

## **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA ACTUAL Y POTENCIAL DE BALSO BLANCO *Heliocarpus americanus* L. EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

### **CURRENT AND POTENTIAL GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF WHITE BALSUM *Heliocarpus americanus* L. IN THE DEPARTMENT OF NARIÑO**

Tulio César Lagos B<sup>1</sup>; Héctor Ordóñez J<sup>2</sup>; Álvaro Castillo M<sup>3</sup>; Jorge Navia E<sup>4</sup>; Liz Lagos S<sup>5</sup>; Carlos Benavides C<sup>6</sup>; Danita Andrade D<sup>7</sup>; David Duarte A<sup>8</sup>; Dalia Julieth López G<sup>9</sup>.

Fecha de recepción: Septiembre 03 de 2013

Fecha de aceptación: Diciembre 10 de 2013

#### **RESUMEN**

Esta investigación estuvo orientada a establecer la distribución geográfica de *H. americanus* en el departamento de Nariño, a partir del análisis de la georeferenciación de los sitios, y la identificación de posibles zonas bioclimáticas, donde la especie se encuentra. Se evaluaron 19 parámetros climáticos y la distribución de la especie, la cual se obtuvo mediante la georeferenciación de 174 sitios, en 15 municipios paneleros del departamento de Nariño. La mayor probabilidad de distribución de la especie se encuentra en altitudes entre 1350 y 2550 msnm. Los grupos de distribución climática son tres: el grupo uno con 148 puntos, el grupo dos con 21 puntos y el grupo tres con cinco puntos. Los tres grupos presentan similitud en cuanto a humedad. Se obtuvo un 90% de probabilidad de tener ambientes adecuados para esta especie a lo largo de la cordillera de los Andes, el cual involucra zonas climáticas aptas para el desarrollo de la especie. Además, existen pequeñas áreas donde su distribución ha perdido continuidad, generando poblaciones aisladas.

**Palabras clave:** Distribución geográfica, *H. americanus*, probabilidad, georeferenciación.

- 1 Decano Facultad de Ciencias Agrícolas. I. A. M.Sc. Ph.D. Universidad de Nariño. tclagos@udenar.com
- 2 Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. I. A. M.Sc. Universidad de Nariño. hectoramiro@hotmail.com
- 3 Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. I. A. M.Sc. Universidad de Nariño. jacastillomarin@yahoo.com
- 4 Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. I.A. PhD. Universidad de Nariño. jornavia@yahoo.com
- 5 Investigador Grupo en Producción de Frutales Andinos. I. A. M.Sc. Universidad de Nariño. lklagoss@unal.edu.co
- 6 Investigador Grupo en Producción de Frutales Andinos. I.A.M.Sc, Universidad de Nariño. carlosabenavides@hotmail.es
- 7 Investigadora Grupo en Producción de Frutales Andinos. I.A. Universidad de Nariño. danitaand@hotmail.com.
- 8 Investigador Grupo en Producción de Frutales Andinos. I.A. Universidad de Nariño. david890223@hotmail.com.
- 9 Investigador Grupo en Producción de Frutales Andinos. I.A.F. Universidad de Nariño. yuliet1h519@hotmail.com.

## ABSTRACT

This investigation was designed to establish the geographical distribution of *H. americanus* in the department of Nariño, from georeferencing information analysis and identification of possible bioclimate zones where the species is found. Nineteen climate parameters and the known distribution of the species were evaluated, obtained by georeferencing 174 sites in 15 municipalities of the department of Nariño. The most likely distribution of the species is found at altitudes between 1350 and 2550 meters. There are three climate distribution groups: group one with 148 points, group two with 21 points, and group three with five points. The three groups are similar in terms of humidity. We obtained a 90% chance of having suitable environments for this species along the Andes mountain range, which shows suitable climate zones for the species' development. In addition, there are small areas where its distribution has lost continuity, creating isolated populations.

**Keywords:** geographical distribution, *H. americanus*, probability, georeferencing.

## INTRODUCCIÓN

*Heliocarpus*, es un género botánico de fanerógamas perteneciente a la familia Tiliaceae, con 43 especies originarias de Centro América y distribuidas desde México hasta Paraguay (Aroca y Montilla, 2006). La mayoría de las especies son árboles y arbustos adaptables a diferentes condiciones, se encuentra tanto en zonas bajas y calientes, como en regiones templadas y frías de las montañas (Vásquez *et al.*, 2006).

En Colombia, la especie *Heliocarpus americanus* L. se encuentra en gran parte del país, desde los 0 a los 2600 msnm (Vásquez *et al.*, 2006). Se distribuye especialmente en ecorregiones de las tres cordilleras: bosques húmedos tropicales (bh-T), bosques húmedos premontanos (bh-PM), bosques muy húmedos premontanos (bmh-PM) y en bosques muy húmedos montano bajos (bmh-MB) (Álvarez, 2004).

Existen pocos aportes sobre la distribución y ecología de esta especie, aún cuando está en

peligro de extinción y su importancia económica para los productores de caña panelera, es fundamental por el manejo en el beneficio de la panela (López y Osorio, 2003). Uno de los instrumentos, que se utilizan actualmente para identificar áreas potenciales de colecta y adaptación son los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales permiten obtener una visión más clara sobre la distribución de una especie (Berger *et al.*, 2003).

El estudio de la distribución, ha diversificado su enfoque desde preguntas netamente científicas a las más prácticas para la conservación. Este cambio, es una de las respuestas de la comunidad científica a la acelerada degradación de los hábitats naturales y a la extinción de las especies (Groom *et al.*, 2006).

Los modelos de distribución de especies basados en un sistema de información geográfica, son herramientas útiles para predecir la distribución potencial de las especies y ayudan a tomar decisiones

tentativas en la conservación mientras se realice un estudio más intensivo y de largo plazo (Naoki *et al.*, 2006).

Los modelos de distribución de especies, ayudan a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales adecuadas para que la especie prospere, en función de parámetros obtenidos de recolectas previas. Dichos modelos han demostrado su utilidad en estudios que evalúan patrones de distribución biogeográficos (Anderson *et al.*, 2003). La mayoría de los modelos, predicen la presencia probable de una especie en un sitio no explorado, generalmente correlacionan los sitios ya conocidos donde la especie prospera, con un conjunto de factores ambientales, especialmente climáticos (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

El clima, es un factor importante que afecta o determina la distribución de las especies, por tal motivo, los análisis de las variables climáticas ayudan a entender por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro. Algunos modelos utilizan métodos estadísticos, siendo los más comunes los de regresión múltiple o los multivariados; otros hacen uso de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y otros utilizan los registros de presencia de las especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos, como por ejemplo GARP (Anderson *et al.*, 2003), MaxEnt (Phillips *et al.*, 2004) y BIOCLIM (Nix, 1986).

En este trabajo se utilizó el programa MaxEnt para determinar la distribución potencial de balsa blanco, el cual emplea un algoritmo que ha sido adaptado para la construcción de modelos de distribución potencial, basado en la máxima entropía. Este algoritmo modela

el nicho ecológico de especies mediante la relación entre los puntos de presencia conocidos de la especie y las variables ambientales incluidas en el modelo. Para analizar los parámetros ambientales se utilizó el programa BIOCLIM (Nix, 1986).

Los resultados de MaxEnt, incluyen información sobre las dependencias entre variables climáticas y presencias en forma de gráficos y tablas que permiten analizar las relaciones funcionales que el modelo puede potencialmente revelar, para esto se empleó un programa auxiliar, conocido como Diva Gis 7,5 (Robert *et al.*, 2009).

En Nariño, el estudio de la distribución geográfica de balsa blanco, es importante debido a que se determinaría cuál es el estado actual en tiempo y espacio de esta especie y el efecto que conlleva el uso irracional al momento de la extracción de corteza en árboles de balsa blanco por la industria panelera; esto permitiría generar hipótesis sobre los procesos biológicos o ambientales que estructuran el comportamiento de la especie.

Conocer la distribución actual, permitiría observar el comportamiento del balsa blanco en diferentes ambientes y en un futuro plantear áreas de conservación, además, dinamizar su distribución potencial y posteriormente generar planes de manejo.

Hasta el momento, no se ha realizado un análisis completo y sistemático de la distribución del balsa blanco en el departamento de Nariño, a pesar de su importancia biológica, ecológica e industrial, por lo tanto, este estudio plantea una línea base de conocimiento sobre la distribución geográfica en el sur occidente de

Colombia, además de identificar su hábitat para futuros trabajos de caracterización *in situ* y conservación.

## METODOLOGÍA

El departamento de Nariño, se localiza al sur occidente de Colombia y está integrado por tres regiones geográficas: la Llanura del Pacífico en el sector oriental, la Región Andina que atraviesa el departamento de norte a sur y la vertiente amazónica, ubicada al suroriente del mismo (IGAC, 2012). El presente trabajo, se llevó a cabo en los 15 municipios del departamento de Nariño (Tab. 1), los cuales se encuentran distribuidos en la región andina entre los meridianos 77°05' y 77°57' longitud oeste y los paralelos 01°09' y 01°36' latitud norte, con altitudes que van desde los 1181 hasta los 2670 msnm., que cubre un 17% de la superficie del departamento, especialmente a lo largo de las vertientes que forman la parte media de los ríos Guaitara, Juanambú y Mayo, donde el relieve se conforma de cadenas montañosas escarpadas de origen volcánico.

Para identificar la distribución de la especie, se realizaron registros de ocurrencia, esta información se obtuvo mediante visitas de reconocimiento en los 15 municipios mencionados anteriormente. Además, se realizaron recorridos en lugares sugeridos por los productores de panela de la región. Se confrontó en campo la presencia o ausencia de formas silvestres, espontáneas y cultivadas por los productores de panela.

De acuerdo a la metodología propuesta por Anderson y Martínez-Meyer (2004), cada lugar se georeferenció y se registraron las siguientes variables: Municipio (M), veredas (V), rango altitudinal (Ra), rango latitudinal (Rla), rango longitudinal (Rl), rango de pendiente (Rp), dirección de la pendiente (Dp), vegetación asociada (Va), estado (E), fuente de recolección (Fr) y Puntos georeferenciados (Pg). La información se organizó en una base de datos de Excel y una vez definidos los lugares se trazaron rutas con los sitios de muestreo, con el fin de realizar el recorrido de manera más eficiente.

**Tabla 1.** Municipios evaluados en el departamento de Nariño durante el año 2013.

Municipio	Altitudinal (msnm)	RANGO	
		Rango latitudinal (NORTE)	Rango longitudinal (OESTE)
Sandoná	1483 - 2338	1°15'47,9" a 1°19'45,3"	77°25'10,2" a 77°29'19,6"
Ancuya	1398 - 2189	1°12'16,6" a 1°18'11,0"	77°30'56,2" a 77°32'29,3"
Consacá	1599 - 1904	1°14'57,6" a 1°10'05,1"	77°27'04,7" a 77°29'20,6"
Linares	1452 - 2259	1°18'51,6" a 1°24'28,6"	77°31'09,6" a 77°35'15,4"
Samaniego	1519 - 2220	1°17'39,6" a 1°22'59,5"	77°35'02,6" a 77°37'05,4"
El Tambo	1740 - 2509	1°25'51,4" a 1°22'23,1"	77°20'24,4" a 77°27'47,9"
La Florida	1866 - 2288	1°17'33,8" a 1°24'00,0"	77°18'46,2" a 77°24'23,7"
Chachagüí	2001 - 2228	1°19'03,8" a 1°22'01,1"	77°14'27,2" a 77°16'45,7"
La Unión	1696 - 1866	1°35'23,4" a 1°36'18,56"	77°07'55,1" a 77°08'01,09"

Municipio	Altitudinal (msnm)	RANGO			
		Rango latitudinal (NORTE)		Rango longitudinal (OESTE)	
Cartago	2036 - 2514	1°32'01,5"	a 1°34'27,8"	77°05'42,9"	a 77°07'38,3"
Arboleda	1872 - 2335	1°28'39,4"	a 1°30'47,8"	77°05'27,4"	a 77°06'07,5"
Guachavez	1683 - 2049	1°13'28,0"	a 1°17'14,7"	77°37'05,8"	a 77°39'40,1"
Ricaurte	1204 - 1346	1°10'9,0"	a 1°12'57,2"	77°57'46,7"	a 77°00'18,8"
Mallama	1283 - 1551	1°10'21,8"	a 1°11'43,3"	77°54'56,5"	a 77°58'7,6"
Yacuanquer	2022 - 2150	01°09' 15,2"	a 1°10'23,5"	77°26'42,0"	a 77°27'15,2"

Para el modelamiento de la distribución potencial de la especie, se utilizó el algoritmo de MaxEnt, el cual modela el nicho ecológico de esta especie mediante la relación entre los 174 puntos de presencia conocidos de la especie y las variables ambientales incluidas; a partir de esta relación, el algoritmo extrapola la presencia de la especie a las áreas donde se desconoce su presencia o ausencia.

El software BIOCLIM facilita la información de los parámetros bioclimáticos, derivados de la temperatura mensual, valores de precipitación y de elevación de Sudamérica, con el fin de generar las variables más significativas para la distribución de determinadas especies (Tab. 2). Los parámetros utilizados para este estudio fueron:

**Tabla 2.** Parámetros utilizados por el programa BIOCLIM para generar los mapas de distribución potencial de *H. americanus*.

Variables	Descripción de la variable
BIO1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO2.	Temperatura media diurna (media mensual de maxtemp - mintemp) (°C)
BIO4.	Temperatura (desviación estándar*100) (°C)
BIO5.	Temperatura máxima del mes caliente (°C)
BIO6.	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
BIO7.	Amplitud térmica anual (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8.	Temperatura media del trimestre más húmedo (°C)
BIO9.	Temperatura media del trimestre más seco (°C)
BIO10.	Temperatura media del trimestre más cálido (°C)
BIO11.	Temperatura media del trimestre más frío (°C)
BIO12.	Precipitación anual (mm)
BIO13.	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
BIO14.	Precipitación del mes más seco (mm)
BIO16.	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
BIO17.	Precipitación del trimestre más seco (mm)
BIO18.	Precipitación del cuarto más cálido (mm)
BIO19.	Precipitación del trimestre más frío (mm)

### **Análisis de la información**

Se creó una matriz con los 174 sitios georeferenciados para graficar la distribución actual de la especie utilizando el software ArcGis 10. El modelo para predecir la distribución potencial fue desarrollado por Phillips *et al.* (2006) con un enfoque de máxima entropía. Para este trabajo, se utilizó la versión de escritorio 3.3.3k. En general, este algoritmo detecta las relaciones no aleatorias entre dos conjuntos de datos: los registros de georeferenciación de la presencia verdadera de la especie y un conjunto de coberturas tipo *raster*, de datos digitales que representan las variables bioclimáticas potencialmente pertinentes para determinar la distribución de las especies (Pearson y Dawson, 2003).

Para construir el modelo con MaxEnt, se utilizaron las variables bioclimáticas y los datos de presencias verdaderas de balsa blanco. Se construyó un modelo de distribución potencial, empleando el 75% de los registros como puntos de entrenamiento y el 25% como puntos de validación. Se utilizó un umbral de convergencia de  $10^{-5}$  con 1000 iteraciones como un límite superior para cada corrida. Para estimar la capacidad de predicción del modelo, se analizó el área bajo la curva (ABC), salida gráfica donde se observa la capacidad de discriminación de una presencia versus la capacidad de discriminación de una ausencia (Phillips y Dudik, 2008).

Se utilizó la prueba de Jackknife, para calcular la contribución relativa de cada variable al modelo. Esta información es de suma importancia para evidenciar los requerimientos ecológicos de cada especie, y que probablemente determinen el área de distribución potencial propia para la especie. Ambos análisis, el ABC y la prueba de Jackknife están implementados en MaxEnt.

Posteriormente, los archivos de modelación de máxima entropía son exportados a un SIG para ser examinados. El programa empleado fue Divas Gis Versión 7,5 (Robert *et al.*, 2009), el cual permite ver a diferentes escalas y de forma gráfica el modelamiento de la distribución potencial de balsa blanco en términos de probabilidad. Por lo tanto, se genera un mapa de consenso con los valores de píxel de 60 a 100 donde el color rojo representa las áreas que predicen la presencia de la especie en un 90 a 100%, mientras que las zonas donde no presentan ninguna coloración corresponden a áreas que predicen la ausencia de la especie.

Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), para determinar las relaciones entre la variación climática y la variación en la distribución geográfica de balsa blanco. Con base en el ACP, se agruparon las zonas climáticas empleando como criterio de clasificación el método de Ward. El procedimiento se hizo mediante la utilización del software Spad 3,5.

## **RESULTADOS**

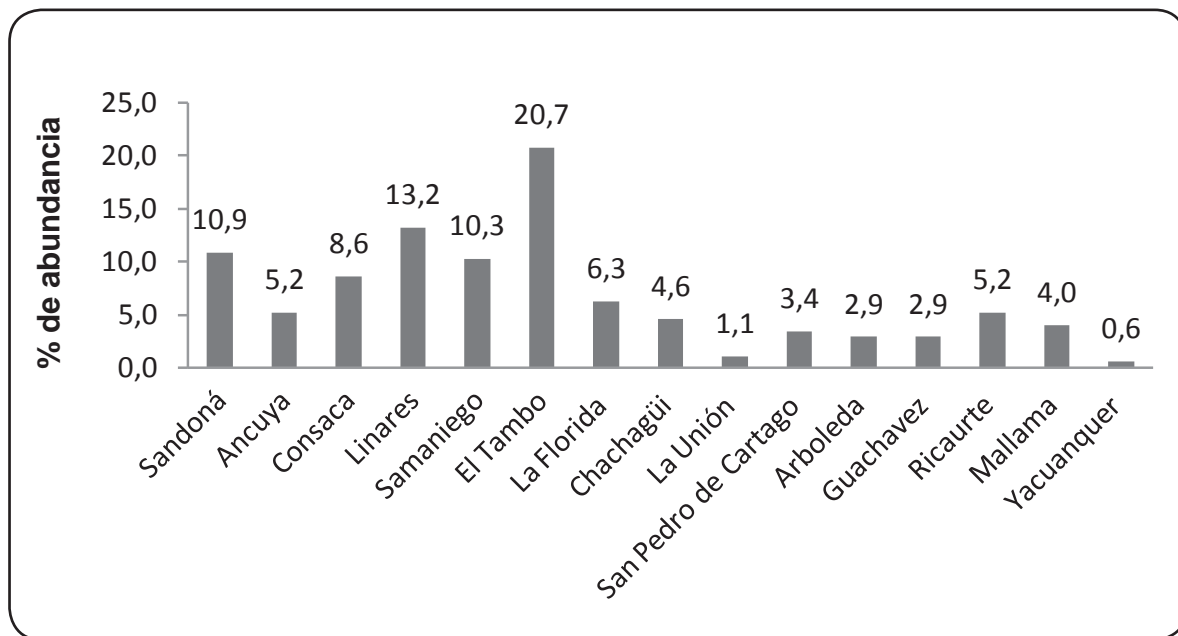
De acuerdo a las variables de reconocimiento de *H. americanus*, evaluadas en los 15 municipios, se observa que el balsa blanco se ha establecido en un 93,10% por regeneración natural y de forma cultivada en un 6,9%, distribuidas en las siguientes fuentes: en borde de carretera 27,6%, fuentes hídricas 16,7%, jardín o huerto 16,7%, asociado a cultivos 10,9%, cerca viva 9,8%, bosque secundario y bosque primario 8,04%, pradera o pastizal 7,5%, y en barbecho 2,9%.

En zonas que presentan diferentes perfiles de elevación, el 11,49% se encuentran en pendientes menores al 5%, el 12,64% en pendientes de 6 a 10%, el 21,84% en pendientes de 11 a 20%, el 28,16% en pendientes de 20 a 45%, el 8,62% en pendientes de 46 a 70% y el 17,24% en pendientes mayores a 75%.

En cuanto a vegetación asociada, cada rango altitudinal presenta diferentes especies, tal como se muestra en la Tabla 3. El municipio en el que se encontró con mayor frecuencia la especie corresponde al Tambo, seguido por los municipios de Linares y Sandoná, mientras que Yacuanquer es el que presenta menor porcentaje de abundancia (0,6) (Fig. 1).

**Tabla 3.** Vegetación asociada de *H. americanus* en 15 municipios evaluados del departamento de Nariño.

MUNICIPIOS (M)	RANGO ALTITUDINAL (msnm)	VEGETACIÓN ASOCIADA (Va)		PUNTOS GEOREFERENCIADOS (Pg)
		Nombre Común	Nombre Científico	
Ricaurte Mallama	1204 a 1551	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	16
		Heliconias	<i>Heliconia</i> sp.	
		Guamo	<i>Inga</i> sp.	
		Orquídeas	<i>Orchidaceae</i>	
		Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	
	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>		
Sandoná	1398 a 2338	Guamo	<i>Inga</i> sp.	58
Ancuya		Urapán	<i>Fraxinus chinensis</i>	
Linares		Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	
Guachavez		Guayacán	<i>Tabebuia</i> sp.	
La Unión		Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	
	Café	<i>Coffea arabica</i> L.		
	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>		
Samaniego	1519 a 2220	Moquillo	<i>Saurauia micayensis</i>	33
Consacá		Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>	
		Cítricos	<i>Citrus</i> L.	
		Aliso	<i>Alnus</i> sp.	
		Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	
El Tambo	1740 a 2509	Maíz	<i>Zea mayz</i>	52
La Florida		Guayabo	<i>Psidium guajaba</i>	
Arboleda		Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	
		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	
		Café	<i>Coffea arabica</i> L.	
	Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.		
Chachagüí	2001 a 2514	Chilca	<i>Braccharis</i> sp.	15
San Pedro de Cartago		Roble	<i>Quercus</i> sp.	
Yacuanquer		Cajeto	<i>Cytharexylum subflavesce</i>	
		Pino	<i>Pinus</i> sp.	
		Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	



**Figura 1.** Porcentaje de Registros Geográficos de *H. americanus* en los municipios paneleros del departamento de Nariño durante los años 2012 - 2013.

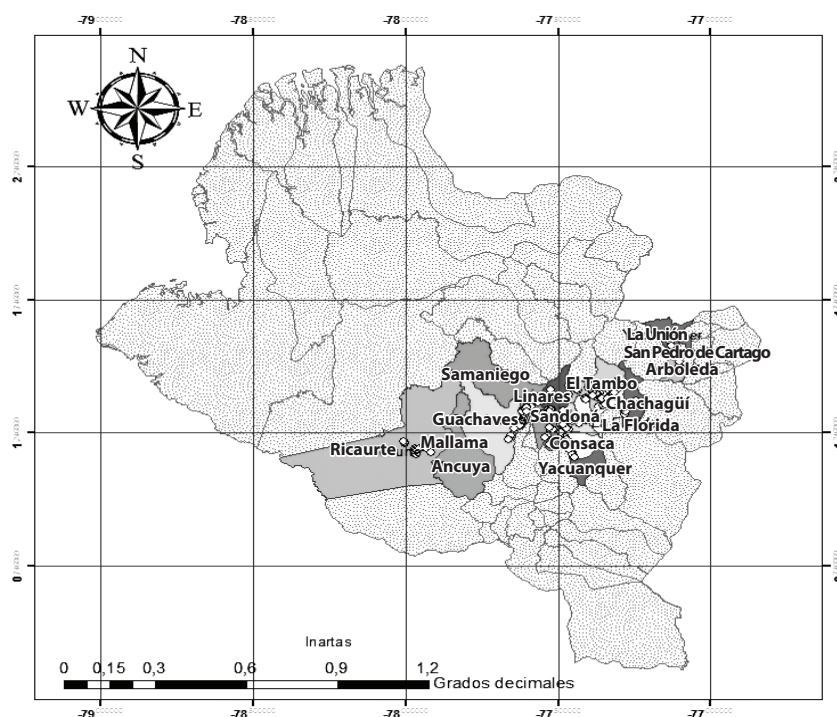
Al ubicar geográficamente las coordenadas de cada uno de los sitios evaluados, se tiene que la mayor población se encuentra concentrada al sur occidente del departamento de Nariño, en los municipios de El Tambo, Linares, Sandoná, Samaniego y Consacá (Fig. 2). Estos municipios se caracterizan porque el balsa blanco, no se explota en sistemas de cultivo y se encuentra de forma general en zonas de bosques secundarios.

Se generó un mapa que predice las zonas de mayor riqueza potencial de balsa blanco de acuerdo a las variables bioclimáticas empleadas (Fig. 2). La capacidad de predicción

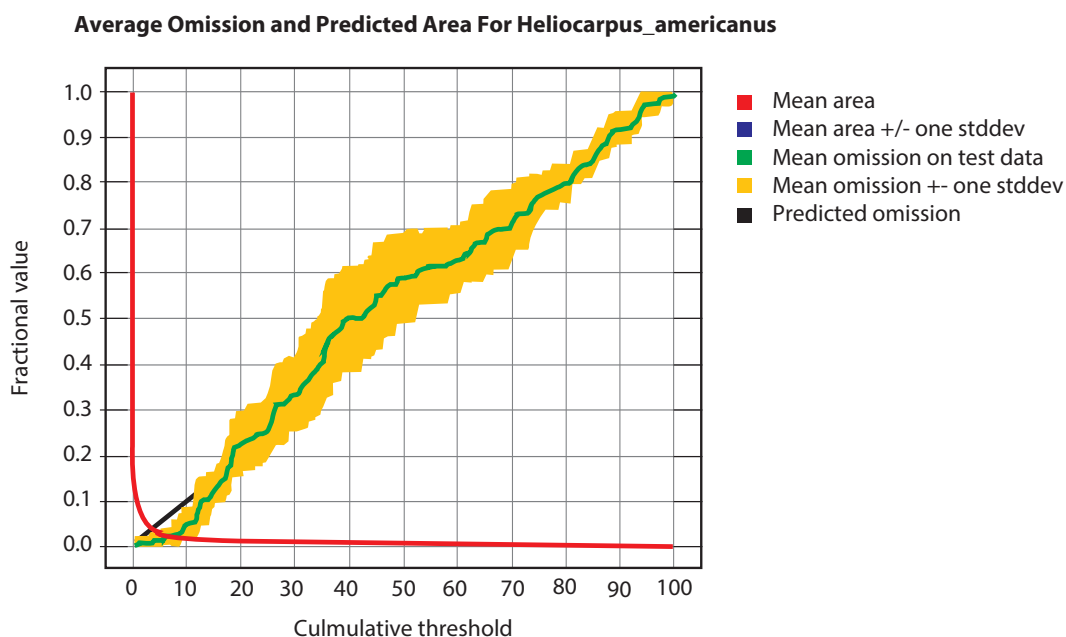
según el modelo generó un ABC de 0,991, y la desviación estándar es 0,002; lo que demuestra que el modelo de predicción de la especie es altamente significativo ( $P < 0,001$ ) y valido (Fig. 3).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de omisión y comisión (ABC) (Fig. 3), se muestra que la línea de la curva del área media, tiene un vértice tendiente a cero, esto indica que el error por comisión es bajo. El área naranja de la desviación estándar, se encuentra sobre la línea de omisión, por lo tanto el error por omisión también es bajo, aceptando  $P > 0,1$ .





**Figura 2.** Distribución Geográfica según datos de georeferenciación de *H. americanus* en el departamento de Nariño.



**Figura 3.** Determinación del rendimiento del modelo de distribución de *H. americanus* mediante Análisis de Omisión y Comisión (ABC) para las variables bioclimáticas correlacionadas con las presencias verdaderas de la especie.

Aunque los errores de comisión detectados son bajos, estos pueden deberse a la carencia de registros en un mayor número de municipios, y que efectivamente la especie está presente; otra posible razón es que los mapas generados representen el nicho ecológico efectivo de la especie, pero que los factores históricos (barreras geográficas, capacidad de dispersión limitada) o bióticos (competencia, sobreexplotación) hayan impedido que esta especie ocupe las áreas previstas, o bien, que por su uso indiscriminado se encuentre extinta (Anderson *et al.*, 2003; Soberón y Peterson, 2005).

Teniendo en cuenta, que el modelo predictivo propuesto por MaxEnt es válido, se debe considerar para el análisis de la distribución espacial de esta especie, las estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales que tuvieron mayor poder de predicción (Tab.4). Los resultados expresados en porcentajes muestran que se obtiene una mayor ganancia con las variables Bio17 (Precipitación del trimestre más seco) con un porcentaje de contribución del 16,1%, BIO8 (Temperatura media del trimestre más húmedo) la cual contribuye con 15% y BIO10 (Temperatura media del trimestre más cálido) que tiene el 14,1% de contribución. Mientras que las variables BIO1 (Temperatura promedio anual), BIO7 (Amplitud térmica anual) y BIO19 (Precipitación del trimestre mas frio) con valores de contribución de 0,3%, 0,1% y 0,1%, son las variables menos representativas para el modelo.

Estas contribuciones no deben entenderse necesariamente como la causa de la distribución del balsa blanco, sino como las variables que contribuyen en mayor medida a llegar a una buena separación entre las zonas

idóneas e inadecuadas. Es posible que tengan un sentido biológico claro o simplemente que actúen como indicadores de la distribución.

De acuerdo a lo anterior, se grafica las zonas de distribución de balsa blanco con base a las variables ambientales que se encuentran dentro de las condiciones climáticas favorables para la especie, con diferentes niveles de probabilidad de encontrarla, la cual se da por gradientes en tonalidades naranja y rojo (Fig. 4). Las predicciones del modelo, identificadas con color rojo indican mayor probabilidad, en este caso superior al 90%, de tener ambientes adecuados para esta especie, localizados en regiones de los municipios que se encuentran a lo largo de la región natural Andina de Nariño.

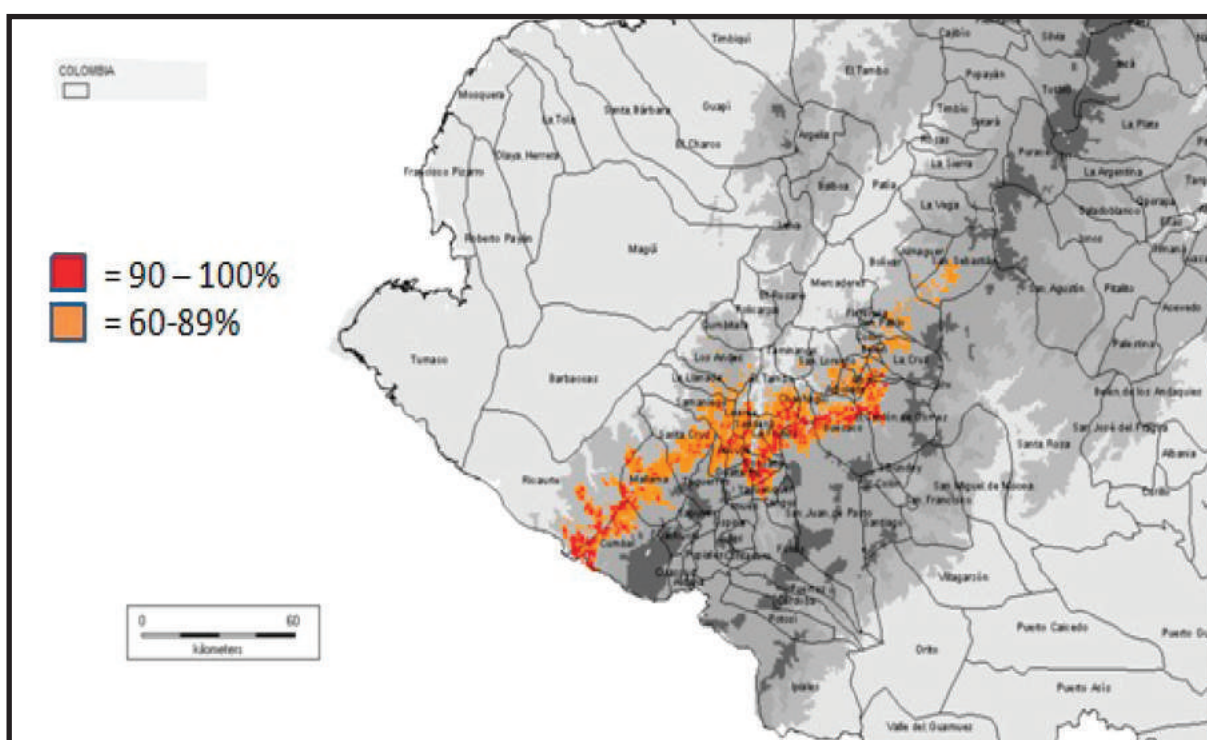
**Tabla 4.** Análisis de la contribución de las variables bioclimáticas

Variable	Percent Contribution	Permutation Importance
BIO17	16,1	26
BIO8	15	0,2
BIO10	14,1	0,3
BIO9	9,1	0,9
BIO14	6	6,5
BIO12	5	0,3
BIO6	4	0,2
BIO11	2,5	3,1
BIO2	1,2	1,1
BIO16	1,1	0,4
BIO18	1,1	9,2
BIO13	1	18,2
BIO5	0,4	0,4
BIO19	0,3	0,5
BIO7	0,1	0,5
BIO1	0,1	3,2

El modelo describe la presencia de la especie en otros municipios aparte de los visitados como es el caso del Municipio de Cumbal, esto se debe a que el municipio involucra zonas con climas dentro de los rangos aptos para el desarrollo del balsa blanco.

La mayor riqueza de la especie, se presenta en las estribaciones del nudo de los pastos,

complejo montañoso perteneciente a la cordillera de los Andes. No obstante, en el mapa existen pequeñas áreas de ocurrencia, lo que indica que posiblemente por la fragmentación histórica, su distribución ha perdido continuidad en estas zonas generando poblaciones aisladas.



**Figura 4.** Distribución potencial de *H. americanus* en el departamento de Nariño.

Además, en el departamento de Nariño puede existir la posibilidad de que una zona presente alta probabilidad de presencia de la especie y que esta no se encuentre establecida, esto puede deberse a que limitaciones de dispersión, interacciones bióticas y condiciones ambientales actuales, puedan ocultar el espectro completo de requerimientos climáticos que la especie

necesita para mantener las poblaciones de origen.

El análisis de componentes principales (ACP) permitió establecer, con base en el porcentaje acumulado de los valores propios (Tab. 5), un total de cuatro factores o componentes, de los cuales el número 1 y 2 explican el 63,07% de la distribución de balsa blanco.

**Tabla 5.** Histograma de los valores propios que explican la agrupación de zonas (%) de las presencias verdaderas de balsa blanco.

Valores Propios				
Resumen de precisión del cálculo : Rastro antes de la diagonalización ..... 4.0000				
: Suma de valores propios..... 4.0000				
Histograma de los primeros 4 valores				
Número	Valores Propios	Porcentaje	Porcentaje acumulado	
1	1,5127	37,82	37,82	*****
2	1,0103	25,26	63,07	*****
3	0,9742	24,36	87,43	*****
4	0,5028	12,57	100	*****

El primer factor permite explicar el 37,82% de la agrupación y está conformado principalmente por la variable BIO9 (Temperatura media del trimestre más seco), con una correlación variable-factor de - 0,85 (Tab. 6). Esto se debe a que el balsa blanco, a pesar de que es un árbol muy adaptable,

requiere de ambientes bastante húmedos, por lo tanto en zonas cuya época de sequía presentan temperaturas bajas, se disminuye la deshidratación de los tejidos por evapotranspiración, y la especie se desarrolla de manera normal (OpEPA, 2013).

**Tabla 6.** Correlación variable-factor de las variables bioclimáticas sobre los factores o componentes.

Cargas de las variables de los ejes 1 a 4												
Variables activas												
Variables	Cargas				Correlación Variable -Factor				Vectores propios normalizados			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
C1 -BIO 9	-0,85	0,11	-0,17	0,49	-0,85	0,11	-0,17	0,49	-0,69	0,11	-0,17	0,70
C2 - BIO 8	0,01	0,85	0,53	0,00	0,01	0,85	0,53	0,00	0,01	0,85	0,53	0,00
C3 - BIO 10	0,86	-0,04	0,06	0,50	0,86	-0,04	0,06	0,50	0,70	-0,04	0,06	0,71
C4 - BIO 17	0,24	0,52	-0,82	-0,07	0,24	0,52	-0,82	-0,07	0,19	0,52	-0,83	-0,09

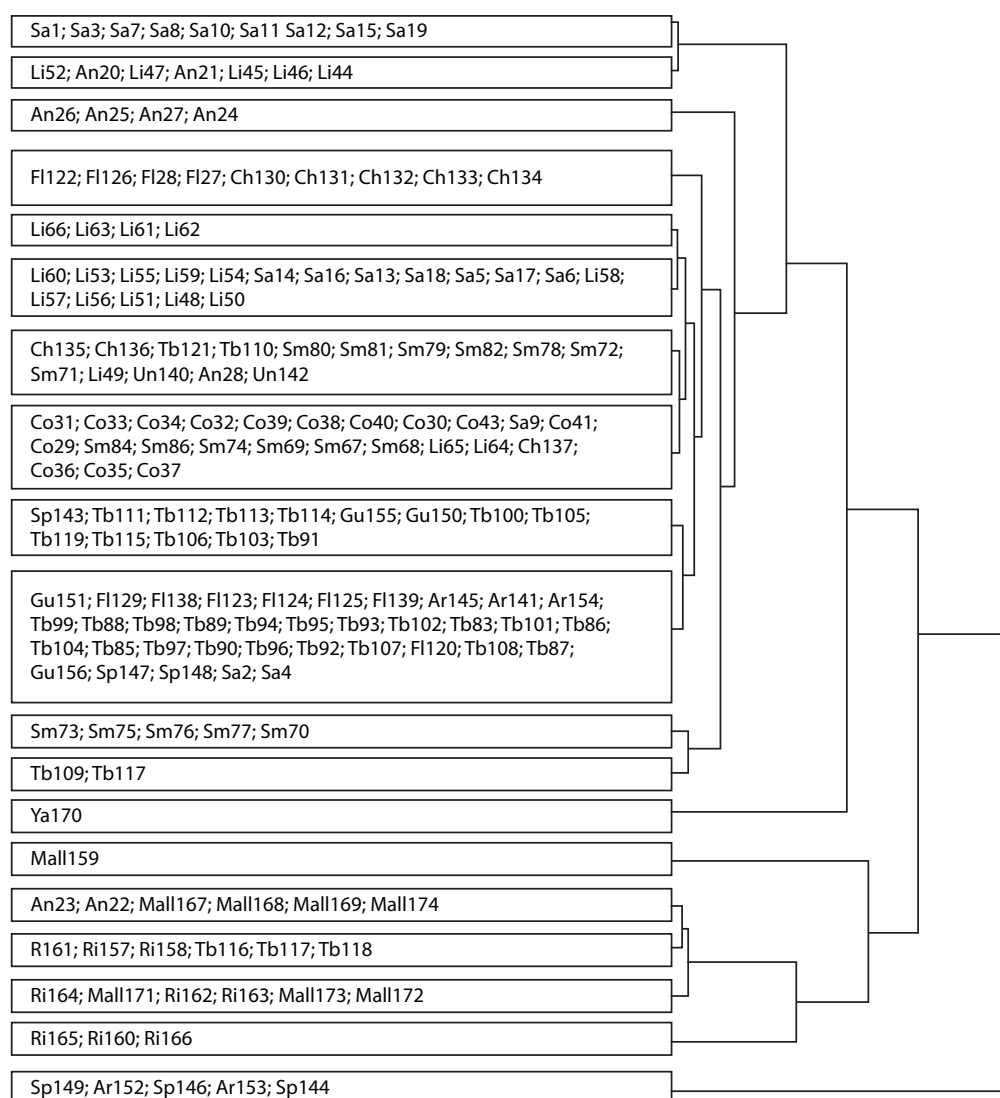
El análisis de clasificación permitió identificar tres grupos climáticos, en el primero se incluyen los municipios de Sandoná, Chachagüí, Guachavez, Ancuya,

Linares, Samaniego, El Tambo, La Unión, Consacá, La Florida, Arboleda, San Pedro de Cartago y Yacuanquer; en el segundo grupo se encuentran los municipios de Mallama,

Ancuya, Ricaurte y El Tambo, y en el tercer grupo San Pedro de Cartago y Arboleda. De acuerdo a la geografía del departamento, el primer grupo está influenciado por el cañón del río Guátara, el segundo por el del río Juanambú y el tercero por las altas humedades relativas del pacífico. Teniendo en cuenta que en estas zonas existe alta humedad, se corrobora la influencia de las variables

evaluadas anteriormente en la distribución de balso blanco (Fig. 5).

En el primer grupo se incluyeron 148 puntos, los cuales están a una altura comprendida entre 1398 a 2514 msnm. El segundo incluyó 21 puntos con una elevación entre 1204 y 2509 msnm y el tercer grupo incluyó 5 puntos con una elevación entre 1872 y 2514 msnm.



Donde: Sa: Sandoná; Li: Linares; Fl: La Florida; Cha; Chachagüí; Tb: El Tambo; Gu: Guachavez; Sm; Samaniego; Ya: Yacuanquer; Sp; Cartago; Ar: Arboleda; Mall: Mallama; Ri: Ricaurte; Un: La Unión; Co: Consacá.

**Figura 5.** Dendrograma de 174 puntos obtenidos de la georeferenciación de *H. americanus* formados a partir del ACP de las variables climáticas estimadas.

## CONCLUSIONES

En general el balsa blanco se ha establecido en un 93,10% por regeneración natural en los municipios evaluados. El 28,16% se encuentra en un rango de pendiente del 20 al 45% y la mayor frecuencia de la especie se encuentra en el municipio del Tambo con un 20,7%, seguido del municipio de Linares con un 13,2%.

La especie presenta la mayor abundancia en las estribaciones del Nudo de los Pastos, perteneciente a la cordillera de los Andes. Sin embargo, se presentan pequeñas áreas de ocurrencia que indican una discontinuidad en esta zona, generando poblaciones aisladas. Existen zonas de alta probabilidad de presencia de la especie, sin embargo, limitaciones de dispersión, interacciones bióticas o condiciones ambientales actuales, pueden ocultar el espectro de requerimientos climáticos que la especie necesita para mantener poblaciones de origen.

## RECOMENDACIONES

Esta especie, es un componente importante de la biodiversidad del departamento de Nariño, incluirla en procesos de conservación es fundamental para maximizar su aprovechamiento de manera sustentable. Las estrategias para su conservación, deben incluir procesos de educación ambiental, actividades participativas con la comunidad y un uso y manejo sostenible del recurso.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, G. 2004. Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Editorial Panamericana. Cundinamarca - Colombia. 871 p.

ANDERSON, R., LEW, D. y ATOWNSEND, P. 2003. Evaluating predictive models of species distribution: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*. 162:211 - 232.

ANDERSON, R., y MARTINEZ-MEYER E. 2004. Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*. 116(2):167 - 179.

AROCA, A. y MONTILLA, D. 2006. Evaluación de la propagación vegetativa del Balsa blanco *Heliocarpus americanus* H.B.K. en la vereda la Merced, municipio de La Unión departamento de Nariño. Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 77 p.

BERGER, J., ABBO, J., y TURNER, N. 2003. Ecogeography of annual wild cicer species. The poor state of the world collection. *Crop Science*. 43(2):1076 - 1090.

GROOM, M., MEFFE, C. y CARROLL, R. 2006. Principles of conservation biology, 3rd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. 600 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2012. Servicio al Ciudadano. Disponible en: <http://www.igac.gov.co/igac>. Consulta: junio, 2013.

LÓPEZ, J. y OSORIO, G. 2003. Evaluación y conservación de las especies aglutinantes o floculantes utilizadas en la agroindustria panelera de los municipios situados en jurisdicción de Corantioquia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* vol.59 no.2. Corpoica, Medellín. 77 p.

NAOKI, K., GÓMEZ, I., LÓPEZ, P., MENESES, R., y VARGAS, J. 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia, La Paz, Bolivia*. 41(1):65 - 78.

- NIX, H., 1986. A Biogeographic Analysis of Australian Elapid snakes. In: Longmore, R. (Ed.), Snakes: Atlas of Elapid snakes of Australia. Bureau of Flora and Fauna, Canberra. 4 - 10.
- ORGANIZACIÓN PARA LA EDUCACIÓN Y PROTECCIÓN ANIMAL (OpEPA). 2013. Balso Blanco *Heliocarpus americanus*. Disponible en: [http://www.opepa.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=573&Itemid=30](http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=573&Itemid=30). Consulta: agosto, 2013.
- PEARSON, R. y DAWSON, T. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12:361 - 371.
- PHILLIPS, S., DUDIK, M. y SCHAPIRE, R. 2004. A maximum entropy approach to species Distribution modeling. In Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. 655 - 662 p.
- PHILLIPS, S., DUDIK, M. y SCHAPIRE, R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231 - 259.
- PHILLIPS, S. y DUDIK, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent. New extensions & a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31:161 - 175.
- ROBERT, J., GUARINO, L., BUSSINK, C., MATHUR, P., CRUZ, M., BARRANTES, I. y ROJAS, E. 2009. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies. DIVA-GIS. Univesirty of California.
- SOBERÓN, J., y PETERSON, A. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*. 2:1 - 10.
- VÁSQUEZ, C., URIBE, A. y ÁLVAREZ, J. 2006. Propagación por estacas juveniles de Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. H. popayanensis) utilizando propagadores de sub-irrigación. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 59(2):3479 - 3498.
- VILLASEÑOR, J. y TELLEZ-VALDES, O. 2004. Distribución Potencial del Género Jefeá (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica*. 75(2):205 - 220.