

# PLANTAS DE COCA EN COLOMBIA. DISCUSIÓN CRÍTICA SOBRE LA TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES CULTIVADAS DEL GÉNERO *ERYTHROXYLUM* P. BROWNE (ERYTHROXYLACEAE)

Aida Galindo Bonilla<sup>1</sup>, José Luis Fernández-Alonso<sup>2</sup>

## Resumen

**Galindo Bonilla, A., J. L. Fernández-Alonso:** Plantas de coca en Colombia. Discusión crítica sobre la taxonomía de las especies cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. **34** (133): 455-465, 2010. ISSN 0370-3908.

La botánica forense tiene alta demanda en Colombia en relación con material procedente de cultivos ilícitos, principalmente de plantas de “coca”. Se realizó el estudio taxonómico de las dos especies y cuatro variedades de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) cultivadas en el país. Se plantea la hipótesis de hibridación entre *E. coca* Lam. y *E. novogranatense* (Morris) Hieron. y también entre las dos variedades de *E. coca* y se describen importantes cambios en la distribución de los taxones en el territorio nacional. Tanto la hibridación como los cambios en patrones de distribución se deben a la intervención antrópica.

**Palabras clave:** cocas cultivadas, *Erythroxylum*, *Erythroxylaceae*, cultivos ilícitos, botánica forense.

## Summary

Forensic botany is in high demand in Colombia in connection with plant material, mainly “coca” from illicit crops. The taxonomic study of the two species and four varieties of *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) cultivated in Colombia was carried out. Hybridization between *E. coca* and *E. novogranatense* and between the two varieties of *E. coca* is suggested, and important changes in the geographic distribution of all taxa are described. Both, hybridization and changes in distribution patterns are due to anthropic intervention.

**Key words:** cultivated cocas, *Erythroxylum*, *Erythroxylaceae*, illicit crops, forensic botany.

<sup>1</sup> Laboratorio de Botánica Forense. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [agalindo@medicinalegal.gov.co](mailto:agalindo@medicinalegal.gov.co)

<sup>2</sup> Real Jardín Botánico CSIC, Plaza de Murillo 2, 28014 Madrid. Correo electrónico: [jlfernandeza@rjb.csic.es](mailto:jlfernandeza@rjb.csic.es)

Las investigaciones se realizaron en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses- Laboratorio de Botánica Forense, Bogotá y en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

## I. Introducción

*Erythroxylum* es un género pantropical que cuenta con alrededor de 230 especies, de las cuales cerca de 190 se encuentran en el Neotrópico. A este género pertenecen las comúnmente denominadas “plantas de coca” (Plowman & Rivier, 1983, Plowman & Hensold, 2004), que en Colombia incluye cerca de 40 especies (Jara com. pers.). Schulz dividió el género en 17 secciones basándose principalmente en caracteres de la estípula foliar y las estrías presentes en ellas (Schulz, 1907). Plowman consideró que las especies del Neotrópico se separan sólo en dos grandes grupos; la sección *Archaerythroxylum* Schulz de estípulas lisas y la sección *Rhabdophylum* Schulz de estípulas estriadas, mientras que las otras secciones son artificiales (Plowman, 1989).

Únicamente dos especies de este género han sido cultivadas desde épocas prehispánicas; *Erythroxylum coca* Lam. y *E. novogranatense* (Morris) Hieron. En la literatura se reconocen las variedades taxonómicas *Erythroxylum coca* var. *coca*, *Erythroxylum coca* var. *ipadu* Plowman, *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense* y *Erythroxylum novogranatense* var. *truxillense* (Rusby) Plowman. Estas plantas han sido del interés de botánicos, horticultores y farmacéutas desde principios del siglo XIX, lo cual produjo una historia compleja y un largo debate sobre su identidad taxonómica correcta (Plowman, 1982). Historia que llega hasta nuestros días cargada de un fuerte conflicto social relacionado con los cultivos ilícitos en Latinoamérica (Galindo & Fernández-Alonso, 2009).

Por otra parte, la botánica forense ha tenido un desarrollo relativamente reciente a nivel internacional aplicado a la identificación de material vegetal en la investigación criminal. En Colombia la tendencia presenta variaciones importantes debido al alto impacto de los cultivos ilícitos en el país, que a su vez esta fuertemente relacionado con la situación socio-política actual. La solicitud de servicio forense mas común ha sido la identificación de plantas procedentes de cultivos ilícitos, principalmente de las denominadas “plantas de coca” (Fernández-Alonso *et al.*, 2007; Galindo & Fernández-Alonso, 2009).

La necesidad de identificación forense en los potenciales cultivos ilícitos, ha obligado a realizar la revisión taxonómica de las plantas cultivadas del género *Erythroxylum* con el objeto de estudiar su delimitación y establecer el status taxonómico actual a partir de una muestra de la población reciente, detectando nuevos rangos de distribución y algunos aspectos interesantes de su morfología, que sugieren cambios concordantes con una dinámica poblacional alta.

## II. Materiales y métodos

Se realizó la revisión de la literatura disponible sobre la taxonomía, morfología, biosistemática, etnobotánica y demás aspectos informativos de las especies cultivadas (Galindo & Fernández-Alonso, 2009). Mediante las técnicas clásicas en taxonomía vegetal se analizaron caracteres de morfología externa, arquitectura foliar, cristales y polen, según los procedimientos que se describen a continuación.

### 1. Colecciones estudiadas

Para este estudio se revisaron algo más de 100 especímenes de la colección del Herbario Nacional Colombiano (COL) y por otra parte, 182 especímenes recolectados en cultivos actuales de Colombia, que debido a la connotación de ilicitud de los mismos, se contó con la colaboración de la Policía Antinarcóticos en el muestreo. De éstos, 61 muestras procedían de los principales núcleos de producción en 8 departamentos, 71 de dos cultivos experimentales autorizados por el gobierno colombiano y las restantes 50 provenían de material de estudio de casos nacionales analizados y emitidos previamente. La obtención de material vegetal procedente de cultivos ilícitos es prácticamente imposible para los colectores botánicos en condiciones normales, debido a la situación socio-política actual en relación con el fenómeno del narcotráfico y el conflicto armado, lo que resalta la importancia de esta muestra que representa los cultivos recientes en Colombia.

De estas muestras quedó testigo en el Herbario de Referencia Forense del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLyCF) y de las muestras de cultivo experimental en que se obtuvo material suficiente, se depositaron duplicados en el Herbario Nacional Colombiano (COL).

### 2. Morfología y anatomía

Para la observación morfológica y análisis de imágenes se empleó el estereo microscopio Olympus® SZX16, con objetivo 5.0x plan-apocromático, con la cámara digital Media Cybernetics® Evolution MP y software para manejo de imágenes Image Pro-Plus v6.2 de Media Cybernetics® del Laboratorio de Botánica Forense del INMLyCF.

Para la observación de granos de polen y superficie foliar, se tomaron muestras de los ejemplares procedentes de los cultivos experimentales en las secciones centrales de la lámina foliar y las anteras disponibles en los mismos individuos. Se empleó el microscopio electrónico de barrido (SEM) FEI®QUANTA 200 del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad Nacional en modo de operación de vacío. Las muestras fueron metalizadas en un sputter Balzers® SDC-050 en vacío intermedio con argón sobre una placa de oro-paladio.

Para la observación de cristales, además de SEM, se empleó el microscopio óptico de luz transmitida y luz polarizada cruzada Olympus® BX51 del Laboratorio de Evidencia Traza del INMLyCF, para lo cual se realizó previamente la clarificación de las láminas foliares.

### 3. Terminología

Para la terminología empleada en la descripción de las estructuras morfológicas planas se siguió a **Moreno** (1984), **Font Quer** (1985) y **Hickey & King** (2000). Para arquitectura foliar se siguió la propuesta del **Leaf Architecture Working Group** (1999). En lo referente a los caracteres propios de *Erythroxylum* se siguió la terminología de **Schulz** (1931) y **Plowman** (1980a, 1980b, 1982, 1989). Para la lectura de los caracteres de cristales se tomó como referencia a **Metcalf & Chalk** (1950) y a **Parra & Flórez** (2001).

### 4. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de estadística descriptiva sobre el material vegetativo y a partir de estos resultados los datos fueron evaluados mediante análisis multivariado de correspondencias múltiples, para determinar posibles tendencias o agrupamientos en los caracteres con respecto a las determinaciones taxonómicas mediante el programa estadístico SPAD v4.51 (CISIA, 2001).

## III. Discusión y resultados

El grupo de muestras estudiadas proveniente de los cultivos experimentales incluyó catorce variantes comerciales conocidas en Colombia hasta ahora, aunque hay al menos tres nuevas variantes registradas con posterioridad al desarrollo de este estudio. Las estudiadas son: “Amarga”, “Boliviana blanca”, “Boliviana negra”, “Boliviana roja”, “Chirosa”, “Crespa”, “Dulce”, “Gigante”, “Tingo maría”, “Tingo pajarita”, “Tingo llanera”, “Tingo negra”, “Patirroja” y “Pomarrosa”, cuyas denominaciones fueron establecidas probablemente para denotar características morfológicas externas, procedencia geográfica o propiedades de producción o resistencia con fines comerciales. Este grupo de cultivares se encuentra ubicado en un mismo terreno, de donde se tomaron las muestras en una determinada época del año. Con esto se minimizó la posible variación fenotípica relacionada con condiciones climáticas, tipo de suelo, fertilizantes y la aspersión aérea, entre otras variables muy difíciles de controlar cuando se realiza el muestreo de individuos procedentes de diferentes zonas del país y colectados en épocas diferentes.

Se evaluó la informatividad de los caracteres taxonómicos, teniendo como base las descripciones mencionadas

en la literatura y centrándose en el estudio de los caracteres vegetativos, debido a que un 95% de los casos judiciales evaluados en el desarrollo de la práctica pericial en botánica forense (**Fernández-Alonso et al.** 2007) y en el 80% de los especímenes recientes analizados en el presente estudio, no se dispuso de flores ni frutos. Por lo general este tipo de muestras recolectadas en cualquier época del año, son estériles porque difícilmente coinciden con la época de floración de las especies. Para las plantas procedentes del cultivo experimental se logró la revisión de los caracteres florales.

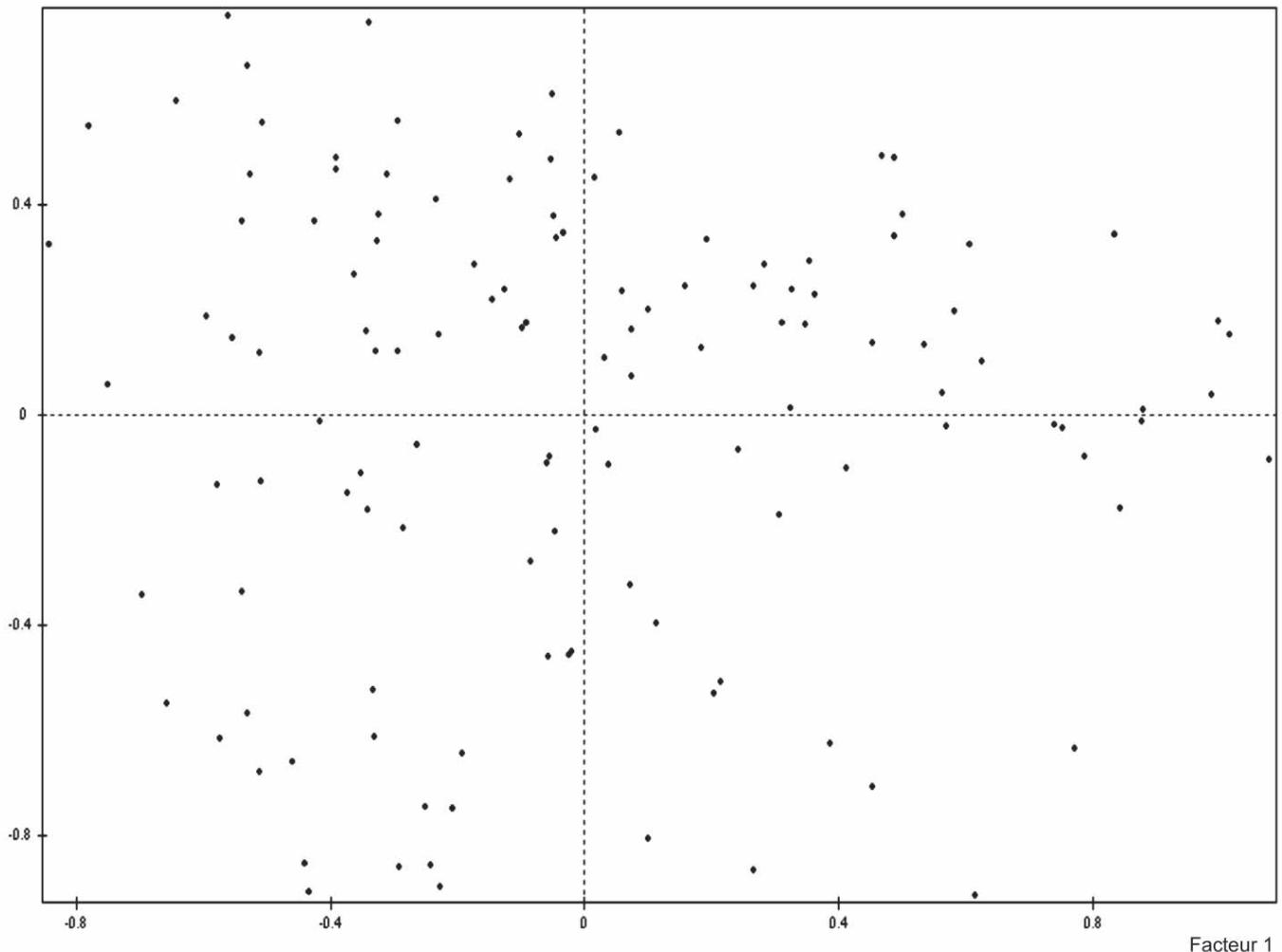
Con base en la información descriptiva de la literatura referente a *E. coca* y *E. novogranatense* (**Schulz**, 1931; **Machado**, 1972; **Ganders**, 1979a; **Plowman**, 1980a; 1980b; 1982; 1989; **Bohm et al.** 1982) y a la evaluación morfológica adelantada se realizaron las determinaciones taxonómicas preliminares, con lo que se obtuvo la determinación específica clara solo en el 32.0% de los individuos muestreados. En el 63.4% se observó generalmente una mezcla de los estados de carácter de una y otra especie en un mismo individuo, por lo que solo se logró una aproximación a la determinación específica a partir de la tendencia hacia alguna de las dos. En el restante 4.6% de las plantas evaluadas, los caracteres eran claramente intermedios entre las dos especies. En cambio, en la revisión realizada en los especímenes del Herbario Nacional Colombiano que datan de las décadas de los 70-80, no se observa esta mezcla de caracteres en las muestras y es más fácil hacer determinaciones acordes con la literatura. Esta diferencia entre el material histórico depositado en COL y el muestreo representativo de cultivos recientes, sugiere que las poblaciones actuales de plantas de coca cultivada en el país han sufrido cambios significativos en su morfología y en la distribución o representación actual en el territorio.

### 1. Caracteres morfológicos

#### 1.1 Caracteres vegetativos

Caracteres como fracturas en la corteza y tipo de lenticelas, forma de la lámina foliar, elevación de la vena media sobre la superficie adaxial de la lámina foliar, forma y margen de la estípula mostraron ser informativos para la determinación taxonómica específica. Por el contrario, otros caracteres vegetativos como color y textura de la corteza, erupción de las lenticelas, color, ángulos y forma de la base y ápice de la hoja, longitud del mucrón, presencia de areola central y líneas paralelas en la lámina, junto con el patrón de arquitectura foliar, no ofrecieron utilidad para determinación específica aunque en conjunto permiten asegurar la identificación a nivel genérico, en las pruebas periciales. En general se observó en el análisis de correspondencias múltiples una tendencia al agrupamiento, más que una segregación taxonómica definida (Gráfica 1).

Facteur 2



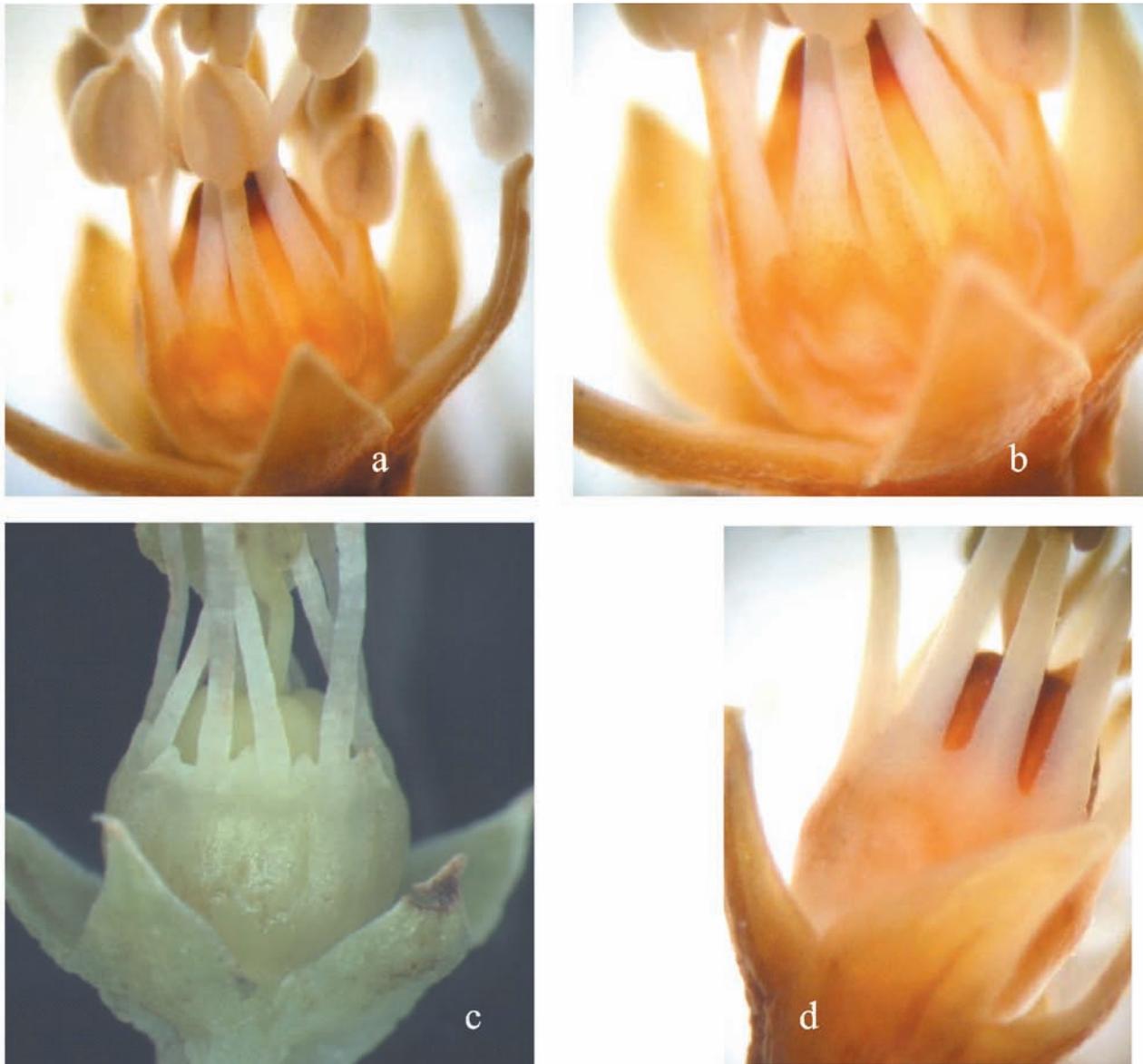
**Gráfico 1.** Resultado del análisis multivariado de correspondencias múltiples sobre los caracteres vegetativos en una muestra de población actual de las especies cultivadas del género *Erythroxylum* en Colombia.

Es importante resaltar que la presencia de líneas paralelas de la lámina foliar, registrada apenas en el 50% de las muestras analizadas, ha sido una característica frecuentemente referida como elemento identificador de las especies cultivadas. Si bien tradicionalmente para los campesinos, autoridades judiciales y en algunas aplicaciones forenses ha sido fuertemente valorada, otras especies del género comparten este carácter y por lo tanto no debe ser considerada como un carácter informativo de especie.

Se analizó la arquitectura foliar y se encontró un patrón conservado en todos los individuos, solo observándose diferencias sutiles entre ellos y ofreciendo poca información a nivel de especie o de variedad en la muestra estu-

diada, acorde con lo encontrado por **Rury** (1981), quien señaló que el patrón de venación en las hojas de "coca" es muy variable para ser un carácter diagnóstico que permita la determinación de especies cercanas.

Por otra parte, diferentes autores (**Schulz**, 1931; **Plowman**, 1989; **Idrobo** com. pers.) han empleado características vegetativas cuantitativas (p.e. dimensiones de lámina foliar y estípulas) como elementos discriminantes para la separación de las especies cultivadas. En todos los casos analizados se registraron valores superpuestos en caracteres como diámetro y longitud del pecíolo; ancho y largo de la lámina foliar y longitud de la estípula, lo que indica que son poco informativos para individualizar actualmente las especies de interés. (Tablas 1-3).

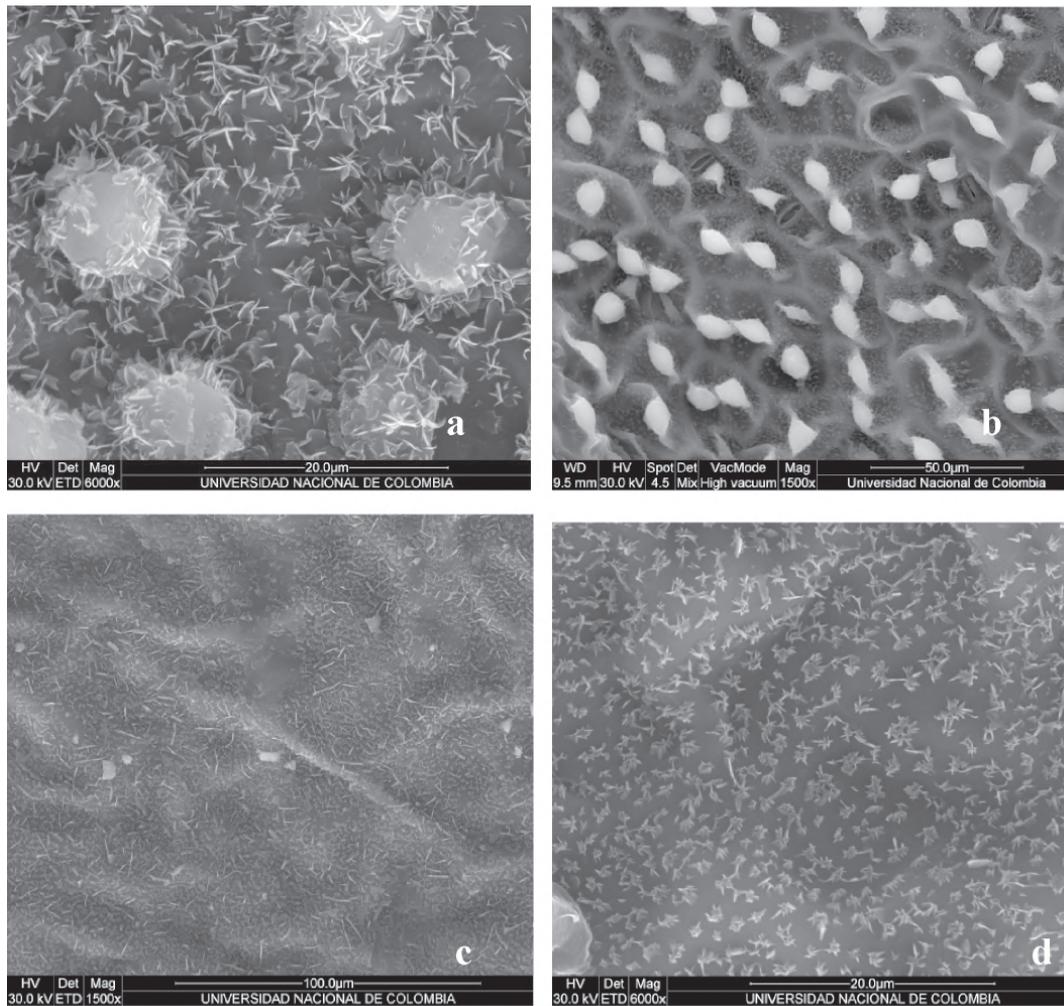


**Foto 1.** *E. novogranatense* var. *truxillense*. (a) Nótese el urcéolo que presenta un cambio en la coloración cerca al margen, simulando margen crenado, pero que al observarlo en una magnificación mayor (b) se observa liso. (A. Galindo & M. Tunjano-280), a diferencia del (c) margen crenado verdadero, *E. coca* var *ipadu* (A. Galindo & M. Tunjano-308). (d) Margen liso en *E. novogranatense* var. *novogranatense* (A. Galindo & M. Tunjano-288).

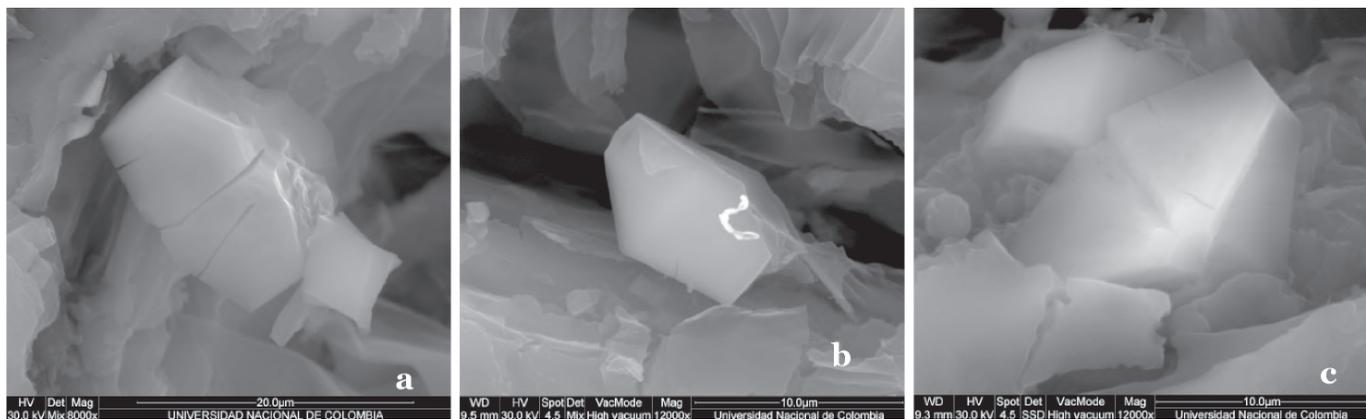
de *E. novogranatense*. En ejemplares de *E. novogranatense* var. *truxillense* se observaron papilas en domo (Foto 2).

Los cristales referidos en Cortella *et al.* (2001) como cúbicos, se observaron principalmente sobre las nerviaciones de las hojas, con forma piramidal, aristas lisas, caras terminales superior e inferior planas, simétricos con vértices angulosos, generalmente sin ornamentación,

aunque en una oportunidad se observó una depresión circular no profunda que parece corresponder a una ornamentación. Estas estructuras mostraron bi-refringencia a la luz polarizada cruzada y son similares a las encontradas en el eje caulinar de las especies cultivadas en el estudio de Cortés & Hernández (2008). No se apreciaron diferencias significativas de los cristales entre las variedades de las dos especies (Foto 3).



**Foto 2.** Papilas (a y b) y depósitos de cera (c y d) en la superficie abaxial de las láminas foliares de las especies cultivadas del género *Erythroxylum*. (a) *E. novogranatense* var. *novogranatense*. SEM. (A. Galindo & M. Tunjano-288) (b) *E. coca* cf. var. *ipadu* (A. Galindo & M. Tunjano-282). (c) *E. coca* var. *coca* (A. Galindo & M. Tunjano-276) (d) Estado intermedio (A. Galindo & M. Tunjano-284).



**Foto 3.** Cristales. SEM. (a) *E. coca* var. *coca* (A. Galindo & M. Tunjano-275) (b) *E. coca* cf. var. *ipadu* (A. Galindo & M. Tunjano-282). (c) Estado intermedio (A. Galindo & M. Tunjano-300).

Finalmente, se dispuso de material polínico en 9 de las 14 variantes comunes y en todos los casos se observaron granos isopolares, radiosimétricos, tricolporados, con superficie foveolada y un rango de tamaño de 15-25µm aproximadamente (Foto 4). Posiblemente *E. novogranatense* produce granos de polen de menor tamaño, pero es indispensable realizar más observaciones teniendo en cuenta la edad de la planta y su heterostilia porque probablemente inciden en el tamaño del grano (Ganders 1979a, 1979b).

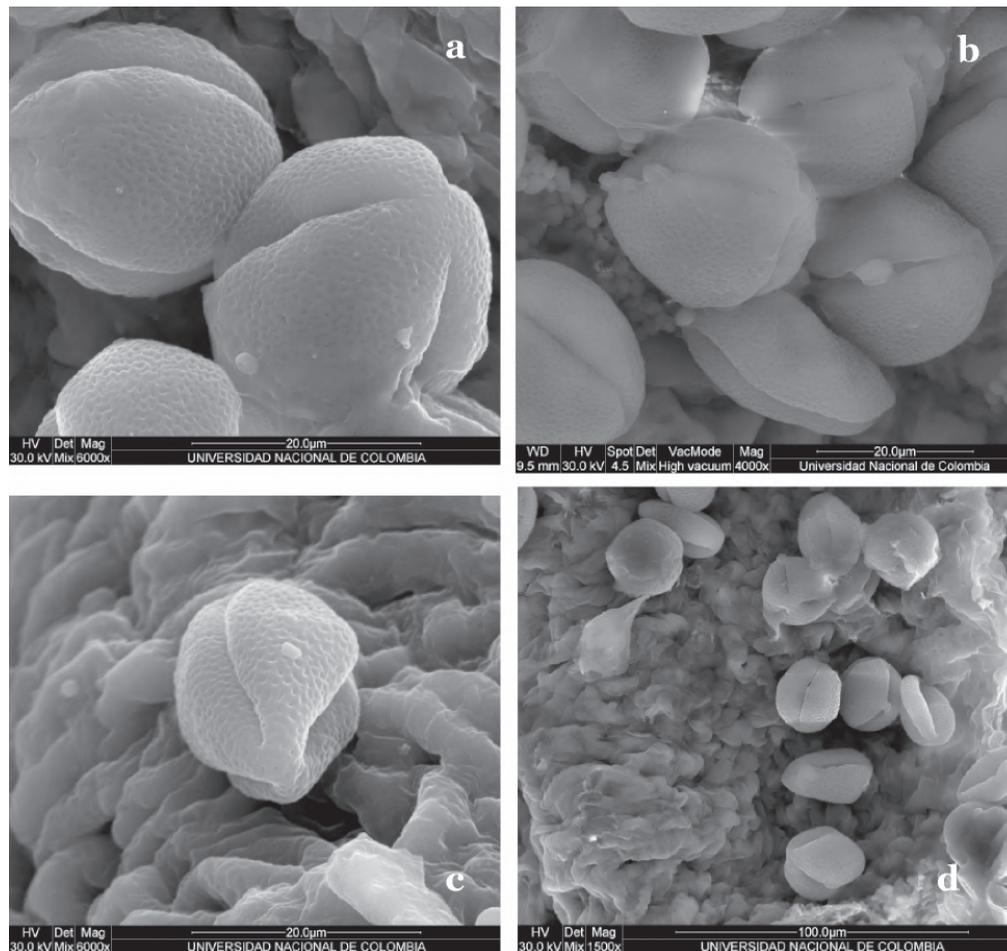
### 3. Sobre las especies cultivadas

#### 3.1 *Erythroxylum coca* Lam.

En los trabajos de Plowman se definieron las variedades taxonómicas *Erythroxylum coca* Lam. var. *coca* y *Erythroxylum coca* Lam. var. *ipadu* Plowman y el concep-

to que las definió se mantiene vigente en las colecciones de la época depositadas y revisadas en el Herbario Nacional Colombiano, pero en la muestra de plantas procedentes de los cultivos actuales en Colombia no se observaron diferencias tan marcadas como las de aquella época.

La variedad *ipadu* correspondía originalmente a pequeñas poblaciones de un verdadero cultigen que fue reproducido principalmente mediante esquejes por los indígenas de la cuenca del río Amazonas (Plowman, 1980b) y se ha postulado que esta variedad se originó a partir de la variedad “coca”. Desde 1982 ya se presentaban registros de su empleo como fuente de cocaína ilícita (Plowman, 1982) que aunque se ha incrementado, es probable que su utilización sea escasa en el ámbito comercial, lo que podría tener sustento en los estudios sobre el contenido de



**Foto 4.** Granos de Polen SEM. (a) *E. coca* var. *coca* (A. Galindo & M. Tunjano-276) (b) *E. coca* cf. var. *ipadu* (A. Galindo & M. Tunjano-282). (c) *E. novogranatense* var. *novogranatense*. SEM. (A. Galindo & M. Tunjano-288) (d) Estado intermedio (A. Galindo & M. Tunjano-284).

alcaloides de esta variedad que al parecer es el más bajo de las cuatro variedades cultivadas (Plowman & Rivier, 1983). Se apreciaron diferencias muy débiles entre estas variedades y por tanto es probable que las características que definirían la variedad *ipadu* se hayan diluido en procesos sucesivos de mezcla, en el curso de estos años probablemente con fines de mejoramiento en la productividad de los cultivos. No obstante, no se propone por el momento la sinonimización de la variedad *ipadu* a la variedad *coca* ya que se revisaron únicamente muestras procedentes de cultivos ilícitos en Colombia.

En un estudio previo se reportó el hallazgo de diferencias morfológicas y químicas entre dos colecciones de la variedad *ipadu* realizadas en 1973 y 1997 (Johnson *et al.* 1998) lo cual coincide con el presente estudio.

### 3.2 *Erythroxylum novogranatense* (Morris) Hieron

Hace más de veinte años la variante comercial de *E. novogranatense* var. *novogranatense* conocida como “coca colombiana” era poco empleada para extracción de cocaína debido a la dificultad del proceso (Plowman, 1982). Por el contrario, en este estudio se observó esta variedad en el 7.7% y en una alta proporción de casos periciales (Galindo, datos no publicados), correspondiente a la variante comercial “Tingo pajarita”. Esto indica que actualmente la variedad representa ventajas para el cultivo en territorio colombiano y posiblemente tiene mayor valor comercial que antes, aunque no es una de las preferidas, probablemente porque persisten dificultades para la extracción del alcaloide.

*E. novogranatense* var. *novogranatense* y *E. novogranatense* var. *truxillense* se encuentran actualmente representadas en los cultivos para producción de cocaína en Colombia y en las muestras estudiadas se observaron algunas diferencias con respecto a las descripciones originales, principalmente las dimensiones y forma de las hojas. La variedad *truxillense* guarda mayor similitud con *E. coca* que con la variedad *novogranatense* especialmente en estas dos últimas características, lo cual es consistente con las hipótesis que propone a *E. novogranatense* var. *truxillense* como descendiente de *E. coca* var. *coca* (Bohm *et al.* 1982).

### 3.3 *Erythroxylum coca* x *Erythroxylum novogranatense* (?)

Una pequeña proporción de la muestra (4,6%) correspondió a individuos que compartían características presentes en las dos especies cultivadas, sin que se pudiese establecer un criterio claro para su determinación específica. Este resultado y la alta proporción de individuos

determinados bajo tendencia son un importante indicador de que las poblaciones colombianas se encuentran en este momento en un probable proceso de hibridación cuyas características difieren notablemente de las delimitaciones y posibilidades de cruzamiento establecidas dos décadas atrás, lo que puede ser consecuencia de la fuerte manipulación y la intensidad en los cultivos buscando mayor productividad en cantidad de hoja producida y/o alcaloide extraído.

En un estudio anterior se concluyó mediante análisis de AFLPs que una fracción de su muestra de “coca” cultivada, indeterminada taxonómicamente y proveniente de Colombia, se separó en un cluster diferente del resto del material vivo, aislado 20 años atrás, apoyando la hipótesis de que la “coca” predominante hoy en Colombia es un híbrido (Johnson *et al.* 2003). Si bien sus conclusiones se basan en un cultivo vivo pero no completamente representativo de los cultivos actuales en Colombia, se establece un criterio desde el punto de vista genético que apoya la hipótesis de una posible hibridación.

## 4. Distribución geográfica

En cuanto a la distribución geográfica, según el registro de los lugares de procedencia de las colecciones históricas depositadas en COL y lo señalado por Plowman hasta 1989 (Plowman & Hensold, 2004), *E. coca* en Colombia se encontraba principalmente en la Amazonía y estaba menos representada en Caquetá, Tolima y Cauca. Según los registros actuales, las poblaciones se han desplazado hacia la región Andina, cubriendo el 40.6% del territorio aproximadamente. *E. novogranatense* por su parte se encontraba en algunos departamentos de las regiones Caribe, Pacífica, Andina y Amazónica, actualmente ampliando su rango a Boyacá y Santander, cubriendo aproximadamente el 62.5% del territorio nacional.

La distribución de los cultivos de las dos especies en Colombia, especialmente el de *E. coca* se ha ampliado de manera considerable desde los últimos registros en 1989 hasta hoy, con lo que se ha forzado su desplazamiento hacia zonas anteriormente no registradas y extendiéndose casi al 70% del territorio colombiano, lo cual concuerda con el reporte de 78.000 hectáreas cultivadas en 23 de los 32 departamentos por la ONU y el Gobierno de Colombia (2007).

## 5. Variantes de cultivo y nombres comerciales

Aunque los nombres comunes que se otorgan a los organismos en el comercio no tienen aceptación taxonómica formal, permiten registrar las variantes nuevas producidas por la selección artificial del cultivo intensivo. En la tabla 4, a continuación se relacionan las determinaciones

**Tabla 4.** Relación entre la determinación taxonómica de las muestras de plantas de *coca* cultivadas en Colombia y los nombres comunes conocidos actualmente. (Muestras cultivo experimental del Espinal, Tolima).

Determinación taxonómica	Variedad común
<i>Erythroxylum coca</i> Lam. var. <i>coca</i>	Amarga
	Boliviana Roja
	Chirosa
	Pomarrosa
<i>Erythroxylum coca</i> Lam. cf. var. <i>coca</i>	Boliviana Negra
<i>Erythroxylum coca</i> cf. var. <i>ipadu</i> Plowman	Dulce
	Patirroja
<i>Erythroxylum novogranatense</i> (Morris) Hieron. var. <i>novogranatense</i>	Tingo María
	Tingo Pajarito
<i>Erythroxylum novogranatense</i> (Morris) Hieron. var. <i>truxillense</i> Plowman	Crespa
	Tingo Negra
<i>E. coca</i> x <i>E. novogranatense</i> (?)	Boliviana Blanca
	Gigante
	Tingo Llanera

taxonómicas formales para las 14 variantes comunes de “coca” cultivadas en el país.

De acuerdo con la información preliminar recabada, se sabe que las variantes comunes “Amarga” y “Tingo maría” crecen adecuadamente en la zona Andina, especialmente en el departamento de Boyacá y ambas requieren de riego constante. La “Amarga” resiste bastante bien las épocas de sequía, produce pocas flores y semillas y se reproduce casi exclusivamente por esquejes, a diferencia de “Tingo maría”, que produce gran cantidad de flores y frutos, reproduciéndose muy fácilmente por semilla. En general, la mayoría de estas variantes comerciales son cosechadas a los 3 meses de la siembra, aunque algunas como la variedad “Dulce” son cosechadas a los 45 días. No se tienen registros de la planta conocida como “Cuarentana”, que debe su nombre al hecho de producir cosechas a los 40 días de la siembra.

#### IV. Conclusiones

Las especies vegetales *Erythroxylum coca* y *E. novogranatense* han sido empleadas por los pueblos indígenas de Latinoamérica desde la época prehispánica y durante los últimos tiempos han sido ampliamente explotadas en la producción ilícita de cocaína, siendo Colombia uno de los principales centros de producción. En este estudio se encontró que la muestra de plantas procedentes de cultivos ilícitos incluye las dos especies tradicionalmente cultivadas y además presenta diferencias en relación con los especímenes históricos preservados en la colección del Herbario Nacional Colombiano.

Desde hace más de dos décadas se están seleccionando individuos de manera intensiva, buscando optimizar la producción de hoja y/o contenido del alcaloide y debido al fuerte conflicto socioeconómico en el que se enmarca esta actividad, se vienen estableciendo cultivos en sitios donde anteriormente no se habían registrado. Esto podría explicar las variaciones observadas en la morfología de las especies, ahora cultivadas en áreas no reportadas previamente, lo que sugiere la posible hibridación entre *E. coca* y *E. novogranatense*, junto con la dilución de las características que definieron a *E. coca* var. *ipadu* en procesos sucesivos de mezcla con *E. coca* var. *coca*.

Aproximadamente cada 6-10 meses y durante los últimos cuatro años, se ha registrado la aparición de una nueva variante comercial que promete mejoras en el rendimiento o mayor resistencia a la aspersión aérea. Es probable que se esté planteando también la incorporación de las especies silvestres en los cultivos, como una estrategia de mejoramiento. De hecho, recientemente se han registrado especies silvestres en el contexto de los cultivos ilícitos (**Galindo**, datos no publicados).

Aunque ninguno de los caracteres vegetativos representa por sí mismo la informatividad de carácter diagnóstico, en el campo forense la determinación de las jerarquías supraespecíficas es útil para la investigación judicial, porque al reducir el universo de análisis ofrece elementos informativos al sistema judicial para que este, junto con otros elementos de juicio, pueda determinar la legalidad o ilicitud de un cultivo en el país.

Los análisis desarrollados establecen el punto de partida para continuar la exploración de caracteres anatómicos y moleculares con nuevas posibilidades para la identificación forense, cuyo principio de análisis es aplicable a otros grupos taxonómicos de interés en el mismo campo.

#### V. Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Subdirección Científica - División de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico- (Proyecto #525) y apoyada por el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. En la fase final del proyecto, el segundo autor contó con el soporte del Proyecto Intramural Especial del CSIC número 2009301071, que facilitó la finalización de este trabajo. Este artículo es parte del trabajo sustentado en la Tesis de Maestría en Biología de la Universidad Nacional de Colombia (**Galindo**, 2008).

Los autores agradecen a: Miguel Tunjano (Policía Nacional Antinarcóticos - Área de Erradicación de Cultivos

Ilícitos), por la ayuda en la colección del material de estudio y valioso conocimiento sobre las “cocas” cultivadas. Agradecen muy especialmente al profesor J. Idrobo (q.e.p.d.) quien compartió su amplio conocimiento y experiencia acerca de las cocas cultivadas; L.C. Jiménez por apoyo logístico; L. N. Parra por sus aportes en la discusión sobre cristales; J. Peláez por su apoyo en análisis de imágenes de microscopía con luz polarizada; W. Usaquén por su asesoría en el análisis estadístico; N. Olaya por las invaluable traducciones del latín y alemán, a M. A. Galindo por su corrección de estilo en este texto y la tesis de maestría a partir de la cual se escribió y también a un evaluador anónimo por importantes aportes para la preparación final del manuscrito.

## VI. Bibliografía

- Bohm, B. A., F. Ganders & T. Plowman.** 1982. Biosystematics and evolution of cultivated coca (*Erythroxylaceae*). *Sys. Bot.* **7**:121-133.
- CISIA.** 2001. Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées. Système Pour l'Analyse des Données. SPADâ Logiciel. Paris.
- Cortella, A. R., M. L. Pochettino, A. Manzo & G. Raviña.** 2001. *Erythroxylum coca*: microscopical identification in powdered and carbonized archeological material. *J. Archaeol. Sci.* **28**:787-794.
- Cortés, D. C. & E. Y. Hernández.** 2008. Caracterización anatómica del eje caulinar de las especies de interés forense: *Papaver somniferum* L., *Cannabis sativa* L. y las plantas cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne para la elaboración de un protocolo de trabajo en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Trabajo de grado. Licenciatura en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Fernández-Alonso, J. L., A. Galindo & J. Idrobo.** 2007. Las plantas como evidencia legal. Desarrollo de la botánica forense en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **31**(119):181-198.
- Font Quer, P.** 1985. Diccionario de botánica. Novena reimpresión. Ed. Labor S. A. España.
- Galindo, A.** 2008. Revisión taxonómica de las especies cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne (*Erythroxylaceae*) y su aplicación en el contexto de la botánica forense en Colombia. Tesis de grado. Maestría en Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- \_\_\_\_\_ & **J. L. Fernández-Alonso.** 2009. Especies cultivadas del Género *Erythroxylum* P. Browne. Revisión del tema desde la perspectiva forense. *Colombia Forense* **1**(1):9-17.
- Ganders, F. R.** 1979a. Heterostyly in *Erythroxylum coca* (*Erythroxylaceae*). *Bot. J. Linn. Soc.* **78**:11-20.
- \_\_\_\_\_. 1979b. The biology of heterostyly. *New Zealand J. Bot.* **17**:607-635.
- Hickey, M. & C. King.** 2000. The Cambridge illustrated glossary of botanical terms. Cambridge University press. UK.
- Idrobo, J. M.** Profesor del Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2006-2010.
- Jara, A.** Estudiante de maestría en Biología. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. 2008-2009.
- Johnson, E. L. W. F. Schmidt & H.A. Norman.** 1998. Flavonoids as markers for *Erythroxylum* taxa: *E. coca* var. *ipadu* and *E. novogranatense* var. *truxillense*. *Biochem. Syst. Ecol.* **26**:743-759.
- \_\_\_\_\_. **J.A. Saunders, S. Mischke, C. S. Helling & S. D. Emche.** 2003. Identification of *Erythroxylum* taxa by AFLP DNA analysis. *Phytochemistry* **64**:187-197.
- Leaf Architecture Working Group.** 1999. Manual of Leaf Architecture. Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. Smithsonian Institute. USA.
- Machado, E.** 1972. El género *Erythroxylum* en el Perú. Las cocas silvestres y cultivadas del país. *Raymondiana* **5**(101):5-101.
- Metcalfe, C.R. & L. Chalk.** 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with note on economic uses. Oxford at the Clarendon Press.
- Moreno, N. P.** 1984. Glosario botánico Ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre recursos bióticos. Compañía editorial Continental. México.
- ONU- Oficina contra la droga y el delito & Gobierno de Colombia.** 2007. Colombia, monitoreo de cultivos de coca. Junio.
- Parra, L. N. & M. T. Flórez.** 2001. Propuesta de clasificación morfológica para los cristales alto-andinos colombianos. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* **16**:35-66.
- Plowman, T.** 1980a. The identity of Amazonian and Trujillo coca. *Bot. Mus. Leaflet.* **27**(1-2):45-68.
- \_\_\_\_\_. 1980b. Aspectos botánicos de la coca. En: F. R. Jerí (ed.). Actas del seminario interamericano sobre aspectos médicos y sociológicos de la coca y de la cocaína. Perú. p. 100-117.
- \_\_\_\_\_. 1982. The identification of coca (*Erythroxylum* species): 1860-1910. *Bot. J. Linn. Soc.* **84**:329-353.
- \_\_\_\_\_. 1989. *Erythroxylaceae*. En *Flora of Ecuador* **93**:1-32.
- \_\_\_\_\_. & **L. Rivier.** 1983. Cocaine and cinnamoylcocaine content of *Erythroxylum* species. *Ann. Bot.* **51**:641-659.
- \_\_\_\_\_. & **N. Hensold.** 2004. Names Types and distribution of neotropical species of *Erythroxylum* (*Erythroxylaceae*). *Brittonia* **56**(1):1-53.
- Schulz, O. E.** 1907. *Erythroxylaceae*. En: Engler, A. *Das Pflanzenreich.* **IV**(134)1-160.
- \_\_\_\_\_. 1931. *Erythroxylaceae*. En: Engler, A. *Die Natürlichen Pflanzenfamilien.* Band 19a:130-142.

Recibido: mayo 31 de 2010.

Aceptado para su publicación: noviembre 30 de 2010.