



Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (*Ochroma pyramidale* sw)

A resilient cultivation to face the climatic change, the balsa (*Ochroma pyramidale* sw)

PhD. Betty González O¹

bgonzalez@uteq.edu.ec

MSc. Luis Simba O²

lsimba@uteq.edu.ec

PhD. Byron Oviedo B³

boviedo@uteq.edu.ec

Recibido: 1/07/2018, Aceptado: 1/09/2018

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue establecer el aporte social, económico y ambiental que el cultivo de balsa provee al recurso suelo mediante la materia orgánica, al aire a través del carbono, a la economía ecuatoriana al proveer empleo, ingresos económicos para las familias, materia prima de calidad para la industria nacional e internacional, generando valor monetario (PIB) en la producción de bienes y servicios para el sector maderero del país. La valoración se basó en la metodología de la sostenibilidad fuerte, la variable de repuesta fue lo socioeconómico y ambiental, el primero se midió mediante el barómetro de sostenibilidad e indicador relación beneficio costo; el segundo (variables ambientales) se evaluó aplicando el método de valor de uso directo. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) en arreglo factorial para analizar el efecto de los tratamientos. Se estableció que la producción de balsa es rentable (RBC=3,6), genera empleo en el área rural, reduce la presión actual sobre los bosques nativos, presenta sostenibilidad fuerte, acumula carbono en el suelo 58,07 t ha⁻¹ y biomasa 143,604 t ha⁻¹, provee materia orgánica (107 Tm ha⁻¹), brinda fuente de nutrientes para mantener la flora y fauna endémicas de la región. La balsa se ubica como cultivo resiliente del área rural al mitigar los gases efecto invernadero producto de las actividades agro productivas, generando sinergia entre bienestar humano y el bienestar del ecosistema, lo que conlleva a que cada ecuatoriano debe conservar 12 árboles para mantener su balance ambiental, en corresponsabilidad para las generaciones futuras y el desarrollo sostenible.

¹ Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador

² Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador

³ Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador

Palabras clave: sostenibilidad ambiental, balsa, resiliencia, rentabilidad, biomasa

ABSTRACT

The objective of the research was to establish the social, economic and environmental contribution that the balsa culture provides to the soil resource through organic matter, to the air through carbon, to the Ecuadorian economy by providing employment, income for families in a period of five years, quality raw material for national and international industry, generating monetary value (GDP) in the production of goods and services for the country's wood sector. The assessment was based on the methodology of strong sustainability, the variables of responses was the socioeconomic and environmental, the first was measured through the sustainability barometer and indicator benefit-cost ratio; in second (environmental variables) was evaluated by applying the direct use value method. A complete randomized design (DCA) was used in a factorial arrangement to analyze the effect of the treatments. It was established that balsa production is profitable (RBC = 3.6), generates employment in rural areas, reduces the current pressure on native forests, presents strong sustainability, accumulates carbon in the soil, 57.07 t ha⁻¹ y biomass 143,604 t ha⁻¹, provides organic matter (107 Tm ha⁻¹), provides a source of nutrients to maintain the endemic flora and fauna of the region. The pond is located in the resilient cultivation of the rural area to mitigate the greenhouse effect gases produced by agro-productive activities, generating synergy between human well-being and the well-being of the ecosystem, which means that each Ecuadorian must conserve 12 trees to maintain their balance environmental, in co-responsibility for future generations and sustainable development.

Keywords: environmental sustainability, balsa, resilience, profitability, biomass

Introducción

Los bosques y las plantaciones forestales son comunidades de árboles y otras plantas que cubren grandes áreas de la Tierra, las cuales funcionan como hábitats de animales, regulan los flujos hidrológicos, conservan el suelo, almacenar carbono en el tejido leñoso, ofrecen posibilidades para mitigar (GEI), Los ecosistemas forestales contienen grandes cantidades de carbono que es almacenado en la biomasa aérea viva y muerta, así como en el suelo; las regiones tropicales son enormes depósitos o sumideros de carbono (Arias et al., 2001), constituyen uno de los ecosistemas más importantes del planeta para mitigar los efectos del cambio climático.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron y será la guía de referencia para el trabajo de la institución en pos de esta visión durante los próximos 15 años. Esta nueva hoja de ruta presenta una oportunidad histórica para América Latina y el Caribe, ya que incluye temas altamente prioritarios para la región, como la reducción de la desigualdad en todas sus dimensiones, un crecimiento económico inclusivo con trabajo decente para todos,

ciudades sostenibles y cambio climático, entre otros (CEPAL, 2016).

Ecuador por su situación geográfica busca alternativas resilientes para contribuir con esa sostenibilidad, ya que presenta las condiciones ideales para la siembra y crecimiento de árboles. Se podría decir que es un país con vocación forestal, dada una gran cantidad de superficie sin uso y apta para este propósito, el potencial económico y ambiental de este sector permite que la explotación forestal se convierta en el primer rubro de exportación y de ingresos de divisas que tendría el país a mediano plazo, y aliado para ayudar a mitigar las emisiones de CO₂, uno de los principales desafíos actuales que enfrenta la humanidad (FAO, 2007).

La balsa (*Ochroma piramidale Sw*), madera preciosa por su excelente calidad y usos de acuerdo a su textura, es muy solicitada para fabricación de aviones e interiores de barcos, se adapta a las condiciones ambientales y de suelo del trópico húmedo.

Esta especie se ha venido cultivando por más de 50 años con un creciente interés, es así, que el número hectáreas sembradas de especies exóticas con el pasar del tiempo se ha incrementado, en 1962, el país contaba con 23 mil hectáreas de plantaciones sembradas representando la balsa el 4,5% y en la actualidad se dispone de alrededor de 160 mil hectáreas de las cuales el 43,5% representaba la balsa (González et al., 2007).

Una de las grandes ventajas que tiene esta especie es el rápido crecimiento de los árboles, su incremento medio anual de (10 a 25 m³/ha/año) y corto periodo de aprovechamiento, permite tener una fuente importante de madera en zonas tropicales, que ha ganado popularidad mundial, por la atracción y durabilidad de la madera, convirtiéndola en la primera especie exótica de exportación, por lo que es necesario darle atención a los beneficios sociales y ambientales que esta especie brinda a los productores y ecosistema, y como aliada estratégica a corto, mediano y largo plazo en la resiliencia climática. Este artículo describe la contribución social, económica, ambiental que conlleva el cultivar madera balsa en el Litoral ecuatoriano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Litoral ecuatoriano, considerando tres pisos climáticos (Asoteca, 2017) (Tabla 1).

Tabla 1. Datos de ubicación y características de suelo y clima de la zona bajo estudio

Parámetros	Los Ríos	Guayas	Esmeraldas
Ubicación	01º 03' 18" Sur	01º 21' 39" Sur	00º 18' 19" Sur
Geográfica	79º 25' 24" Oeste	79' 04' 00" Oeste	79º 27' 45" Oeste
Altitud	73 msnm	40 msnm	64 msnm
Precipitación anual	2280 mm	1222 mm	2362 mm
Temperatura media	24.4°C	25.4°C	24.5°C
Humedad relativa	86.2%	72.9%	84.2%
Zona ecológica	Bh.T	Bs-T	Bh-T
Topografía	Irregular	Irregular	Irregular
Textura del Suelo	Franco arcilloso-limoso	Arcilloso-arenoso	Arcilloso
pH	Ligeramente ácido	Alcalinos	Ligeramente ácido

Fuente: Anuarios meteorológicos del INAMHI, 2018

La información socioeconómica y ambiental se la obtuvo a través de un diseño de muestreo probabilístico aleatorio simple. Esta técnica permitió generalizar los resultados hacia toda la población a partir de una muestra representativa de la población (Ecuación 1). Para el efecto se aplicó lo indicado por Brito (2006).

$$(1) \quad n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:
 n = tamaño de la muestra
 σ^2 = varianza (0,5)² (p=0,5 y q=0,5)
 Z = nivel de confianza
 1,96 e=error máximo admisible
 N= tamaño de la población o universo objeto

El análisis de sostenibilidad se estableció mediante el método descrito por Marten (2001), con las variables bienestar humano (comunidades humanas, economías y bienes) y ecosistema (comunidades ecológicas, procesos y recursos), más la interacción entre beneficios y presión del ecosistema a las personas; presión y beneficios de las personas al ecosistema.

El aporte ambiental se determinó considerando factores de siembra (edad, microclima, prácticas de manejo, etc.); factores esenciales (tipo de uso de suelo, vegetación, suelo, manejo agronómico, historia del área, entre otros). Se aplicó el método destructivo para medir la cantidad de carbono en las plantaciones y un diseño completos al azar (DCA) en arreglo factorial 3 (provincias) x 2 (edades) x 4 (sitios). Se

utilizó la Prueba de Tuckey ($P=0,05$). Las variables fueron: DAP, HC, AT, VC, VT, contenido de carbono orgánico activo de la biomasa y contenido de Carbono orgánico activo en el suelo.

Análisis de datos

Una vez obtenidos los datos se procedió a elaborar los criterios de desempeño, en función a las variables sociales y económicas, considerando los siguientes aspectos: Mejor es el valor máximo y lo peor es el mínimo, (Ecuación 2).

$$V_1 = \left[\left(\frac{V_{real} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \right) \times 20 \right] + \text{base de la banda} \quad (2)$$

Mejor es el valor mínimo y lo peor es el valor máximo, (Ecuación 3).

$$V_1 = \text{extremo superior de banda} - \left[\left(\frac{V_{real} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \right) \times 20 \right] \quad (3)$$

El límite y la base de cada banda no cambian, la base de una banda es el límite superior de la banda de más abajo, (Tabla 1).

Tabla 2. Criterios de desempeño

Banda	Rango en la escala	Punto máximo en la escala	Definición
Bueno	81 - 100	100	Desempeño deseable, objetivo completamente satisfecho
Aceptable	61 - 80	80	Desempeño aceptable, objetivo casi o apenas satisfecho
Medio	41 - 60	60	Desempeño neutral, de transición
Pobre	21 - 40	40	Desempeño indeseable
Malo	1 - 20	20	Desempeño inaceptable
Base	0	0	Base de la escala

Fuente: UICN-Unión Mundial para la Conservación. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, (CIID), 1997

Se usó para medir el bienestar humano y el bienestar del ecosistema en conjunto, el barómetro de sostenibilidad (Figura 1).

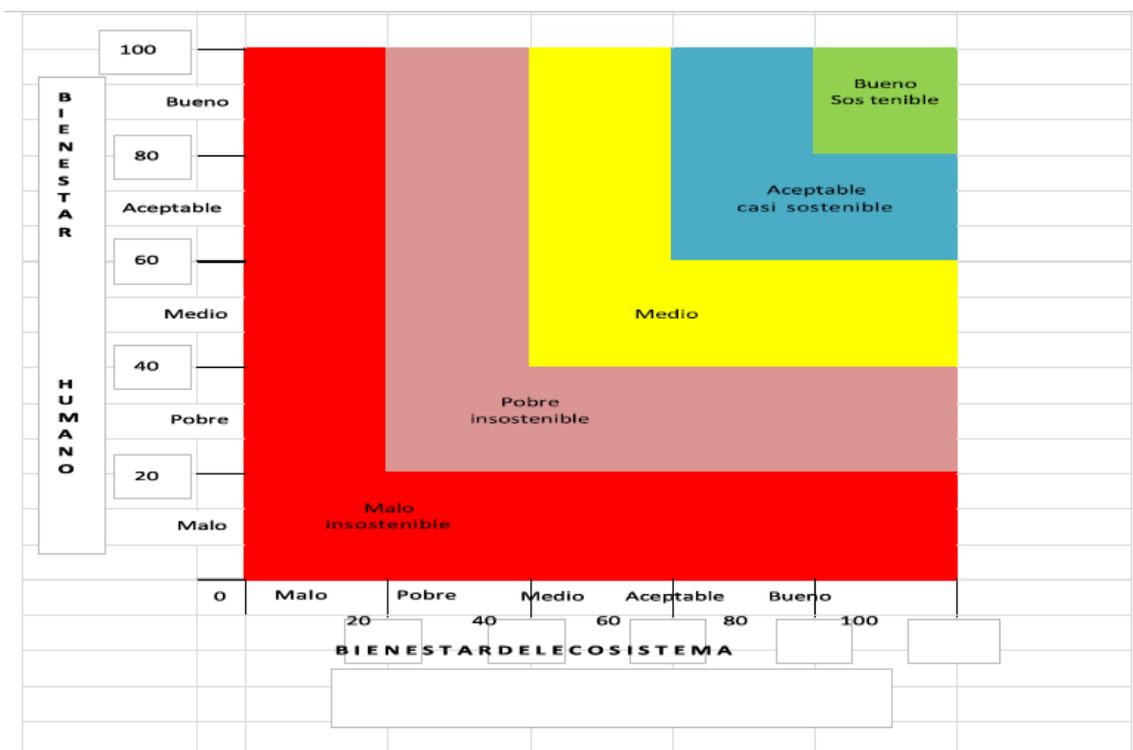


Gráfico 1. Escala del barómetro de la sostenibilidad

Fuente: UICN-Unión Mundial para la Conservación. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, (CIID), 1997

El aporte ambiental en el componente suelo (materia orgánica, acumulación de carbono en el suelo) aire (carbono en la biomasa), ecología (biodiversidad y ecosistema), se aplicó las estadísticas descriptivas, y un diseño completo al azar.

Para las variables de carbono acumulado en el suelo y en el sistema se aplicó un análisis de varianza con el fin de determinar si existen diferencias significativas en el contenido de carbono orgánico activo en la biomasa aérea y del suelo. Para la separación de medias de los tratamientos (sitios) se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey con el 95% de probabilidad de error. Para medir el efecto entre localidades, edad y sitios se aplicó un diseño completos al azar (DCA) en arreglo factorial 3 (provincias) x 2 (edades) x 4 (sitios) Se utilizó la Prueba de Tuckey (P=0,05). Bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + C_h + \alpha_i\beta_jC_h + \epsilon_{ij} \quad \text{Donde:} \quad (3)$$

Y_{ij} = Valor estimado
 μ = Media general
 α_i = Efecto de las provincias
 β_j = Efecto de las edades
 C_h = efecto de los sitios
 $\alpha_i\beta_jC_h$ = Efecto de las interacciones
 ϵ_{ij} = Error experimental

Resultados

Los indicadores de desempeño de la sociedad (Tabla 2) en el caso del elemento salud muestra una sostenibilidad buena por la baja ocurrencia de daños físicos, psíquico y emocional que representan en el manejo del cultivo; la tendencia de contraer enfermedades por el uso y aplicación de biocidas es casi nula al haber un uso moderado de estos productos, siendo la tendencia buena (Bray et al., 2003). El indicador es servicios básicos, condiciones estructurales y educación muestran sostenibilidad muy buena, esta última se fundamenta en la capacitación que reciben los productores por parte de las entidades gubernamentales encargadas de esta área. Otro indicador es el empleo presenta sostenibilidad buena, la mano de obra utilizada en los rubros la siembra, manejo y aprovechamiento del cultivo es de tipo familiar (Pazmiño, 2017).

El componente económico muestra sostenibilidad muy buena ya que en un periodo de cinco años el productor obtiene un beneficio neto de 3600,00 USD/ ha¹, con una relación beneficio costo de 1,55; el nivel de vida es aceptable ya que por cada turno que realizan adquiere activos fijos, bienes suntuarios, entre otros.

El componente ambiental muestra una sostenibilidad muy buena debido al gran aporte de materia orgánica que esta especie aporta al suelo (107 mo t ha¹) y cobertura vegetal; el suelo almacena carbono (58,07%).

El aire representado por la acumulación de carbono, muestra una sostenibilidad fuerte por la que cada día se producen por las diferentes actividades del hombre.

El elemento biodiversidad, muestra sostenibilidad buena, las especies terrestres avistadas son diversos a medida que avanza el ensamble comunitario, la comunidad biológica se hace más compleja. Acumula más especies, muchas de ellas más

especializadas en cuanto a su dieta y la forma en que interactúan con otras plantas y animales en la red alimenticia, es decir este cultivo es un aliado estratégico para mantener la biodiversidad biológica del suelo (Andrade et al., 2008 y Arias et al., 2001).

Los indicadores evaluados en el bienestar ecosistema y humano registraron un valor promedio de 83 y 89 ubicándose en un rango de bueno sostenible, por lo que este cultivo permite al productor tener fuentes de ingresos a corto y mediano plazo.

Tabla 3. Mapa de indicadores del sistema

Dimensiones	Componentes	Elementos	Objetivos	Indicadores	Registro	Valoración
ECOSISTEMA	Ambiente	aire	carbono	Toneladas de carbono capturadas/ha.	+100	Muy bueno
			emisiones	Biomasa residual incinerada como porcentaje del total inicial	105	Muy Bueno
		suelo	erosión	Cobertura de vegetación como porcentaje del total después de 6 meses finalizado el proyecto	81	Bueno sostenible
			contaminación	Disposición del lavado de bombas fumigadoras de agroquímicos como porcentaje del total	10	Muy baja
	Ecología	biodiversidad	especies terrestres	Animales terrestres avistados como porcentaje del total antes del proyecto	84	Bueno sostenible
			especies aéreas	Aves avistadas como porcentaje del total antes del proyecto	88	Bueno sostenible
		ecosistema	hábitat	hábitat como porcentaje del total del proyecto	85	Bueno sostenible
			bosque	Bosque secundario alterado como porcentaje del total durante el proyecto	92	Bueno sostenible
SOCIEDAD	habitantes	salud	afectaciones corporales	Número de accidentes laborales por ciclo de cultivo	85	Bueno sostenible
			enfermedades por agroquímicos	Número de casos de intoxicación por uso de agroquímicos por ciclo de cultivo	81	Bueno sostenible
		vivienda	servicios básicos	Porcentaje de mejora con respecto a las condiciones iniciales	45	Medio
			condiciones estructurales	Porcentaje de mejora con respecto a las condiciones iniciales	50	Medio
		educación	capacitación a productores	Productores capacitados en labores silviculturales como porcentaje del total de productores	92	Bueno sostenible
		empleo	mano de obra	Jornales empleados en el proyecto/ha. y por ciclo como porcentaje del total de la población cercana	94	Bueno sostenible
	Economía	comercio	venta de la madera	USD/ha. aprovechada a precio actual 2016	102	Bueno
		nivel de vida	desarrollo económico	Número de bienes domésticos y de transporte adquiridos finalizado el proyecto	66	Aceptable

Fuente: Autores

La fracción promedio de carbono en los componentes (follaje, ramas, fuste, raíz, necromasa fina y gruesa) varió entre 52.00 y 62.90%, con errores de muestreo inferiores al 3.00% (Tabla 2 y 3) y (Figura 2). Valores que superan a los reportado por Pazmiño (2017), quien determinó fracción de carbono entre 38.50 y 50.30% en

bosques primarios y secundarios. Así mismo, los resultados obtenidos están por encima de los reportados por González et al., (2010), quien estimó valores máximos de 50% con margen de error del 22 %. El promedio en el contenido de carbono en el suelo fue superior a los valores reportados por Segura (1999), quien encontró valores que van desde (43 a 62 tm ha⁻¹), mientras que en Costa Rica se reportó valores superiores en plantaciones forestales (101 a 139 tm C ha⁻¹), en Nicaragua obtuvieron (101 a 139 tm C ha⁻¹). En Venezuela en suelos con *Gliricidia sepium* asociados con pastos (Arias et al., 2001) reportaron valores de (62.7 Tm ha⁻¹), en todos los casos los valores encontrados en balsa en el presente estudio, los promedios son superiores (Brown, 2007; González et al., 2010; Pazmiño, 2017). Al analizar el carbono acumulado en el suelo en tres profundidades, esta presentó correlación significativa para sitio. La proporción de carbono en el suelo respecto al carbono total disminuye con relación a las profundidades, es decir, a mayor profundidad menor carbono acumulado (Figura 3) esta correlación presenta una tendencia lineal, Protocolo que servirá para proyectar el contenido de carbono a mayores profundidades y con especies similares.

Tabla 4. Fracción de carbono (%) en los componentes del árbol y en el suelo (cm) en plantaciones de balsa en el Litoral ecuatoriano

	Componentes del árbol						Profundidad suelo		
	Follaje	Ramas	Fuste	Raíz	Mnf	Mng	0-20	20-40	40-60
Promedio	53.29	62.90	61.83	61.8	52.00	59.96	2.87	2.02	1.22
€(%)	2.18	1.15	1.38	1.35	3.19	1.94	9.57	10.66	13.10
cv	9.01	4.63	5.41	5.71	12.80	7.56	39.53	44.04	54.12
R ²	0.014	0.08	0.13	0.13	0.09	0.15	0.42	0.37	0.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Coeficiente y probabilidad de la correlación entre la profundidad del suelo y el contenido de carbono en balsa en el Litoral ecuatoriano, 2018

	Profundidad del suelo	
	r	Prob.
Los Ríos	0.76	0.0001
Guayas	0.84	0.0001
Esmeraldas	0.51	0.0002

Fuente: Elaboración propia

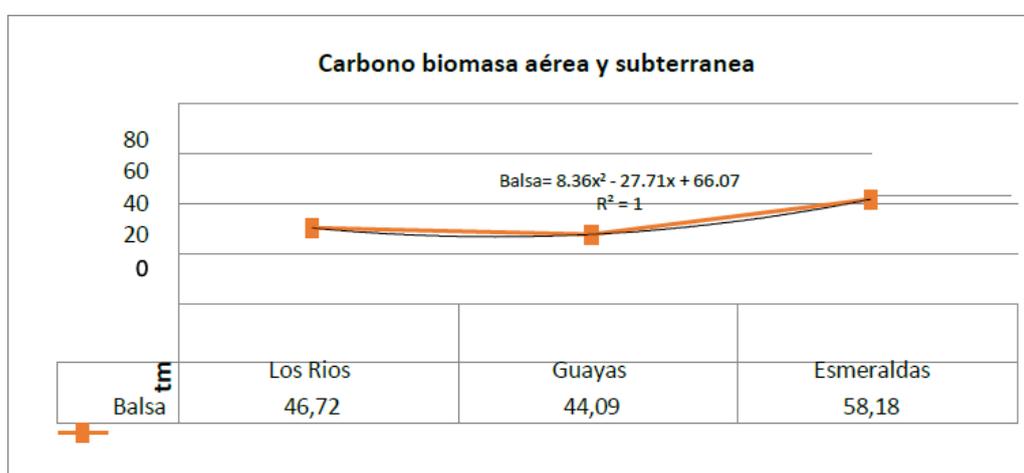


Gráfico 2. Interacción especie/sitios sobre las variables Carbono acumulado en la biomasa aérea y subterránea en el Litoral ecuatoriano, 2018

Fuente: Elaboración propia

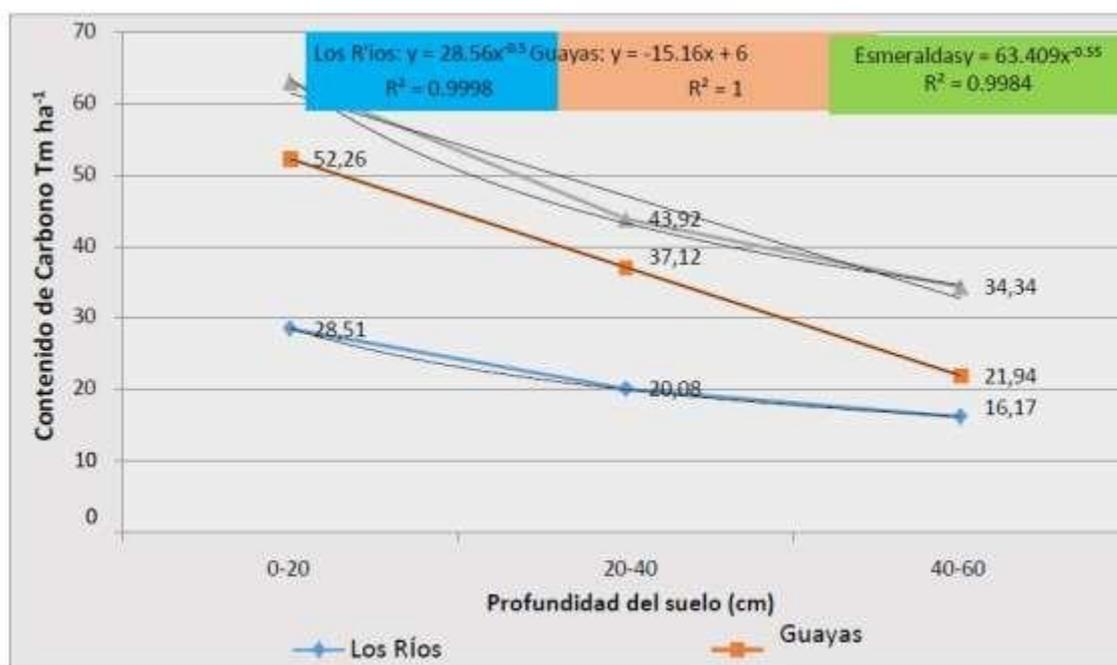


Gráfico 3. Carbono acumulado en tres profundidades de suelo en plantaciones de balsa en el Litoral ecuatoriano, 2018

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, una de las grandes ventajas que tiene esta especie es el rápido crecimiento de los árboles, su incremento medio anual de (10 a 25 m³/ha/año) y corto periodo de aprovechamiento, permite tener una fuente importante de madera en zonas tropicales, que ha ganado popularidad mundial, por la atracción y durabilidad de la madera, convirtiéndola en la primera especie exótica de exportación, por lo que es necesario darle atención por los beneficios sociales y ambientales que esta especie brinda a los productores y ecosistema, y como aliada estratégica a corto, mediano y largo plazo en la resiliencia climática.

Los indicadores de los componentes ambientales y de biodiversidad mostraron buena sostenibilidad lo que convierte al cultivo en un aliado estratégico importante para mantener la salud medioambiental y la biodiversidad biológica.

En cuanto a los indicadores evaluados en el bienestar del ecosistema y del ser humano registraron un valor promedio de 83 y 89 ubicándose en un rango de bueno sostenible, por lo que este cultivo permite al productor tener fuentes de ingresos a corto y mediano plazo.

Referencias bibliográficas

- Andrade, H., Brook, R., & Ibrahim, M. (2008). Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil*. V. 308(12):11-22
- Arias, K., Ruiz, C., Milla, M., Fabio, H. y Escobar, A. (2001). Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development* 13 (5): 1-11.
- Asoteca - Asociación de Productores de Teca y Madera (2017). Plan Nacional de Forestación y Reforestación. Asoteca Informe Anual FEPP-GSFEPP: *Compendio del informe anual de acuerdo al plan nacional de forestación y reforestación del Ecuador*. 55p
- Bray, D.B., Merino Pérez, L., Negreros Castillo, P., Segura Warnholtz, G., Torres Rojo, J.M., & Vester, H. (2003). Mexico community-managed forests as a global model for sustainable landscapes. *Conservation Biology* 17 (3), 672-677.
- Brito, O. (2006). *Estadística Básica Práctica en Ciencias Empresariales*. Departamento estadístico. Buenos Aires. Argentina. 211p.
- Brown, S. (2007). Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer *FAO Forestry Paper* no. 137. Rome, IT. 55p.
- CEPAL (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Publicación de las Naciones Unidas Copyright © Naciones Unidas. p. 7.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2007). *Situación de los bosques del mundo*. Recuperado de: <http://www.fao.org/icalog/inters.Htm>
- González, O., Cervantes, X., Torres, E., Sánchez, C. y Simba, L. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de Los Ríos - Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 2010. 3(2): 7-11
- Marten, G. (2001). *Ecología Humana: Conceptos básicos para el desarrollo sustentable*. Cap. 6 Sucesión Ecológica. Reino Unido: Earthscan Publications. Descargado de: <http://www.gerrymarten.com/ecologia-humana/capitulo06.html>
- Pazmiño C. (2017). *Estudio de la balsa en el cantón Mocache*, tesis de grado para obtener el título de Magister en gestión ambiental. Unidad de posgrado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 87 p.
- Segura, M. (1999). *Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privado en el área de conservación cordillera volcánica central, Costa Rica*. 99

Rica. Tesis para obtener el título de Magister en Ciencias, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

UICN - Unión Mundial para la Conservación. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) (1997). Planificación de la acción para la sostenibilidad rural. *Guía complementaria de Evaluación para la sostenibilidad rural. Método de la Evaluación de la Sostenibilidad*. Gland, Suiza. 8 - 25 p.