

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

¿Cuáles deberían ser las especies forestales nativas para plantaciones comerciales?



Editorial
Reforestación y producción comercial de
madera con especies nativas

Olman Murillo Gamboa
¿Cuáles especies forestales nativas debemos
priorizar en el país?

Ronnie de Camino Velozo
Especies para la reforestación en Costa Rica:
formando un activo de alto valor

Eugenio González J
Especies forestales nativas para la
reforestación comercial en las principales
biorregiones de Costa Rica

Jhonny A. Méndez Gamboa, Luis Fernando Pérez Obando
La reforestación con especies nativas: análisis de la
situación en la Región Huetar Norte de Costa Rica

Milena Gutiérrez Leitón
Opciones para reforestación comercial con
especies nativas en zonas secas de Costa Rica

Róger Moya
La producción de madera de especies nativas
en plantaciones comerciales: una opción real

Ronald Guerrero Aguilar
¿Cuáles especies forestales nativas debemos
priorizar en Costa Rica para
ser cultivadas comercialmente?

OTROS TEMAS
Jorge Salmerón-Ramírez, Jorge Valerio, Laura García-
Jiménez, Mario Espinoza
Los juegos ecológicos y la recreación ambiental
como estrategias para la conservación del pez sierra

Julián Rojas, Kateryn Fernández
Gestión integral de residuos eléctricos y
electrónicos de la Universidad Nacional

Minor Segura Navarro
Automóviles eléctricos y sus baterías: un reto
ambiental para Costa Rica

Javier Ernesto Cortés-Suárez
Caso de anomalía registrado para el sapo
gigante *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833) en
el territorio indígena Ngäbe de Osa, Costa Rica

SECCIÓN: ACTUALIDAD LEGAL
María Virginia Cajiao
Decreto Ejecutivo N.º 40932-MP-MJP sobre
mecanismo de consulta indígena en Costa Rica

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

¿CUÁLES DEBERÍAN SER LAS ESPECIES FORESTALES NATIVAS PARA PLANTACIONES COMERCIALES?



Director y editor: Sergio A. Molina-Murillo

Consejo editor: Manuel Argüello, Wilberth Jiménez, Luis Poveda

Asistencia y administración: Joseline Jiménez Brenes.

Diseño, diagramación e impresión:

Programa de Publicaciones, UNA

Fotografía de portada: ensayo de procedencias de almendro (*Dipteryx panamensis*) a los 10 meses de edad, localizado en La Palma de Puerto Jiménez. Fotografía cortesía de Carlos Ávila.

Teléfono: 2277-3688. **Fax:** 2277-3289

Apartado postal: 86-3000, Costa Rica

Correo electrónico: ambientico@una.cr

Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr

Ambientico, revista trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense, nació en 1992 como revista impresa, pero desde hace varios años también es accesible en internet. Si bien cada volumen tiene un tema central, sobre el que escriben especialistas invitados, en todos ellos se trata también otros temas. *Ambientico* se especializa en la publicación de análisis de la problemática ambiental costarricense -y de propuestas sobre cómo enfrentarla- sustentados en información primaria y secundaria, aunque asimismo se le da cabida a ejercicios meramente especulativos. Algunos abordajes de temas que trascienden la realidad costarricense también tienen lugar.



Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.una.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (post print) de los artículos, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, no se generen obras derivadas y se mencione la fuente y autoría de la obra.



Sumario

Editorial	2
Reforestación y producción comercial de madera con especies nativas	
Olman Murillo Gamboa	4
¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país?	
Ronnie de Camino Velozo	10
Especies para la reforestación en Costa Rica: formando un activo de alto valor	
Eugenio González J	17
Especies forestales nativas para la reforestación comercial en las principales biorregiones de Costa Rica	
Jhonny A. Méndez Gamboa, Luis Fernando Pérez Obando	23
La reforestación con especies nativas: análisis de la situación en la Región Huetar Norte de Costa Rica	
Milena Gutiérrez Leitón	28
Opciones para reforestación comercial con especies nativas en zonas secas de Costa Rica	
Róger Moya	32
La producción de madera de especies nativas en plantaciones comerciales: una opción real	
Ronald Guerrero Aguilar	37
¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en Costa Rica para ser cultivadas comercialmente?	
OTROS TEMAS	
Jorge Salmerón-Ramírez, Jorge Valerio, Laura García- Jiménez, Mario Espinoza	41
Los juegos ecológicos y la recreación ambiental como estrategias para la conservación del pez sierra	
Julián Rojas, Kateryn Fernández	49
Gestión integral de residuos eléctricos y electrónicos de la Universidad Nacional	
Minor Segura Navarro	54
Automóviles eléctricos y sus baterías: un reto ambiental para Costa Rica	
Javier Ernesto Cortés-Suárez	59
Caso de anomalía registrado para el sapo gigante Rhinella horribilis (Wiegmann, 1833) en el territorio indígena Ngäbe de Osa, Costa Rica	
SECCIÓN: ACTUALIDAD LEGAL	
María Virginia Cajiao	62
Decreto Ejecutivo N.º 40932-MP-MJP sobre mecanismo de consulta indígena en Costa Rica	
Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico	67

Reforestación y producción comercial de madera con especies nativas

Las especies nativas tradicionalmente fueron la principal fuente de madera para la ciudadanía costarricense y para sus empresas exportadoras de artesanías y muebles. Por diversas razones, principalmente administrativo-políticas —y no de manejo— en años recientes su aprovechamiento del bosque ha sufrido una “veda” casi total. Esto ha provocado una extracción ilegal de árboles nativos con varios efectos colaterales adversos. En el ámbito ambiental, para mencionar solo algunos, ha provocado una degradación genética del bosque producto de la extracción de los mejores árboles, una fuerte corta de los árboles nativos remanentes en potreros, y la introducción de madera ilegal de países vecinos con menores controles ambientales. En el ámbito socioeconómico, está provocando un fuerte debilitamiento de la industria forestal nacional —sostenido por la reforestación con especies exóticas— para dar paso a una mayor importación de productos de madera de menor calidad concentrada en pocos beneficiarios, con su consecuente impacto en empleo e ingresos en las zonas rurales. Desdichadamente, también se está dando una substitución de la madera con materiales alternativos como plástico, metales o el concreto, los cuales son ambientalmente menos preferibles.

Desde sus inicios, en la época de 1960, la reforestación experimental y comercial con especies nativas ha sufrido una serie de contratiempos que no le han permitido alcanzar el gran potencial que tienen. Sobresale principalmente, su menor crecimiento anual en comparación con sus competidoras exóticas como la melina, el ciprés, el eucalipto o la teca, lo que inevitablemente detracta inversiones al tener

mayores turnos de corta. Otro factor limitante para la producción comercial de especies nativas en plantaciones ha sido el subdesarrollado paquete tecnológico (material genético, sitios, manejo, aserrío, secado) que impide asemejar las características de sus homólogas procedentes del bosque al que el mercado está acostumbrado. Un tercer aspecto limitante radica en la descoordinación del sector forestal para ordenar la producción, industrialización y comercialización forestal.

No obstante, la reforestación con especies nativas, además de proporcionar un conjunto diverso de bienes y servicios ambientales a la sociedad costarricense, tiene un gran potencial para abastecer segmentos del mercado nacional e internacional debido a las características particulares de su madera como fineza, durabilidad o trabajabilidad. Algunas de ellas también son capaces de establecerse en sitios con poca competencia o de sembrarse de manera mixta en esquemas agroforestales, silvopastoriles o agrosilvopastoriles, en escenarios optimizados para generarle al típico productor mejores flujos de caja.

Ante tal oportunidad, en esta edición de la Revista Ambientico, le consultamos a un grupo de personas expertas en el tema su opinión sobre cuáles serían aquellas especies nativas prioritarias para la reforestación comercial en Costa Rica. Aunque las opciones no han sido las

mismas, sí existe una gran coincidencia en la mayoría de ellas. Además de sus recomendaciones, explican con mayor detalle los antecedentes de la producción, investigación y comercialización forestal con especies nativas. También, casi todas ellas dan su opinión sobre los aspectos clave a tomar en cuenta para producir y comercializar con éxito madera de plantaciones con especies nativas. Como es de esperarse, la mayoría se enfoca en los aspectos de mejora a lo largo del proceso productivo y comercial, advirtiendo lo importante que es apuntar hacia las características del producto final que se desean comercializar. En este sentido, varias de las personas expertas argumentan vehementemente enfocarse en el nicho de mercado de especies nativas que valore la fineza y alta calidad de la madera, argumentando no solamente los mayores precios y la gran aceptación en el mercado nacional e internacional, sino también en las condiciones del entorno productivo costarricense, caracterizado por fincas muy pequeñas y con altos costos de oportunidad de la tierra y de mano de obra. Considerando las experiencias y las especies acá propuestas, no resta más que preguntarse: ¿Cuáles son los factores habilitantes para organizar al sector forestal alrededor de un segmento del mercado que valora la madera de especies nativas proveniente de plantaciones?



Escuela de Ingeniería
Forestal, Instituto
Tecnológico de Costa
Rica (*olmuga@yahoo.es*)

¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país?

..... || **Olman Murillo Gamboa**



Costa Rica ha sido prolija en iniciativas de incorporación de especies nativas a la reforestación nacional. Los trabajos más antiguos se remontan a la década de 1940, orígenes del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Turrialba, hoy día, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), institución que realizó valiosos aportes en la región sobre la plantación y manejo del cedro (*Cedrela odorata*) y el laurel (*Cordia alliodora*), entre otras especies nativas (Boshier y Lamb, 1997). El tema lo retoma el país en los años de 1970 con la creación de la Dirección General Forestal dentro del Ministerio de Agricultura, quienes establecieron una extensa red de ensayos de comportamiento de más de 50 especies en todo el país (Camacho, 1981).

A finales de los años de 1980, la Organización de Estudios Tropicales (OET) inició un valioso trabajo en la zona norte pluvial del país, donde lograron evaluar más de 50 especies candidatas para la reforestación comercial (Butterfield, 1990). Posterior a estos esfuerzos pioneros, la motivación se extendió a las universidades públicas costarricenses



Volver al índice

que en alianza con organismos internacionales, lograron desarrollar proyectos con mayor estructura para el fomento de especies nativas en toda la Zona Norte (Alice *et al.*, 2004; Badilla *et al.*, 2000; Badilla *et al.*, 2002; Butterfield, 1995; Butterfield y Espinoza, 1995; González y Fisher, 1994; Delgado *et al.*, 2003; Müller, 1993; Murillo, Badilla y Obando, 2002), en la zona sur (Alfaro y Barrantes, 1995), zonas medias y altas del Valle Central (Arnáez *et al.*, 1992; Badilla, 1998; Calvo *et al.*, 1997; Chaverri *et al.*, 1997; Murillo *et al.*, 2001; Murillo *et al.*, 2002; Rojas y Torres, 1990) y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) y la Universidad EARTH en la Zona Norte y Caribe (Arias, 2004).

Mientras que, en el bosque seco tropical, Pacífico norte del país, un grupo de investigadores lograron establecer en los años 1991 a 1993 valiosos ensayos con 14 especies nativas en la Estación Experimental Forestal Horizontes (Czarnowski, 2002; Obando, 2010; Rigg, 2014). Esto permitió completar una extensa red de experiencias en todas las condiciones climáticas y ecológicas de Costa Rica (Murillo, 2005; Murillo y Guevara, 2013). A pesar de estos grandes esfuerzos, la utilización de especies nativas en la reforestación nacional ha retrocedido y no supera el 10 % del total plantado anualmente (INEC, 2015; Murillo y Guevara, 2013).

Para desarrollar apropiadamente esta discusión sobre cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país, las especies deben concordar con una identidad. Entonces, ¿cuál es la

imagen que deseamos proyectar internacionalmente en materia forestal?, ¿cuál es nuestro elemento diferenciador de los demás países? Esta identidad país, debe concordar también con nuestras posibilidades reales de competitividad forestal.

Identidad forestal de Costa Rica

Si se analiza el potencial de competitividad del país en el mercado internacional de maderas, vemos que Costa Rica tiene desventaja por altos costos de producción. En otras, tierra cara de pequeñas dimensiones y mano de obra costosa, que no le permitirán competir fácilmente ante los gigantes suramericanos. El censo agrícola nacional del 2014 reporta un tamaño promedio de finca de 25,9 ha (INEC, 2015), y en el 2014 el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) reportó que el proyecto promedio de reforestación bajo el mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (PSA) fue también de 25 ha. Es decir, tenemos aquí el primer elemento de identidad: Costa Rica es un país de pequeños finqueros y de pequeños bosques que se podría definir como predominantemente como forestería de pequeña escala o “*Small Scale Forestry*”.

Los países sudamericanos por su parte, basan su estrategia forestal principalmente en la producción a gran escala, de madera blanca de pinos y eucaliptos, para su utilización como fibra y biomasa en la industria del papel o de la energía. En otras palabras, se basan principalmente en materia prima de bajo valor,

alto volumen o biomasa por hectárea, con otro tanto en tableros de varios tipos para el mercado de la construcción y del mueble. Aquí tenemos claramente elementos diferenciadores que nos ayudan a construir nuestra propia identidad forestal. Si relacionamos pequeños bosques con altos costos de tierra y de mano de obra, el camino evidentemente nos lleva hacia una forestería altamente tecnificada, muy eficiente, de la más alta calidad y productividad, para desarrollar productos de madera del mayor valor, es decir, el país del cultivo de maderas *gourmet*.

Este elemento concuerda casi perfectamente con la estrategia país en materia de café. Vemos como exitosamente nuestro sector cafetalero se ha enfocado en el nicho de mercado de cafés finos, de la más alta calidad y valor en el mercado. Mientras, grandes productores mundiales como Brasil y Colombia, siguen enfocados en un mercado de volumen y no de calidad de café. De la caficultura nacional, sin duda, podemos aprender mucho para nuestros propósitos; después de todo, el cafeto es un árbol.

En esta sintonía, aquí no caben entones maderas de baja densidad, de poca vistosidad o maderas blancas de bajo valor. Tenemos entonces aquí otro elemento diferenciador, nuestra silvicultura debe estar orientada hacia la producción del mayor volumen y calidad por árbol, cuya integración resultará en árboles de alto valor comercial de mercado. Como ejemplo práctico, un metro cúbico (m^3), que a groso modo se iguala con una tonelada de

madera de pino o eucalipto para la producción de fibra o energía, tiene un valor de mercado de entre US\$ 35 a US\$ 40. Mientras que un metro cúbico en bloque (420 pulgadas madereras ticas) de una especie como caoba o cedro, puede alcanzar un valor de entre US\$ 350 a US\$ 400.

Finalmente, el aspecto socio-económico y cultural también debe incorporarse. La larga y rica tradición cooperativista es parte de la identidad del país y debería aparecer en el escenario forestal. Sin embargo, el cooperativismo tradicional debe evolucionar hacia nuevos modelos asociativos de mayor dinamismo, mayor velocidad de toma de decisiones, al estilo de la cooperativa Dos Pinos, por ejemplo, que permitan una interconexión robusta entre productores, industriales, comercializadores e inversionistas de la madera. Podríamos entonces proponer, que la identidad forestal de Costa Rica debería basarse en las palabras clave: maderas *gourmet* y producción asociativa a pequeña escala.

Entonces, ¿con cuáles especies nativas debemos enfocar el trabajo estratégico? Desarrollado este preámbulo, podemos entonces abordar con mayor propiedad la pregunta que nos convoca, ¿cuáles especies nativas debemos desarrollar? Si se continúa con el argumento de producir maderas de alta calidad, maderas *gourmet*, el enfoque debe orientarse a especies de maderas duras y semiduras de alto valor de mercado reconocido, de alta trabajabilidad y fácil procesamiento en la industria. Entonces, estos son los primeros criterios: mercado y posibilidad

de transformación industrial. Aun así, la lista de especies potenciales continúa siendo extensa, y las especies a elegir deben ser pocas, a lo sumo 5 o 6 y con potencial de producción predominantemente en las zonas bajas del país (< 1 000 m s. n. m.), por la mayor extensión de territorio potencial.

Las especies a elegir deben ser posible de plantar en la mayor cantidad de condiciones de clima y suelos del país. Aquí tenemos limitaciones en el Pacífico seco de Costa Rica, donde su periodo de hasta 6 meses con déficit hídrico, limita a muy pocas especies nativas potenciales. Sin embargo, no necesariamente todas las especies deben poderse plantar en todas las condiciones de sitio.

Las especies nativas deben ser comunes a la mayor cantidad de países en la región. Es decir, con una distribución natural lo más amplia posible en América Latina. Esto implica asumir un liderazgo potencial en un futuro mercado de sus maderas, de sus necesidades tecnológicas y de asesoramiento científico y empresarial.

Finalmente, deben agregarse elementos silviculturales esenciales como: facilidad de propagación y de buen crecimiento en condiciones de plantación. Deben ser especies con la mayor facilidad posible de reproducción sexual o asexual. Especies dioicas podrían ser limitantes, a menos que

manifiesten una alta capacidad de reproducción vegetativa como el caso del pilón (*Hieronyma alchorneoides*). Si su semilla no puede ser almacenada (recalcitrantes) más allá de unos pocos meses, representa una limitación importante. El comportamiento en crecimiento es esencial. Las especies deben exhibir una tasa aceptable de crecimiento, que permita su cosecha final preferiblemente en un turno inferior a los 20 años. ¡Deben ser árboles que produzcan madera comercial!, su altura comercial puede ser un elemento discriminador.

En el último Censo Nacional de la Industria Forestal Primaria realizado en el 2010 (Camacho *et al.*, 2011), se anota que, en orden de utilización en el mercado de la madera nacional, aparece melina para tarima y mueblería con un consumo de 0,5 millones de m³/año, seguido por laurel (16 %), cedro (6 %), ciprés (6 %), pochote (5 %), pino (4 %) y pilón (3 %) del total del mercado. Se desprende del estudio que la industria del mueble costarricense consume de preferencia madera de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*) y laurel (*Cordia alliodora*). En síntesis, podría puntualizarse la estrategia de elección de especies nativas basado en los criterios que se describe en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Criterios de elección de especies nativas maderables prioritarias para Costa Rica

Criterio	Descripción
Mercado	Con amplia aceptación por su madera de alta calidad y alto valor en nichos de mercado nacional e internacional.
Características de madera	Especies de madera semidura (peso específico > 0,4) o dura (peso específico > 0,6), con pocas tensiones de crecimiento.
Distribución natural	Amplia distribución natural en toda la región tropical, común a la mayor cantidad de países posible. Alta variabilidad genética y potencial de adaptación en ambientes divergentes: cambio climático.
Potencial de plantación	Adaptación en ambiente de cultivo en plantación en zonas bajas (< 1 000 m s. n. m.), climas desde semi áridos (> 1 000 mm/año hasta con 6 meses de déficit hídrico), hasta muy húmedos (4 000 mm/año y sin déficit hídrico).
Propagación	Fácil propagación sexual y asexual, semilla anual y abundante, preferiblemente de fácil almacenamiento (ortodoxa).
Crecimiento	Buen comportamiento y tasa de crecimiento en ambiente de plantación no menor a un incremento medio anual (IMA) de 2 cm/año (turno < 20 años).

Siguiendo estos principios las cinco especies nativas que elijo como de alta prioridad para Costa Rica deben ser: guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y el almendro (*Dipteryx panamensis*). Esta podría constituirse en nuestra Lista A, de mayor prioridad y focalización de recursos de investigación, fomento, mercadeo, etc. Otras especies nativas potenciales también importantes, pueden registrarse en una Lista B, de menor prioridad, que recibirían menor atención y recursos, pero que sí podrían continuar a manera de investigación en un programa de más largo plazo. Podemos citar aquí al pilón (*Hieronyma alchorneoides*), cocobolo (*Dalbergia retusa*), caoba (*Swietenia humilis*), entre otras especies.

Podría concluirse que las especies nativas a elegir, deben concordar con la imagen de identidad y de proyección del país. Costa Rica debe proyectarse como el país de maderas *gourmet*. Los criterios de elección de especies nativas deben basarse en su valor de mercado reconocido; especies de madera semidura o dura; amplia distribución natural en toda la región latinoamericana; buen potencial de desarrollo en condiciones de plantación; de fácil propagación (sexual o asexual); y buena tasa de crecimiento anual. Las cinco especies nativas maderables prioritarias deben ser guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y el almendro (*Dipteryx panamensis*).

Referencias

- Alice, F.; Montagnini, F.; Montero, M. (2004). Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28 (2), 61-71.
- Alfaro, C. M. y Barrantes, P. (1995). *Estudio de adaptabilidad preliminar de 15 especies de altura en la zona sur de Costa Rica*. (Práctica de especialidad. B.Sc.) Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Arias, O. (2004). *Elaboración de una base de datos forestales para el proyecto forestal comercial de la EARTH* (Práctica de especialidad. B.Sc.) Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Arnáez, E.; Moreira, I.; Rojas, F.; Torres, G. (25-27, noviembre, 1992). Especies forestales nativas: una estrategia para las zonas altas de Costa Rica. *II Congreso Forestal Nacional*. San José, Costa Rica.
- Badilla, Y. (1998). *Planificación e inicio de un programa de especies forestales de altura para el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central* (Práctica de especialidad. B.Sc.). Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Badilla, Y.; Rodríguez, L.; Murillo, O.; Obando, G. (2000). *Avances en la clonación de cebo, botarrama, pilón y almendro. Programa de Mejoramiento y Conservación Genética de Especies Forestales*. ITCR/FUNDECOR. Reporte de Investigación N° 1. Cartago, Costa Rica.
- Badilla, Y.; Murillo, O.; Obando, G. (3-5, abril, 2002). Re-forestación con especies nativas en la zona norte del país. *Seminario Nacional sobre Especies Nativas*. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Boshier, D. H.; y Lamb, A. T. (1997). *Cordia alliodora: Genética y Mejoramiento de árboles*. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford. *Tropical Forestry Papers*, 36, 100.

- Butterfield, R. (1995). Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management* 75, 111-121.
- Butterfield, R. y Espinoza, M. (1995). Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. *New Forests*, 9, 135-145.
- Calvo, J.; Arias, D.; Barrantes, P. y Alfaro, C. (27-29, agosto, 1997). Resultados de adaptabilidad de 15 especies forestales para elevaciones medias de Costa Rica. *III Congreso Forestal Nacional*. San José, Costa Rica.
- Camacho, P. (1981). *Informe general del proyecto de "Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica"*. Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Cartago, Costa Rica.
- Chaverri, A.; Zúñiga, E. y Fuentes, A. (1997). Crecimiento inicial de una plantación mixta de *Quercus*, *Cornus*, *Alnus* y *Cupressus* en Costa Rica. *Biología Tropical* 45(2), 777-784.
- Czarnowski, M. (2002). *Suitability of native tree species for reforestation in the tropical dry forest of Costa Rica. Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica*. (Tesis licenciatura). Faculty for forestry Science and Forest Ecology of the Georg-August-University. Göttingen, Alemania.
- Delgado, A.; Montero, M.; Murillo, O. y Castillo, M. (2003). Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1), 63-78.
- González, E. y Fisher, R. (1994). Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70, 159-167.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica [INEC]. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario 2014*. San José, Costa Rica.
- Müller, E. (1993). *Estado actual del conocimiento sobre especies forestales para la reforestación en Costa Rica*. COSEFORMA/ITCR. Costa Rica.
- Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. y Sánchez, S. (2001). Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. (UNED) *Biocenosis* 15 (1-2): 66-71.
- Murillo, O.; Badilla, Y. y Obando, G. (3-5, abril, 2002). Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. *Seminario Nacional sobre Especies Nativas*. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Murillo, O. (2005). Hacia el cultivo de madera en Costa Rica y la desmitificación del debate entre especies exóticas y nativas. *Ambientico*, 139, 4-6.
- Murillo, O.; Guevara, V. (2013). *Estado de los recursos genéticos forestales de Costa Rica*. MINAET/FAO/CONAGEBIO. San José, Costa Rica.
- Obando, M. F. (2010). *Condición silvicultural actual y propiedades físicas y generales de la madera de Enterolobium cyclocarpum | y Samanea saman en plantaciones mixtas con especies nativas ubicadas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Liberia, Guanacaste* (Tesis licenciatura). Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Rigg, P. (2013). *Plan de Ordenamiento y Manejo para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste* (Tesis licenciatura). Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Rojas, F. y Torres, G. (1990). *Manejo de semillas y viverización para especies forestales nativas de importancia en las zonas altas de Costa Rica*. (Informe final. Proyecto de Investigación). Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.



Profesor emérito del
Centro Agronómico
Tropical de
Investigación y
Enseñanza-CATIE
(*decamino.ronnie@
gmail.com*)

Especies para la reforestación en Costa Rica: formando un activo de alto valor

..... ||
Ronnie de Camino Velozo



En el presente artículo se hace referencia tanto a reforestación como a plantación de árboles individuales en sistemas agroforestales (SAF) y sistemas silvopastoriles (SSP) dadas las características de las tierras disponibles en Costa Rica. Se responderá a una pregunta: ¿cuáles serían las especies nativas que Costa Rica debería plantar en el futuro? Se justificarán cinco especies emblemáticas para formar un activo maderable de alto valor. La propuesta consiste en plantar principalmente especies de maderas finas o duras, en las que el país y en general los países tropicales tienen ventajas comparativas y competitivas. Los criterios para selección fueron los siguientes:

1. Disponibilidad de tierras para plantación. Costa Rica es un país pequeño que al no disponer de grandes superficies deforestadas y degradadas, no puede competir con productores de madera como Brasil, Chile, Argentina y Uruguay y los países asiáticos, que han plantado grandes áreas principalmente de especies



Volver al índice

- commodities*¹ de rápido crecimiento de los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*, de corta rotación y alta productividad (Barrantes *et al.*, 2015).
2. En Costa Rica, el precio de la tierra es muy alto y solo especies de gran valor por unidad de volumen y por unidad de superficie plantada podrían competir con otros cultivos alternativos al bosque (Martínez, 2014) u otros usos como agro industrias y residencial.
 3. En los trópicos, muchas especies del bosque húmedo y seco, son de alto valor por la calidad y hermosura de su madera y no tienen competencia por parte de los países templados muy especializados en madera industrial. En los trópicos de África y América Latina están las 10 maderas más duras y las 10 más valiosas del mundo (FCI, 2018; Maderea, 2018; Numismática, 2018).
 4. Dentro de las especies finas o de alta densidad, es necesario tener en cuenta los ritmos de crecimiento, así como las propiedades de la madera. Hay maderas valiosas que tienen un crecimiento relativamente rápido en plantaciones y especialmente SAF y SSP (en los que no hay competencia por la luz) y otras en cambio son de crecimiento más lento y con

1 Se denomina *commodity* a todo bien que es producido en masa por el hombre o incluso del cual existen enormes cantidades disponibles en la naturaleza, que tiene un valor o utilidad y un muy bajo nivel de diferenciación o especialización (www.definicionabc.com/economia/commodities.php).

- algunas especies se tiene muy poca experiencia. Las especies de más rápido crecimiento tendrán mayores probabilidades en ser aceptadas por los dueños de fincas. Las especies valiosas se pueden plantar bajo el concepto de forestería de ingreso sostenible (FIS), en que se mezclan con producción agrícola, ganadera, de cultivos permanentes y de especies de más rápido crecimiento y así mejorar el flujo de caja del sistema (de Camino *et al.*, 2012).
5. El aumento de presencia de mercados emergentes, como los países árabes (Arabia Saudita, los Emiratos Árabes) y los países asiáticos (especialmente China y Japón) que son los principales consumidores de productos suntuarios. En el caso forestal, son consumidores de maderas finas con alta demanda y carecen de producción propia (Robbins, 2014).

Así las cosas, la propuesta de 5 especies que balancean el alto valor comercial con una tasa de crecimiento razonable serían: caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro amargo o cedro real (*Cederela odorata* L.), cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl.), almendro (*Dipteryx panamensis* Pitier) y el nogal (*Juglans neotropica* Diels.).

La caoba es una especie tradicional de mercados de maderas finas con precios altos en el mercado y crecimiento comparables con algunas especies de crecimiento rápido (INAB, 2017; Martínez,

2014b; Pérez, 2012). La especie muestra crecimientos de entre 1.6 y 14 m³/ha/año en madera, entre los 3 y los 30 años. En cuanto a precios, Perú exporta caoba aserrada de 1 570 a 1 655 US\$/m³ (Global Wood, 2016).

Hay que hacer varias consideraciones al plantar caoba. Se trata de una especie heliófita durable, es decir, necesita suficiente iluminación. Es atacada con intensidad por una polilla barrenadora conocida también como el taladrador de las meliáceas, la *Hypsipyla grandella* (Zeller). Sin embargo, se han desarrollado numerosas y exitosas estrategias para proteger el ataque de dicha polilla (Briceno, 1997; Calixto *et al.*, 2015; Espinoza y Coto, s.f.). Se estima que se puede desarrollar con una rotación de alrededor de 30 a 35 años.

El cedro (*Cedrela odorata* L.) es una especie de madera de alta calidad (SINAC, 2014 - 2015). Es una especie del mercado de maderas finas, pero por debajo de la caoba en precio. Por ejemplo, los precios FOB de Perú van de 949 a 977 US\$/m³ de madera aserrada, 30 % menos que la caoba (Global Wood, 2016). El crecimiento en volumen del cedro puede fluctuar entre 11 y 22 m³ por hectárea en rotaciones de 18 a 25 años (Cordero *et al.*, 2003).

Para plantar cedro es necesario considerar que es una especie heliófita durable — aunque tolera sombra ligera apropiada para sistemas agroforestales. También tiene susceptibilidad al ataque de *Hypsipyla grandella* (Zeller),

pero menos que la caoba. La calidad de la madera aumenta con la edad y genera un color rojo más intenso. Se recomienda rotaciones de 30 a 35 años de edad y es apropiada para plantar en mezcla con especies de rápido crecimiento. Raramente necesita de podas y hay que manejarla con raleos cuando sea necesario. La calidad del material genético es primordial pero el proceso de mejoramiento genético es incipiente. Hay buenos antecedentes para el manejo de plantaciones, de SAF y de SSP para realizar estimaciones económicas (Murillo *et al.*, 2015; Rojas *et al.*, 2018). La madera es aromática lo que la hace apta, entre otros, para muebles de alta calidad, cajas para ropa y cigarrillos.

El cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl) es la especie de mayor valor comercial del bosque de los neotrópicos usada en esculturas, mueblería y artesanía fina. El precio es proporcional a la cantidad de duramen presente en la madera, el cual oscila entre 1 000 y 4 000 por US\$/m³ en trozas.

Es una heliófita durable que necesita de un mínimo de luz para desarrollarse. Aunque crece de manera lenta y con forma bastante irregular, hay opciones de manejo que permiten mejorar la calidad de la madera para los mercados de exportación.

Puede plantarse en mezcla con otras especies, pero inicialmente requiere de una densidad alta para favorecer el crecimiento en altura y forma de los individuos. Aunque la experiencia con plantaciones es reducida y poca la superficie plantada, se ha reportado un incremento

medio anual (IMA) entre 2.95 y 6.4 m³/ha/año (Corrales, 2012; Cordero *et al.*, 2003). Una primera estimación de una rotación adecuada sería de 35 a 40 años para alcanzar árboles de 30 a 40 cm de diámetro.

Por ser una especie de lento crecimiento, la estrategia de forestería de ingreso sostenible (FIS) en mezcla con cultivos anuales, perennes o pecuarios, puede mejorar el flujo de caja de los productores, los cuales también van a depender de futuros ensayos de densidades y sistemas silvícolas.

Además del uso comercial de la madera, el cocobolo puede ser de gran utilidad en proyectos de restauración ecológica ya que crece bien en suelos marginales de alta acidez. Para estos fines existen fuentes de germoplasma apropiadas, particularmente en la Estación Experimental Forestal Horizontes, en la provincia de Guanacaste.

Adicionalmente tenemos el almendro, también conocido como almendro de montaña (*Dypterix panamensis*), que es una especie que produce madera estructural de muy buena calidad, con una alta densidad y gran resistencia a la intemperie. Se puede usar para construcción pesada tanto en estructuras verticales como como horizontales, lo cual le genera gran potencial con la tendencia mundial (Galeon, 2018) por construir edificios de madera de hasta 30 pisos. Adicionalmente, la madera de almendro se puede usar para postes, durmientes para ferrocarril,

puentes, carrocerías, pisos, muebles o tableros decorativos.

Su aprovechamiento está vedado en Costa Rica a pesar de no estar en peligro de extinción² (Cordero *et al.*, 2003). Se han medido crecimientos en volumen entre 5.3 m³/ha/año a los 11 años de edad. Se espera su turno sea de unos 30 a 35 años. El precio antes que se declarara la veda (2007) fue de 1 265 US\$/m³ aserrado (Barrantes *et al.*, 2007; Delgado *et al.*, 2003).

Los almendros demandan mucha luz en su crecimiento, así que para el desarrollo de plantaciones se recomiendan densidades de al menos 3x3 m, considerando que ramifican mucho. Si se planta de manera pura, requiere de podas y raleos; pero puede plantarse en mezcla con especies de crecimiento y gremio ecológico similar. En comparación con las tres especies antes mencionadas, crece muy bien en las llanuras aluviales bajo condiciones de bosque húmedo. Es adecuada para SF y SSP, siempre y cuando se hagan podas de copas.

La última especie propuesta es el nogal (*Juglans neotropica*). Esta especie nativa produce madera de alta calidad para mueblería, muy similar a la del nogal europeo (*Juglans regia* L.). Es especialmente apropiada para la fabricación de muebles de estilo que perfectamente podrían tener mercado en Europa. Es una especie que crece entre los 500 y hasta los 2 500

² La veda es por su asociación con la alimentación y anidamiento de la lapa verde (ave en peligro de extinción).

m s.n.m., en suelos fértiles y bien drenados, especialmente los suelos volcánicos. Debido a que los suelos con dichas condiciones tienen un alto precio, difícilmente se conseguirá que algún propietario tenga una plantación cerrada de esa especie. Sin embargo, puede plantarse en cafetales o en linderos de fincas produciendo excelentes resultados.

Se podría considerar una rotación de entre los 30 y 40 años logrando así una alta proporción de duramen. Los árboles alcanzan alturas y diámetros considerables. El autor ha medido árboles de 30 m de altura y 87 cm de diámetro a los 27 años de edad. Lamentablemente, la especie ha sido poco estudiada y no hay cifras disponibles de crecimiento en volumen/ha/año ni de precio por m³ (Geilfus, 1994; Cordero *et al.*, 2003).

Plantar nogal requiere un poco de atrevimiento porque es una especie poco probada. Aunque se ha plantado en SAF en Nicaragua (Matagalpa) y en Costa Rica (Puriscal y Palmar), no se han realizado análisis de crecimiento, aspecto que requiere urgente investigación, tanto en plantaciones, como en árboles en SAF y aislados. También se requiere mayor recolección sistemática de semillas —que sí están disponibles— y de información de mercado, particularmente de precios de la madera.

Finalmente, la reforestación de estas especies —de alto valor y lento crecimiento— tanto en plantaciones cerradas como en SAF y SSP, no podrá ser exitosa si antes no se crean ciertas condiciones tales como:

1. *Desarrollo de incentivos especiales:* los montos de los incentivos deben ser más altos y que cubran un período de tiempo más largo en comparación con los incentivos actuales. Tienen que diseñarse incentivos y productos financieros a lo largo de toda la cadena de valor y una certeza jurídica, económica y comercial (Quesada, 2008).
2. *Programa de mejoramiento genético:* en la actualidad hay diferentes iniciativas de mejoramiento genético conducidas por personas investigadoras de manera individual, por universidades, centros de investigación, empresas privadas y estaciones experimentales. Sin embargo, es necesario integrar las diferentes iniciativas para dar pasos coherentemente.
3. *Investigación orientada hacia la alta calidad:* un ejemplo clave es estudiar la fisiología para producir más duramen. En la mayoría de las especies finas, hay bonos fuertes de precio mientras mayor sea la proporción de duramen en el volumen total³. Se puede plantar con clones frescos de brotes de árboles con alta proporción de duramen o con clones de material fisiológicamente viejo (parte alta de las copas).
4. *Lugares de producción industrial adecuados al contexto del país:* difícilmente en Costa Rica se harán

³ Esto es un secreto a voces entre la mayoría de los grandes plantadores de teca desde Panamá hasta Guatemala.

grandes plantaciones con las especies sugeridas, y la mayoría de ellas serían pequeños bosquetes puros o árboles en SAF y SSP. Esto implica hacer una muy buena planificación de la industria de procesamiento, para así integrar horizontal y verticalmente los productores industriales y fabricar productos de alto valor agregado.

5. *Diseños innovadores y pertinentes:* los fabricantes deben producir lo que el mercado demanda y no solo lo que ellos quieren producir. Por tratarse de maderas finas hay una amplia demanda, pero se requiere de diseños innovadores que agreguen mayor valor.
6. *Inteligencia de mercado:* las empresas más exitosas en plantaciones forestales han desarrollado estrategias de mercado que les permitan obtener lo máximo de su producto. Como en el país aún debemos esperar para tener una base crítica de plantaciones maduras, hay tiempo de empezar a diseñar una estrategia completa que integre las tendencias mundiales de consumo y la aparición de nuevas demandas en forma permanente.

Referencias

- Barrantes, A. y Ugalde, A. (2015). *Balanza comercial y principales tendencias de las exportaciones e importaciones de madera y muebles de madera en Costa Rica. Estadísticas 2015*. ONF.
- Barrantes, A. y Salazar, G. (2007). *Precios de la madera en Costa Rica (Primer semestre 2007)*. Oficina Nacional Forestal.
- Briceño, A. (1997). Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las meliaceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller). *Revista Forestal Venezolana*, 41(1), 23-28.
- Calixto, C.; López, M.; Equihua, A.; Lira, D. y Cetina, B. (2015). Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* en respuesta al manejo nutrimental. *BOSQUE* 36(2), 265-273. DOI: 10.4067/S0717-92002015000200012 265
- Cordero, J. y Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Research Institute; CATIE. Forestry Research Programme.
- Corrales, J. (2012). *Determinación de ecuaciones de volumen y coeficiente mórfico para la especie Dalbergia retusa en la zona Parrita, Punta Arenas, Costa Rica* (Tesis licenciatura) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- de Camino, R.; Morales, J.; Villalobos, R.; Navarro, G.; Ortega, M.; Henao, E. y Sage, L. (2012). Forestry of Sustainable Income (FIS): to value forests and forest lands. *Tercer Congreso Latinoamericano de IUFRO*. IUFROLAT.
- Delgado, A.; Montero, M.; Murillo, O. y Castillo, M. (2003). Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1), 63-78.
- Espinoza, H. y Coto, J. (s.f.). *Evaluación de estrategias para el control del barrenador de los brotes de la caoba (Hypsipyla grandella) (Zeller) (Lepidóptera: Pyralidae)*. Departamento de Protección Vegetal. Instituto Hondureño de Investigación Agrícola.
- Forum de Comercio Internacional (FCI). (2018). *Productos de madera con alto valor añadido*. Recuperado de <http://www.forumdecomercio.org/Productos-de-madera-con-alto-valor-a%C3%B1adido/>

- Galeon, D. (2018). *Three reasons why it's a good idea to build skyscraper out of wood*. Futurism. Recuperado de <https://futurism.com/three-reasons-skyscraper-wood/>.
- Geilfus, F. (1994). *El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural. Guía de Especies*. ENDA-Caribe, CATIE.
- Global Wood. (2016). *International Log and Sawwood Prices*. Recuperado de http://www.globalwood.org/market/timber_prices_2016/aaw20160202.htm
- INAB. (2017). *Caoba. Swietenia macrophylla*. Paquete Tecnológico Forestal. Guatemala.
- Robbins, S. (2014). Altos precios de exótica madera impulsan tala ilegal en Panamá. *InsightCrime*. Recuperado de <https://es.insightcrime.org/noticias/noticias-del-dia/altos-precios-de-exotica-madera-impulsan-a-la-tala-ilegal-en-panama/>
- Martínez. (2014). *Barreras que desalientan el cultivo de madera "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono"*. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal Forest Monitoring System for REDD+ Costa Rica.
- Martínez, H. (2014). *Preselección de especies en la consultoría "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono"*. ONF.FONAFIFO, Banco Mundial
- MEDEREA. (2018). *Las 10 maderas más duras del mundo*. Recuperado de <https://www.maderea.es/las-diez-maderas-mas-duras-del-mundo/>
- Murillo, O.; Badilla, Y.; Rojas, F.; Torres, G.; Carvajal, D.; Canessa, R. (2015). *Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores*. (Informe final de proyecto de investigación). ITCR. Cartago, Costa Rica.
- Numismática. (2018). *Las 10 maderas más caras del mundo*. Recuperado de <https://www.numaniaticos.com/top-10-maderas-mas-caras-del-mundo/>
- Pérez, G.; Domínguez, M.; Martínez, P. y Etchevers, J. (2012). Caracterización Dasométrica e Índices de Sitio en plantaciones de Caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques* 18(1), 7-24. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000100002
- Quesada, R. (2007). Los Bosques de Costa Rica. Exploraciones fuera y dentro del aula. *IX Congreso Nacional de Ciencias*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Quesada, R. (2008). Especies forestales vedadas en Costa Rica. Centro de Investigación en Integración Bosque Industria Escuela de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica. *10º Congreso Nacional de Ciencias y Estudios Sociales*. Universidad Nacional, Pérez Zeledón, Costa Rica.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación [SINAC]. (2014). *Protocolo de campo para la identificación de especies arbóreas. Inventario Forestal Nacional de Costa Rica. Volumen 3. Información taxonómica y dendrológica de las especies arbóreas de Costa Rica*. Recuperado de http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=6



Director del Centro
Soltis para la
Investigación y
Educación en Costa
Rica, Texas A&M
University (*egonzalez.
soltis.center@tamu.edu*)

Especies forestales nativas para la reforestación comercial en las principales biorregiones de Costa Rica

..... || **Eugenio González J.** ||



La madera, en sus diferentes usos y productos, siempre ha ocupado un espacio importante en la economía de los países, y Costa Rica no es la excepción. La demanda de productos maderables ha sido siempre creciente, no así la disponibilidad de fuentes maderables, pues las áreas de plantación comercial, y las especies forestales plantadas, así como los rendimientos esperados, no parecen satisfacer las demandas del mercado. Lo anterior deja un desbalance en cuanto a la exportación e importación de productos forestales para Costa Rica, alcanzando más de \$ 37 millones de déficit comercial en el 2017 (Barrantes y Ugalde, 2018). Por otro lado, el bosque primario como fuente de madera, por lo menos en el caso de Costa Rica, no es una opción real. A pesar que la ley forestal sí lo permite, han existido múltiples barreras que han impedido el manejo de bosques (Camacho, 2015), hasta tal punto que hacia el 2010 solo el 3 % de la madera para consumo local provenía de bosques naturales, en contraposición al casi 30 % que se reportó para 1998 (Barrantes, 2008).

Una alternativa para satisfacer el mercado local de madera es la reforestación comercial; sin embargo, dicha actividad



Volver al índice

pocas veces ha recibido la atención y el financiamiento necesarios. Hacia el 2009, Costa Rica contaba con poco más de 74 000 hectáreas reforestadas (Martínez, 2014), con una producción de productos forestales equivalentes al 78,1 % del total de madera consumida a nivel nacional. Por otro lado, según Tuk (2010), las principales maderas utilizadas en Costa Rica provienen del bosque natural, no necesariamente de las plantaciones, pues pocos o ninguna plantación con especies nativas ha alcanzado el tamaño ni la edad para ser aprovechadas comercialmente. Entre las especies mencionadas están las de madera dura y pesadas, como el almendro (*Dipteryx panamensis*), el jícaro (*Lecythis ampla*), amargo o cocobolo de San Carlos (*Vatairea lundellii*), o semiduras como el gavilán (*Pentaclethra macoloba*), el pilón (*Hyeronima alchorneoides*) o el maría (*Calophyllum brasiliense*), entre muchas otras.

A pesar de la poca atención que han recibido las plantaciones forestales comerciales en Costa Rica, durante las

últimas tres décadas se ha promovido su establecimiento, con el principal objetivo de satisfacer a futuro la demanda de productos madereros y de igual forma reducir el uso de madera proveniente de los bosques naturales. Solamente a través del programa de Servicios de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) del Ministerio de Ambiente y Energía, desde 1998 al 2013, se plantaron más de 32 000 hectáreas (FONAFIFO, 2014, citado por Martínez, 2014). Llama la atención que la mayor proporción (~75.0 %) del área plantada usó especies exóticas como melina (*Gmelina arborea*), teca (*Tectona grandis*) y acacia (*Acacia mangium*), con muy poco uso de las especies nativas (**Cuadro 1**); igual situación se reportó en la década de 1980 (Camacho, 1981; Dirección General Forestal, 1988) cuando la investigación sobre la producción y manejo de las especies nativas era apenas incipiente. En otras palabras, las especies forestales nativas para la reforestación comercial aún no son bien aceptadas.

Cuadro 1. Especies forestales plantadas a través del programa de Pagos por Servicios Ambientales en Costa Rica entre 1998 y 2013

Especie	Área plantada		Origen
	(Ha)	(%)	
<i>Gmelina arborea</i> (melina)	10 652	33,0	Exótica
<i>Tectona grandis</i> (teca)	12 231	37,9	Exótica
<i>Vochysia guatemalensis</i> (cebo)	2 151	6,7	Nativa
<i>Acacia mangium</i> (acacia)	1 343	4,2	Exótica
<i>Pinus spp</i> (pino)	925	2,9	Exótica
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	119	0,4	Nativa
No identificadas	2 674	8,3	
Otras especies	2 191	6,8	
Total	32 286	100 %	

Fuente: Martínez (2014)

Cuando de reforestación comercial se trata, existen muchas variables o consideraciones a hacer. La selección de las especies, independiente de la modalidad de plantación forestal (una especie, plantación mixta, agroforestería, entre otras), depende en mayor grado de los siguientes factores (Evans, 1992): los objetivos del proyecto, consideraciones geográficas y climáticas, cualidades de las especies, aceptación por el consumidor y el mercado, facilidad de venta, costo de producción y el consumo interior.

Para el caso particular de Costa Rica, Gómez (1986) identificó, desde el punto de vista biogeográfico y climático, y utilizando el factor altitudinal y precipitación como macrovariables de clasificación, 5 macrorregiones, las cuales son: 1) Pacífico Norte o seco, con lluvias estacionales y menos de 2 000 mm/año; 2) Pacífico Sur o húmedo, con un patrón de lluvia a lo largo de casi todo el año y con hasta 3 500 mm/año; 3) Valle Central, con una altitud media de 1 100 m s.n.m. y una precipitación hasta de 2 500 mm/año y de dos a tres meses sin lluvia; 4) Vertiente del Norte, en elevaciones bajas y medias (menos de 500 m s.n.m.) y lluvia de más de 4 000 mm a lo largo del

año, y 5) Vertiente Caribe, elevaciones bajas y medias, con más de 4 000 mm/año y prácticamente si meses secos. Ahora bien, basado en esta macro clasificación, es entonces necesario considerar diferentes especies o grupos de especies para la reforestación, teniendo como objetivo primario la producción de madera y sus subproductos. Se sugieren las siguientes especies para la reforestación comercial (**Cuadro 2.**).

Dichas especies se justifican siguiendo ciertos criterios a partir de la macrorregión. El primero de ellos es la capacidad de adaptabilidad y potencial de crecimiento. Por varias décadas se ha realizado investigación sobre el crecimiento en plantación de las especies mencionadas. En la biorregión del Pacífico Norte o seco, con ensayos establecidos en la década de 1980 se mostró gran adaptabilidad y crecimiento del *P. quinata* (Chaves y Chinchilla, 1990). Árboles de dicha especie, provenientes de raleos, alcanzaron un diámetro promedio de 27.7 cm, altura media de 19.4 m y un volumen medio de 70.2 m³/ha. Similares resultados han reportado para esta y otras especies en la misma biorregión (Hughell, 1991; Molina, 2002; Montero *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Especies nativas para la reforestación comercial según región biogeográfica de Costa Rica

Biorregión (según Gómez, 1986)	Especie forestal recomendada
Pacífico Norte o seco	Pochote (<i>Pachira quinata</i>) Roble sabana (<i>Tabebuia rosea</i>)
Pacífico Sur o húmedo Vertiente Norte Vertiente Caribe	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) Pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>) Chancho (<i>Vochysia guatemalensis</i>) Amarillón o roble coral (<i>Terminalia amazonia</i>)
Valle Central	Jaúl (<i>Alnus acuminata</i>) Cedro amargo o cedro real (<i>Cedrela odorata</i>)

Para las regiones húmedas, tanto en el Caribe y Pacífico, se han establecido parcelas experimentales, con resultados sorprendentemente buenos en cuanto a adaptación y crecimiento. Butterfield y Espinoza (1995) reportaron sobrevivencias en plantaciones de 4 años de edad mayores a 80 % para *V. guatemalensis*, *H. alchorneoides*, y crecimientos diamétricos anuales de hasta 2.0 y 3.0 cm, respectivamente. Dichos resultados se han reportado y reconfirmado para otros sitios en ambas vertientes (Arias, 2004; Gonzalez y Fisher, 1994; Montagnini *et al.*, 1995). Similares resultados han sido reportados para *C. alliodora* en plantaciones puras y en sistemas agroforestales (Somarriba *et al.*, 2001). Para muchas de las especies, hasta modelos de crecimiento ya han sido desarrollados (Murillo *et al.*, 2015).

En cuanto a las especies de las zonas medias y altas, como en la biorregión del Valle Central, además de abundantes en su distribución natural, las especies de *Alnus acuminata* y *Cedrela odorata* ya han sido plantadas, tanto en forma experimental como con fines comerciales. Los resultados siempre han sido muy promisorios, tanto en monocultivo como en sistemas agrosilvopastoriles (*A. acuminata*) y agroforestales (*C. odorata*) (Camacho y Murillo, 1986; CATIE, 1986; González-Rojas *et al.*, 2018)

El segundo criterio para justificar dichas especies es la calidad de la madera y su valor en el mercado. Como especies nativas, su madera ha sido ya procesada y utilizada en el ámbito nacional, e incluso internacional.

De igual forma, varios estudios han mostrado la excelente calidad de la madera proveniente de plantaciones para cada una de las especies mencionadas (ver Arnaez y Flores, 1988; Moya *et al.*, 2009).

Finalmente, se consideran los aspectos silviculturales. Muchas veces se ha argumentado que no disponemos de suficiente información de especies nativas para producirlas más extensivamente, y entre esta carencia se menciona fuentes de semillas, la producción y manejo en vivero, los cuidados culturales, manejo de las plantaciones, solo para mencionar algunos. Estos y otros considerandos han sido en su mayoría ya abortados en los últimos 20 años (ver Boshier *et al.*, 1995, 1995a, Chase *et al.*, 1995; González, 1991; Mesen, 1998; Montagnini *et al.*, 1995). Documentación al respecto ya existe para las especies, e incluso para muchas ya se han realizado investigaciones en técnicas de propagación y mejoramiento genético (Mesen y Vásquez, 2009). Igualmente, en cuanto a suelos o calidad de sitio, existe ya información científica suficiente para iniciar la reforestación comercial con especies nativas (Alvarado y Raigosa, 2012; Mora *et al.*, 2015).

Si bien es cierto que ya existe suficiente información técnica sobre las especies maderables nativas, aún quedan aspectos por resolver; como por ejemplo, la disponibilidad de semillas de calidad o la variabilidad de la calidad de la madera provenientes de plantaciones; sin embargo, estas limitaciones se pueden resolver o mejorar con el

tiempo. Para empezar, se debe desarrollar pronto con un programa nacional de identificación, protección y conservación de árboles semilleros, dándoles a los dueños de los árboles o de los bosques, incentivos para protegerlos y proveer dichas semillas.

No es el momento de pensar en sustituir las plantaciones con especies exóticas, lo cual sería un error, pero sí incentivar el uso de las especies nativas, aunque sea a pequeña escala. Por ejemplo, que un porcentaje del área a reforestar, sobre todo cuando existen incentivos financieros estatales para hacerlo, deba realizarse con al menos una especie nativa. Igualmente, se debe de incentivar la investigación o monitoreo en las plantaciones, con protocolos técnicos y profesionales que permitan responder preguntas en el largo plazo.

Como último considerando, no es conveniente seleccionar una u otra especie forestal bajo el criterio de si es exótica o nativa. La especie que mejor se ajuste para cumplir los objetivos de la reforestación es la que debe usarse, independiente de si es nativa o no.

Referencias

- Alvarado A. y Raigosa J. (Eds). (2012). *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales*. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Arias A. D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)*, 1(2), 1-11.
- Arnáez, E. y Flores, E. (1988). Características de la madera de *Cedrela odorata* L. (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 36(1), 67-73.
- Barrantes R. A. y Ugalde A. S. (2017). *Balance comercial y principales tendencias de las importaciones y exportaciones de madera y muebles de madera en Costa Rica, estadísticas 2017*. Oficina Nacional Forestal. Recuperado de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/balanza-comercial-2017.pdf>
- Barrantes, A. (2008). El desabastecimiento de madera en Costa Rica: causas, efectos y propuestas de solución. En Organización para Estudios Tropicales; CRUSA y CATIE. *El abastecimiento sostenible de madera en Costa Rica* (pp. 23-40). San José, Costa Rica.
- Boshier D. H., Chase M. R. y Bawa, S. (1995). Population genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae), a neotropical tree. 2. Mating systems. *American Journal of Botany* 82(4), 476-483.
- Boshier D. H., Chase M. R. y Bawa, S. (1995). Population Genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae), a Neotropical Tree. 3. Gene Flow, Neighborhood, and Population Substructure. *American Journal of Botany* 82 (4), 484-490.
- Camacho Calvo, A. M. (2015). *Diagnóstico corto sobre las barreras que desalientan el manejo de bosques naturales en Costa Rica y propuestas de solución*. Consultoría "Fomento del manejo sostenible de los bosques naturales (MFS) para la mejora y conservación de las reservas de carbono". Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Recuperado de <https://onfcr.org/media/uploads/documents/diagnostico-corto-mfs-bosques-en-cr.pdf>
- Camacho, P. (1981). *Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica*. Cartago, Costa Rica. ITCR-DGF.
- Camacho P. y Murillo O. (1986). *Algunos resultados preliminares de la epidometría del jaúl *Alnus acuminata* (H.B.K.) O. Kundze*. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (1986). *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en*

- América Central*. (Informe Técnico No. 86.). Turrialba, Costa Rica.
- Chaves, E. y Chinchilla, O. (1990). Manejo de densidad en rodales de pochote (*Bombacopsis quinata* (Jacq) Dugand) en las tierras bajas de Costa Rica. *Revista Uniciencia* 7(1 y 2), 3-13.
- Chase M. R., Boshier D. H. y Bawa. S. (1995). Population Genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae), a Neotropical Tree. 1. Genetic Variation in Natural Populations. *American Journal of Botany* 82 (4), 468-475.
- Dirección General Forestal (DGF), Costa Rica. (1988). *Censo de la industria forestal 1986-1987*. MIRENEM,091 DGF. San José, Costa Rica.
- Evans, J. (1991). *Plantation forestry in the tropics. 2nd Edition*. Clarendon Press, Oxford.
- Gómez, L. D. (1986). *Vegetación y Clima de Costa Rica. Volumen 1. Vegetación de Costa Rica, apuntes para una biogeografía costarricense*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Gonzalez J. E. (1991). Ensayos preliminares con semillas de 35 especies nativas del bosque húmedo tropical. *Revista Biología Tropical*, 39(1), 47-51.
- González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R. y Ávila Arias. (2018). Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 129-144.
- Hughell, D. (1991). Modelo preliminar de rendimiento para pochote (*Bombacopsis quinata* (Jacq) (Dugand) en Costa Rica y Panamá. *Silvoenergía* 39.
- Martínez H., H. A. (2014). *Preselección de especies en la consultoría. "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono"*. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Recuperado de http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/FF_5_reforestacion.pdf
- Mesen, F. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE, Serie Técnica, Manual Técnico No. 30, 36 p.
- Mesen F. y Vásquez W. (2009). Variación genética de procedencias y familias de *Vochysia guatemalensis* a los 18 años de edad en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 33(2), 157-170.
- Molina, M. A. (2002). Inducción del proceso de restauración del bosque seco tropical en el área de conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. En Universidad Nacional e INISEFOR. *Ecosistemas Forestales de Bosque Seco Tropical. Investigaciones y Resultados en Mesoamérica*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional; INISEFOR.
- Montagnini, F., González, E., Porras, C., y Rheingans, R. (1995). Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4), 306-314.
- Montero, M., Viquez, E. y Kanninen, M. (2003). Manejo silvicultural y rendimiento de *Bombacopsis quinata*. En J. Cordero y D. H. Boshier (Eds.), *Tropical Forestry Papers No.39: Bombacopsis quinata un árbol maderable para reforestar*. Oxford, Reino Unido: Oxford Forestry Institute.
- Mora, F., Muñoz, R., Meza, V. y Fonseca, W. (2015). Factores edáficos que influyen en el crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en la región Huetar Norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 39(1), 71-89.
- Moya, R., Leandro, L. y Murillo, O. (2009). Características de la madera de *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis* y *Hyeronima alchorneoides* plantadas en Costa Rica. *Bosque* 30(2), 78-87.
- Murillo, O., Badilla, Y., Rojas, F., Torres, G., Carvajal, D. y Canessa, R. (2015). *Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores* (Informe final, Proyecto de Investigación). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago Costa Rica.
- Somarriba, E., Valdivieso, R., Vásquez, W. y Galloway, G. (2001). Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 51(2), 111-118.
- Tuk Durán, J. (2010). *Madera: diseño y construcción*. San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica.



Director Ejecutivo
de CODEFORSA
(jmendez@codeforsa.org)

La reforestación con especies nativas: análisis de la situación en la Región Huetar Norte de Costa Rica

Jhonny A. Méndez Gamboa
Luis Fernando Pérez Obando



Director Técnico,
CODEFORSA
(lperez@codeforsa.org)



El estudio *Usos y aportes de la madera en Costa Rica*, elaborado por Barrantes y Ugalde (2017), determinó que la producción sostenible de madera, se encuentra seriamente amenazada. Esto debido a una reducción significativa de la tasa de reforestación y del manejo sostenible de los bosques, que está generando una acelerada liquidación de las plantaciones forestales.

En la Región Huetar Norte de Costa Rica, área de influencia de la asociación Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), en los últimos años se han venido aprovechando en una forma acelerada las plantaciones que se establecieron en la época de auge de la reforestación, con el agravante de que no se ha continuado con el ritmo de siembra para mantener una oferta constante de madera proveniente de plantaciones y así abastecer la industria de la madera.

La mayoría de la reforestación (por no decir toda), realizada en la Región Huetar Norte, se ha ejecutado con el apoyo de los pagos por servicios ambientales (PSA), que brinda el Estado costarricense, por medio del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). El PSA se refiere al beneficio que brindan los bosques y plantaciones



Volver al índice



forestales y que inciden en la protección y mejoramiento del medio ambiente. El PSA se basa en la premisa de compensar a los propietarios de bosques privados por mantener en un tiempo determinado sus ecosistemas forestales, los cuales proveen una serie de servicios ambientales a la sociedad costarricense.

Se distinguen cuatro servicios ambientales: mitigación de gases de efecto invernadero, protección del recurso hídrico, biodiversidad (sus ecosistemas de soporte) y belleza escénica. El PSA se otorga a dueños de bosques y plantaciones forestales que poseen títulos de propiedad privada.

En la **Figura 1** se muestra el área reforestada en la Región Huetar Norte, según datos suministrados por la Oficina Regional de San Carlos del FONAFIFO (Herrera, 2018, comunicación personal); para en el periodo comprendido entre los años 2003 al 2013 fue de 12 311 hectáreas, para una media de 1 119 por año.

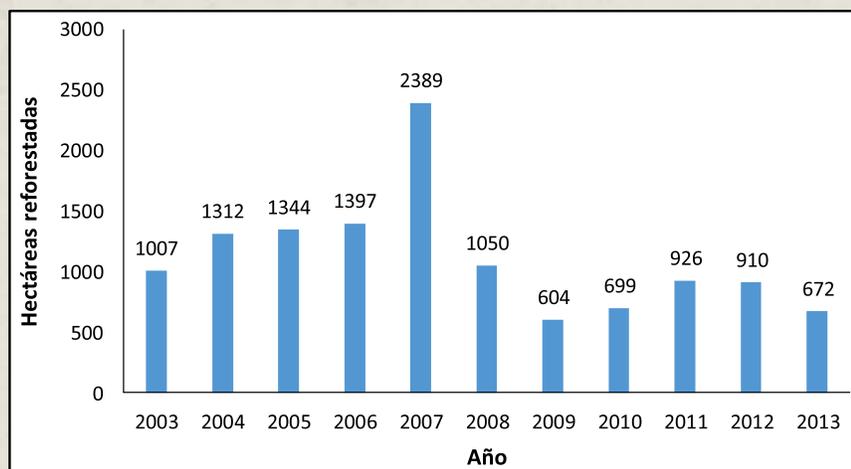


Figura 1. Área reforestada en la Región Huetar Norte en el periodo 2003-2013

Se observa un leve aumento de la reforestación del 2003 al 2007, que algunos expertos atribuyen al aumento de los montos que el FONAFIFO aplicó a los PSA en esos años. Pero a partir del año 2007, se nota una disminución del área reforestada, que hoy podría ser mucho mayor a los datos presentados.

A partir del análisis de información de varias comisiones en donde hemos participado con el objetivo de reactivar la reforestación, se enlistan algunas posibles causas del porqué la baja en el área sembrada: a) Altos costos de la tierra y competencia por otros usos de la misma, las plantaciones no rentan, sobre un costo mayor de la tierra de \$ 2 000/ha, donde el área efectiva para siembra no supera el 50 %; b) Altos costos de mano de obra, cargas sociales, energía eléctrica y costos de transporte de la madera a las industrias; c) Alta dependencia del PSA, para fomentar la reforestación; d) La madera importada, sustitutos y la

tala ilegal afectan el precio y la comercialización de la madera de plantaciones y de bosques; e) Problemas de selección de sitios de siembra y de selección de las especies, falta de manejo silvicultural y asistencia técnica; f) No se tiene claro el negocio forestal, el para qué reforestar.

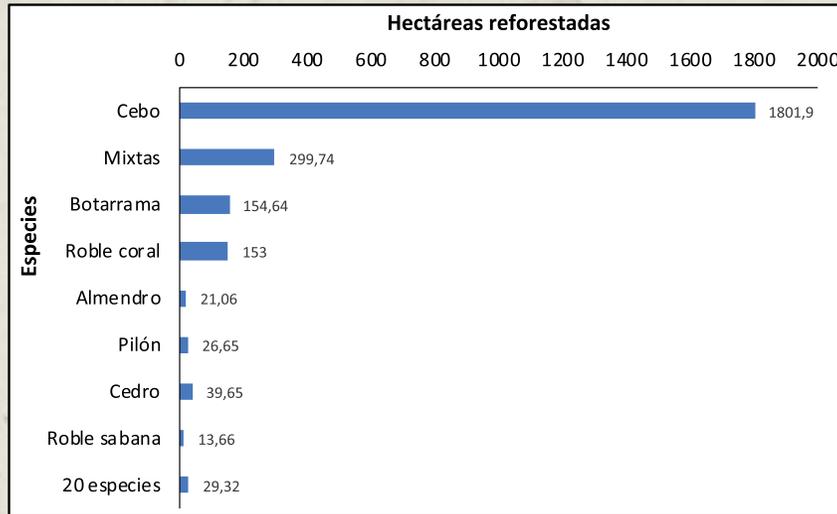


Figura 2. Especies nativas reforestadas en la Región Huetar Norte en el periodo 2003-2013

En la Región Huetar Norte, el 79 % del total reforestado en el periodo 2003-2013 ha sido con especies exóticas, equivalente a 9 771 hectáreas. Del total, se sembraron 6 324,61 ha de melina (*Gmelina arborea*). La segunda especie en importancia de siembra es la teca (*Tectona grandis*) con cerca del 20 % del total reforestado (2 398,6 ha); luego está la acacia (*Acacia mangium*) con 1 012,2 ha. También se determinaron la siembra de otras especies, en cantidades no significativas, tales como la *Terminalia ivorensis* (12,86 ha), *Eucaliptos sp* (12,2 ha), *Pino sp* (2 ha) y *Paulownia tomentosa* (0,42 ha).

Durante ese mismo periodo se reforestaron 2 538,3 hectáreas con especies nativas, equivalente al 21 % del total sembrado. Tal como se visualiza en la **Figura 2**, la mayoría de lo reforestado con especies nativas, corresponde al cebo (*Vochysia guatemalensis*), de la cual se sembraron 1

801,1 ha, seguido por 154,64 ha con botarrama (*Vochysia ferruginea*), lo que nos indica que las *Vochysia* dominan la reforestación con nativas en la Región, con un 77 % de lo sembrado.

Además, en la región se están estableciendo 299,74 ha de plantaciones mixtas (bloques con varias especies nativas, probablemente con alta presencia de *Vochysia*

sp), 153 hectáreas de roble coral (*Terminalia amazonia*), 21,06 hectáreas de almendro (*Dipteryx panamensis*), 26,65 hectáreas de pílón (*Hyeronima alchorneoides*), 39,63 hectáreas de cedro (*Cedro sp*), 13,66 hectáreas de roble sabana (*Tabebuia rosea*) y 39,32 hectáreas distribuidas en 20 especies nativas, tal como se presenta en el **Cuadro 1**. Por tanto, en el periodo 2003 al 2013 se reforestó con un total de 28 especies nativas en la Región Huetar Norte.

A continuación, se analizan las especies nativas que CODEFORSA recomienda para reforestar en las fincas de sus asociados. Como primera opción se recomienda la especie conocida como cebo (*Vochysia guatemalensis*). Esta es la especie nativa más utilizada en la región; según mediciones registradas por el Departamento Técnico de CODEFORSA, a los 15 años de edad la plantación tendría un diámetro medio a la altura de pecho

Cuadro 1. Otras especies nativas plantadas durante el periodo 2003-2013

Especie	Hectáreas	Especie	Hectáreas
Caobilla	3,1	Manú	4,28
Gallinazo	4,4	Laurel	5,6
Ojoche	4,2	Guapinol	0,12
Laurel	5,6	Fruta dorada	1
Espavel	0,64	Sota caballo	1,26
Guanacastillo	0,2	Ceiba	1,5
Corteza amarilla	0,3	Cedro maría	0,12
Cocobolo	0,2	Cristóbal	0,14
Cortez negro	0,002	Cirrí colorado	0,14

(DAP) de 29,6 cm (**Figura 3a**), crecimiento considerado muy bueno, según lo reportado por Delgado *et al.* (2003), quien determinó un crecimiento DAP a los 9 y 11 años entre 22,6 y 24,6 cm. Aunque fue la especie de mayor demanda para proyectos de reforestación en la región, hoy día al darse su cosecha, principalmente de raleos, no ha tenido mucha aceptación en el mercado. Por ejemplo, para tarimas, nos indican que tiene problemas con el amarre del clavo y es propensa a producir una mancha oscura en la madera cuando no se protege.

Por su parte, la botarrama (*Vochysia ferruginea*) es la especie de mayor demanda en la

actualidad por parte de los reforestadores para determinadas zonas, particularmente por el ataque de *Nectria sp* que están sufriendo las plantaciones de melina (*Gmelina arborea*). Tal como se muestra en la **Figura 3b**, a los 5 años, se tienen DAP medios de 14,7 cm. Hasta la fecha esta especie es muy demandada por los industriales por las bondades de su madera.

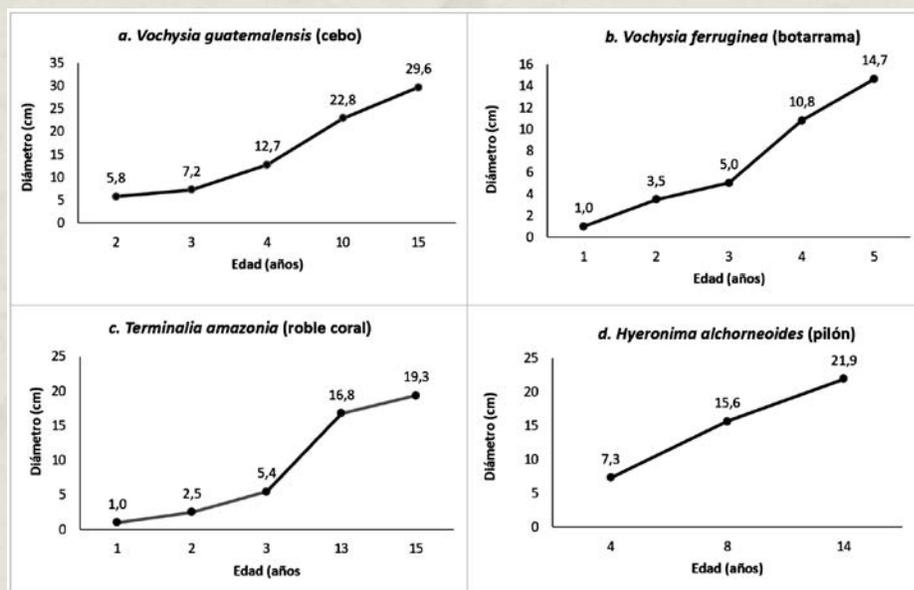


Figura 3. Incremento medio anual de las especies nativas estudiadas por CODEFORSA

Otra especie de importancia es el amarillón o roble coral (*Terminalia amazonia*). Durante mucho tiempo fue una de las nativas más utilizadas en proyectos de reforestación por su buen comportamiento en rodales naturales de regeneración. Hoy día, su demanda es baja y según datos de CODEFORMA (**Figura 3c**) su crecimiento es regular, de 19,3 cm DAP a los 15 años, cerca de 10 cm menor que *V. guatemalensis*. Adicionalmente, los resultados de las plantaciones cosechadas no son muy alentadores, ya que la madera al aserrarse revienta.

El pilón (*Hyeronima alchorneoides*) también fue una especie nativa pionera en proyectos de reforestación. Hoy se utiliza muy poco, con solamente 26,65 ha en 11 años. Entre las recomendadas por CODEFORSA para proyectos de reforestación es la que presenta el menor crecimiento (**Figura 3d**).

Que especie recomendar depende principalmente de dos factores: a) demanda del mercado, es decir, que al momento de obtener productos ya sea durante los raleos o la cosecha final existan personas compradoras interesadas; b) que se conozca su paquete silvicultural, es decir, que exista información sobre procedencias y acceso a semillas con mejoramiento genético, disponibilidad de plántulas, e identificación de sitios según la especie. Por tanto, recomendamos principalmente la reforestación con botarrama (*Vochysia ferruginea*) ya que tiene demanda en el mercado y seguidamente cebo (*Vochysia*

guatemalensis), porque se conoce su paquete silvicultural. El amarillón o roble coral (*Terminalia amazonia*) y el pilón (*Hyeronima alchorneoides*) aún requieren una selección de sitios, ya que generalizar su siembra, en nuestra experiencia, produce más fracasos, que éxitos.

Finalmente, quisiéramos recalcar la gran importancia que tiene plantar con un objetivo claro sobre el negocio forestal, sobre el tipo de producto que se desea generar, ya sea madera para mueblería, tarimas, formaleta o para construcción. Por ejemplo, en la actualidad la especie exótica que más se reforesta es la melina (*Gmelina arborea*); sin embargo, la persona que reforesta firma un contrato PSA donde se compromete a brindar una serie de servicios ambientales por al menos 10 años, no obstante, al año 7 la corta por presión del mercado de tarimas, lo que no solo genera una renta subóptima, sino además incumple el contrato realizado con el Estado costarricense.

Referencias

- Barrantes, A. y Ugalde, S. (2017). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas del 2016*. Oficina Nacional Forestal, San José. Costa Rica.
- Delgado, A., Montero, M., Murillo, O. y Castillo, M. (2003). Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(1), 63-78.



Encargada del Programa de Restauración y Silvicultura en el Área de Conservación Guanacaste, SINAC-MINAE (*mgutierrez@acguanacaste.ac.cr*)

Opciones para reforestación comercial con especies nativas en zonas secas de Costa Rica

..... || **Milena Gutiérrez Leitón**



La reforestación es una opción de cultivo —en terrenos de uso forestal y agropecuario— de forma más permanente y menos intensiva, debido a que el ciclo de producción es de largo plazo. En casos como este, es de suma importancia planificar los turnos de corta para generar flujos de ingresos más constantes, posterior al cumplimiento del primer turno de aprovechamiento. Esto es de carácter estratégico cuando la meta es iniciar un proceso o cambio cultural para aumentar la productividad en fincas mediante usos forestales, pues los primeros años requieren una alta inversión.

Según el censo agropecuario realizado en el 2014 (INEC, 2015), nuestro país cuenta con más de 2,4 millones de hectáreas de uso agropecuario, con fincas de diferentes tamaños, desde las más grandes en Guanacaste, con un promedio de 54,6 ha por finca, hasta las más pequeñas en Cartago, con un promedio de 9,7 ha por finca, y un promedio nacional de 25,87 ha por finca. Al ser nuestro país de pequeños y medianos productores, si queremos realmente impactar el cambio de uso de suelo hacia uno descarbonizado, a través del aumento en el número de árboles en las fincas, las estrategias de fomento



Volver al índice

a la reforestación deben estar dirigidas al cultivo de árboles de alta rentabilidad, que permita en terrenos pequeños la convivencia de usos agropecuarios con la producción forestal de alto valor comercial.

Es por esta razón, que desde 1990, el Programa de Restauración y Silvicultura (PRS), del Área de Conservación Guanacaste, se dio a la tarea de desarrollar un proceso de investigación silvicultural con especies forestales nativas de alto valor comercial del bosque seco tropical. Al día de hoy, se cuenta con valiosos resultados, a pesar de los limitados recursos disponibles para investigar en campos como el mejoramiento del material genético o el manejo forestal de los mismos proyectos.

Con este antecedente y considerando que los datos que dan origen a nuestras recomendaciones provienen de las parcelas permanentes de medición y otras investigaciones que se han realizado dentro del ensayo de plantaciones experimentales mixtas, establecidas en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) en el año 1991, utilizando material genético de origen silvestre y con un mínimo de manejo silvicultural (que consistió en chapas y rodajeas durante los primeros años y algunos raleos de sanidad posteriores a 1997), nos atrevemos, como Programa, a enlistar las cinco especies nativas con mayor potencial para la reforestación comercial en las fincas privadas con regímenes de lluvia secos o sub-húmedos a partir de estas experiencias de crecimiento.

En primer lugar, por calidad de la madera y su alta producción de volumen

por árbol son el cenízaro (*Samanea saman*) y el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*). Ambas especies son utilizadas para mueblería, artesanías, ebanistería, parquet y construcción (Obando, 2010), incluyendo artesones observados en algunas casas en la provincia de Guanacaste. Ellas presentan un crecimiento muy similar tanto en diámetro y altura, como respecto al patrón arquitectural, con alturas totales superiores a los 14 metros. Su primera troza, que en promedio es de 3 metros de largo con diámetro promedio para guanacaste de 39,2 cm y para cenízaro de 37,0 cm, es donde se concentra el mayor volumen, pero con un gran potencial de producción de volumen en ramas secundarias, pues estas conservan bastante grosor hasta los 6 y 7 metros de altura. De acuerdo a Tenorio, Moya, Salas y Berrocal (2016), en un estudio realizado donde se incluyeron estas dos especies provenientes de la misma plantación experimental, a los 20 años de edad ambas contaban con una alta durabilidad de madera y una alta producción de duramen.

Siguiendo con el tema de calidad, podemos destacar también el crecimiento de la caoba (*Swietenia macrophylla*), la cual en estos 27 años alcanzó un diámetro promedio de 20,6 cm y una primera troza comercial de 3,2 metros. Individuos de esta especie han sido sometidos a diferentes pruebas de laboratorio por diferentes entidades académicas que han requerido el material en diferentes momentos. Cabe destacar en cada corta de individuos, una baja proporción de albura, por lo que, a

pesar de su bajo crecimiento en diámetro, casi todo el volumen producido en la plantación es aprovechable.

Como cuarta opción en nuestra lista, aparece el cocobolo (*Dalbergia retusa*). Por su altísima calidad de madera y atractivo para piezas de artesanía y ebanistería en el mercado asiático, esta especie hoy en día está siendo sometida a una altísima presión ilegal, llegando a ser robada en fincas de las regiones Chorotega y Pacífico Central.

Cocobolo ha presentado crecimientos bastante cercanos a caoba en cuanto a diámetro y altura, alcanzando una altura total de 11,1 metros y un diámetro promedio de 17,9 cm con una primera troza comercial de 2,7 metros. Sin embargo, considerando el uso de la especie, vale la pena preguntarse: ¿cuál será el producto final? Con un proceso de industrialización muy eficiente, es posible que las ramas y hasta las raíces puedan ser volumen comercial, pues en cortas realizadas para efectos de raleo, a los 14 años de edad, ya se lograba observar duramente de entre 4 y 7 cm de diámetro en la base del árbol.

Sería interesante —por la altísima densidad que presenta la especie en su albura— realizar pruebas para elaborar parquet y algunos otros productos alistados con esta sección de las trozas. Otra característica destacable de la especie a nivel silvicultural, es su gran tolerancia a suelos de tipo vertisol, lo cual la convierte en una gran opción para reforestar o realizar enriquecimiento de bosques, en suelos con características limitantes. Ciertamente, para esta especie todavía hay camino

por recorrer en la parte de investigación, especialmente en procesos de mejoramiento y conservación genética, así como en tratamientos silviculturales que permitan obtener mejores crecimientos y el fomento de una mayor proporción de duramen.

El aceituno (*Simarouba glauca*) es nuestra última propuesta para reforestación. Aunque es una madera no tan fina (blanca y suave), es de muy alta trabajabilidad, lo cual podría ser una opción para sustituir especies exóticas que se producen o importan en nuestro país para la fabricación de una gran cantidad de productos que requieren este tipo de madera. Aceituno es la especie con el tercer mejor crecimiento en el ensayo de plantaciones mixtas de 1991 ubicado en la EEFH, alcanzando alturas totales de 13,1 m y un diámetro promedio de 26,8 cm, con una troza comercial de 3 metros. A pesar de su atractivo crecimiento, esta especie no ha podido ser sometida a investigaciones de laboratorio e industrialización, por lo que carece de mucha información en este sentido.

Existen en el ensayo otras especies que poseen crecimientos atractivos (**Figura 1**). Por ejemplo, guachipelín (*Diphysa americana*) y carboncillo (*Acosmium panamense*), que son maderas muy duras, normalmente utilizadas para postes y piezas de corral en la provincia, pero que consideramos requieren de una mayor investigación en cuanto a sus propiedades, pues por su dureza podrían ser consideradas para otros tipos de construcciones.

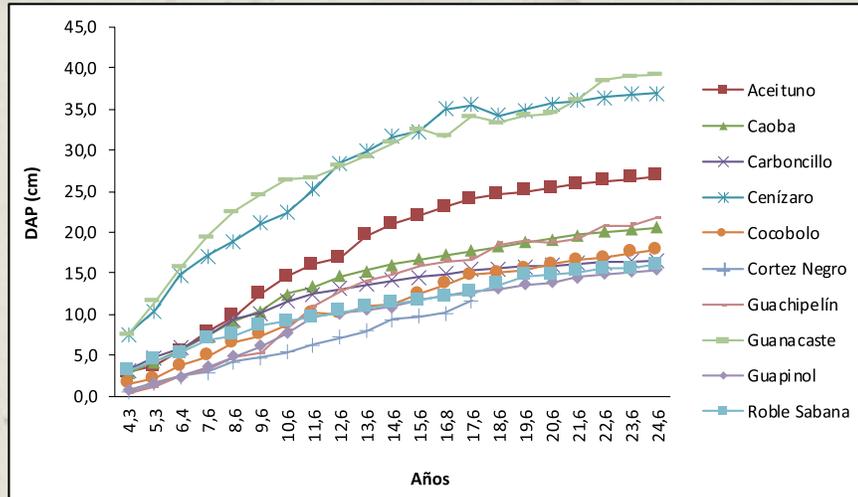


Figura 1. Crecimiento en diámetro para diez especies forestales nativas en plantación mixta (etapa 1991) en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste, Costa Rica.

en las zonas secas del país. Aunque aún falta camino por recorrer, especialmente en el tema de industrialización y comercialización, ya se cuenta con un panorama más claro para iniciar un proceso de producción forestal altamente sostenible y basado en la calidad de la madera de nuestras especies autóctonas.

Es importante resaltar que existen muchas otras especies que aún no han contado con procesos de investigación formales, o al menos con datos públicos, pero que con el debido esfuerzo de investigación podrían aportar, en algunos años más, una mayor variedad a la lista aquí presentada. Llamen la atención el laurel negro (*Cordia gerascanthus*) y el cristóbal (*Platymiscium parviflorum*), dos especies que han sido plantadas por el PRS en años anteriores, con fines de conservación y que hoy día se pueden observar en el campo como árboles robustos.

En conclusión, al día de hoy y gracias a los procesos de investigación básica que se realizan en la EEFH, podemos recomendar con certeza el cultivo de estas cinco especies, que han demostrado su alto potencial para la reforestación comercial

Referencias

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados generales*. San José, Costa Rica: INEC. Recuperado de <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/rea-gropeccenagro2014-002.pdf>
- Obando, M. (2010). *Condición silvicultural y propiedades físicas y generales de la madera de Enterolobium cyclocarpum y Samanea saman en plantaciones mixtas de 19 años con especies nativas, en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Liberia, Guanacaste* (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Tenorio, C., Moya, R., Salas, C., Berrocal, A. (2016). Evaluation of wood properties from six native species of forest plantations in Costa Rica. *Bosque*, 37(1), 71-84.



Investigador, Escuela
de Ingeniería Forestal,
Instituto Tecnológico
de Costa Rica
(rmoya@itcr.ac.cr)

La producción de madera de especies nativas en plantaciones comerciales: una opción real

..... || **Róger Moya**



La producción de madera en Costa Rica tiene en la actualidad tres fuentes: a) bosques naturales, b) plantaciones y c) sistemas agroforestales. Otra fuente es la madera importada, la cual también proviene de plantaciones forestales. La principal producción de la madera nacional se origina en plantaciones forestales, la cual representa casi el 50 %. Si a este porcentaje le sumamos la madera importada, la fuente de plantaciones forestales puede estar suministrando cerca del 75 % de toda la madera que se consume en el país.

Adicional al mercado de la madera están la pulpa, la biomasa para quemar y el carbón, los cuales en Costa Rica pueden significar cientos de millones de dólares anualmente. Por tanto, la madera producida a partir de plantaciones forestales tiene un mercado casi garantizado; así las cosas, las plantaciones de especies nativas, pensando solo en la demanda del mercado, no presentaría problemas de comercialización.

En Costa Rica la reforestación con especies nativas tiene muchas y variadas experiencias, y cada especie puede ser especificada:



Volver al índice

- Laurel (*Cordia alliodora*): fue una de las primeras especies nativas en ser probadas en plantaciones; sin embargo, no fue posible producir materia prima para los aserraderos de las plantaciones, ya que esta especie presentó problemas de forma y sobrevivencia en estos lugares.
- Pochote (*Pachira quinata*): se plantó en un área importante al inicio, pero se observó que el mercado estaba acostumbrado a pochote de bosque natural —una madera de color rojiza y buena durabilidad del duramen— pero los árboles de plantación presentan poco desarrollo de este tejido, por lo que se establecen turnos de rotación de 25 años. Además, los árboles no presentaban buena forma, por lo que la cantidad de trozas comerciales por árbol eran limitadas. Sin embargo, de los últimos parches comerciales de esta especie, la madera fue utilizada y vendida fácilmente en paneles de madera sólida para la fabricación de muebles.
- Amarillón (*Terminalia amazonia*): es otra especie de madera que se ha dejado de reforestar comercialmente a pesar que ocupó importantes áreas en la región de Pérez Zeledón. El principal problema es que la madera es muy diferente a la de árboles del bosque natural. Además, se señala que la madera de árboles de plantación presenta problemas de rajaduras y ataque de insectos a los pocos días de haberse cortado el árbol, y torceduras durante el aserrío. La madera obtenida de las plantaciones fue aprovechada en gran porcentaje en la fabricación de tarimas.
- Cebo (*Vochysia guatemalensis*): es una especie buena en la producción de trozas en las plantaciones; sin embargo, a nivel industrial se le señalan dos problemas fundamentales: la madera aserrada muestra defectos de torceduras, rajaduras y rápidamente es atacada por insectos u hongos; pero aún más grave, esta especie tiene alto problema de secado.
- Botarrama (*Vochysia ferruginea*) y jául (*Alnus acuminata*): ambas especies no presentan problema desde el punto de vista de la industrialización y mercado de las trozas; sin embargo, la cantidad de área reforestada es poca como para establecer un mercado sobre estas especies.
- Almendro (*Dipterix panamensis*) y pilón (*Hieronyma alchorhoides*): son dos de las especies de reforestación con madera de alta densidad, sobre 0,6 g/cm³. En el establecimiento de plantaciones comerciales han sido establecidas en áreas importantes. Sin embargo, se le señalan tres problemas principales: a) dificultades en el proceso de aserrío primario; b) alta incidencia de torceduras en el proceso de secado; c) carencia en el desarrollo de productos para su comercialización.
- Cedro (*Cedrela odorata*): es una especie con potencial de comercialización por poseer una alta aceptación en el mercado

y porque se ha plantado una importante área en sistemas agroforestales.

- Otras especies: también existe otro grupo de especies, en especial de maderas altamente decorativas, tales como guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), caoba (*Swietenia macrophylla*), sura (*Terminalia oblonga*), ron ron (*Dalbergia retusa*). Sin embargo, ninguna de ellas tiene un área importante para el establecimiento de mercado para este tipo de madera, ya que muchas de ellas han sido plantadas a nivel de ensayos. Un aspecto a destacar, es que, en este grupo de especies, la producción de duramen no se va a alcanzar a edades tempranas, se piensa que la calidad es aceptable cuando el árbol alcance una edad sobre los 15 o 20 años.

Las trozas que son producidas en las plantaciones pueden ser dirigidas a diferentes usos, no obstante, a nivel nacional hay mercados que pueden condicionar el uso de la madera de plantaciones forestales, siempre que cuente con un área importante para establecer un mercado. A continuación, algunos de ellos.

Mercado de tarimas. Este mercado en la actualidad es el más importante, y es poco exigente en lo referente a la calidad; no obstante, está condicionado por varios aspectos: madera de color blanca, trozas menores a 22 cm, pocas torceduras al secarse naturalmente, poca propensión de ser atacada por insectos y hongos, y finalmente, madera de densidad media.

Mercado de madera aserrada para construcción. Aunque en el pasado el mercado de la madera aserrada era muy amplio, se tenía que tener oferta de al menos ocho diferentes productos; sin embargo, en la actualidad, y debido a la influencia de la importación de la madera, la oferta de productos ha disminuido notablemente a cinco tipos de productos de madera aserrada: regla de 1 x 2, regla de 1 x 3, regla de 2 x 4, artesón de 2 x 6 y formaleta de 1 x 12. Además de la madera moldurada de ½ x 3 o ½ x 4.

Mercado para mueblería. Llama la atención la construcción de paneles de madera sólida a partir de tablas aserradas de bajas dimensiones (1 x 3) luego de ser saneadas. Esta tecnología ha estado presente en mercado costarricense por muchos años.

Mercado de bioenergía. Este es el mercado más reciente para la biomasa residual generada en las etapas de aprovechamiento o de aserrío. No obstante, no está en todas las regiones del país y no es rentable trasladar largas distancias los residuos debido a su bajo costo y el alto del transporte.

Aquellas especies nativas plantadas y que se pueden clasificar en la categoría de decorativas, van a ser sometidas, por parte del consumidor, a una estereotipación a partir de su familiaridad con la madera proveniente de bosque natural. Este tipo de madera, por lo general, es apreciada por su alta durabilidad y por sus características decorativas dadas por el duramen.

Debido a que la madera de plantación no posee las características antes mencionadas (porque la cantidad de duramen es muy

baja y el color es diferente a la madera del bosque natural), no se ha logrado vencer dicho estereotipo, dando lugar a que haya una desmotivación del sector de reforestación. Sin embargo, algunas de ellas, con el desarrollo actual del mercado, pueden incursionar fácilmente, siempre que cumpla con las condiciones de buena forma de troza y que por árbol se puedan obtener varias trozas.

La madera, para poder ser introducida en el mercado, requiere de un volumen relativamente constante, así el consumidor la llega a conocer y consecuentemente comprar. En el pasado las especies de bosque natural, aunque se tenían pocos árboles por hectárea, tenían la ventaja que sus volúmenes por árbol eran altos, y había poca variabilidad en dimensiones de las trozas. Además, por la cantidad de especies que se utilizaban, varias de ellas podrían formar un mercado específico para las maderas. En el caso de la madera de plantación —debido a su variabilidad y que las dimensiones de las trozas son bajas— necesita volúmenes apropiados para desarrollar un mercado, tener buen desempeño en los procesos industriales y desde luego un mercado establecido. Considerando estos 3 aspectos, a continuación, se orienta sobre las posibilidades de usos y condiciones para las especies nativas.

En la fabricación de ataúdes tradicionalmente se ha utilizado jaúl; sin embargo, en los últimos años ha habido una escasez de esta especie, por lo que la madera de plantaciones podría suplir este mercado. Especies

como el cebo y botarrama podrían ingresar, pero deben mejorar aspectos como el secado.

A pesar del poco duramen, el pocho-te de plantaciones mostró que tiene buena aceptación en el mercado de los tableros de madera sólida para la fabricación de muebles. Esta misma situación pasaría con algunas especies importantes como laurel, cedro, guanacaste, cenízaro y caoba. Además de esto, en Costa Rica se tiene la ventaja que hay un desarrollo importante de este mercado a partir de estas maderas, sin importar si hay o no presencia de madera de duramen. No obstante, para desarrollar esto es necesario contar con un área que permita con todas ellas juntas producir al menos 20 m³ de madera en troza por semana (10 500 m³ en troza por año).

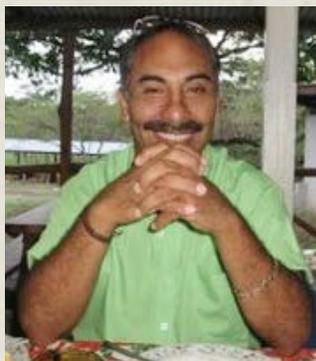
El mercado para construcción se mantendrá y es necesario contar con dimensiones y volúmenes apropiados. En el caso de las dimensiones, se requiere por lo general, espesores menores a 5 cm y anchos menores a 7,5 cm, dimensiones fáciles de obtener de trozas provenientes de plantaciones forestales de especies como almendro, botarrama y pilón. Sin embargo, es necesario desarrollar la experiencia en el procesamiento de estas especies, subsanar los problemas de secado (**Cuadro 1**), mejorar la preservación de la madera, y desde luego, aumentar el área a reforestar con estas especies.

Finalmente en los últimos años ha surgido el mercado de la bioenergía, específicamente las astillas obtenidas de los residuos de plantaciones o del proceso de aserrío. Para este tipo de mercado las maderas de plantaciones no tiene restricción alguna.

Cuadro 1. Valorización de la posibilidad de uso de especies nativas en condiciones de reforestación en Costa Rica basado en 3 aspectos: reforestación, procesamiento de la madera y mercado

Aspecto	Parámetro	<i>Pachira quinata</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Hieronyma atichomoides</i>	<i>Dipterix panamensis</i>	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Enterobium ciliocarpum</i>	<i>Samanea saman</i>	<i>Scaevola macrophylla</i>
Reforestación	Área plantada para comercial	se dejó de plantar	hay plantado	área importante	no se planta	área importante	área importante	área importante	no se planta	no se planta	no se planta
	Forma del árbol	irregular	uniforme	buena	buena	buena	buena	irregular	irregular	irregular	irregular
	Cantidad de trozas	de 2 a 3	de 5 a 10	de 5 a 10	de 5 a 10	de 5 a 10	de 5 a 10	de 3 a 5	de 2 a 3	de 2 a 3	de 3 a 5
Procesamiento industrial	producción de duramen	sobre 25 años	sobre 25 años	sobre 25 años	sobre 25 años	a partir de 4 años	a partir de 4 años	a partir de 4 años	a partir de 4 años	a partir de 4 años	a partir de 4 años
	Degaste herramientas	normal	normal	normal	normal	normal	moderado	normal	normal	normal	normal
	Torceduras durante aserrijo	poca presencia	alta presencia	poca presencia	poca presencia	alta presencia	alta presencia	poca presencia	poca presencia	poca presencia	poca presencia
	Almacenamiento de trozas	hasta 1 mes	menos 2 semanas	hasta 1 mes	hasta 1 mes	menos 2 semanas	menos 2 semanas	hasta 1 mes	hasta 1 mes	hasta 1 mes	hasta 1 mes
	Defectos de secado	bajo	medio	alto	bajo	alto	alto	bajo	bajo	bajo	bajo
Mercado	Preservación	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura	solo albura
	Tarimas	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
	Construcción	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	Muebles	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	Energía	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Estereotipo	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+

Nota: En la sección de mercado “+” indica mayor presencia y “-” menor presencia o ausencia en ese mercado.



Experto en silvicultura de plantaciones y comercialización forestal (ronald.guerrero@hotmail.com)

¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en Costa Rica para ser cultivadas comercialmente?

..... || **Ronald Guerrero Aguilar**



Deseo primero describir algunas de las principales experiencias profesionales en que establecimos plantaciones forestales con especies nativas. Desde mis inicios como profesional forestal (1979) participé en los primeros proyectos de reforestación de Costa Rica, donde empecé reforestando con laurel en Dos Río de Upala y en Guápiles y pochote en Bagaces, Guanacaste.

Durante esta época la reforestación en Costa Rica estaba dando los primeros pasos y no se tenía experiencia, así que todo fue prueba y error a nivel de semillas, preparación de terreno, mantenimiento y manejo de plantaciones. Pero no me cabe la menor duda que estas experiencias y resultados son los que marcaron el norte que debíamos seguir para el futuro desarrollo de plantaciones forestales en Costa Rica.

Ambas especies nativas —laurel y pochote— con las que se empezaron las plantaciones forestales en 1979, son muy conocidas por el mercado de la construcción en nuestro país, por su uso y facilidad de trabajar. Los errores más importantes que se cometieron al plantar ambas especies —y



Volver al índice



que no conocíamos— fueron: en el caso del laurel, muchos de los terrenos donde se plantó fueron barridos con tractor (D-4) y plantados en suelos no tan fértiles y ácidos; en el caso del pochote, fue la procedencia de la semilla, que no fue bien seleccionada; lo expuesto lo afirmo porque 10 años después de plantado pudimos ver que el factor genético jugaba un papel muy importante en el desarrollo y crecimiento de dichas plantaciones.

Entre 1980 y 1990 participamos en diversos proyectos de reforestación con laurel (*Cordia alliodora*) y guayabón (*Terminalia oblonga* y *T. ivorensis*) y es claro que conforme fuimos desarrollando experiencias, el paquete tecnológico para plantaciones forestales fue mejorando tanto a nivel de selección de semillas, selección de sitios, preparación de terreno, así como en otros aspectos. Considero que durante el periodo del 1979-1990 lo que limitó el impulso de la plantación con especies nativas fue que las seleccionadas no tenían un crecimiento igual o mejor que la melina que fue una de las especies que más se plantó en Costa Rica, cerca de 150 000 mil hectáreas, principalmente de la Zona Norte de Costa Rica.

Lo que interesaba era que la especie plantada creciera rápido para que el dosel se cerrara así bajar los costos de mantenimiento (recordemos que el impulso de las plantaciones forestales en Costa Rica se dio principalmente por los incentivos fiscales a la reforestación). Comparativamente, el laurel y el pochote no superaban a la melina u otras

especies exóticas en cuanto a crecimiento, máxime, como se indicó, que no se contaba con buenas fuentes de semilla o información sobre procedencias.

Entre 1990 y 2000 fue la época en donde la reforestación en Costa Rica dio un salto importante al alcanzar los primeros 20 años de un ciclo de producción (1979-2000). Se desarrolló una experiencia no solo con especies nativas, sino también con especies introducidas como melina y teca principalmente. Entre las empresas pioneras destacan: Maderas Cultivas, con melina, Pan American Woods (PAW) y Buen Precio, con teca, Maderas Preciosas Costa Rica (MACORI) S. A. con teca y especies nativas, quienes desarrollaron paquetes tecnológicos con especies exóticas. La empresa MACORI tenía dentro de su visión de negocio, incursionar con por lo menos un 5 % de su área de plantación anual con especies nativas, dentro de las cuales podemos citar: ron ron, cocobolo, cedro, caoba, guayabón y pochote. Esta empresa llegó a tener aproximadamente 1 000 hectáreas de pochote y nativas.

Después de la experiencia desarrollada en una primera etapa de aprendizaje con laurel y pochote principalmente (1979-1990), y luego una segunda experiencia con mayor madurez profesional con maderas duras como ron ron y cocobolo, semiduras como pochote, cedro y caoba (1990 - 2000), se empezaron a mejorar los protocolos de recolección de semillas y se establecieron ensayos de procedencia con pochote en diferentes sitios; inclusive se iniciaron los primeros raleos de pochote

y se comercializó madera en rollo; posteriormente se industrializó la madera para el mercado nacional en productos comerciales como artesones, tablilla, molduras para cuadros y tableros. Maderas Cultivadas compró madera de pochote en rollo e inició la producción y comercialización de pochote como tableros.

Cabe mencionar que sobre las primeras trozas de pochote que se industrializaron en la industria primaria de San Ramón (Alajuela) las personas decían que de dónde venía ese pochote tan uniforme y de buen color (rojizo), ya que el pochote de plantación normalmente tenía mala forma y su color era bastante blanco. Aquí deseo demostrar lo relevante que son los paquetes tecnológicos de las especies nativas que se decida recomendar y promocionar, lo cuales deben mejorarse con buen material genético, selección de sitio, preparación, mantenimiento y manejo de plantación óptimos. Su resultado debe reflejar una buena madera que el mercado pueda absorber para su industrialización y procesamiento en la industria primaria y secundaria.

Desde mi punto de vista y con la experiencia vivencial adquirida en 38 años de ejercicio profesional con la práctica de prueba y error, considero que laurel y pochote son las especies forestales nativas que debemos priorizar en Costa Rica para ser cultivadas comercialmente, tanto por el trabajo y experiencia con ellas por más de 20 años, así como su gran demanda por el mercado nacional en la industria

secundaria. Le siguen el cedro y la caoba, dos meliáceas que son muy apetecidas por el mercado, aunque se diga que son susceptibles al ataque de la polilla *Hypsipyla grandella* (Zeller). La experiencia adquirida en cuanto al manejo silvicultural de estas especies con la poda, esta plaga se puede controlar sin utilizar productos químicos, y aunque este punto ha sido debatido por innumerables expertos, puedo demostrar que, con manejo cultural de poda periódicas y bien definidas, una plantación de caoba puede cumplir con un ciclo de producción mínimo de 20 años o más.

En esta época de continua innovación tecnológica, deseo recalcar, que si se desarrollan bien los paquetes tecnológicos como: selección de fuentes semilleras, establecimiento de ensayos de procedencia en diferentes sitios para validar los materiales, reproducción clonal con las mejores procedencias, selección de sitios para los requerimientos de cada especie y una adecuada preparación, mantenimiento, y manejo de plantaciones, los resultados para las especies nativas deben ser muy diferentes.

También debo mencionar los casos del cebo y el pilón, sobre los cuales se debe continuar recopilando parte de la experiencia que se desarrolló en la Zona Norte, además de maderas preciosas como cocobolo, cristóbal, guayacán real y ron ron.

En conclusión, dar énfasis a las maderas más conocidas comercialmente en el medio: laurel, pochote, cedro,

caoba, pilón, cebo; y el grupo de maderas preciosas que debemos por obligación rescatar (cocobolo, cristóbal, guayacán real y ron ron).

Hay que considerar la posibilidad de recopilar todas las procedencias de las especies nativas que se decida promover tanto de empresas privadas como de instituciones de educación superior nacionales e internacionales; pongo como ejemplo el material genético de caoba que ha recogido la Universidad Nacional. Si se pudiera contar con estos materiales para iniciar el proceso de mejoramiento, sería un éxito porque los materiales se validan y si a esta opción agregamos la reproducción clonal, definitivamente podríamos avanzar en el mejoramiento del paquete tecnológico de cada una de las especies nativas que se seleccionen. Hay

que apostar a desarrollarlo como lo ha logrado hacer Maderas Cultivadas con melina y Novelteak con teca, por poner un par de ejemplos.

Finalmente, quiero enfatizar tanto en la industrialización de la materia prima como en la caracterización tecnológica de las especies nativas a nivel de plantación. Es necesario demostrar las bondades de estas especies de plantación en comparación con las características tecnológicas de ellas mismas a nivel natural; la producción de madera proveniente de raleos y cosechas finales debe introducirse al mercado a través de un proceso, porque, al fin y al cabo, son los consumidores los que deberán demandar las materias primas de las especies nativas acá recomendadas.



Estudiante de la Maestría Interdisciplinaria en Gestión Ambiental y Ecoturismo, UCR (jorge.salmeron@ucr.ac.cr)



Investigador del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, UCR (jorge.valeriovargas@ucr.ac.cr)



Investigadora de la Escuela de Biología, UCR (laura.garcia_j@ucr.ac.cr)



Investigador del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología y la Escuela de Biología, UCR (mario.espinoza_m@ucr.ac.cr)

Los juegos ecológicos y la recreación ambiental como estrategias para la conservación del pez sierra

Jorge Salmerón-Ramírez

Jorge Valerio

Laura García Jiménez

Mario Espinoza



La extinción es una condición a la que se exponen todos los seres vivos, en la cual se puede dar la desaparición de los individuos que conforman una población, a una escala de impacto puntual o masivo (Castellanos, 2006). Entre las principales amenazas a las que se enfrentan los seres vivos están: la destrucción y degradación de los hábitats, la introducción de especies invasoras, la sobreexplotación de los recursos naturales, y el cambio climático (Castellanos, 2006; Muñoz y Refoyo, 2013; WWF/ZSL, 2010). Los seres humanos son causantes de la mayoría de situaciones que generan presión sobre los recursos naturales; sin embargo, también son capaces de recuperar a una especie que este al borde de la extinción (Muñoz y Refoyo, 2013).

Las tasas de extinción son altas; por ejemplo, las estimaciones más pesimistas hablan de una pérdida de hasta 30 000 especies al año, lo que implica la desaparición de más de 80 especies diarias (Refoyo *et al.*, 2013). En muchas ocasiones esta situación se da por la falta de sensibilidad y desconocimiento que se tiene sobre los impactos que generan sus acciones en el ambiente. Es importante poner en práctica labores



Volver al índice



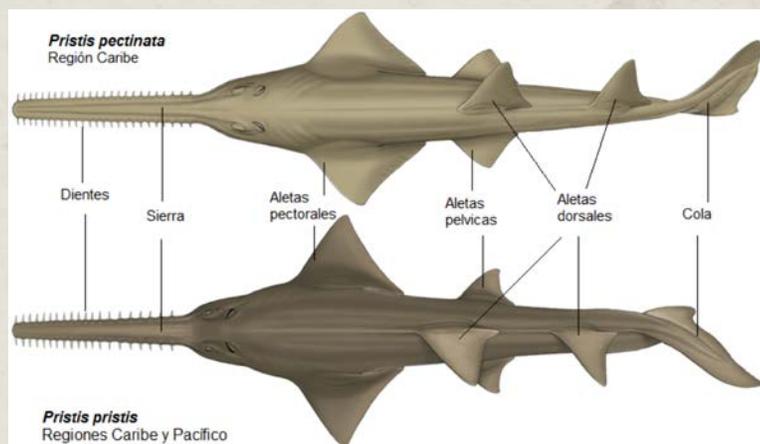


Figura 1. Peces sierra registrados en Costa Rica.

Fuente: Marc Dando, adaptado por el Proyecto “En Busca del Pez Sierra en Costa Rica”.

que mejoren la protección y conservación de especies y de sus hábitats, en particular aquellas cuyas poblaciones se han reducido considerablemente. Muñoz y Refoyo (2013) indican que algunas de las medidas de conservación más urgentes y relevantes para reducir la extinción incluyen: la gestión sostenible de los recursos naturales, la protección legal de las especies y sus hábitats, la investigación y la educación.

Una de las especies que actualmente está al borde de la extinción es el pez sierra (familia Pristidae). Estos organismos son un tipo de raya (grupo de peces relacionado a los tiburones), que puede alcanzar un gran tamaño (>4 m longitud total) y posee un rostro alargado en forma de sierra. A nivel mundial existen cinco especies de pez sierra, todas en peligro de extinción, según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017), lo cual los convierte en el grupo de peces más amenazados que existe en el planeta (Dulvy, 2014). Su situación es

tan crítica que ya en algunas regiones se han declarado extintos localmente, generando una gran preocupación por el estado de sus poblaciones a lo largo de su distribución (Dulvy, 2014).

En Costa Rica se han reportado dos especies de pez sierra, el de dientes pequeños, *Pristis pectinata*, restringido al Caribe, y el de dientes grandes *P. pristis*, con registros en ambas cos-

tas del país (Bussing, 1998). Las dos especies pueden alcanzar un tamaño máximo de hasta 6,5 m de longitud, su sierra mide entre 20 – 25 % de la longitud total del animal, y cuenta con aproximadamente 20 dientes (escamas modificadas) en cada lado de la sierra o rostro (**Figura 1**). Históricamente, ambas especies se encontraban en ecosistemas de agua dulce y salada en diversas partes del país. Sin embargo, su distribución actual podría estar restringida, principalmente a humedales, estuarios y ríos. Hoy día el futuro del pez sierra en Costa Rica es incierto.

En el 2015, el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR), apoyados por organizaciones no gubernamentales locales (ONG), iniciaron un proyecto denominado “En Busca del Pez Sierra en Costa Rica”, para desarrollar actividades de investigación, educación y sensibilización ambiental. A través de este proyecto, los investigadores

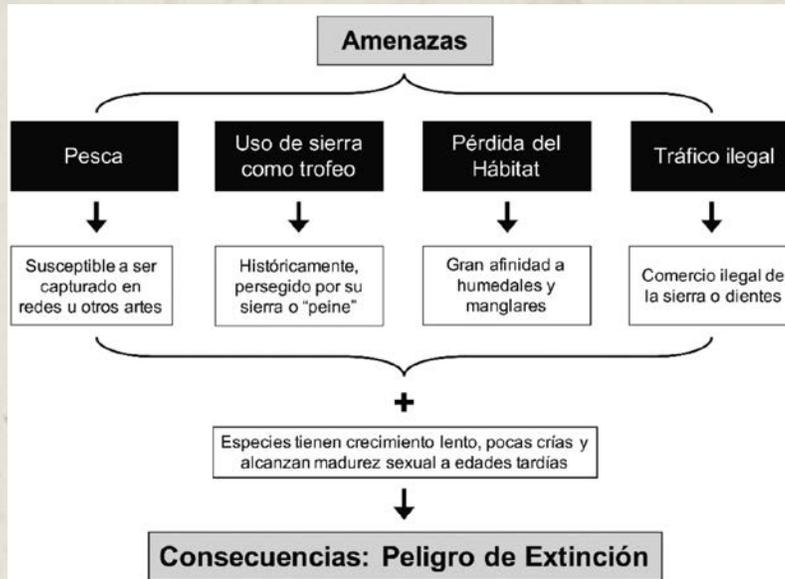


Figura 2. Principales amenazas que afectan al pez sierra

han identificado la pesca (principalmente incidental) y el deterioro o destrucción de los hábitats, como las principales amenazas que afectan al pez sierra. Por ejemplo, debido a su morfología, esta especie se enreda fácilmente en redes y otros artes de pesca. Asimismo, muchas personas extraían la sierra para usarla de adorno o trofeo, lo cual ha afectado de manera notable las poblaciones de peces sierra. Finalmente, al igual que muchas especies de tiburones y rayas, el pez sierra presenta una serie de características de su historia natural (ej., lento crecimiento, alcanza la madurez sexual a edades tardías y produce pocas crías), lo cual lo hace ser muy susceptible a la sobreexplotación (**Figura 2**).

Según Zabala y García (2008), la educación ambiental desde sus inicios ha buscado alternativas para disminuir los impactos del quehacer humano sobre los recursos naturales. Hernández (2011) indica

que la educación ambiental es un proceso de acciones educativas intencionadas para generar conciencia, conocimientos, actitudes, aptitudes, capacidad de evaluación y participación, facilitando así el cambio que se requiere para pasar de la sensibilización a la acción ambiental.

En el proyecto “En busca del Pez Sierra en Costa Rica”, la educación ambiental se plantea como un medio para mejorar la

situación actual de la especie, a través de procesos planificados para sensibilizar, educar y capacitar a las personas. El objetivo de este trabajo fue investigar cuales estrategias de educación ambiental son más pertinentes para sensibilizar a grupos de niños sobre la situación de riesgo del pez sierra.

Para sensibilizar a los participantes se utilizó la investigación-acción como estrategia metodológica, la cual se compone de fases planificadas, donde los investigadores son facilitadores sociales, y realizan propuestas educativas a partir del estudio de un grupo meta. Esto se realiza con el propósito de mejorar el entendimiento y las prácticas de las personas, para transformar una realidad (Gurdían, 2007). De manera paralela, en este tipo de trabajos se investiga, se toman datos, se analiza la práctica y se corrige. Según Latorre (2003), la teoría se desarrolla a través de

la práctica y se modifica mediante nuevas acciones. Este trabajo se planificó en cinco fases que se describen a continuación.

1. *Diagnóstico del grupo meta:* el Humedal Nacional Terraba-Sierpe (Pacífico sur de Costa Rica) ha sido una zona importante de avistamientos de peces sierra en los últimos años (2016-2017). Por lo tanto, se eligió la Escuela Finca Seis Once de Sierpe para desarrollar actividades de educación ambiental, el grupo de participantes fueron niños de quinto y sexto grado (9-13 años). Durante esta etapa, se realizaron entrevistas a docentes y directores, se observó a los estudiantes en su cotidianidad escolar —gustos, necesidades e intereses— y se realizaron anotaciones de los recursos institucionales disponibles. A través del análisis de entrevistas y observaciones, se llegó a la conclusión que el juego y la recreación son elementos de interés y necesidad de la población educativa seleccionada.

2. *Elaboración de una propuesta socio-educativa:* se planteó un “Plan de Sensibilización Ambiental para conservar al Pez Sierra” basado en el juego ecológico y la recreación ambiental, entendiendo estos enfoques de la siguiente manera: a) *Juego ecológico:* son actividades sociales, lúdicas y motrices, planificadas o espontáneas (Salazar, 2000). Para Pulido (2005) este tipo de tareas sensibilizan, propician

aprendizaje vivencial-significativo, estimulan la creatividad, son recursos didácticos, y fomentan el trabajo cooperativo. Acuña y Mauriello (2013) añaden que las personas crean, piensan, imaginan, conocen, exploran y actúan de manera comprometida. Para este trabajo, los juegos ecológicos son actividades sociales de carácter lúdico y motriz, que se realizan de forma planificada y dirigida para un grupo, y tienen además un mensaje ambiental intrínseco. b) *Recreación ambiental:* actividades planificadas para sensibilizar, valorar e informar; se desarrollan en un contexto determinado, el fin es aprender de forma vivencial el cuidado y la preservación ambiental (Acuña y Mauriello, 2013). La convivencia, el juego, el baile, las excursiones, las exposiciones, el arte, entre otras actividades pueden considerarse recreación ambiental. Es indispensable que prevalezca una organización crítica y pedagógica, donde las actividades se planifiquen y se alcance el propósito de socializar temas de interés ambiental.

3. *Aplicación de la propuesta socio-educativa:* el plan de sensibilización ambiental para conservar al pez sierra se desarrolló en cuatro sesiones, compuestas de un saludo, actividades (juegos y recreación) y un cierre-despedida. El tema general se dividió en cuatro unidades de interés (a) conociendo a nuestro amigo el pez sierra, (b) el pez sierra está

en peligro, (c) ayudemos al pez sierra y (d) los guardianes del pez sierra.

4. *Valoración de la propuesta socioeducativa:* se aplicaron seis preguntas tipo “pre-test” y “post-test” sobre información general del pez sierra. 1. ¿Sabe usted cuál es el pez

sierra? 2. ¿Cuáles son las principales características morfológicas del pez sierra? 3. ¿Dónde vive el pez sierra? 4. ¿Cuáles son las principales amenazas o problemas que afectan al pez sierra? 5. ¿Cómo pueden las niñas/niños y miembros de la comunidad ayudar a conservar el pez sierra? 6. ¿Cree usted que el pez sierra es importante? Para las preguntas 1 y 6, las respuestas esperadas eran “sí” o “no”, por lo tanto, el resultado se analizó comparando las respuestas del pre-test contra las del post-test. Para analizar las respuestas de las preguntas 2 a 5 se elaboraron categorías con diferentes niveles de conocimiento, lo cual permitió comparar

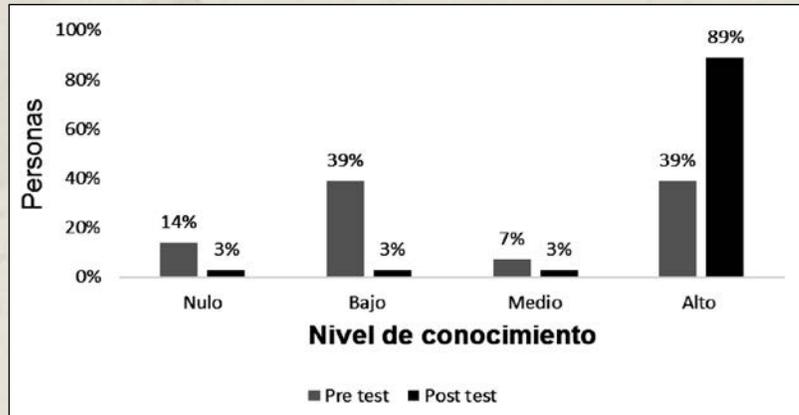


Figura 3. Conocimiento pre y post-test sobre la morfología del pez sierra (N=28)

los datos antes y después de los juegos y actividades recreativas.

5. Posteriormente, se *analizó la experiencia* para determinar si hubo algún conocimiento que no se valoró en las preguntas pre-test y post-test. Se hizo una apreciación del proceso vivido, considerando la participación, documentos físicos e imágenes de las actividades desarrolladas.

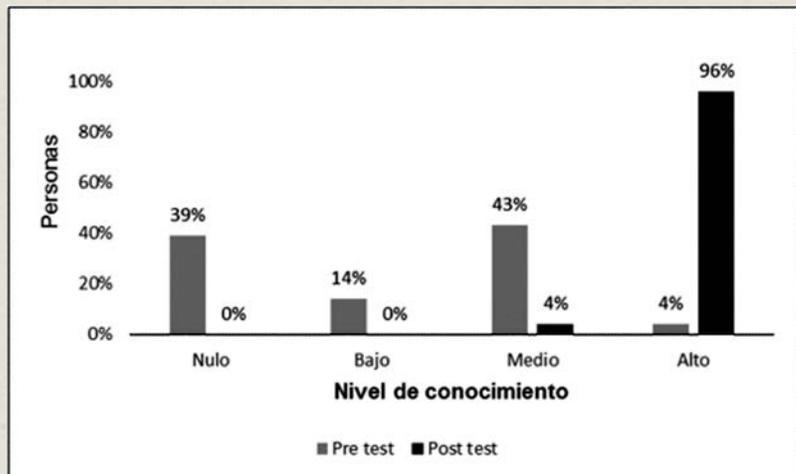


Figura 4. Conocimiento pre y post-test sobre los lugares donde vive el pez sierra (N=28)

6. *Sistematización y realimentación de la propuesta:* se documentaron todas las actividades y experiencias desarrolladas en el proceso, así como las lecciones aprendidas en la práctica.

Entre los principales resultados destacan la ejecución de una propuesta de educación ambiental, en la cual se alcanzó la participación activa de todas las personas, quienes dialogaron, discutieron y consultaron sobre la importancia ecológica del pez sierra y las posibles alternativas para conservarlo.

En relación a actividades de mediación pedagógica, se planificaron juegos ecológicos (perseguir, lanzar, rondas y cooperar) y actividades recreativas (colorear, armar, presentaciones, integración grupal), lo cual dio como resultado un programa de actividades para el desempeño de nuevos trabajos.

Sobre la valoración pre-test y post-test hubo cambios positivos por efecto de la propuesta de educación ambiental basada en juegos y actividades recreativas. A continuación, se presenta el resultado de cada pregunta:

P1. *¿Sabe usted cuál es el pez sierra?*
Un 86 % de los participantes (N = 28) indicó conocer a este animal, lo cual es muy alentador. El resto de

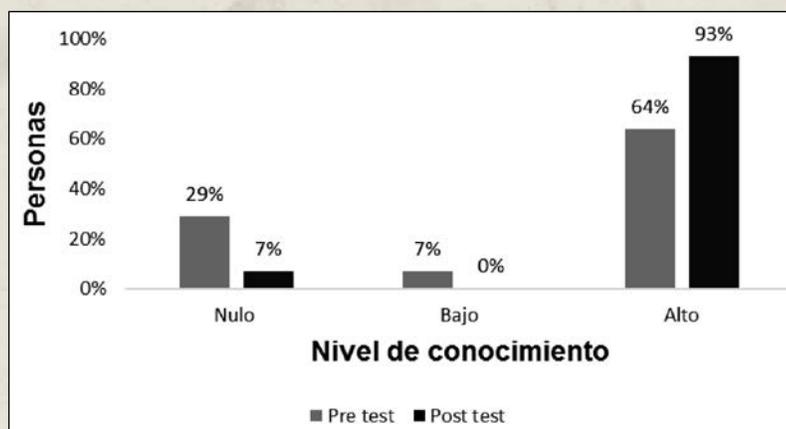


Figura 5. Conocimiento pre y post-test sobre las amenazas del pez sierra (N=28)

los participantes afirmó no conocer al animal, por lo que se evidencia cierta resistencia ante la evaluación, pues fueron sujetos que dieron la misma respuesta (no sé) en las dos evaluaciones.

- P2. *¿Cuáles son las principales características morfológicas del pez sierra?* Hubo un aumento del 50 % de las personas en el nivel alto de conocimiento (Figura 3). Un 89 % de los participantes fue capaz de identificar al pez sierra y su morfología básica.
- P3. *¿Dónde vive el pez sierra?* El post-test mostró que el nivel de conocimiento alto (sitios específicos en donde habita el pez sierra) aumentó considerablemente (92,8 % en el nivel alto de conocimiento) con respecto a las respuestas iniciales (Figura 4).
- P4. *¿Cuáles son las principales amenazas o problemas que enfrenta el pez sierra?* La mayoría de participantes (96 %) mostraron conocer de manera

técnica las amenazas del pez sierra (Figura 5).

- P5. *¿Cómo pueden las niñas, niños y miembros de la comunidad ayudar a conservar el pez sierra?* Un porcentaje muy alto de los participantes (89 %) nombró acciones concretas en pro de la conservación del pez sierra y nombraron personas a quien recurrir para ayudar a proteger mejor a la especie.
- P6. *¿Cree usted que el pez sierra es importante?* Un 96 % de los participantes asegura que el pez sierra es importante. Entre sus razones están: es un animal único, está en peligro de extinción, para tener más especies, es un ser vivo, son lindos, para atraer turismo, es nuestro amigo.

Hubo también dos acontecimientos no valorados en el pre-test y post-test. Primero, los participantes expresaron preguntas escritas sobre el pez sierra y su situación: ¿Dónde vive el pez sierra?, ¿qué come?, ¿cuántos años vive?, ¿cómo se aparea?, ¿para qué utiliza la sierra?, ¿qué tipo de animal es?, ¿cuántas crías puede tener?, ¿cuánto llega a pesar?, ¿cómo es?, ¿cómo se defienden? Estas preguntas se contestaron mediante juegos y actividades recreativas, responder a las mismas sirvió para que los niños se apropiaran y usaran un lenguaje técnico con respecto al pez sierra.

Segundo, los participantes dibujaron y escribieron mensajes de acciones favorables para mejorar la situación del

pez sierra, donde se enfocaron en cinco temas: (1) evitar el uso de redes, (2) cuidar el hábitat del pez sierra, (3) no pescar, (4) estado de amenaza y (5) realizar acciones para conservar el pez sierra. Se realizó una sesión plenaria donde se presentaron y discutieron los dibujos y mensajes, reforzando así el conocimiento adquirido.

Podemos concluir que los juegos y las actividades recreativas como estrategia de mediación pedagógica demostraron ser un recurso pertinente para socializar la situación del pez sierra con los participantes. Estos medios permitieron que los niños utilizaran un lenguaje más técnico sobre la ecología y la situación crítica de la especie. Las valoraciones realizadas permitieron determinar que, por efecto de los juegos y las actividades recreativas, hubo cambios positivos en el conocimiento de los participantes. Un grupo importante de niños y niñas mostró un gran conocimiento de los sitios en donde vive pez sierra, porqué está en riesgo y qué debemos hacer para protegerlo.

El análisis de la experiencia permitió conocer claves para que la educación ambiental basada en los juegos ecológicos y la recreación ambiental sea efectiva. Entre las principales claves destacan: a) *Partir del contexto de los participantes*, por tanto, indagar previamente el entorno social, para conocer los gustos, necesidades e intereses de la población; b) *Escuchar a los participantes*, es decir, consultar de manera oral o escrita la opinión de los involucrados y tener claro

cuál es el conocimiento que existe sobre la situación ambiental; c) *Planificar de manera flexible* partiendo de una propuesta general de actividades, pero en la práctica reflexionar y modificar lo necesario, para responder a los intereses del grupo; d) *Realizar alianzas estratégicas y mantener una comunicación constante* con las personas responsables del uso de espacios, equipos, así como la disponibilidad de los participantes. Comunicarse constantemente para asegurar las condiciones necesarias para la ejecución; e) *Tanto el juego como la recreación para la mediación pedagógica* deben planificarse y dirigirse de manera consecuente, donde realmente se transmitan mensajes y se refuercen los aprendizajes de forma reflexiva y crítica.

Referencias

- Acuña, M. y Mauriello, A. (2015). Recreación y Educación Ambiental: algo más que volver a crear. *Revista de Educación, 78*, 213-230.
- Bussing, W. (1998). *Peces de las aguas Continentales de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Castellanos, C. (2006). Extinción causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul, 23*, 33-37.
- Dulvy, N., Fowler, S., Musick, J., Cavanagh, R., Kyne, P., Harrison, L. y White, W. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife, 3*, e00590–e00590. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>
- Dulvy, N., Davidson, L., Kyne, P., Simpfendorfer, C., Harrison, L., Carlson y J. Fordham, S. (2014). Ghosts of the coast: Global extinction risk and conservation of sawfishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 26(1)*, 134–153. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2525>
- Gurdián, A. (2007). *El Paradigma Cualitativo en la Investigación Socio-Educativa*. San José: CECC/AECI.
- Hernández, L. (2011). *Modelo de Educación Ambiental para la conservación de los recursos naturales: El caso del Parque Nacional Volcán Poás, Costa Rica*. (Tesis doctoral). Programa Interuniversitario de Posgrado, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Costa Rica.
- Latorre, A. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Editorial GRAÓ. Barcelona. España.
- Muñoz, B. y Refoyo, P. (2013). *Pérdida de Biodiversidad. Responsabilidad y soluciones*. Real Sociedad Española de Historia Natural.
- Pulido, M. (2005). *Juegos ecológicos, metodología para la educación ambiental*. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2005_10pulido_tcm7-53058.pdf.
- Refoyo et al. (2013). *El hombre como factor de extinción biológica*. Real Sociedad Española de Historia Natural.
- Salazar, C. (2000). Juegos tipos y características. *Revista Educación, 24(2)*, 165-174.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2017). *The IUCN red list of threatened species*. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/search?page=86> [Consultado en dic 2017].
- WWF/ZSL. (2010). *Planeta vivo, Informe 2010. Biodiversidad, biocapacidad desarrollo*. WWF. Suiza.
- Zabala, I. y García, M. (2008). Historia de la educación ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. *Revista de investigación, 63*, 201-218.



Académico-Investigador de la UNA Campus Sostenible, Universidad Nacional (julian.rojas.vargas@una.ac.cr)

Gestión integral de residuos eléctricos y electrónicos de la Universidad Nacional

Julián Rojas
Kateryn Fernández



Estudiante asistente en UNA Campus Sostenible



La Universidad Nacional (UNA), como ente de educación superior, ha adquirido un compromiso social y ambiental con los campus universitarios y las comunidades de influencia directa. Sus diversos programas y estrategias han sensibilizado a la comunidad universitaria acerca de la importancia de implementar acciones en busca de la sustentabilidad. A través de diferentes galardones recibidos como Bandera Azul Ecológica y el Guayacán Real (del MINAE), así como la declaratoria de la UNA por la Madre Tierra en el 2016, y en la transversalidad del tema ambiental en muchos programas de estudio, demuestra dicho compromiso en el quehacer universitario, siendo un ejemplo a nivel nacional.

Existen múltiples factores que distinguen a la UNA a nivel ambiental: 1) Presenta una política ambiental aprobada desde el 2003, 2) Cuenta con un Centro de Acopio Institucional-UNA Campus Sostenible (CAI-UNA CS) y 3) posee un Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI). Dichos esfuerzos han logrado reducir los impactos ambientales y han potenciado una imagen positiva a la comunidad



Volver al índice



universitaria y las distintas sedes, así como para comunidades vecinas. De este modo, desde el 2007 se inició a nivel institucional con el manejo integral de residuos valorizables por parte del CAI-UNACS, con la implementación y en seguimiento del Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos y con participación de la población estudiantil y funcionarios

Los residuos sólidos ordinarios se definen en el Decreto N° 35906-S (2010, p.2), como un *residuo de origen principalmente domiciliario o que proviene de cualquier otra actividad comercial, de servicios, industrial, limpieza de vías y áreas públicas, que tengan características similares a los domiciliarios*. Por su parte, los de manejo especial son aquellos *residuos sólidos ordinarios que, por su volumen, cantidad, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje o valor de recuperación requieren salir de la corriente normal de recolección de residuos ordinarios*. Los peligrosos son aquellos que, *por sus características físicas, químicas, biológicas, o la combinación de ellas pueden provocar reacciones tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas, inflamables, combustibles u otras que puedan causar daños a la salud de las personas y al ambiente*. Finalmente, los valorizables son aquellos *residuos que pueden ser recuperados de la corriente de los residuos para su valorización*.

Es importante conocer y gestionar apropiadamente los residuos provenientes de productos electrónicos y eléctricos,

particularmente porque en la actualidad existe un constante crecimiento estos productos como computadoras, celulares, impresoras. Adicionalmente, su gestión requiere especial atención por la naturaleza tóxica de sus residuos, que además de contaminar el ambiente, pueden llegar a un organismo y bioacumularse. Araya *et al.*, (2007) destacan que los monitores de computadoras contienen aproximadamente entre 1,8 y 3,6 Kg de óxido de plomo, que causa un daño a los sistemas sanguíneo, nervioso central y periférico, como también a los riñones, cuando existe exposición y no se brinda un debido seguimiento de manera responsable. Estos productos también presentan otros metales pesados como el cadmio, que provoca efectos irreversibles en los humanos — como disfunción en los riñones e hígado— y también descalcificación ósea.

Otro elemento presente en productos electrónicos es el mercurio, que puede acumularse en los tejidos grasos y causa daño crónico en el cerebro y riñones. Por su parte, el cromo puede causar cáncer en los pulmones, además de ser un irritante de vías respiratorias, ojos y piel. Otros metales utilizados bario, aluminio, cobalto, cobre, estaño, hierro, indio, paladio, plata, platino, níquel, oro, rutenio, selenio, zinc, pueden también causar anomalías en el funcionamiento de los sistemas de los organismos.

Los equipos electrónicos también están compuestos de plásticos, los cuales representan aproximadamente un 23 % del peso total. Estos poseen retardantes de inflamación bromados, que durante



Figura 1. Etapas del manejo integral de los residuos eléctricos y electrónicos en la UNA

los incendios causan asfixia. Por tanto, la disposición incorrecta de productos eléctricos o electrónicos representa un problema serio tanto para el ambiente, como para los seres vivos.

Considerando estos antecedentes, la UNA a través de su programa Campus Sostenible y en conjunto con el Programa Desarrollo y Mantenimiento de Infraestructura Institucional (PRODEMI), se ha dado a la tarea de comprometerse a gestionar los residuos provenientes de productos eléctricos y electrónicos.

Para la estimación de la tasa de generación mensual de residuos provenientes

de equipos eléctricos y electrónicos, en la UNA se ha implementado diversa normativa que incluye “Políticas Institucionales del Sistema de Gestión del Activo Fijo” y el “Reglamento al Sistema de Gestión de Activo Fijo”. Se pretende que los activos desechados sean gestionados por PRODEMI (debiendo realizar un pago para la gestión) y el programa UNA Campus Sostenible los vende o dona, evitando la acumulación de estos residuos.

En el **Figura 1** se resume el ciclo del manejo de los residuos eléctricos y electrónicos en la UNA considerando su vida útil. El proceso se realiza para gestionar integralmente dichos equipos,

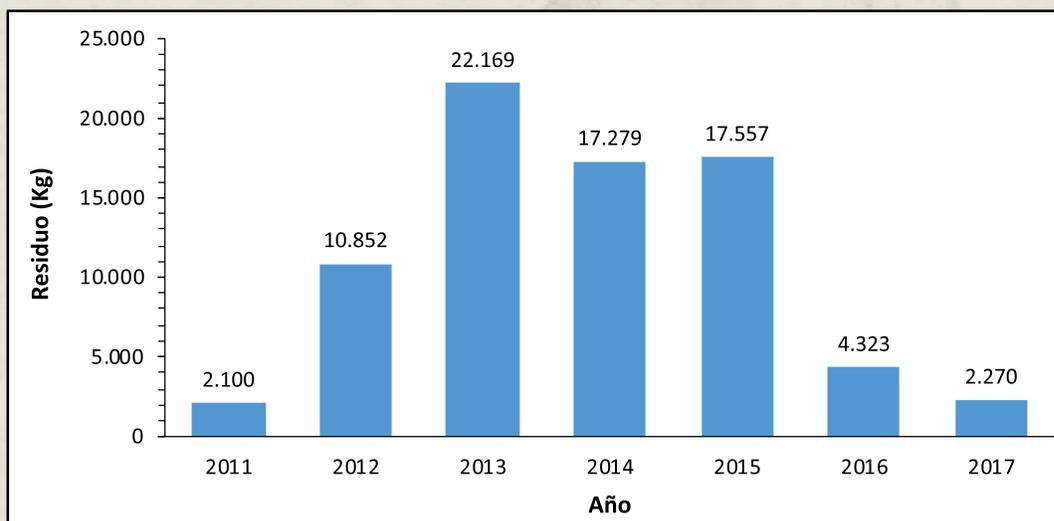


Figura 2. Residuos electrónicos gestionados en la UNA (2011-2017).

Fuente: Bases de Datos de material separado del Centro de Acopio Institucional.

considerando su clasificación, el manejo en el centro de acopio, y su posterior gestión —ya sea de reciclaje o de otro tipo según se requiera— utilizando para esto un gestor debidamente autorizado.

La gestión integral de los residuos eléctricos y electrónicos se inició en la UNA en el año 2011. Posterior a esto, la venta y recolección de los mismos aumentó en el 2012, debido a que se presentaba un rezago en la ejecución y procesos de dar de baja los activos en desuso que están asignados a las distintas unidades de la institución. Los años 2013 al 2016 incluyen todos los residuos eléctricos y electrónicos, pero la disminución que se observa en la **Figura 2** para el año 2016 se debió a que el precio de los metales tubo una baja a nivel internacional, según la empresa GEEP y se continuó gestionando solo los aparatos electrónicos como CPU, UPS, cables, laptops, componentes

internos (tarjetas memoria, discos duros, entre otros).

El resto de residuos provenientes de los otros equipos como monitores, impresoras, teléfonos, aires acondicionados, artículos de línea blanca, gris, artículos electrónicos no valorizables, debieron gestionarse a través de PRODEMI. Así, a través de la puesta en marcha de este proceso, se presentó un avance en la gestión común, el cual implica recepción, almacenamiento, desensamblaje, valorización, exportación y transporte de manera integrada para este tipo de material eléctrico y electrónico.

Datos provenientes del centro de acopio institucional, evidencian que en el 2015 se compraron 33 415 Kg de computadoras, para una población universitaria total de 27 517, lo que equivale a 1,21 Kg por persona.

La Universidad, pretende minimizar la cantidad de residuos electrónicos generados, tanto en peso como en volumen, así como en relación a su potencial contaminante, mediante la recolección selectiva, la recuperación, el reúso y el reciclaje de materiales residuales. Esto a través del cumplimiento de las normas establecidas, así como acatando la Guía Técnica para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos y Eléctricos, y bajo la coordinación del Comité Ejecutivo para la Gestión Integral de Residuos Eléctricos y Electrónicos (CEGIRE), cumpliendo con las obligaciones que le estableció el Decreto Ejecutivo N.º 35933-S, Reglamento para la Gestión Integral de Residuos Electrónico.

Una de las principales medidas —necesaria y estipulada dentro de la política ambiental— fue la revalorización de los productos eléctricos y electrónicos por parte de las empresas distribuidoras. Así las cosas, ellas deben darse a la tarea de gestionar los propios productos que comercializan, los cuales son desechados por los clientes de manera incorrecta. Esto permitiría no solamente que los clientes puedan llevar el producto después de su vida útil, sino además, tener un sistema de gestión integral con trazabilidad de los residuos. Esta norma ha sido acatada por algunos comercios; sin embargo, aún faltan muchos debido a la falta de aplicación de la normativa legal y a la naturaleza misma de los residuos contaminantes y peligrosos.

En la búsqueda por generar herramientas y mecanismos que beneficien y mejoren las situaciones y relaciones de la población con el medio ambiente, el centro de acopio institucional se mantiene activamente creando procesos de cambio y transformación que logren impactar de manera positiva a la comunidad universitaria y nacional.

Referencias

- Araya, H., Araya, M., Vega, V., Abarca, L. y Riera, C. (2007). *Gestión de residuos electrónicos en Costa Rica: sistematización de la experiencia Proyecto Bilateral Costa Rica-Holanda Fase I y II 2003-2007*. Recuperado de https://www.academia.edu/2197180/Gesti%C3%B3n_de_residuos_electr%C3%B3nicos_n_Costa_Rica_sistematizaci%C3%B3n_de_la_experiencia
- Decreto Ejecutivo N° 35906-S. Diario Oficial la Gaceta. San José, Costa Rica, 5 junio de 2010.
- Programa UNA Campus Sostenible. (2017). *Manejo Integral de Residuos Sólidos*. Universidad Nacional, Heredia. Recuperado de <http://documentos.una.ac.cr/>
- Rojas, J. (2016). *El impacto del uso del papel y el desecho tecnológico en la Madre Tierra. Gestión Integral de Residuos Electrónicos en la UNA. UNA-Campus Sostenible*. Heredia, Costa Rica.
- Vargas Espinoza, J. L. (2014). Declaratoria para los residuos de manejo especial. *Diario Oficial la Gaceta*. Recuperado de http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2014/03/24/COMP_24_03_2014.pdf



Asesor legal, MSN
ABOGADOS
(msnlawfirm@hotmail.com)

Automóviles eléctricos y sus baterías: un reto ambiental para Costa Rica

..... || **Minor Segura Navarro**



La Ley N.º 9518, denominada Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, sancionada a principios del 2018, se ubica en la actualidad como una iniciativa dentro del ordenamiento jurídico nacional que procura contribuir con las metas de descarbonización de la economía, a través del uso y empleo de energías limpias. Dicho cuerpo normativo establece, en su apartado de disposiciones generales, que tiene por objetivo crear el marco normativo para regular la promoción del transporte eléctrico y fortalecer políticas públicas para incentivar su uso dentro del sector público y en la ciudadanía en general. El artículo primero de las disposiciones generales de esta ley hace énfasis en que se deberá regular la organización administrativa pública vinculada al transporte eléctrico, las competencias institucionales y su estímulo, por medio de exoneraciones, incentivos y políticas públicas, en cumplimiento de los compromisos adquiridos en los convenios ratificados por el país y el artículo 50 de la Constitución Política.

Si se analiza el espíritu del legislador en esta iniciativa, que ahora se ha convertido en ley de la República,



Volver al índice



comprenderemos que no solamente tenía por objeto promover el uso de vehículos eléctricos por medio de incentivos, sino que, principalmente, pretende promover una transición hacia una movilidad automotor con mínimas emisiones que nos conduzca a las metas de carbono neutralidad. No se debe perder de vista que el legislador dispuso expresamente que todo esfuerzo debe estar orientado y alineado en respeto al principio rector que establece el numeral 50 de nuestra Carta Fundamental.

Hablando del artículo 50 de nuestra Carta Magna, que incluye el derecho a un ambiente sano y que fue introducida mediante Ley N.º 7412 de data 3 de junio de 1994, es indiscutible que dicha reforma representa un hito histórico que nunca debe olvidarse por parte de las autoridades. Aunado a otros avances legislativos, importa un cambio radical que tiende a responder correctamente frente a los intereses ambientales de la sociedad actual y que debe orientar nuestro actuar desde entonces.

El artículo 6 de la reciente Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, establece que se deberá emitir un reglamento a la ley que desarrollará las disposiciones para la participación de las personas y las organizaciones legalmente constituidas, para la construcción participativa de los instrumentos tendientes a proteger y mejorar el ambiente. El Transitorio I dispone que el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), en coordinación con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), elaborarán el Plan Nacional de Transporte Eléctrico

en un plazo máximo de seis meses a partir de la publicación de esta ley, plazo que estaría próximo a expirar.

El pasado 25 de mayo del 2018, salió publicado en el diario oficial La Gaceta, el Reglamento de Incentivos para el Transporte Eléctrico, no obstante el mismo en su artículo 1 deja entrever que solo se reglamenta la organización administrativa y competencias institucionales vinculadas al estímulo del transporte eléctrico, por medio de incentivos económicos (exoneraciones) y no económicos (no sujeción a restricción vehicular, exoneración de parquímetros y la creación de plazas especiales en parqueos públicos y privados, entre otros). Le queda debiendo a la sociedad costarricense regular un tema emergente que trae consigo esta legislación, que, a nuestro criterio, es uno de los más importantes y que debió contemplarse por imperativo legal y constitucional, a saber: desarrollar las disposiciones para la participación de las personas y las organizaciones legalmente constituidas, para la construcción participativa de los instrumentos tendientes a proteger y mejorar el ambiente.

Esto para los efectos del transporte de autos eléctricos, tiene a criterio del suscrito su connotación más importante en el siguiente subtema: disposición y tratamiento de los acumuladores o baterías de los autos eléctricos una vez transcurrido su plazo de vida útil, la responsabilidad del fabricante, importador, o concesionario local (*dealer*) en cuanto a las mismas y su adecuada y correcta gestión ambiental de este residuo. No sobra

mencionar que los fabricantes de automóviles, o sus representantes a nivel local, deberían ser los principales responsables de la recolección, gestión ambiental y eventual reciclaje, en caso de que ello sea posible, o disposición final de las baterías de iones de litio que ya han agotado su ciclo de vida útil. Al final de todo, son ellos quienes están lucrando con las ventas locales de autos eléctricos; estos fabricantes deben asumir la responsabilidad por sus productos hasta el final de su vida útil.

Estamos aquí hablando del tema “responsabilidad extendida del productor” (*förlängtproducentansvar*), que fue inicialmente mencionado en el informe elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente de Suiza denominado “Modelos para la responsabilidad extendida del productor” (Lindhqvist, Manomaivibool y Tojo, 2008). Este principio político pretende disminuir el impacto ambiental, extendiendo la responsabilidad del productor o fabricante de un producto, a diferentes etapas del ciclo de vida útil, de manera tal, que la misma pueda ser exigible en varias fases del ciclo total de su vida útil, y especialmente en las facetas de su recuperación, reciclaje y disposición final. Este principio en la actualidad ha sido definido por la doctrina como un principio ambiental, dándole un matiz legal, ya que hace legalmente vinculantes las acciones de los organismos internacionales y la práctica estatal.

Es imperativo que las políticas estatales incluyan al ambiente como una prioridad y que se tenga claro que se da una transferencia de responsabilidad hacia el productor,

quien, a la hora de colocar sus productos en un mercado, deberá indispensablemente tomar en cuenta esas consideraciones ambientales y le corresponderá en consecuencia adoptar las medidas correctivas en el diseño y producción para mitigar impactos perjudiciales al ambiente. Así, que facilite, en este caso, el proceso de reciclaje y recolección de los acumuladores que ya no cumplen con las condiciones técnicas requeridas para el mercado de automóviles eléctricos. Implica entonces un concepto ampliado de productor que incluye al fabricante, distribuidor o importador, quien, al ostentar una posición dominante en la cadena de distribución, se le atañe la carga de intervenir en la reducción del impacto ambiental.

Por tratarse también de un principio de carácter político, el mismo debe ser esgrimido como base para elegir la combinación de instrumentos normativos a ser implementados en cada caso en particular, y debe ser utilizado como insumo fundamental por las autoridades nacionales correspondientes encargadas de reglamentar para contemplar y normar de forma expresa la responsabilidad extendida del productor.

El modelo de responsabilidad extendida del productor según Lindhqvist (2008), contempla tres enfoques, a saber: “enfoque de prevención de la contaminación”, “pensamiento sobre el ciclo de vida” y “el que contamina paga”. Según la OECD (2016), la responsabilidad extendida del productor es un enfoque sobre política ambiental en el que la responsabilidad del productor (económica o física) sobre un producto, se extiende al estadio

posterior al consumidor del ciclo de vida de un producto; esto por cuanto el sistema de responsabilidades convencionales resulta insuficiente para garantizar la óptima protección del ambiente.

Las baterías que están utilizando los automóviles de “última generación”, según el decir de los distribuidores locales, que incluso, ya se están comercializando en el país con ocasión de esta reciente ley, se componen de litio, polímero de litio. Estos componentes, según algún sector, no tienen problemas de “toxicidad”, no obstante, sí los tiene el óxido de cobalto empleado como material catódico en las mismas, según el decir de otro sector.

Es importante mencionar que los distribuidores locales argumentan que las baterías ion-litio no requieren, en términos concretos, ningún mantenimiento, además, se reduce en las mismas el efecto de memoria, tienen un ritmo más bajo de descarga, una elevada densidad de energía (relación acumulación, tamaño, peso), son ligeras y poseen un alto voltaje de acumulación por celda y un tamaño más reducido, y por ello constituyen la última apuesta de los fabricantes en esta tecnología. No obstante, existe una ineludible obligación ambiental en cuanto al uso de las mismas por parte del fabricante o distribuidor y un inexcusable deber de regulación del tema por parte de los órganos competentes.

No se puede dejar de mencionar la existencia de un tema colateral muy importante, vinculado a la protección de derechos humanos, como lo es la certificación y auditoría periódica que los fabricantes deberían

acreditar por medio de los distribuidores o concesionarios locales (*dealers*), en el sentido de que los acumulados que incluyan esos automóviles no tengan cobalto obtenido como producto de la explotación y trabajo infantil. Este es un tema hartamente denunciado a nivel internacional en relación con la República Democrática del Congo, uno de los orígenes del insumo fundamental del cobalto, pues los *cátodos* en las *baterías de iones de litio* que se usan normalmente en los vehículos *eléctricos* están hechos de óxidos metálicos que contienen *cobalto*. *No se debe olvidar que* Costa Rica, al igual que la República Democrática del Congo, es Estado signatario de convenios con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), y dichos convenios se deben respetar según el Convenio sobre la prohibición de las peores formas de trabajo infantil y la acción inmediata para su eliminación (entrada en vigor el 19 de noviembre del 2000).

Parece entonces que es un tema trascendental de gestión ambiental, como la forma de disposición de las baterías de estos autos no se está considerando de manera oportuna, y según la importancia e impacto que requiere, con las consecuencias que esto mismo podría generar. Si bien esta ley conforme a las políticas del Gobierno pretende vincular el desarrollo eléctrico, los recursos naturales y el transporte, como parte de una estrategia de sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones a largo plazo, el reglamento a la ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico queda debiendo mucho y nos deja muchas preguntas. Solo dispone asuntos relativos a

incentivos económicos y no económicos; no reglamenta ni dice nada en cuanto al tema de acumulados de los autos eléctricos que serán importados al amparo de la misma y los cuales tendrán un impacto ambiental evidente una vez expirado su plazo de vida útil.

En consonancia con el Plan Nacional de Energía 2015-2030, algunas autoridades estiman que Costa Rica aspira a tener una flotilla de 37 000 automotores para el año 2022. De cumplirse esas expectativas en un plazo de 5 a 8 años, estaríamos ya empezando a enfrentarnos con un tema pendiente de disposición y gestión ambiental de no menos de 37 000 baterías de litio, polímero de litio, cuyo destino final debió regularse en ese reglamento y ahora por imperativo legal y Constitucional las autoridades deberán subsanar para no violentar derechos fundamentales. No debemos perder de vista que estas baterías, una vez que agotan su vida útil para uso automotriz (donde se requiere que funcionen en porcentajes muy cercanos a su plena capacidad), si llegaran a terminar en vertederos, generarían un gran daño ambiental por su capacidad contaminante.

En el caso de Europa, de los millones de pequeñas baterías de litio que utilizan una gran cantidad de dispositivos solamente un 5 % se recicla, lo cual es altamente preocupante. El Plan Nacional de Energía 2015-2030 de nuestro país pretende la reducción de emisiones provenientes del sector transporte mediante la promoción de la eficiencia energética,

la renovación de la flota vehicular, la modernización de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire. Esta normativa, recientemente introducida a nuestro ordenamiento jurídico, tiende a incluir los vehículos eléctricos como una alternativa para disminuir la dependencia del petróleo y crear opciones técnicas y legales para la incorporación de esta tecnología a la matriz energética, pero no puede perderse de vista lo que el legislador dispuso en el artículo 1ero de esta Ley, en el sentido de que todo debe ser en cumplimiento de los compromisos adquiridos en los convenios ratificados por el país en materia ambiental y en consonancia con el artículo 50 de la Constitución Política, que garantiza el derecho fundamental a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Referencias

- Dummett, M. (2016). *Le travail des enfants derrière la production de smartphones et de voitures électriques*. Disponible en <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2016/01/Child-labour-behind-smartphone-and-electric-car-batteries/>
- Lindhqvist, T., Manomaivibool, P., Tojo, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Argentina*. Lund University International Institute for Industrial Environmental Economics.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). *Extended Producer Responsibility, Policy Highlights*. Recuperado de <https://www.oecd.org/environment/waste/Extended-producer-responsibility-Policy-Highlights-2016-web.pdf>
- Santamaría Ramírez Ricardo (2011). Energía y automoción: baterías de estado sólido. Revista número 6. Edición Revista *Lychnos*.



Investigador asociado
de la Fundación
Ecohumana para
la Promoción del
Desarrollo Humano
Integral Sostenible,
Colombia (javi1885@
gmail.com)

Caso de anormalidad registrado para el sapo gigante *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833) en el territorio indígena Ngäbe de Osa, Costa Rica

..... || **Javier Ernesto Cortés-Suárez**



De acuerdo con Johnson, Lunde, Ritchie, Reaser y Lau-
ner (2001), el término *anormalidad* se refiere a "cual-
quier desviación del rango normal en la variación
morfológica" e incluye tanto *malformaciones* (defectos estruc-
turales permanentes resultantes de un desarrollo anormal)
como *deformidades* (alteraciones tales como la amputación de
un órgano o de una estructura correctamente formada). Las
anormalidades que surgen de una mutación, traumas o erro-
res en los estados de desarrollo, son comunes en cualquier po-
blación de anfibios, aunque por lo general aparecen en bajas
proporciones menores a 5 % (Blaustein y Johnson, 2003).

La emaciación es un tipo de anormalidad en los anfi-
bios que causa la inapetencia y la posterior pérdida de peso,
permitiendo que los huesos del hombro, la columna verte-
bral y la pelvis se detallen fácilmente a través de la piel
dando una apariencia corporal reducida y extremadamente
pobre (Hadfield y Whitaker, 2005; Meteyer, 2000).

En noviembre de 2013, un individuo adulto del sapo gi-
gante, *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833), fue registrado
caminando y arrastrándose lentamente a lo largo de una vía



Volver al índice

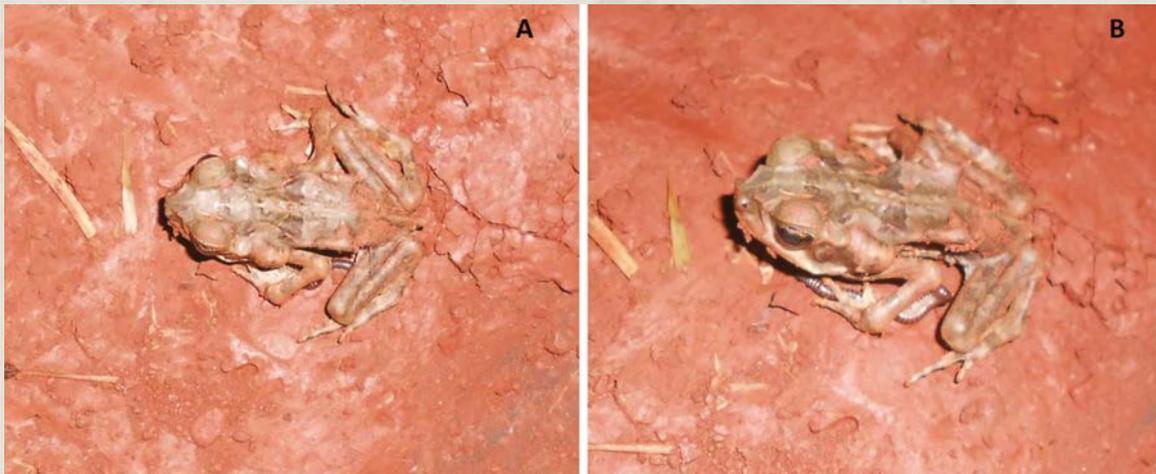


Figura 1. Individuo adulto de *Rhinella horribilis* con emaciación encontrado en el territorio indígena Ngäbe de Osa, Costa Rica. (A) vista dorsal (B) vista lateral.

que conecta las comunidades de Alto Laguna Centro y Tamandúa de Alto Laguna en el territorio indígena Ngäbe de Osa, ubicado en la provincia de Puntarenas en el Área de Conservación de Osa (ACOSA) de la península y el cantón de Osa, Costa Rica. El espécimen encontrado presentaba una reducción muscular severa (emaciación), la cual se hacía más evidente a lo largo de las piernas, dorso y zona pélvica (**Figura 1A y 1B**).

Las causas de la emaciación en anuros, y eventual morbilidad y mortalidad (Ashley *et al.*, 2015), han estado comúnmente asociadas con una cría en cautiverio deficiente, así como también con parasitismo por nematodos patógenos o parásitos eucariotas unicelulares (por ejemplo, *Ichthyophonus spp.*), y enfermedades infecciosas como Ranavirus (Densmore y Green, 2007; De Paula, Pacifico-Assis, Catão-Dias, 2012; Hadfield y Whitaker, 2005; Une, Sakuma, Matsueda, Nakai, Murakamy, 2009).

Otros tipos de virus, como herpes virus (Lucké herpesvirus), han sido igualmente reportados como causantes de emaciación para otras especies de anuros como la rana leopardo (*Lithobates pipiens*) (O'Rourke y Rosenbaum, 2015). Otras enfermedades fúngicas (*Ichthyophonus sp.*) afectan diferentes tipos de anuros como bufónidos, ránidos e hílidos produciendo la muerte en ranas adultas por debilitación y emaciación (Chai, 2014).

Finalmente, todas estas posibles causas de emaciación en *Rhinella horribilis*, sugieren que la naturaleza de la interacción entre los factores bióticos y abióticos que producen este tipo de anomalías aún no se comprenden completamente para la zona donde fue registrado el espécimen, lo que propone un área crítica e importante para futuras investigaciones dirigidas a la conservación de anuros en Costa Rica.

Referencias

- Ashley, S., Brown, S., Ledford, J., Martin, J., Nash, A., Terry, A., Tristan, T., Warwick, C. (2014). Morbidity and Mortality of Invertebrates, Amphibians, Reptiles, and Mammals at a Major Exotic Companion Animal Wholesaler. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 17, 308-321.
- Blaustein, A. R. y Johnson, P. T. J. (2003). The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(2), 87-94.
- Chai, N. (2014). Anurans. En Miller, R. E. y Fowler, M. E. (Eds.) *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine* (pp. 1-13). St. Louis: Elsevier.
- De Paula, C. D., Pacifico-Assis, E. C., Catão-Dias, J. L. (2012). *Batrachochytrium dendrobatidis* in amphibians confiscated from illegal wildlife trade and used in an ex situ breeding program in Brazil. *Diseases of Aquatic Organisms* 98, 171-175.
- Densmore, C. L. y Green, D. E. (2007). Diseases of Amphibians. *ILAR* 48, 235-254.
- Hadfield, C. A. y Whitaker, B., R. (2005). Amphibian Emergency Medicine and Care. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine* 2, 79-89.
- Johnson, P. T. J., Lunde, K. B., Ritchie, E. G., Reaser, J. K. y Launer, A. E. (2001). Morphological abnormality patterns in a California amphibian community. *Herpetologica* 57, 336-352.
- Meteyer, C. U. (2000). *Field Guide to Malformation of Frogs and Toads*. Biological Science Report USGS/BRD/BSR, Madison.
- O'Rourke, D. P. y Rosenbaum, M. D. (2015). Biology and Diseases of Amphibians. En Fox, J. G., Otto, G. M., Whary, M. T., Anderson, L. C. y Pritchett-Corning, K. R. (Eds.) *Laboratory Animal Medicine, Third Edition* (pp. 931-965). Academic Press.
- Une, Y., Sakuma, A., Matsueda, H., Nakai, K. y Murakamy, R. (2009). Ranavirus Outbreak in North American Bullfrogs (*Rana catesbeiana*), Japan, 2008. *Emerging Infectious Diseases* 15(7), 1146-1147.



Abogada ambiental
(vicky.cajiao@gmail.com)

Decreto Ejecutivo N.º 40932-MP-MJP sobre mecanismo de consulta indígena en Costa Rica

..... || **María Virginia Cajiao**



En la década de 1960 el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) realizó el análisis del potencial hidroeléctrico en la cuenca del Río Grande del Térraba, específicamente en el sitio denominado Cajón para la posible construcción del Proyecto Hidroeléctrico Boruca. Durante muchos años se realizaron estudios del potencial de generación de la zona versus la demanda energética del país, al mismo tiempo que se continuaban investigando alternativas compatibles con las exigencias de su entorno social y político y que cumpliera con el rendimiento económico y la reducción de las vulnerabilidades socioambientales en forma paralela.

Para el año 2005, y por estudios de una consultora colombiana, el ICE obtiene una nueva propuesta que reduce los impactos socioambientales, la cual un año más tarde se conoce como Proyecto Hidroeléctrico El Diquís (PHED). Con una generación potencial de 650 megavatios (MW), el proyecto se ubica en la Región Brunca de Costa Rica, específicamente en los cantones de Buenos Aires y Osa de Puntarenas y una pequeña porción en el cantón de Pérez Zeledón de San José. El área de embalse y sus



Volver al índice

Artículo 6 del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT):

1. Al aplicar las disposiciones del presente Convenio, los gobiernos deberán:

- a) Consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente;
- b) establecer los medios a través de los cuales los pueblos interesados puedan participar libremente, por lo menos en la misma medida que otros sectores de la población, y a todos los niveles en la adopción de decisiones en instituciones electivas y organismos administrativos y de otra índole responsables de políticas y programas que les conciernan; ...

... 2. Las consultas llevadas a cabo en aplicación de este Convenio deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas.

obras asociadas a la presa ocuparían un área aproximada de 7 363,58 hectáreas, de las cuales 915,59 corresponderían a territorio indígena de los territorios de China Kichá y Térraba, es decir un 12,43 % del área antes citada.¹

Ante la situación de una eventual ocupación de territorios indígenas y

¹ Proyecto Hidroeléctrico El Diquís, Informe sobre Garantías del Pueblo Térraba con ocasión del Proyecto Hidroeléctrico el Diquís presentado al Comité para la eliminación de la discriminación racial (CERD) de la oficina del Alto Comisionado de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, 2011.

en aplicación al Convenio Internacional 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, aprobado por Costa Rica bajo Ley número 7316 el 3 de noviembre de 1992, se hace obligatorio para el proyecto hidroeléctrico realizar una consulta previa con los territorios indígenas antes mencionados.

Es así como James Anaya, relator especial de Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas, previa información recibida sobre el impacto a los territorios indígenas por el PHED, realiza una visita a Costa Rica en abril 2011 con el fin de entrevistarse con las autoridades del Gobierno, el proponente del Proyecto (ICE) en San José y con las comunidades indígenas afectadas directa e indirectamente en la zona afectada. De esta visita, el

relator especial emite un informe con observaciones y recomendaciones el 30 de mayo del 2011 notificándolo al Gobierno de Costa Rica, basado tanto en el Convenio 169 como en la Declaración sobre los Derechos de los pueblos indígenas, aprobado en la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2007, con el voto afirmativo de Costa Rica. Indica en su informe, que muchas de éstas observaciones se deben acatar de inmediato si

el Estado costarricense decide continuar con el Proyecto Hidroeléctrico El Diquís.

Destaca la necesidad de un proceso de consulta adecuado, con el objetivo de lograr su consentimiento libre, previo e informado de manera que se cumpla con lo siguiente:

- El conocimiento a los impactos del proyecto se debe dar manera libre e informada con anterioridad a la decisión inicial de comenzar la construcción de obras.
- Enmarcarlo en un acuerdo o acuerdos donde se sienten compromisos del Estado en cuanto: indemnizaciones, medidas de mitigación y reparto de beneficios.
- Diálogo de buena fe por ambas partes con el fin de buscar un consenso.

Además, hace un llamado de atención, poniendo énfasis entre otros aspectos a que se debe reconstruir la confianza de los territorios indígenas con el Estado, especialmente con el ICE, e indica que la forma de elegir los representantes sea propia de los territorios indígenas, procurando que el proceso consultivo sea resultado del consenso, y que este proceso debe consistir en un diálogo abierto y exhaustivo entre las partes sobre varios aspectos del procedimiento de consulta a establecerse: etapas, plazos, modalidades de participación entre otras. Es así como en marzo del 2016 se emite la Directriz Presidencial para la construcción del mecanismo de consulta de los pueblos

indígenas en forma exclusiva entre el Estado y los territorios indígenas, resultando de ello la publicación del Decreto Ejecutivo N.º 40932-MP-MJP, firmado por el Presidente de la República, el Ministerio de la Presidencia y el Ministerio de Justicia y Paz y publicado el pasado 5 de abril del 2018.

Es valioso mencionar que, en otras materias como salud, vivienda y educación, ya Costa Rica ha realizado procesos de consulta indígena muy concretos con temas específicos en atención al mandato establecido en el Convenio 169 OIT. Ejemplo de lo anterior fue la emisión del Decreto Ejecutivo 37801-MEP del 2013, que reforma el subsistema de educación indígena realizado en consulta previa con los territorios indígenas.

El “Mecanismo General de Consulta a Pueblos Indígenas”, producto de un proceso ampliamente participativo con los territorios indígenas y varias instituciones del Estado, tiene por objetivo reglamentar la obligación del Poder Ejecutivo de consultar a los pueblos indígenas en forma libre, previa e informada mediante procedimientos apropiados y a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas administrativas, proyectos de ley promovidos por el Poder Ejecutivo o proyectos privados, susceptibles de afectarles (artículo 1).

Se parte de los principios de buena fe, carácter libre, previo e informado, diálogo intercultural, respeto de las organizaciones representativas de los

pueblos indígenas, inclusión de autoridades tradicionales, libre determinación, participación intergeneracional, igualdad de género y procedimientos culturalmente apropiados, entendido este último como el procedimiento que permita la libre y adecuada expresión de los sistemas de organización cultural, social y político de los pueblos indígenas, así como sus formas de comunicación y su idioma en el marco de su cosmovisión (artículo 3).

Este procedimiento es de aplicación obligatoria a toda la Administración Pública Central, sin perjuicio que otros órganos del Estado y municipalidades que administran bienes públicos lo puedan aplicar como marco de referencia a sus propias normativas (artículos 4 y 5). La Unidad Técnica de Consulta Indígena, como órgano del Ministerio de Justicia y Paz y creada en este Decreto, deberá tramitar dichas solicitudes y determinar a su vez, el nivel de la consulta: nacional, regional, territorial o comunitaria, diferenciando los impactos en positivos o negativos. Esta unidad será la encargada de todo el proceso de consulta a nivel técnico y financiero en todas sus etapas (artículos 11 y 16).

Todos los acuerdos alcanzados a la luz de este mecanismo son legalmente vinculantes para todas las partes, ya sean acuerdos preparatorios, finales o de fiscalización (artículo 7). Realizando una revisión cruzada con lo expresado por el relator de las Naciones Unidas, el artículo 12 de este Decreto establece los principales requerimientos indicados: la consulta

es el derecho de los pueblos indígenas a ser consultados, la obligación de consultar corresponde al Gobierno, intercambio de información en forma útil, pertinente, de buena fe y oportuna. Las convocatorias públicas deben ser de amplio alcance, ya sea para la etapa informativa o de toma de decisión, tomando en cuenta la diversidad lingüística, con amplia publicidad del proceso de consulta.

Este mecanismo especifica las medidas administrativas que deben ser consultadas según el Convenio 169 de la OIT y otras declaraciones, donde además de la afectación por la exploración y explotación de los recursos naturales dentro de los territorios indígenas, también se debe consultar en casos de reubicación de los territorios indígenas, enajenación de tierras o transmisión de derechos sobre las tierras fuera de la comunidad, programas de formación profesional, instituciones educativas y medios de educación propios, enseñanza del idioma indígena, entre otros. El esquema de actores de esta consulta se resume en la **Figura 1**.

El procedimiento inicia cuando la contraparte interesada solicita a la Unidad Técnica de Consulta Indígena del Ministerio de Justicia y Paz, la necesidad de una consulta previa por un proyecto o medida administrativa. Admitida la solicitud, se dan los actos preparatorios de la consulta, el intercambio de información, la evaluación interna del pueblo indígena. Posteriormente se inician las gestiones de diálogo, negociación y acuerdos y con ello, la finalización del proceso de consulta,

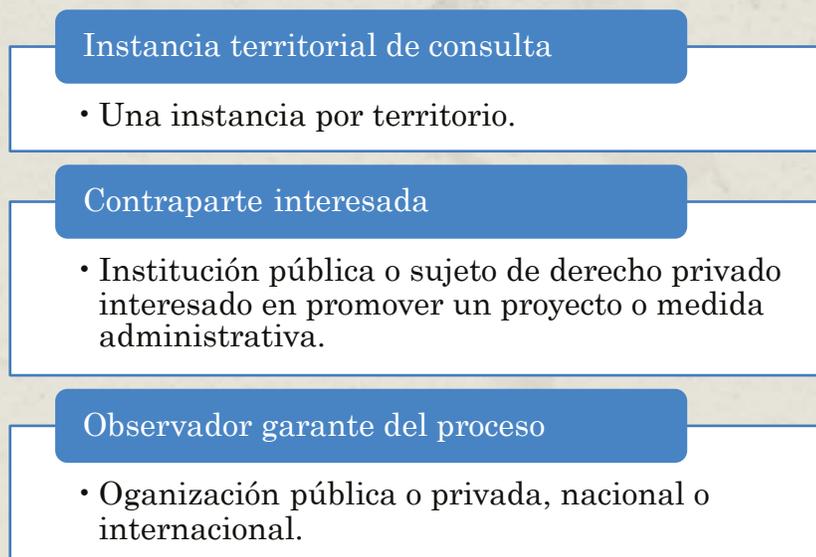


Figura 1. Actores del proceso de consulta a pueblos indígenas según el Decreto Ejecutivo N.º 40932-MP-MJP

quedando pendiente el cumplimiento y monitoreo de los acuerdos que le corresponden a todos los interesados (artículo 26). En el proceso interno de evaluación por parte del pueblo indígena, se puede llegar a dos decisiones: a) otorgar o no el consentimiento libre, previo informado, o b) generar acuerdos (artículo 32).

Las partes involucradas tienen las siguientes responsabilidades: la Unidad Técnica debe ser garante del proceso y que los acuerdos se den en el marco de la legislación vigente; la instancia territorial debe consultar y comunicar los acuerdos o cambios a lo interno del pueblo; la contraparte interesada es responsable de aceptar solo aquellas propuestas o acuerdos apegados al marco legal vigente y respetando los derechos humanos (artículo 36).

El instrumento que tanto se esperaba y que nos debíamos como sociedad, en especial como deuda a nuestros hermanos indígenas, ha sido el resultado de un proceso de más de dos años de suma participación que deviene en este mecanismo de consulta regulado y garantizado por el Ministerio de Justicia y Paz, otorgando el espacio a los territorios indígenas el derecho de organización interna según cada cual.

El reto para la Administración Central es poner en práctica dicho mecanismo ante un eventual acto administrativo, que afecte positiva o negativamente los territorios indígenas, y para nosotros ser los observadores de dicho proceso y de sus resultados. Por su parte, el ICE ahora tiene en sus manos la oportunidad de aplicarlo, en el tanto, se decida continuar con el Proyecto Hidroeléctrico El Diquís.

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. Pertinencia de artículos

- Aunque la mayoría de artículos de la revista *Ambientico* son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas (usar bibliografía en los casos necesarios). De manera general se reciben artículos cortos (2 000 palabras), claros (entendibles e informativos para una audiencia general no científica), y coherentes (que el escrito siga un flujo ordenado de ideas).

2. Modo de entrega

- El artículo ha de ser presentado en Word y enviado al correo electrónico: ambientico@una.cr

3. Tamaño, formato, elementos gráficos y separaciones internas

- El artículo no debiera exceder las 2 000 palabras.
- Escribir a espacio sencillo en letra Calibre tamaño 11.
- Cada párrafo inicia con una sangría y no requiere agregar renglones entre párrafos. Además, *Ambientico* no usa subtítulos para destacar apartados, sino que, donde claramente se cierra o suspende un tema para pasar a otro, se deja un doble espacio antes del párrafo siguiente.
- Incluir los cuadros en formato Word y no como imágenes o capturas de pantalla.
- Cada figura (fotos, ilustraciones, mapas, etc.) puede ser incluida en el mismo documento de Word cerca de donde se espera ser presentadas, pero asegurarse de que sean en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb). Si no son propiedad del autor, deben indicar el nombre de la persona autora.

4. Sobre la persona autora

- Se requiere una fotografía del rostro del autor en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb).
- Solamente incluir el nombre completo, el puesto, la organización para la que labora, y el correo electrónico. Por ejemplo: Jorge Salazar Z. Profesor de estadística, Universidad Nacional-UNA (correo@una.cr).

5. Citas textuales

Las citas textuales, que se ruega no excedan las 40 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

6. Referencias bibliográficas

A partir del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2010), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, el autor/a citado es el sujeto de la oración; en la otra, el autor citado, en tanto tal, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por él. Ejemplo del primer caso: "...

Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas...". Ejemplo del segundo: "... Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)...".

Obra con un autor

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: "... (Pacheco, 1989) ...".

Obra con más de un autor

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción "y". Ejemplo: "... (Núñez y Calvo, 2004) ...". Cuando la obra es de más de dos autores, se cita a todos en la primera referencia pero, posteriormente, solo se coloca el apellido del primer autor seguido de "et al.", sin cursiva y con punto después de la contracción "al.". Ejemplo: "... (Pérez, Chacón, López y Jiménez, 2009) ..." y, luego: "... (Pérez et al., 2009) ...".

Obra con autor desconocido o anónimo

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: "... ("Onu inquieta", 2011) ..."; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: "... *La Nación* (2011) ...". Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la/s página/s. Ejemplo: "... (Pérez, 1999, p. 83) ...".

7. Presentación de las obras referenciadas

Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas.

Libro

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, antecedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999) *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

Artículo contenido en un libro

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición "En", y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis "Ed." o "Comp.", como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura "p." o "pp." seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, antecedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.



Artículo contenido en una revista

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas; inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008, enero) Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica* 39, 26-29.

Artículo contenido en un periódico

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura "p." o "pp.". Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación*, p. 3A.

Material en línea

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y, al final, se coloca la frase "Disponible en" seguido de la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. Disponible en: http://www.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html

Autores múltiples

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción "y". Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: Euned. Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción "y". Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). *Las migraciones internacionales*. Madrid: Síntesis.

Sin autor ni editor ni fecha

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis "s.f." (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo "en".

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster's (ed. 11). Disponible en <http://www.m-w.com/dictionary/heuristic>. Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad*, 185. Disponible en http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44

Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure], [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambronero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. Disponible en <http://www.fusildechispas.com>

8. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase "comunicación personal"; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: "... (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) ...".

Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

9. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

10. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas –nunca negritas ni subrayado– para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

11. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un punto para separar los grupos de tres dígitos en la parte entera del número. Antes de los decimales ha de usarse coma (¡atención en los cuadros!).

Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas.

12. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo) se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

13. Información del autor

En la página de apertura de cada artículo hay una muy breve presentación del autor con la siguiente información: campo de formación académica, cargo o puesto que se ejerce, institución o entidad donde se labora o con la que se colabora. Además, el articulista debe adjuntar una fotografía de su rostro (o de cara y hombros) en soporte digital y en buena resolución (2MB), y su correo electrónico. En caso de varios autores, la anterior información debe ser provista para cada uno de ellos. Cuando el autor es una institución, en vez de fotografía se envía el logotipo.

14. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.