientes medidas fueron: número de frutos sanos y número de frutos infestados por plagas. Las variables independientes (factores críticos) fueron: textura del suelo, pH, materia orgánica, total bases intercambiables (TBI) y labores culturales. Para cuantificar la productividad se realizó un conteo general de todos los frutos al inicio de su formación, y después, al momento de la diseminación (fruto maduro) se discriminaron frutos sanos y dañados.

**Análisis estadístico.** Se aplicó el análisis de regresión múltiple para determinar si existen relaciones de las variables independientes (pH y textura del suelo, concentración de materia orgánica, total de bases intercambiables, labor cultural), con la variable dependiente (producción de frutos). Asimismo se aplicaron las pruebas de T de dos grupos para determinar el efecto de las labores culturales en la producción de cupuazú. Se aplicó ANOVA de una vía para establecer la mejor producción según las características físicas de los suelos, todas las pruebas se aplicaron a un nivel del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Relación entre los factores y la producción de frutos.** De modo general, existe una relación moderada entre la producción de frutos de cupuazú con las variables: contenido de materia orgánica, pH, total bases intercambiables (TBI), y las labores culturales ( $F=18,739$ ;  $P=0,0001$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Análisis de varianza de la regresión múltiple entre las variables predictoras (materia orgánica, pH, total bases intercambiables TBI y labor cultural) y la producción de frutos de cupuazú, en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.

ANOVA (b)					
Modelo	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	662,295	4	165,574	18,739	0,000(a)
Residual	698,026	79	8,836		
Total	1360,321	83			

a: variables predictoras: (constante), materia orgánica, pH, TBI y labor cultural

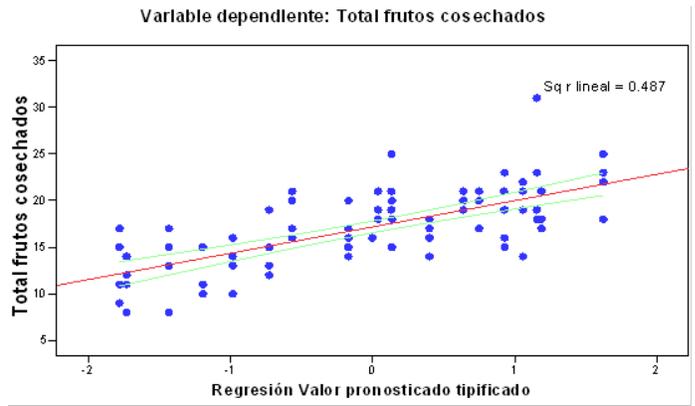
b: variable dependiente: total frutos cosechados

El coeficiente de determinación  $R^2$ , explica el 48,7% de la variación de la producción de frutos (Figura 1) al tomar en cuenta las variables: concentración de materia orgánica, pH y total de bases intercambiables (TBI) presentes en el suelo y labores culturales aplicadas.

Las variables más importantes a nivel de significación fueron: pH y labores culturales; estos resultados (Tabla 2) indican que por cada unidad de escala de pH se incrementan cuatro frutos sanos (4,149) que llegan a la maduración; además, por realizar al menos una labor cultural por año la cantidad de frutos sanos se incrementaría en al menos dos frutos (2,121). Nuestros datos coinciden con Souza *et al.* (2001) quienes recomiendan varias labores culturales para optimizar la producción de cupuazú. Por otro lado, las variables materia orgánica y TBI no afectan significativamente la producción de frutos de los árboles evaluados.

Reportamos que, a mayor acidez menor producción de frutos por planta, por lo tanto es

necesario asegurar una condición adecuada de pH; conocemos por experiencia de campo que el pH ideal es 6 para obtener una buena producción de frutos de cupuazú. Sin embargo, los valores de pH que se encontraron en los suelos evaluados fueron desde 4,3 a 6,1. Al respecto Osorno (2012) afirma que la corrección de acidez del suelo mediante encalado, aumenta la productividad de la planta. Zonta *et al.* (2013) recomiendan al momento de la plantación de cupuazú preparar el pozo con un tamaño mínimo de 40x40x40 cm colocar la tierra de la superficie en la parte interna del pozo y adicionar 300 gramos de hidróxido de calcio para corregir la acidez.



**Figura 1.** Dispersión del total de frutos cosechados de cupuazú respecto a la concentración de materia orgánica, pH, total de bases intercambiables y labores culturales en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.

**Tabla 2.** Coeficientes calculados para las variables predictoras: pH del suelo y labor cultural, en la producción de cupuazú en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.

Modelo	Coeficientes(a)				Intervalo de confianza para B al 95%		
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.	Límite inferior	Límite superior
	B	Error típ.	Beta				
1 (Constante)	-4,055	7,971		-,509	,612	-19,920	11,810
pH	4,149	1,728	,521	2,401	,019	,710	7,588
labor cultural	2,121	,952	,251	2,228	,029	,226	4,016

a: variable dependiente, total frutos cosechados

El conjunto de variables tiene de algún modo cierto grado de relación, ya sea inversa o directa, con algunas de ellas altamente influyentes en la producción de frutos de cupuazú. La Figura 2 muestra la dispersión de sus valores respecto a los frutos sanos recolectados.

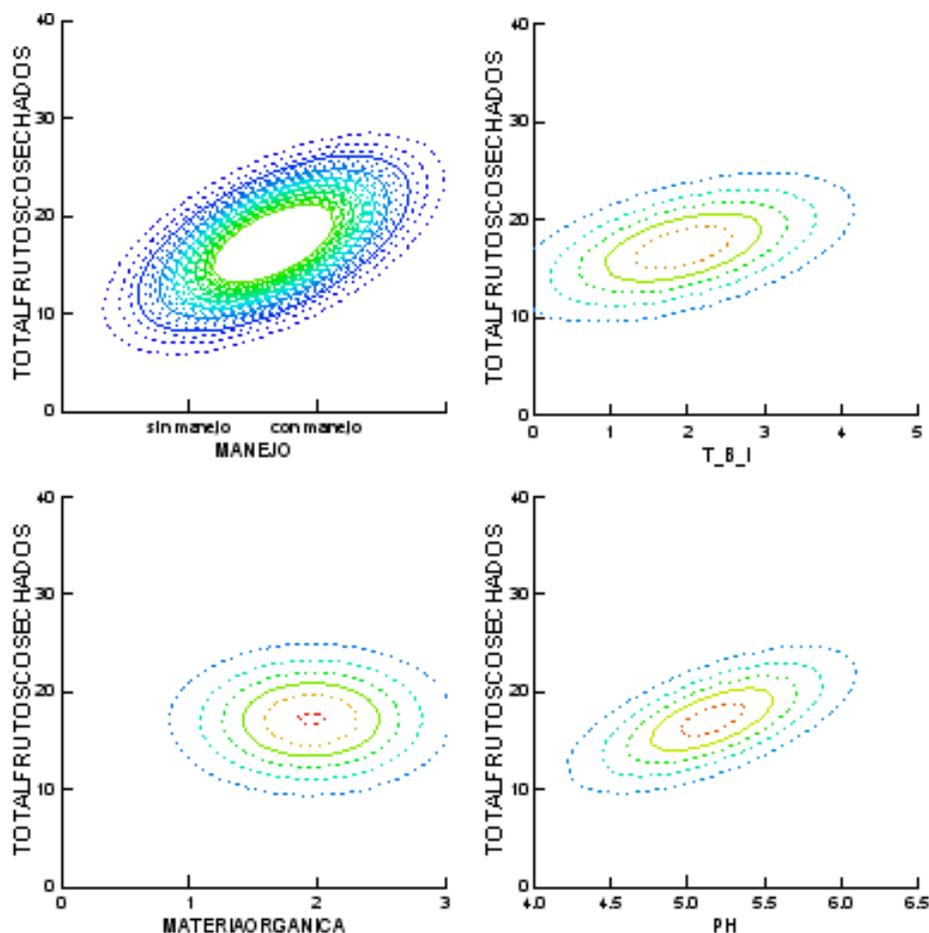
Para la variable materia orgánica no se encontró influencia significativa en el total de frutos cosechados (Figura 2). Este resultado se explica debido al bajo contenido de materia orgánica de los suelos de tierra firme en condiciones tropicales, por lo general menor a 2% en los suelos evaluados (datos no mostrados). Investigaciones previas realizadas en la zona con plantas de cupuazú dentro de sistemas agroforestales, nos evidencian la necesidad de restaurar al suelo la cáscara del fruto del cupuazú después de cada zafra para

mantener su fertilidad (Zonta *et al.*, 2013). Sobre manejo de SAF, se recomienda después de prácticas de limpieza, colocar los restos vegetales en la base de la planta cultivada para aportar con materia orgánica y mantener la humedad del suelo (Zonta *et al.*, 2002). Igualmente, para mejorar el contenido de materia orgánica, proteger el suelo de la erosión, mantener su humedad y controlar las malezas en los SAF, se utiliza la cobertura viva con leguminosas como el kudzú (*Pueraria spp.*) cuya introducción debe realizarse al inicio de época de lluvias (Zonta *et al.*, 2013).

**Efecto del manejo en la producción de frutos.**

En la Figura 3 se muestra que en SAF con labores culturales (manejo), la producción promedio de frutos de cupuazú fue mayor; mientras que en áreas donde no se aplicaron labores culturales

la producción decayó, encontrándose diferencias significativas entre las medias ( $F=0,441$ ;  $GL=82$ ;  $P=0,00$ ). En relación, Zonta *et al.* (2002) indican que la ejecución de labores culturales como limpiezas, poda de mantenimiento y poda fitosanitaria, mejora la calidad del producto, estimula la fructificación, incorpora materia orgánica al suelo y facilita el control de plagas y enfermedades.



**Figura 2.** Efecto de las variables observadas en la producción total de frutos sanos de cupuazú en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia. A mayor inclinación mayor influencia, es decir que en las figuras casi horizontales no existiría influencia en la producción de frutos sanos. Eje x: Total de frutos cosechados. Eje y: factores evaluados.

### Efecto del manejo en la presencia de plagas.

La producción promedio de frutos de cupuazú infestados con broca del fruto (*Conotrachelus humeropictus*), en áreas donde se aplicaron labores culturales es menor; mientras que en áreas donde no se realizó manejo del cultivo, el número de frutos infestados es mayor (Figura 4), reportándose diferencias significativas ( $F=0,467$ ;  $GL=82$ ;  $P=0,00$ ).

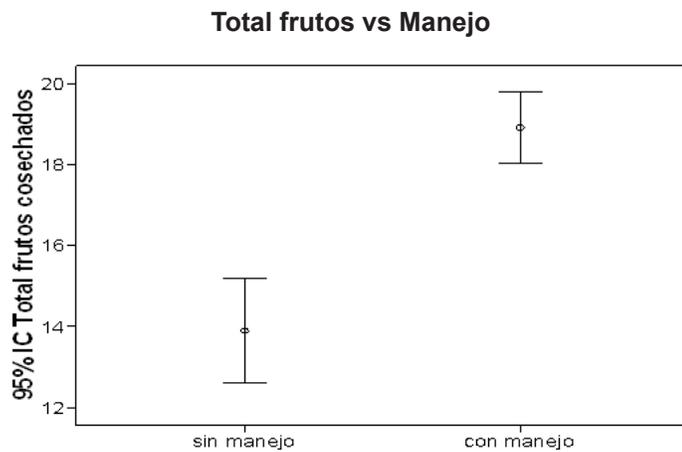
Estos resultados indican que a menor aplicación de labores culturales, mayor la incidencia de la broca del fruto. Así, la aplicación de al menos tres labores culturales por año incrementa cinco frutos

sanos por planta como promedio, comparado con la realización de una labor cultural anual. Esto se traduce a un incremento de aproximadamente 1250 frutos (1500 kg) en sistemas agroforestales con 250 plantas por hectárea.

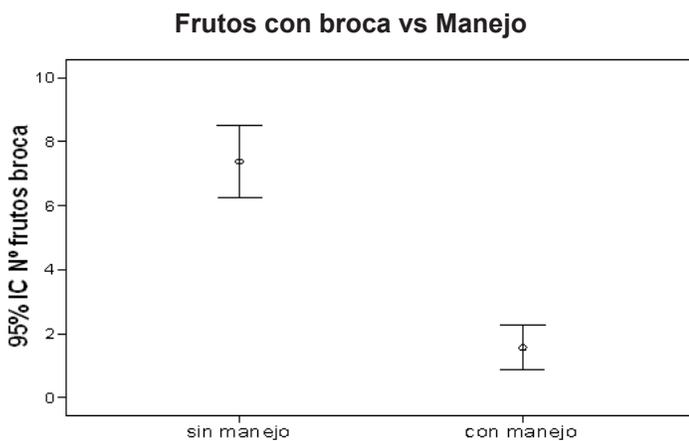
Además evidenciamos que, en sistemas agroforestales con tres labores culturales por año, 4% de los frutos estaban dañados por la presencia de escoba de bruja y 11 % debido a la broca del fruto, para un total de 15%. Por el contrario, en sistemas con una práctica cultural por año, en promedio se encontraron 59% de frutos infectados; estos valores proyectados a la

producción de una hectárea, se estiman pérdidas de aproximadamente 1400 frutos por hectárea cuando sólo se realiza una práctica laboral al año. Estos datos confirman estudios realizados en Brasil y Bolivia donde recomiendan realizar varias prácticas culturales anuales para el control de la broca del fruto y la escoba de bruja, ya sean prácticas de limpieza y poda fitosanitaria (Souza *et al.*, 2001; Zonta *et al.*, 2013).

entre las texturas de suelos ( $F=4,501$ ;  $GL=6$ ;  $P=0,001$ ). Por el contrario, los suelos con textura arcillosa y arenosa limitan la producción de frutos.



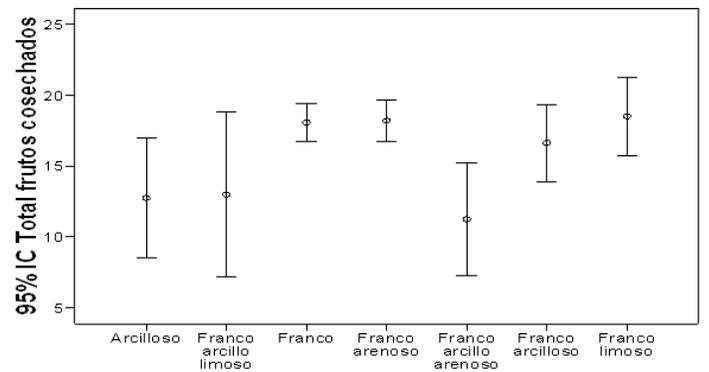
**Figura 3.** Producción de frutos de cupuazú por planta, según labores culturales aplicadas, en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.



**Figura 4.** Número de frutos infectados con broca del fruto (*Conotrachelus humeropictus*) por planta, según la aplicación de labores culturales, en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.

**Efecto de la textura del suelo en la producción de frutos.** Nuestros datos indican que la textura del suelo influye en la producción de frutos de cupuazú siendo las texturas más adecuadas: franco, franco arenoso a franco arcilloso y franco limoso (Figura 5), se reporta diferencia significativa

### Total frutos vs Textura del suelo



**Figura 5.** Producción de frutos de cupuazú por planta, según las características físicas del suelo, en sistemas agroforestales, Riberalta y Guayaramerín, Bolivia.

Finalmente, reportamos que existe una influencia significativa al nivel del 95% de confiabilidad para las variables: pH, textura de suelo y labores culturales. Por otro lado, en las condiciones locales, no existe diferencia significativa de la producción de frutos de cupuazú para las variables de materia orgánica y total de bases intercambiables en los SAF evaluados.

## CONCLUSIONES

La acidez del suelo disminuye la producción de las plantas de cupuazú, por lo que se debe realizar la corrección del pH del suelo. Los suelos más apropiados para el cultivo del cupuazú en las condiciones locales son los de textura franco, franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso. Luego, la aplicación de por lo menos tres labores culturales anuales al cultivo, incrementa la producción de frutos, además se controla mejor la aparición de enfermedades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAN, 2015. Nutracéuticos: Cupuazú. Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN). Disponible en: <http://www.fan-bo.org/que-hacemos/biocomercio/productos-y-servicios-de-biocomercio/nutraceuticos/cupuazu/>

IPHAE, 2013. Sistemas Agroforestales de Cupuazú. Instituto para el Hombre, Agricultura y Ecología (IPHAE). Riberalta. Bolivia (Comunicación personal).

Osorno H.H., 2012. Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6834/1/70660741.2012.pdf>

SENAHMI, 2014. Boletín Agrometeorológico trimestral. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAHMI), Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria, Bolivia. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.bo/>

Souza de T.M.G, Thomazini M.J, Barbosa C. M. de J, Leite de J.M.S, 2001. Aspectos da Produção de

Cupuazu. Documentos 67. Embrapa, Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. ISSN 0104-9046. Disponible en: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498481/1/doc67.pdf>

Zonta A., Gonçalves A., Chapi G., Angola F., 2002. Implementación y Manejo de Sistemas Agroforestales Comerciales en Condiciones Amazónicas. Guía Técnica N°2. Instituto para el Hombre, Agricultura y Ecología (IPHAE). Riberalta, Bolivia

Zonta A., Gonçalves A., Angola F., 2013. Guía de Capacitación, Implementación y Manejo de Sistemas Agroforestales en la Amazonia Boliviana. Instituto para el Hombre, Agricultura y Ecología (IPHAE). Riberalta. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as953s.pdf>