

Huella isotópica: ¿puede el análisis forense mejorar el control forestal?

Isotopic footprint: ¿does the forensic analyses improve forest control?

Ulrich Malessa y Walter Palacios

Ulrich Malessa es ingeniero forestal, Trabajó en TRAFFIC hasta abril de 2011 en la oficina de América del Sur, ahora en la oficina de América del Norte. ulrich.malessa@wwfus.org

Walter Palacios es profesor de dendrología, ecología forestal, conservación y biodiversidad en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. walterpalacios326@yahoo.com; wpalacios326@gmail.com

Fecha de recepción: 26 de abril de 2011

Fecha de aceptación: 15 de septiembre de 2011

Resumen

En el mercado ecuatoriano un alto porcentaje de la madera de las especies provenientes de los bosques tropicales es de origen ilegal. La ocurrencia de actos ilícitos a lo largo de la cadena de producción aumenta si se trata de especies valiosas, tales como la caoba (*Swietenia macrophylla* King) o el cedro (*Cedrela odorata* L.). Al respecto, uno de los datos falsificados más frecuentemente es el origen geográfico de la madera. Hasta hoy no se cuenta con un método forense científico para la determinación objetiva e independiente de la información documentaria que acompaña a la madera comercializada. El análisis de la composición de isótopos, conocido como huella isotópica, tiene un patrón geográfico definido y es factible para este propósito.

Desde el Ecuador se está contribuyendo con muestras de caoba y cedro geo-eferenciadas[1] para construir una base de datos y mejorar el método haciéndolo más funcional en programas de control y vigilancia del mercado de la madera. En este artículo se explica la problemática relacionada con el tema, el método y su uso potencial.

Palabras clave: isótopos, caoba, cedro, madera, control, swietenia, cedrela.

Summary

In the Ecuadorian market a high percentage of timber from tropical forests is of illegal origin. Illegal acts and infringements along the production chain are more frequent if the concern species is valuable such as mahogany (*Swietenia macrophylla*) and cedar (*Cedrela odorata*). In this regard, one of the most frequently falsified data is the geographical origin of wood. At date there is no forensic scientific method for determining objectively and independently the geographic source stated in the documentation of traded timber. The analysis of the isotope composition, known as a isotope fingerprint, has a clear spatial pattern and is feasible for this purpose.

From Ecuador samples of mahogany and cedar were contributed to build a geo-referenced database and improve the method to make it more operational to serve in control and surveillance programs. This article explains the problems related to the subject, the method and its potential use.

Keywords: isotops, mahogany, cedar, timber, control, swietenia, cedrela.



Introducción

¿Por qué trabajar con métodos forenses para identificar el origen geográfico de la madera?
¿Existe un método probado, seguro, eficaz y costo-efectivo?

El origen geográfico de los alimentos ha sido muy relevante por razones entendibles: tener alimentos seguros es uno de los intereses de los consumidores, de las agencias de monitoreo y seguridad de alimentos o de las cadenas de supermercados. En Europa se usa el análisis forense para certificar el origen de las papas. En el caso del vino, se puede precisar la región donde maduraron las uvas. Con este fin se ha desarrollado y refinado el análisis de la composición de isótopos[2].

Con respecto a la madera, la hipótesis es que la madera de cada sitio en el mundo tiene una composición característica de isótopos estables dependiendo de los dos factores citados. Más aún, se sospecha que tal composición es en principio independiente de la especie del árbol. Esto se explica porque los átomos livianos y pesados de un elemento se comportan químicamente igual. En la fotosíntesis, el árbol no puede distinguir entre protio (^1H) o deuterio (^2H – ver Cuadro N.º 1). Indiscriminadamente, el árbol usa los elementos que le ofrece el suelo o el agua para formar compuestos orgánicos como celulosa o lignina, los dos componentes principales de la madera.

Cuadro N.º 1
Elementos usados para el análisis de isótopos en la biomasa

Isótopo	liviano	pesado
Elemento		
Hidrógeno	^1H	^2H
Oxígeno	^{16}O	^{18}O

Nitrógeno	^{14}N	^{15}N
Azufre	^{32}S	^{34}S
Carbono	^{12}C	^{13}C

El número pequeño indica la cantidad de neutrones y protones en el núcleo de átomo.

Fuente: WWF & Agroisolab, 2009.

En el Ecuador, un consumidor final urbano o los compradores institucionales adquieren normalmente productos de madera de un negociante formal con Registro Único de Contribuyente (RUC) que otorga factura. Este negocio es un intercambio de dinero por un producto legítimo y legal; sin embargo, la mayoría de la madera de los bosques nativos proviene de fuentes ilegales (Seneca Creek, 2004; Romero et al, 2009; entre otros). La madera de origen ilegal se introduce al mercado legal (se *legaliza* o *blanquea*) en el tránsito desde el bosque hasta los depósitos de venta. Los controles incompletos y la documentación vulnerable a falsificaciones no permiten una adecuada trazabilidad de su origen. La huella de origen se pierde en los flujos complejos que sigue la madera desde el bosque hasta el consumidor final.

En Ecuador se consumen cinco millones de metro cúbicos de madera al año, incluyendo madera y leña (Añazco et al, 2010; Palacios, 2009). El volumen del aprovechamiento legal anual es aproximadamente tres millones de metros cúbicos, es decir, un 40% del abastecimiento sería de fuentes no registradas. En términos económicos, esto significa una pérdida anual por valores no cobrados por madera en pie (tasa por permiso de aprovechamiento) de seis millones de dólares, si se considera que la mayoría de madera que no se registra proviene de bosques naturales. El daño se multiplica considerando la evasión del pago de impuestos a la renta, al valor agregado y otros tributos (Romero et al, 2009). Este complejo de problemas se llama el problema de la madera ilegal y se encuentra en muchos países con niveles insuficientes de gobernanza (ver Cuadro N.º 2).

El Plan Nacional para el Buen Vivir (2009-2013) advierte que la tala ilegal y los conflictos socioeconómicos son problemas asociados. El plan prioriza la protección de los bosques y el desarrollo de una economía rural que considera también al sector forestal. La meta principal es la reducción en un 30% de la tasa de deforestación al 2013 (SENPLADES, 2009). Los dos planes reverencian frecuentemente el tema de la biodiversidad y su protección. La riqueza en especies y ecosistemas es visto como “una de las principales ventajas comparativas” del país.

Cuadro No. 2

El problema de la madera ilegal

El World Bank (2004) estima que la tala ilegal en el patrimonio forestal público causa mundialmente pérdidas en los activos e ingresos de más de USD 10 mil millones anuales, lo cual es más de seis veces el total de la asistencia oficial para el desarrollo de la gestión sostenible de los bosques. Otros USD 5 mil millones se pierden al año –se calcula– debido a los impuestos no recaudados y las regalías porque este tipo de producción no es sancionado legalmente. Además de las pérdidas financieras directas, la tala ilegal y otros delitos forestales se asocian con muchos impactos negativos económicos, sociales y ambientales. La degradación forestal vinculada a los delitos forestales y a la tala ilegal, amenaza a la biodiversidad y al mantenimiento del carbono forestal, además de que aumenta los costos asociados con el cambio climático global.

Otros impactos negativos asociados a la tala ilegal son:

- Amenaza a los medios de subsistencia (tanto económicos como sociales) y a la seguridad de las comunidades locales e indígenas.
- Distorsión de la competitividad en el mercado: los precios de la madera y las empresas forestales con operaciones legales enfrentan competencia injusta.
- Vinculación con conflictos violentos, amenaza para la integridad política y desestabilización de los sistemas administrativos.
- Contribución al mal gobierno

Fuente: WWF & Agroisolab, 2009.

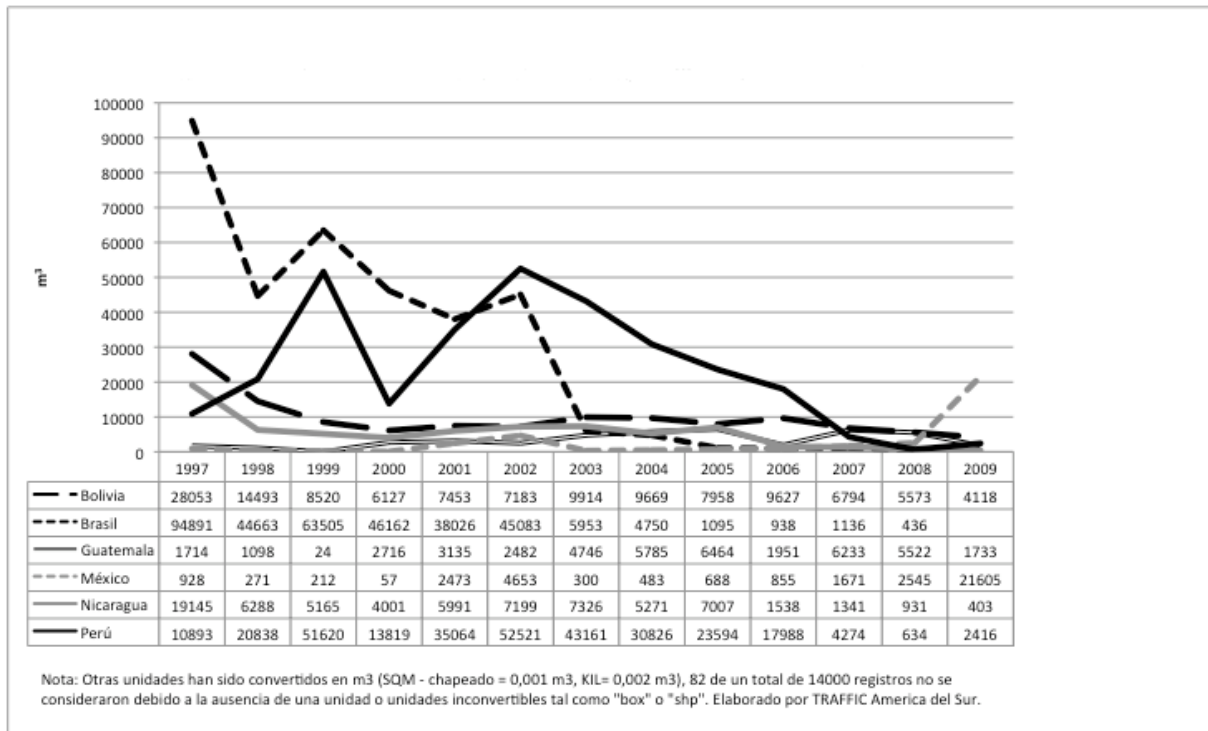
El caso del cedro y de la caoba

Para algunas especies como la caoba y el cedro la explotación ha sido dramática y los niveles de exportación cayeron rápidamente (ver Gráfico N.º 1). Ecuador exportó oficialmente entre 1997 y 2007 unos 650 m³ de madera aserrada de caoba; sin embargo hay un consumo interno no evidenciado adecuadamente. Por ejemplo en Huambaló, un pueblo de la provincia de Tungurahua, se fabrican muebles con “ahuano” sin reconocer que se trata de la verdadera caoba. Por otro lado, se conoce que la mayor población natural de la especie en el Ecuador se reduce a una franja estrecha en la provincia de Pastaza (Palacios, 2007, 2011a, 2011b).

Durante la primera mitad del año 2011 la organización TRAFFIC encargó a un dendrólogo la búsqueda de muestras geo-referenciadas de las especies citadas. Aparte de las bajas cifras de la exportación histórica de madera de esta especie, el informe narra el poco éxito para encontrar ejemplares adultos de caoba y concluye que el volumen comercialmente aprovechable está casi agotado (Palacios, 2011a). Esto no quiere decir que no se encuentran

árboles grandes, pero son tan escasos y están tan dispersos que se los puede calificar como relictos. Ello evidencia la necesidad de una investigación sistemática, confiable y detallada sobre la ocurrencia de la especie.

Gráfico N.º 1
Comercio de caoba (*Swietenia macrophylla*) en algunos países de América Latina

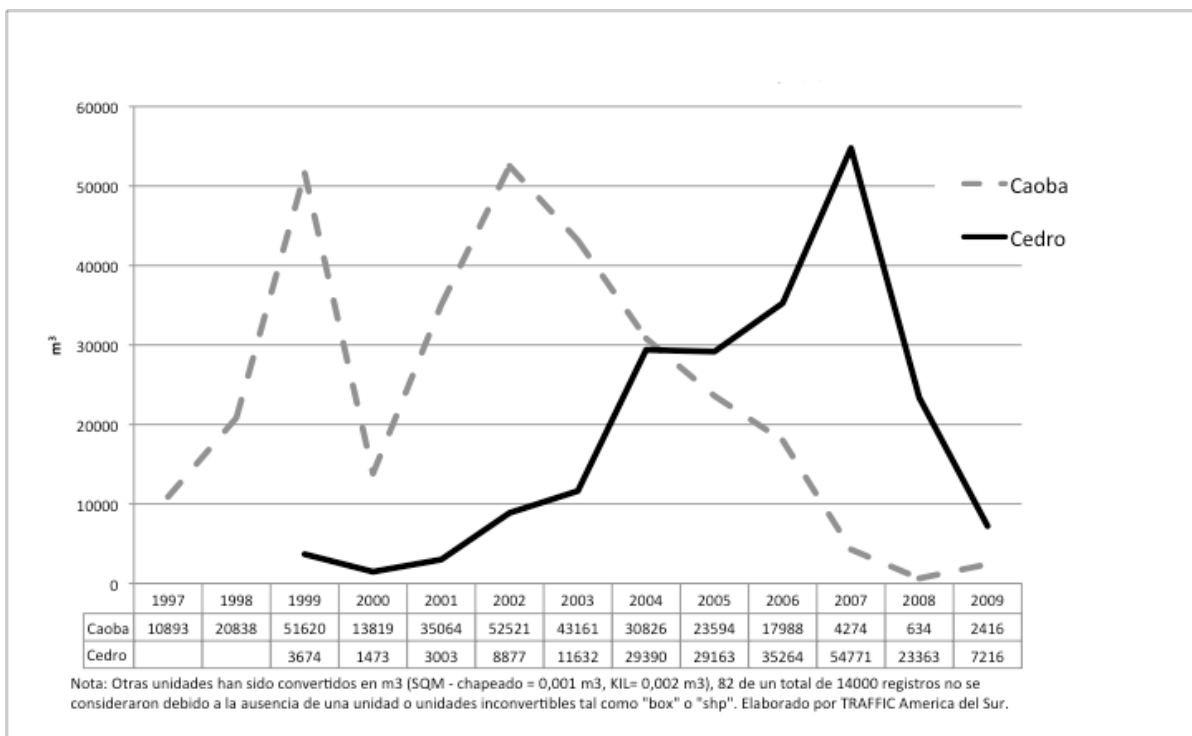


Fuente: CITES de UNEP-WCMC. Visita marzo de 2010 www.unep-wcmc.org

En cuanto al cedro, entre los años 2002 y 2009, Ecuador exportó solamente 342 m³ según la base de datos de CITES. Pero en el mercado internacional, como lo muestra el caso de Perú, la madera de cedro reemplazó las ventas derrumbadas de caoba. Tal negocio alternativo duró un par de años, pero luego, las exportaciones colapsaron (Gráfico N.º 2).

La caoba y el cedro son las especies más valiosas de la selva tropical en América Latina. Sus altos precios propician que se busque a estas especies en lugares remotos y poco accesibles. A TRAFFIC han llegado noticias de grupos madereros detenidos buscando esta valiosa madera en áreas protegidas, en zonas fronterizas y en territorios de pueblos ancestrales (Aguirre 2009). Se observa, además, un comercio indiscriminado en las fronteras no controladas entre los países amazónicos (El comercio 2006).

Gráfico N.º 2
Comercio de caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*) de Perú



Fuente: CITES de UNEP-WCMC. Visita marzo de 2010 www.unep-wcmc.org

El método que se presenta en los acápites siguientes podría responder la pregunta acerca del origen de la madera detenida sin documentación o con documentos falsos, en numerosos casos. El método, de lograrse su aplicación, será sencillo y bajo costo-efectivo, y se podría usar para verificar el comercio de estas especies (ver Cuadro N.º 3).

Como medida cautelar para proteger la diversidad genética y sus poblaciones naturales, desde comienzos del 2007 la tala de caoba y de cedro está vedada en Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2007). Sin embargo, la veda no necesariamente ha tenido los efectos deseados: las actividades se vuelven informales y evaden los controles. Mientras tanto, quienes han operado en la legalidad o los dueños de los bosques que protegieron estas especies son perjudicados económicamente.

La veda terminó a inicios del 2011 y el Ministerio de Ambiente está estudiando la situación antes de autorizar la tala. La pregunta es: ¿hay alternativas a la prohibición de corta y comercialización? El control a través del método de isótopos tiene el potencial de convertirse en una herramienta que asegure el comercio legal y el origen de la madera.

Cuadro N.º 3 ¿Por qué desarrollar este método científico?

Las motivaciones para desarrollar un método confiable se nutren, entre otros, de los siguientes aspectos:

- En general, el comercio de madera es poco transparente.
- La oferta de madera ilegal en el mercado es substancial.
- La cadena de abastecimiento de la madera es compleja y brinda muchas oportunidades para esconder su origen.
- Muchos compradores no saben de dónde viene la madera que adquieren y no hay un método forense para verificar la información de los proveedores.

Fuente: WWF & Agroisolab, 2009.

Descripción del método y su aplicabilidad

Desde hace algunos años, el consorcio formado por WWF Alemania, Von-Thünen-Institut y la compañía Agroisolab[3] trabaja en adaptar el método de análisis de la composición de isótopos, probado con productos agrícolas. La biomasa de la flora de ecosistemas naturales se compone de sustancias químicas que están al alcance de las plantas. Estas absorben nutrientes, minerales y agua a través de su sistema radicular, de sus hojas y de otros órganos epigeos. Los elementos químicos están compuestos principalmente por átomos de oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono. De estos elementos se conocen átomos pesados y livianos: los isótopos (Cuadro N.º 1). Los isótopos se comportan químicamente igual, lo cual significa que una planta no discrimina átomos pesados o livianos. La relación cuantitativa de los dos estados del elemento varía geográficamente en el suelo y en el agua, y por lo tanto, en la biomasa.

La tecnología

La cuantificación de isótopos se hace con espectrómetros de masa. En el proceso de pirólisis se quema la madera a temperaturas definidas y la mezcla de gases generado por este proceso se canaliza, pasando por las cabezas de medición de los dispositivos.

En el caso del oxígeno y el hidrógeno, las relaciones isotópicas sólo pueden ser medidas en dos procesos independientes. Esto se logra mediante el acoplamiento de dos espectrómetros de masa a través de un conmutador intermedio para la detección sucesiva. Por lo tanto, no sólo se ahorra tiempo en el uso de los equipos y en la medición, sino que se preparan y se pesan las muestras una sola vez.

La medición de los isótopos de carbono y nitrógeno es particularmente difícil. En el proceso de la pirólisis se modifica el proceso y se trabaja con varias fases, con temperaturas e instalaciones diferentes.

Conclusiones probables

Si se conoce el patrón geográfico de la composición de isótopos en la biomasa, se pueden derivar conclusiones sobre el origen geográfico de muestras de madera. Estas conclusiones pueden tener dos formas, una positiva y una negativa:

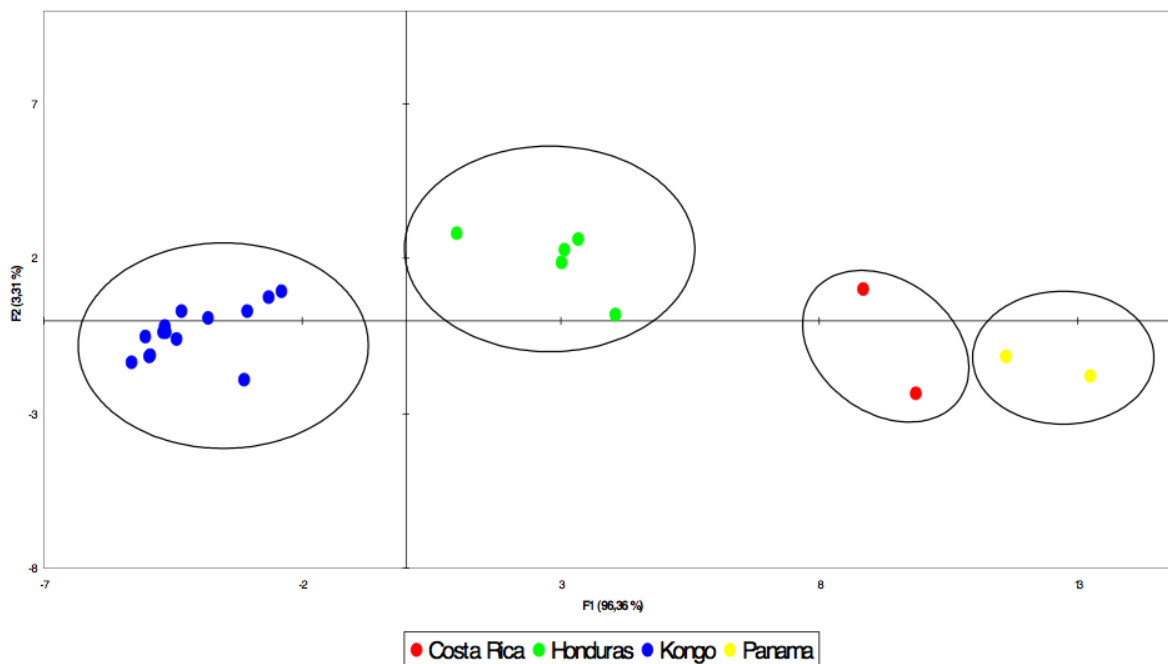
A: La muestra no procede del lugar declarado: en este caso la composición de isótopos de la muestra no concuerda con el patrón geográfico conocido.

B: Se confirma el origen declarado de la muestra porque su composición de isótopos es similar al patrón geográfico conocido.

La construcción de la base de datos para establecer patrones geográficos está comenzando, por lo cual la cobertura de registros todavía muestra muchos vacíos geográficos. En ubicaciones geográficas sin información, obviamente la conclusión B no es factible. Pero en caso de que la composición de isótopos coincide con otro registro, se concluye que la muestra proviene de este sitio.

En el Gráfico N.º 3 se ilustra la diferenciación de patrones geográficos en la composición de isótopos. Claramente se puede ver la agrupación de los resultados de madera de diferentes países.

Gráfico N.º 3
Identificación del país de origen de caoba a través del análisis de isótopos



Fuente: Agroisolab (s/f).

La precisión y especificidad para la especie

En una primera fase se estima que la precisión del método tiene una resolución geográfica equivalente a 50 kilómetros. Con esfuerzos futuros se espera mejorar el método paso por paso.

Los científicos manejan la hipótesis de que la composición de isótopos está definida por dos factores principales: suelo y agua. Por lo tanto, el patrón geográfico de la composición de isótopos se plasma en toda la biomasa vegetal, independientemente de la especie, siempre que se trate de especies de crecimiento y clase de tamaño similares. Para confirmar esta hipótesis se necesitan muestras de diferentes especies del mismo lugar. Pero los primeros datos de la familia de Dipterocarpacea de Asia muestran que el método es independiente de la especie de árboles (Förstel et al, 2008).

La contribución desde el Ecuador

En la introducción se argumentó que el método puede ser relevante especialmente para el control de origen de madera de especies valiosas. El Ecuador es uno de los países ubicados dentro del rango de distribución de dos de las especies más valiosas del mundo, las cuales se comercializan en la Amazonía y en otras partes del país; sin embargo, árboles viejos de caoba plantados en la Costa a partir de semillas centroamericanas han sido cosechados y mezclados con madera amazónica. Por esta razón, es importante construir una base de datos con muestras de madera de la Amazonía ecuatoriana.

Se requiere asegurar una representación de registros ecuatorianos en una base de datos internacional en el futuro. También se sugiere considerar el método en futuras mejoras del control forestal y para resolver la veda de caoba y cedro.

La huella isotópica: ¿una ayuda para conservar la biodiversidad?

En varias ocasiones, la información que proveen los vendedores de la madera con respecto al origen de sus productos no es creíble. Esta es una realidad para madera proveniente de bosques nativos en los trópicos. La información no es confiable o es errónea –con o sin intención – porque los flujos de la madera desde los bosques a los mercados y consumidores son complejos.

Asimismo, los compradores y consumidores de la madera y los inspectores públicos vinculados al control forestal, a la recaudación de impuestos o al control de comercio de biodiversidad, están preocupados por la información insuficiente y poco confiable.

Por otro lado, no existe un método forense aplicable para comprobar si información sobre el origen de la madera es correcta. El análisis de la composición de isótopos en la madera y su comparación con un patrón geográfico de isótopos tiene el potencial para brindar evidencia científica, por las razones siguientes:

- El método está probado para productos agrícolas.

- Existe la probabilidad prometedora para mejorar la precisión del método.
- Existe la perspectiva para reducir los costos por muestra para el análisis de isótopos.
- Existe la disponibilidad de donantes para financiar proyectos con el fin de mejorar el método y promover su uso incluyendo el transfer de tecnología.
- El análisis de isótopos es menos conflictivo que el análisis de la información genética al no existir vínculo ni riesgo de biopiratería.

El uso de un método científico forense se justifica especialmente en casos de mayor interés. Ejemplos podrían ser especies en peligro de extinción y bajo protección internacional o nacional (principalmente la caoba y el cedro), especies de alto valor comercial (por ejemplo *Cedrelinga cateniformis*) que podrían tener restricciones de aprovechamiento en el futuro, madera proveniente de áreas protegidas o contrabando por las fronteras, eventualmente vinculado con otro comercio ilícito y redes criminales.

En un encuentro realizado en Alemania a inicios de marzo del 2011[4], se diseñaron los próximos pasos para avanzar en la aplicabilidad del método y la construcción de una base de datos internacional para acopiar los registros de composición de isótopos de madera. Un vínculo interesante podría establecerse con la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, por sus siglas en inglés) para estandarizar el método y buscar apoyo para instalar nuevas capacidades de análisis de isótopos en países del sur, incluyendo Ecuador.

Notas

[1] Proyecto de investigación de TRAFFIC América del Sur (UICN Sur), auspiciado por ECOCIENCIA, con autorización para la investigación científica en flora N° 001-11-IC-FLO-DNB/MA de la Dirección Nacional de Biodiversidad del Ministerio de Ambiente.

[2] Se denominan isótopos a los átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por tanto, difieren en la masa total de sus núcleos.

[3] WWF Alemania: Sucursal alemana del Fondo para la Naturaleza; Von-Thünen-Institut: Instituto Federal de Alemania para Investigación en zonas rurales, bosque y pesca; Agroisolab GmbH: empresa para análisis de laboratorio, cofundada por el TÜV Rheinland, compañía para control de calidad; el proyecto del consorcio se financia con fondos del Ministerio de Ambiente de Alemania (BMU).

[4] ITTO Pre-project TFL-PPD 023/10, "Development and implementation of a species identification and timber tracking system with DNA fingerprints and stable isotopes in Africa", Marzo 1-3, 2011; vTI, Hamburg-Bergedorf, Alemania

Referencias citadas

Agroisolab (s/f). "Tracing the origin of food – Safe food products due to isotope analysis". Folleto promocional. Compañía Agroisolab GmbH, Alemania.

WWF & Agroisolab (2009). "Stable Isotope Method - a new possibility to control the declared origin of timber / fight illegal logging". Presentación Power Point, mayo 2009, WWF Alemania, DBU y Agroisolab.

Añazco, Mario; Manuel Morales, Walter Palacios, Esteban Vega y Ana Lucía Cuesta (2010). *Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión sostenible*, Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. Quito.

Aguirre, Milagros (2007). *¡A quien importan estas vidas!: un reportaje sobre la tala ilegal en el Parque Yasuní*. Cicame. Quito

El Comercio (2006). “Destruyen campamento maderero peruano en zona intangible de Ecuador”. *El Comercio*, Quito, julio 16 de 2009.

Förstel, Hilmar; Markus Boner y Johannes Zahnen (2008). "Entwicklung der Isotopenmethode zur praxistauglichen Anwendbarkeit für Holz Überprüfung der Herkunftsdeklaration von Holz mittels Isotopenverteilung", Informe final de proyecto, Technologiezentrum Jülich, Agroisolab GmbH y WWF Deutschland. Frankfurt am Main, Alemania.

Ministerio del Ambiente de Ecuador (2007). “Acuerdo Ministerial No. 167”, publicado en el Registro Oficial No. 18 del 8 de febrero de 2007, renovado por el Acuerdo Ministerial No. 002, del 15 de enero del 2009.

Palacios, Walter (2007). "Meliaceae" en *Flora of Ecuador*. Botanical Institute, University of Goteborg, Sweden

Palacios, Walter (2009). “Lineamientos para el manejo de los bosques nativos del Ecuador”. Quito: Grupo de Bosques-CEDENMA..

Palacios, Walter (2011a). “Informe de colección de muestras de madera” (inédito), Proyecto *Identificación de isótopos en muestras de madera de Cedrela odorata L. y Swietenia macrophylla King en el Ecuador*. Quito: TRAFFIC-UICN.

Palacios, Walter (2011b). “Situación de *Swietenia macrophylla* King y *Cedrela odorata* L. en el Ecuador” (inédito). Quito: TRAFFIC-UICN.

Romero, Marco; Jorge León, Ulrich Malessa, Bernardo Ortiz, Aana Puyol y Felipe Del Gatto (2009). “Construcción de un sistema viable y gobernable para el buen manejo del bosque y de vigilancia en la extracción, transporte y destinos de la Madera”, Informe para TRAFFIC-América del Sur, Quito.

Seneca Creek (2004). “Illegal”, *Logging and Global World Markets: the Competitive Impacts on the US Wood Products Industry* Maryland, EEUU. Informe comisionado por American Forest & Paper Association

SENPLADES (2009). Plan Nacional de Desarrollo 2009-2013. Quito.

Von Scheliha, Stefanie y Johannes Zahnen (2011). “Genetic and isotopic fingerprinting methods – practical tools to verify the declared origin of wood” Conferencia Internacional GIZ, 3-4 de noviembre de 2010, Eschborn.

World Bank (2006). Strengthening forest law enforcement and governance. Addressing a systemic constraint to sustainable development. Washington, EEUU. Report No. 36638 - GLB