

ESTUDIO QUÍMICO Y BOTÁNICO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE ERYTHROXYLUM COCA VAR. COCA CULTIVADAS EN BOLIVIA

Sauvain, M.; *Moretti, C.; ** Rerat, C.; Ruiz, E.; **Bravo, J.A.; ** Muñoz, V.;* Saravia, E.;
***Arrázola, S.; ***Gutierrez, E.;
****Bruckner, A.*

**Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM)
C.P. 9214, La Paz Bolivia*

***Instituto Boliviano de Biología de Altura
C.P. 717, La Paz Bolivia*

****Centro de Investigaciones Botánico y Ecológico - UMSS
C.P. 538, Cochabamba Bolivia*

*****Departamento de Biología - UMSS
C.P. 992, Cochabamba Bolivia*

INTRODUCCIÓN

La coca es una de las plantas de cultivo más antiguo de los pueblos de Sur América, constituyendo uno de los más importantes de Bolivia. Una parte de la producción es consumida tradicionalmente por los campesinos (principalmente bajo la forma del acullicu) alrededor de 10.000 toneladas sobre las 60.000 a 80.000 toneladas producidas anualmente en el país (Carter y Mamani, 1986).

Las preguntas que habitualmente se hace la población boliviana sobre las cualidades de la hoja de coca son las siguientes:

Existen distintas variedades de coca cultivadas en Bolivia?

¿La hoja de coca en su estado natural, tiene o no cocaína? ¿Cuántos compuestos diferentes están presentes en la hoja de coca?

¿Cuál es el compuesto responsable de sus propiedades medicinales?

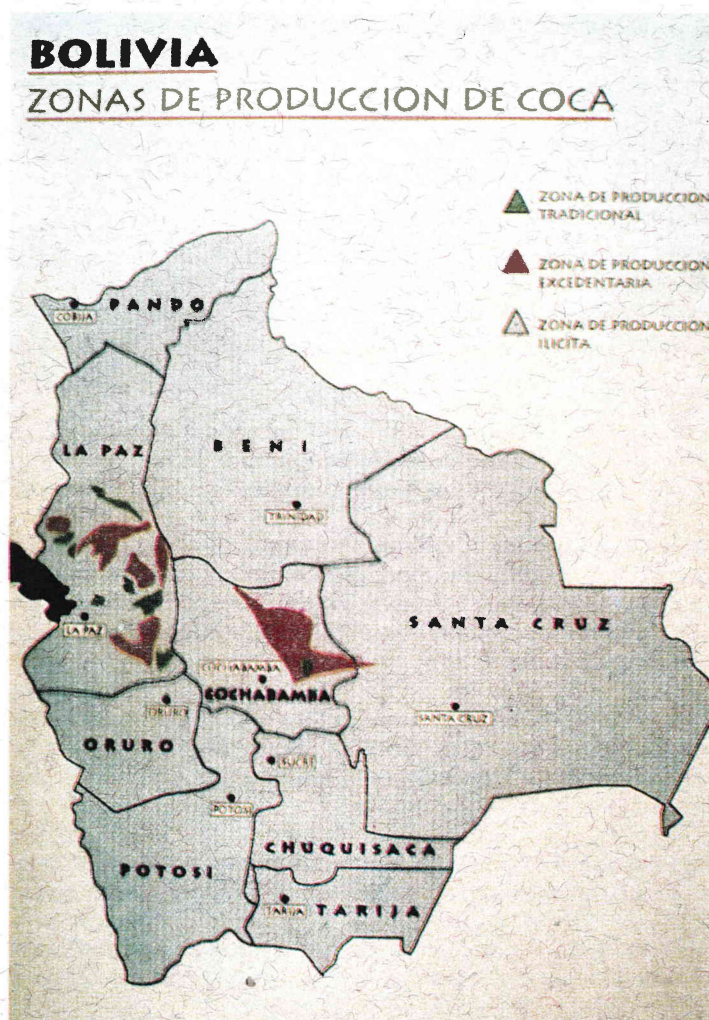
Hemos tratado de responder a estas preguntas en este trabajo realizado en Bolivia y entender por qué los campesinos prefieren la coca de los Yungas para el consumo tradicional y, por qué la coca del Chapare sirve esencialmente al narcotráfico.

Tradicionalmente, las cocas han sido clasificadas de acuerdo al lugar de probable procedencia y al sabor o gusto que ofrecen. La coca de hojas anchas, gruesas y de color verde oscuro denominada «chapareña» corresponde a las regiones tropicales de Cochabamba y, según los consumidores, es la más amarga; la de hoja menuda lanceolada y más delgada denominada «paceña», corresponde a los Yungas de La Paz y es más dulce y agradable al consumidor (Carter y Mamani, 1986). Nuestras propias encuestas con los campesinos de las comunidades de Ventilla y Taucachi han confirmado estos resultados.

Encuestas realizadas en mercados urbanos paceños muestran que la coca de uso tradicional comercializada en la ciudad, proviene casi exclusivamente de la zona de los Yungas de La Paz y una buena parte de la coca vendida en los mercados centrales de Cochabamba y de Santa Cruz proviene igualmente de los valles interandinos. La característica gustativa de los alcaloides en general y los de la familia de la cocaína en particular, es su fuerte sabor amargo. ¿La elección de los consumidores está guiada por un contenido más débil en alcaloides de las plantas que crecen en los Yungas?. El presente trabajo trata de responder a estas preguntas.

ZONAS DE CULTIVO EN BOLIVIA

Las zonas de cultivo de la coca en Bolivia son muy diferentes en cuanto a sus características geográficas y ecológicas: campos de altura con pendientes agudas de los valles de los Yungas, zonas bajas inundadas y casi amazónicas del Chapare. Estos hallazgos muestran la capacidad del arbusto de coca para adaptarse a condiciones climáticas muy variadas (Mapa N°1).



Mapa No. 1. Mapa de Bolivia mostrando las zonas de cultivo de *Erythroxylum coca* var. *coca*, según la ley 1008.

La región de los Yungas está compuesta por elevadas montañas con pendientes que van de 10 a 25° de inclinación, y situadas a alturas que van desde los 1200 hasta los 2000 m ; presentan suelos arcillosos de color rojizo con pizarras y lutitas, los cultivos se encuentran en terrazas preparadas por los agricultores (típicas sólo de esa región de Bolivia).

La región del Chapare tropical está ubicada en el departamento de Cochabamba y comprende las Provincias Carrasco, Chapare y Tiraque, con alturas que van de 280 a 600 m , presentando dos tipos de regiones geomorfológicas, una que se encuentra en el pie de monte conformado por colinas de pendientes bajas 5 a 10° de inclinación, con suelos coluviales arcillosos y pedregosos y, la otra con suelos planos y levemente ondulados, formados por llanuras aluviales, suelos arenosos a arcillosos.

REPARTICIÓN Y ECOLOGÍA DE LAS CUATRO VARIEDADES CULTIVADAS EN LOS ANDES (Plowman, 1984; Rury y Plowman, 1983; Machado, 1980)

Dentro de las 200 especies que incluye este género, sólo dos son económicamente importantes y exhaustivamente cultivadas: *E. coca* Lam. y *E. novogratense* (Morris, Hieron), ambas nativas de Sudamérica, determinándose como probable centro de origen a las regiones montañosas de Perú y Bolivia, por la presencia de especies silvestres afines (Plowman T., 1981). De estas especies se han diferenciado cuatro variedades que han sido domesticadas y cultivadas desde épocas precolombinas y difieren en sus componentes químicos, morfología, ecología, distribución y prácticas de cultivo, lo que refleja un amplio polimorfismo y plasticidad ambiental.

Estas variedades son:

Erythroxylum coca* var. *coca, llamada igualmente coca Huánuco o coca de Bolivia se encuentra en Bolivia y en Perú, su reproducción es sexuada. Su área de repartición va del sur del Ecuador al centro de Bolivia. Es la variedad más primitiva de las cuatro cultivadas, tiene reproducción sexuada y parece bien adaptada a las condiciones ecológicas de los valles de media altura (500 m a 1500 m) al Oriente de los Andes.

E. coca* var. *ipadu, llamada coca amazónica es cultivada a pequeña escala por algunos grupos amerindianos en la parte superior de la Amazonía colombiana, brasileña y peruana. Su reproducción es exclusivamente por esqueje y es un verdadero cultivar aislado geográficamente de las otras variedades.

E. novogratense* var. *novogratense, o coca colombiana es cultivada principalmente en los valles interandinos de Colombia. Es muy tolerante a ecotipos muy distintos, desde medios semiáridos hasta valles calientes tropicales, su reproducción es sexuada. Esta variedad, exportada en el siglo XIX como planta «ornamental» en otros países tropicales, se adaptó bien a las nuevas condiciones ecológicas encontradas en estos países (ejemplo Java). Los híbridos resultantes de su cruce con *E. coca* son estériles.

E. novogratense* var. *truxillense, llamada coca de Trujillo, presente en los valles de la costa norte del Perú entre 200 y 1800 msnm de altura, crece en climas de tipo desértico. Según Plowman, esta variedad es usada para aprovisionar en extractos aromáticos descocainizados a la empresa Coca Cola®. Esta variedad es geográfica y genéticamente distinta de las otras variedades.

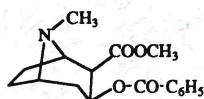
El estudio botánico de Rury y Plowman en 1983 identificó las hojas de coca como *E. novogratense* var. *truxillense*, a las encontradas en bolsas de tejidos dentro de tumbas de la costa del Perú de las culturas Inca y Nazca.

El estudio realizado por Machado en 1980 sobre la coca del Perú le ha conducido a describir cuatro cultivares en zonas distintas del Perú de la especie *E. coca* que las denominó *lambran*, *mollecoca*, *fusiform* y *ovoid*. Pero este interesante trabajo quedó como el único de su tipo.

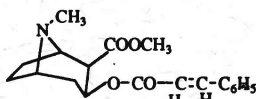
CONOCIMIENTO PREVIO A NUESTRO ESTUDIO SOBRE EL CONTENIDO DE PRINCIPIOS ACTIVOS EN LA HOJA DE COCA

Según Turner y col. (1981), diez y nueve alcaloides, incluyendo la nicotina, fueron reportados en la literatura científica entre 1941 y 1970 para las dos especies cultivadas en los Andes (figura N°1).

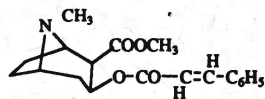
Alcaloides naturales de *Erythroxylum coca* var. *coca*



cocaína

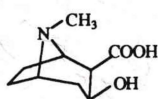


cis-cinamilcocaína

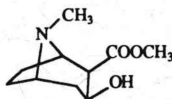


trans-cinamilcocaína

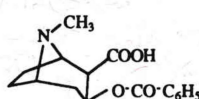
Productos de hidrólisis o del metabolismo humano



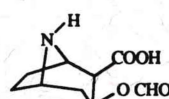
ecgonina



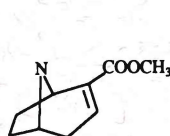
metilecgonina



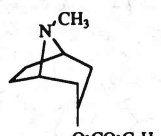
benzoilecgonina



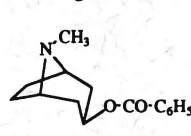
norformilecgonina



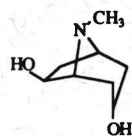
metilecgonidina



benzoiltropina

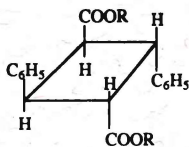


tropacocaína

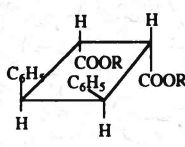


dihidroxitropano

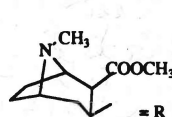
Alcaloides aislados de otros *Erythroxylum* spp



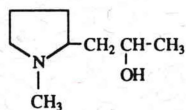
α-truxilina



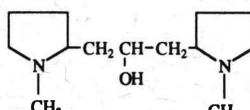
β-truxilina



= R



higrolina



dihidrocusohigrina

Figura 1 : 15 de los 19 alcaloides supuestamente encontrados en la hoja de coca

El Trabajo de Turner y col. (1981) mostró la presencia mayoritaria de tres alcaloides en los cultivares de *E. coca* cosechados en Perú en las provincias de Trujillo, Cuzco y Tingo María (el nombre de la variedad no está citado en el artículo). Los autores indican igualmente la presencia de alcaloides relacionados con el éster de la metil ecgonina pero al estado de rastros. Para identificar y dosificar los alcaloides usaron una técnica de cromatografía en fase gaseosa acoplado a la masa (CFG-masa).

Una dosificación muy precisa de los alcaloides fue realizada en Suiza (Rivier, 1981) sobre tres variedades de la coca: *E. coca*, *E. novogratense* y *E. n. var. truxillense*. El autor ensayó distintos métodos de extracción para elegir el que permita obtener los alcaloides naturales de la planta y después realizar una dosificación precisa por CFG-masa. Finalmente el método elegido por este científico fue la ebullición en alcohol a 95°. Usando este método, Rivier encontró solamente tres alcaloides en las hojas de las tres variedades citadas, la cocaína (mayoritaria) y los derivados *cis* y *trans* de la cinamil-cocaína. Las cuatro muestras extraídas provenían directamente del Perú, o de variedades cultivadas en invernadero en Suiza.

El trabajo de Balick y col. (1982) mostró que la elección de la técnica de conservación de las muestras es sumamente importante para la buena conservación de los alcaloides presentes. La técnica más segura de conservación de las muestras vegetales, es el secado por el calor (secadores o exposición al sol). Las técnicas que emplean solventes están prohibidas, ya que extraen una parte importante de los alcaloides.

El trabajo más completo sobre las cuatro variedades cultivadas en los Andes fue realizado por Plowman y Rivier en 1983 que también utilizaron el método de CFG-masa. Estos investigadores trabajaron sobre treinta muestras de hojas de *E. coca* var. *coca*, ocho muestras de *E. c. var. ipadu*, tres muestras de *E. novogratense* var. *novogratense* y nueve muestras de *E. n. var. truxillense*. Las muestras de *E. coca* var. *coca* provenían del Perú y de Bolivia (Departamentos de La Paz y Cochabamba: Coroico, Coripata, Chulumani, Irupana, Asunta, Ayapata, Apolo, Todos Santos). Las muestras de Bolivia fueron recolectadas en estación de lluvia por el antropólogo W. Carter. Su dosificación por CFG-masa permitió la identificación y la dosificación de los tres alcaloides ya descritos en el trabajo previo de Rivier. En las muestras de Bolivia encontraron un promedio de 0.49 gramos de cocaína en 100 gramos de hojas secas.

El trabajo más reciente (1994), de Moore y col., pone en discusión los resultados obtenidos previamente. Este estudio fue hecho sobre nueve muestras de hojas, una parte (cuatro muestras) cosechada sobre arbustos nativos de las especies *E. coca* var. *coca*, *E. novogratense* var. *novogratense*, *E. n. var. truxillense*, provenientes de Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador y, la otra parte (cinco muestras) proveniente de arbustos cultivados en invernaderos en Estados Unidos o en medio tropical fuera de América del Sur. En todas las muestras de *E. coca* var. *coca* (cualquiera fuese su origen), los autores de este estudio, además de la cocaína y de las *trans* cinamilococaína, encontraron en proporciones importantes el éster de metil ecgonina, de la cuscohigrina, truxilinas y, en cantidades más débiles, de la tropococaína. Se puede hacer dos tipos de críticas a este trabajo:

1 - La ausencia de origen bien definido de las muestras de los arbustos nativos (el artículo no consigna los nombres de los lugares de cosecha, no hay colección de herbario reportada)

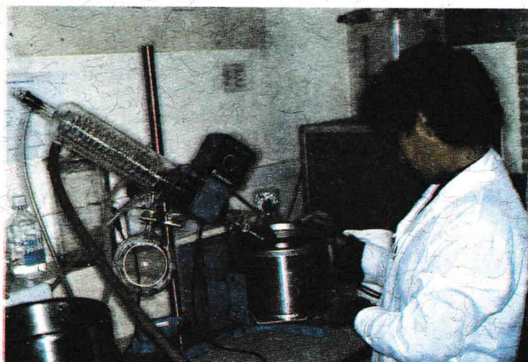
2 - El método que siguieron para la extracción utiliza, en primer lugar, una cromatografía sobre celita en medio muy ácido (H_2SO_4 a 0.18 M). Rivier había mencionado en su trabajo de 1981 que un método de extracción en el que se utilice un ácido fuerte, el ácido sulfúrico, transforma hasta 50% de la cocaína en éster de la metil ecgonina. Después, en el método de extracción de Moore, los alcaloides son eluidos con una mezcla $CHCl_3$ -dietilamina que es muy básica. Este último hecho podría explicar la formación de los otros productos que pueden ser considerados como artefactos.

Finalmente, diversos trabajos fueron publicados sobre la presencia en especies cultivadas de coca, de otros compuestos del metabolismo secundario como flavonoides (Bohm y col., 1982, 1988; Bonefeld y

col., 1986) o aceites esenciales (Novak y Salemink, 1986). Estos compuestos no son conocidos por tener propiedades farmacológicas relacionadas con las propiedades de la coca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con la ayuda de datos históricos existentes sobre los cultivos de coca en Bolivia (ver en este mismo libro el capítulo: "Localización de las antiguas zonas de producción de coca en el territorio boliviano") se realizó una exploración y reconocimiento de las zonas de domesticación primaria de la planta de coca en las regiones del Chapare y Yungas; en la misma se seleccionó localidades para ser muestreadas. Con base en esta exploración primaria se elaboró descriptores de campo, para ser empleados durante las colectas de campo. En cada localidad visitada, se seleccionó parcelas en las cuales se recolectó muestras botánicas en número de cuatro repeticiones y, se tomó muestras de hojas para análisis químico (200 gr. de hojas frescas secadas al sol), posteriormente se tomó datos botánicos, ecológicos y culturales con base en los descriptores de campo. Se hizo las recolecciones en el campo en forma periódica en tres épocas del año: en época seca, comienzos de la época lluviosa y al finalizar el período lluvioso. Las muestras botánicas fueron procesadas en el Herbario Forestal Nacional «Martín Cárdenas» y las muestras químicas fueron analizadas en el Instituto Boliviano de Biología de Altura. Se realizó el análisis y estudio morfológico de las muestras botánicas con observación microscópica, por comparación y apoyo de bibliografía para la determinación de las formas. Al finalizar el trabajo, se registró toda la información obtenida en una base de datos. Se realizó una cartografía con la distribución de las diferentes formas colectadas, en función de los diferentes pisos altitudinales.



Laboratorio de Farmacognosia - IBBA. Equipo de CLAP utilizado para la identificación y dosificación de alcaloides de las hojas de coca.

La extracción de los alcaloides se efectuó utilizando el método de Turner y col. (1981) modificado. El método fue modificado, por una parte, para extraer completamente los alcaloides de las hojas de coca (extracción al frío por maceraciones repetidas en alcohol a 95°, tres veces en 24 horas) y por otra parte, para acelerar el paso de los alcaloides del estado de sal al estado de base (se utilizó carbonato de sodio en lugar de bicarbonato de sodio).

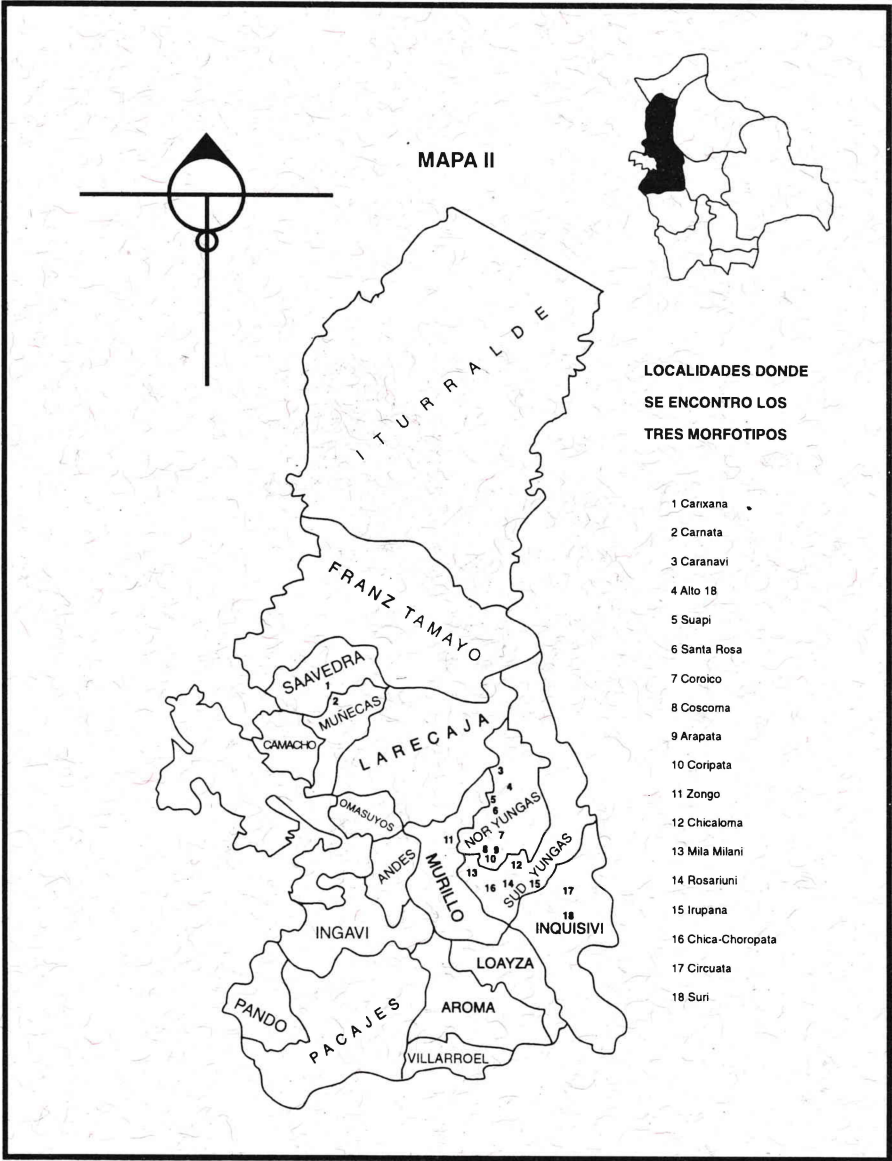
La identificación y dosificación de los alcaloides fueron efectuadas por el método de **Cromatografía Líquida de Alta Precisión (CLAP)**, método equivalente en su precisión a la cromatografía en Fase Gaseosa para la dosificación de los alcaloides de la hoja de coca, pero de un empleo más fácil y más rápido (Glass et Johnson, 1993).

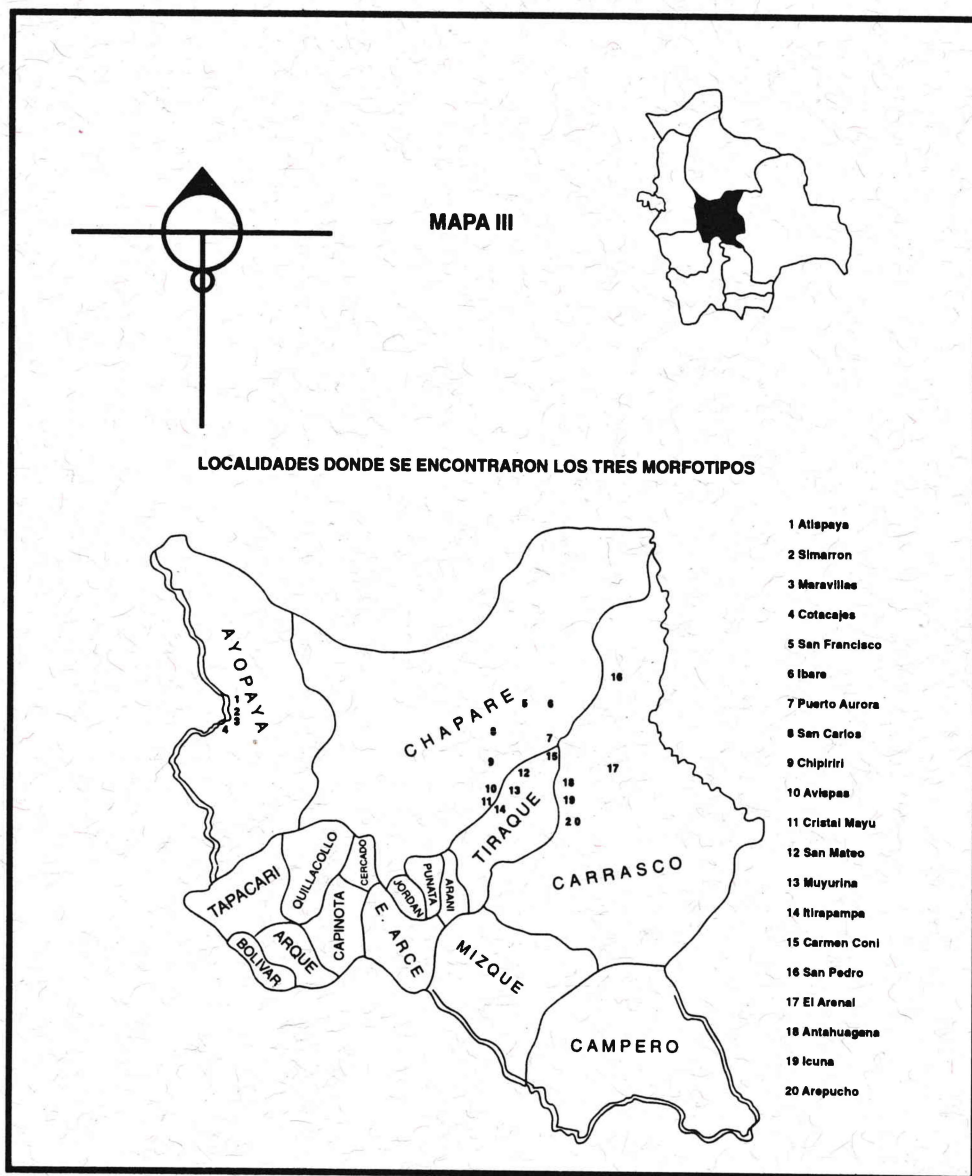
Los derivados cis y trans cinamil cocaína fueron separados y dosificados siguiendo las condiciones usadas en CLAP por Jatlow et al. (1978)

RESULTADOS

Identificación de formas

En el trabajo de campo, se pudo obtener resultados preliminares por observación directa y por información de los productores acerca de la cantidad de formas de coca que existen dentro de sus parcelas. Esta información se apoyó con el estudio morfológico de la estructura foliar y otros componentes de la muestra. Como resultado del mismo se separó tres grupos de acuerdo a su semejanza, los mismos que se encontraron en todos los lugares explorados durante el trabajo de campo (Mapa 2 y 3).





Mapa N° 3 : Localidades del departamento de Cochabamba donde se cosecharon las muestras de *Erythroxylum coca* var. *coca* (escala : 1/4 000 000)

Estas formas se diferencian por las siguientes características:

Forma 1. Arbusto de 1 a 2 m, corteza fuertemente arrugada, ramas suberectas, escamas plumizo-cenicientas, presencia de lenticelas, las ramas jóvenes presentan estrías longitudinales hacia el ápice, hojas membranosas y simples de forma oblongolanceolada, de 8 x 5 cm de tamaño, venación lateral y media prominente con un par de areolas longitudinales translúcidas que nacen en la base de la lámina, dirigidas hacia el ápice y con un mucrón muy notorio en el ápice foliar, en la base presenta varias estípulas, flores blancas a amarillentas, cáliz con lóbulos ovales, pétalos con tres dientes, tubo estaminal 10, estilo 4, fruto drupa rojo-naranja, oblonga a ovoide (Figura 2).

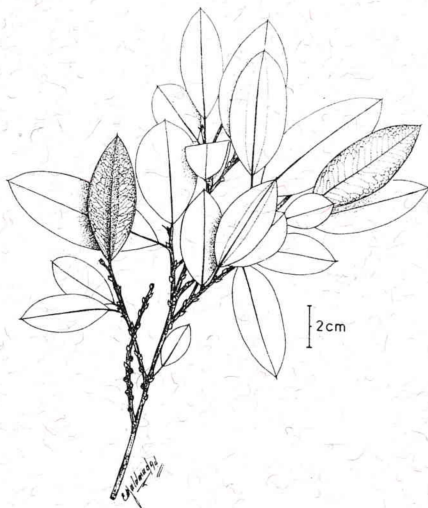


Figura N° 2 : Forma 1 de *Erythroxylum coca* var. *coca* encontrada en todos los lugares de cultivo de la coca en Bolivia

Forma 2. Destacamos solamente las diferencias con las otras formas : las ramas suberectas son muy escamosas, las hojas membranosas y simples son más cortas, la nerviación lateral y media es muy prominente, lámina de forma oblonga y el ápice foliar más redondeado, con un tamaño de 5,5 x 3 cm, con un par de areolas longitudinales, que nacen en la base de la lámina dirigidas hacia el ápice, el color de la lámina es más oscuro (Figura 3).



Figura N° 3 : Forma 2 de *Erythroxylum coca* var. *coca* encontrada en todos los lugares de cultivo de la coca en Bolivia

Forma 3. Se presenta sólo, las diferencias con las otras formas: ramas suberectas muy escamosas, las ramas jóvenes presentan estrías longitudinales hacia el ápice, hojas gruesas y simples más pequeñas con un mucrón en el ápice, de forma lanceolada, las nervaduras laterales y media son muy poco notorias, el tamaño de la lámina es de 3 x 1,3 cm, con tres pares de areolas translúcidas que nacen en la base de la lámina y son paralelas al nervio primario, en la base presenta varias estípulas (Fig. 4).

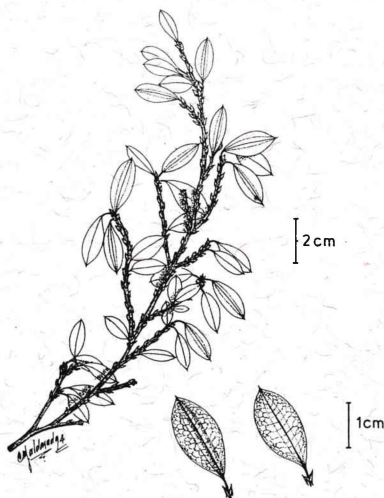


Figura N° 4 : Forma 3 de *Erythroxylum coca* var. *coca* encontrada en todos los lugares de cultivo de la coca en Bolivia

Los agricultores de los Yungas de La Paz, la denominan «ch'íni coca» y «ork'ó coca», los de la región del Chapare la denominan «coca paceña», es poco frecuente y los agricultores normalmente la eliminan del cultivo. No la cosechan porque son plantas de muy difícil recolección, de hojas gruesas, muy menudas y duras, los cosechadores la utilizan para su pijcho (o acullicu) personal; según encuestas los abuelos son los que la prefieren. Podríamos considerar esta última forma como una planta enferma, debido tal vez a un virus.

Las hojas de coca producidas en los Yungas de La Paz y Ayopaya, tienden a ser más pequeñas, las plantas no pasan de 1,5 m de alto, debido a que los suelos son muy pobres, el sustrato está constituido por lutitas y pizarras arcillosas, y la humedad no es muy considerable como en la región del Chapare y los Yungas de Totora donde la precipitación pluvial es continua casi todo el año y las plantas pasan de los 2 metros de alto.

Tipos de cultivo

En las diferentes regiones visitadas se pudo verificar que existen diversos tipos de cultivo de la coca, debido a las costumbres y condiciones ambientales de cada región ecológica (Tabla I).

Localidades	Promedio cocaína	S.E.M.	Promedio ciscinamilcoc.	S.E.M.	Promedio transcinamilcoc.	S.E.M.
Yungas Dic 91	0,327	0,054	0,0160	0,0030	0,0030	0,0008
Chapare Dic 91	0,318	0,042	0,0205	0,0069	0,0031	0,0011
Yungas Febrero 92	0,496	0,026	0,0118	0,0020	0,0050	0,0011
Chapare Marzo 92	0,530	0,025	0,0177	0,0027	0,0056	0,0008
Yungas Mayo 92	0,599	0,044	0,0079	0,0010	0,0031	0,0005
Chapare Junio 92	0,507	0,036	0,0096	0,0014	0,0050	0,0006

prom. = promedio del compuesto dosificado en gramos de hojas secas

S.E.M.: Standard Error of the Mean = Error estandar sobre el promedio

Tabla I: Dosificación de los alcaloides naturales de *Erythroxylum coca* var. *coca* de Bolivia

a) Yungas de La Paz.

En esta zona los cultivos de coca son realizados en terrazas preparadas previamente para tal fin, debido a que esta región está constituida topográficamente por colinas de pendiente elevada y los suelos presentan poca humedad. El almácigo se realiza en época seca y se deja desarrollar a las plántulas por un año, posteriormente la plantación del cultivo se realiza desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo (época de lluvias). Cada cuatro o cinco años todo el cultivo sufre una poda casi al nivel del cuello de la planta con motivo de mejorar la productividad, ya que a los cinco años las plantas producen menos hojas y éstas son más pequeñas y delgadas. Cuando el cultivo pasa los 20 años es eliminado y el terreno queda en barbecho por dos años, la forma de la cosecha también es muy cuidadosa ya que las hojas se extraen una por una con el fin de no dañar las plantas. Normalmente asocian al cultivo de la coca, árboles del género *Inga* (nombre local : Siquila), los agricultores sostienen que de esta manera se obtienen plantas de hojas más oscuras y gruesas.



Cultivos de coca en los Yungas de La Paz
(Fotografía C. Rerat)

b) Región del Chapare Tropical.

Para los cultivos de coca en esta zona las parcelas son preparadas previamente con el chaqueo del bosque primario, luego se procede a la quema de los restos y se cultiva cereales como arroz y maíz. Como los terrenos son planos y con bastante humedad se procede directamente a la plantación, el almácigo se realiza en cualquier época del año, se deja desarrollar a las plántulas por el lapso de seis meses y posteriormente se procede a la siembra, el cultivo sufre de una a dos podas, y se encuentra asociado con frutales especialmente cítricos. Una vez eliminado el cultivo, el terreno se queda en descanso por el lapso de unos 20 años, ya que se forma un bosque secundario.

c) Yungas de Cochabamba.

Estas regiones presentan diferentes condiciones ambientales por lo que las separamos en dos:

- Los Yungas de la provincia Ayopaya corresponden a valles con una vegetación xerófila por lo que los cultivos de coca presentan canales de riego, en esta región los productores indican que para mejorar las cosechas se llevan plántulas desde el Chapare, porque tienen hojas más grandes y gruesas que la hoja paceña. Las épocas de almácigo y plantación son las mismas que en los Yungas de La Paz, los cultivos se encuentran asociados con cítricos y en algunos casos con café.
- Los Yungas de Totora corresponden a bosques húmedos con suelos de poca pendiente, presentan abundante materia orgánica y son bien drenados, la preparación de los terrenos para los cultivos se hace

de la misma manera que en la región del Chapare tropical. En esta zona se pudo observar plantaciones de coca con edades que pasan los 100 años, en todo ese tiempo sufren una a dos podas si el cultivo se encuentra enfermo o es atacado por una plaga, las plantas de coca alcanzan hasta los 3 metros dando la apariencia de un pequeño arbolito, al borde de las parcelas se encuentran árboles frutales, sobre todo cítricos.

ANÁLISIS QUÍMICO

Los resultados de nuestro estudio confirman que dentro de *E. coca* var. *coca* que crece en Bolivia, no existen más que tres alcaloides naturales: la cocaína que se encuentra en mayor cantidad (entre 300 miligramos y 600 miligramos de cocaína por 100 gramos de hojas secas en función de la estación) y los derivados cis y trans cinamilcocaína que son minoritarios. En las condiciones de los experimentos, no hemos podido detectar otros alcaloides. Hay que notar que con la Cromatografía Líquida de Alta Precisión (CLAP) se puede detectar compuestos como la norcocaína, la benzoilecgonina o la nicotina. En trabajos antiguos estos compuestos son citados como responsables de las propiedades medicinales atribuidas a la hoja de coca.

La Tabla N°1 muestra que las concentraciones de la cocaína y de sus dos derivados minoritarios en la zona del Chapare y la región de los Yungas son idénticas durante la misma estación. Al contrario, entre la estación de lluvia y la estación de sequía, la concentración aumenta en 100% en ambas zonas. Este último resultado es altamente significativo para la zona de los Yungas ($p < 0.001$).

DISCUSIÓN

El alcaloide natural mayoritario de la coca es la cocaína. Los estudios fisiológicos de los otros capítulos de este libro mostraran al lector que la sola presencia de la cocaína podría explicar en parte las actividades farmacológicas observadas durante el acullicu.

El hombre con la capacidad que tiene para adaptarse al medio ambiente y saber sacar provecho del mismo, ha podido identificar, seleccionar y usar las dos especies de *Erythroxylum*, las cuales, en el medio tropical de América del Sur, son casi las únicas ricas en cocaína entre numerosas especies de coca silvestre que tienen poca o ninguna traza de cocaína (El-Imam y col, 1985).

La preferencia del campesino por la coca de los Yungas no se puede explicar por la diferencia de concentración en principios activos. Es necesario encontrar otros tipos de explicaciones ligadas a la costumbre :

- Las zonas de producción tradicional son los valles interandinos - ver el capítulo de este libro "Localización de las antiguas zonas de producción de coca en el territorio boliviano" y Soux (1993). El factor "costumbres del consumidor" y los circuitos comerciales establecidos desde hace siglos para proveer el mercado tradicional, se modifican poco en un tiempo corto, menos de 20 años, que corresponde a la instalación de los cultivos en el Chapare.

- La manera de cosechar la coca es muy diferente de una zona a la otra. En los Yungas, se cosecha con preferencia, las hojas de un cierto grado de madurez y de una calidad aceptable para la comercialización tradicional (Weddel; Spedding, 1994). En el Chapare, todas las hojas de un arbusto son arrancadas sin discriminación, para aumentar el rendimiento de la cosecha (observación de los autores).

- Las condiciones ecológicas de los Yungas, donde el soleado es más importante que en el Chapare, facilitarían la producción de aceites esenciales, los que aumentarían las calidades gustativas de la hoja, como es el caso de la variedad *E. novogratense* var. *truxillense* (Antonil, 1978). En el inicio de este capítulo, hemos visto que los cultivares de Bolivia corresponden solamente a una especie *E. coca* var.

coca, la que es considerada como la más antigua de las especies de coca cultivadas (Rury et Plowman, 1983). Las variedades de la otra especie *E. novogratense* han debido adaptarse a climas extremos (sequía) y desarrollar cualidades ligadas a estos medios, como el alto contenido en aceites esenciales aromáticos (Rury et Plowman, 1983, ya citado).

Cuando se examina los resultados campo por campo (datos no mostrados), se observa grandes variaciones de concentraciones de cocaína, en la misma zona en distintos campos de cultivo. Este último resultado corresponde a algo parecido a lo que Rivier había ya observado en 1981: una gran variación en el contenido alcaloídico de las hojas, en función de la altura de cosecha de la muestra sobre un arbusto de coca. En nuestro trabajo no se ha explotado la relación entre contenido en alcaloides y edad de las plantas o la presencia de distintas formas. Sería interesante estudiar el contenido alcaloídico de estas tres formas para verificar si se distinguen por su contenido en compuestos químicos.