

USO Y POSIBLE CULTIVO DE COCA (*ERYTHROXYLUM* spp.) EN ÉPOCAS PREHISPÁNICAS EN LOS VALLES DE ARICA *

Yessica Molina, Tatiana Torres, Eliana Belmonte y Calogero Santoro

RESUMEN

Este estudio ha permitido confirmar la presencia del género *Erythroxylum* y su posible cultivo en los valles de Arica desde épocas Tiwanaku. Por su naturaleza estos estudios constituyen una herramienta válida para la reconstrucción de paleoambientes y de las formas de vida de los pueblos prehispánicos.

ABSTRACT

This study confirms the presence of the genus Erythroxylum and the possibility of its cultivation in the valleys of Arica from Tiwanaku times. These studies may constitute a valid tool for reconstruction of paleoenvironments and the way of life of prehispanic people.

INTRODUCCIÓN

La coca denominada "tupa coca" o "mamox coca" (Rostworowski, 1988) se perfila como un elemento importante en la historia de los Andes en actividades ceremoniales como así también, en la expresión y mantención de las relaciones sociales de la comunidad andina (Martín, 1970; Duke *et al.*, 1975; Plowman, 1980, 1984; Weil, 1981; Allen, 1986; Carter y Mamani, 1986). No obstante el amplio uso y cultivo de coca durante épocas prehispánicas, pocos intentos interdisciplinarios se han realizado para comprender la naturaleza de su cultivo (Ford, 1979). En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de técnicas botánicas (Arnott, 1959; Strittmatter, 1973; Pearsall, 1982; Rury y Plowman, 1983), histológicas y anatómicas, a una selección de hojas de coca, contenidas en chuspas (bolsas de lana), colocadas como ofrendas en fardos funerarios de cementerios prehispánicos de Azapa, costa de Arica y de Lluta de épocas Tiwanaku, correspondientes a los períodos de Desarrollo Regional e Inca, respectivamente. Estos ensayos se aplicaron también a hojas frescas para obtener los patrones de referencia comparativos, lo que permitió comprobar no sólo el uso de esta planta sino también su posible cultivo en los valles de Arica desde épocas Tiwanaku. Todo el trabajo de identificación se basó en el análisis del patrón de venación y patrón estomático (Font Querr, 1965; Hickey, 1973; Rury, 1981 y 1982).

Esta verificación, aunque basada en una muestra pequeña, se suma a los resultados también parciales de Rury y Plowman (1983). Sin embargo, ponen de relieve el rol de los valles de Arica en el cultivo de alguna variedad de coca. Las cuatro variedades que se cultivan actualmente en Sudamérica son *Erythroxylum coca*, *E. coca* var. *ipadu*, *E. novogranatense* var. *y novogranatense* y *E. novogranatense* var. *truxillense*, debido al alto

* Este artículo resume una parte de los resultados obtenidos en el Seminario de Título, "Aplicación del Patrón Estomático y del Patrón de Venación en la Identificación de Muestras de Contexto Arqueológico", para optar al título de Profesor de Biología y Ciencias Naturales. Este seminario fue realizado por Yessica Molina y Tatiana Torres, guiadas por Eliana Belmonte y Calogero Santoro. Esta investigación formó parte de las actividades del proyecto CONICYT/FONDECYT 12/89. La elaboración final de este manuscrito se realizó bajo el alero del proyecto CONICYT/FONDECYT 451/90.

Recibido: Julio 1991.

Aprobado: Octubre 1992.

contenido de cocaína en sus hojas (Bohm *et al.*, 1981; Bohm, 1982; Cronquist, 1981; Rury, 1981, 1982). Su cultivo ha sido discutido previamente por Rostworowski (1977); Platt (1975); Murra (1986) e Hidalgo (1987). Con anterioridad Focacci (1982) y Erices (1975) plantearon la presencia de esta planta, sin utilizar criterios taxonómicos. Lo mismo ocurre con algunas muestras de la costa central del Perú, del período Precerámico Tardío (2500-1800 AC.) (Ford, 1979; Pearsall, 1982; Plowman, 1986). Una excepción la constituye el estudio realizado por Rury y Plowman (1983) quienes lograron identificar *Erythroxylum* de la variedad *truxillense* en una tumba de época Incaica, proveniente de playa El Laucho en Arica, y los estudios de Hastorf (1987) quien identificó una hoja y dos endocarpios de *Erythroxylum* en el valle de Mantaro, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los especímenes arqueológicos fueron obtenidos de las colecciones del Museo Arqueológico San Miguel de Azapa, dependiente de la Universidad de Tarapacá y corresponden a una fracción del contenido total de las chuspas. Se analizaron 33 muestras, entre ellas, hojas completas y fragmentos foliares, todos en excelente estado de conservación, lo que posibilitó la aplicación de análisis anatómicos e histológicos. Estas muestras provienen de los cementerios Azapa-6 (AZ-6), tumba 145 (21 hojas enteras y fragmentos); Lluta 54, tumba 18 (5 hojas y fragmentos). La época cultural y cronología tentativa de cada sitio (Tabla 1) forma parte de la información propia de la colección del Museo (P. Dauelsberg, C. Santoro; L. Latorre, com.pers.). Las hojas modernas de coca fueron compradas y traídas de Perú y Bolivia. Ochenta y dos hojas corresponden a Bolivia, de las cuales 20 se utilizaron para el análisis de nervadura y 15 para el estudio del complejo estomático; 70 hojas corresponden a Perú, de las cuales 15 se utilizaron para el análisis de nervadura y 20 para el estudio del complejo estomático.

Se confeccionaron en total 57 preparaciones histológicas, contabilizando 10 campos visuales (40x) por preparación en ambas superficies de la lámina foliar abaxial (epidermis superior) y adaxial (epidermis inferior).

Con el cuerpo de datos obtenidos de la descripción de la nervadura y cuantificación de elementos celulares se procedió a la identificación taxonómica, comparando las muestras arqueológicas con las muestras modernas de referencia.

Todas las preparaciones utilizadas para este estudio, tanto arqueológicas como modernas, sea de nervadura como de tejido epidérmico, se conservan en el Laboratorio de Paleoambiente del Museo Arqueológico San Miguel de Azapa, Arica.

Tabla 1
CONTEXTO CRONOLÓGICO CULTURAL, MUESTRAS DE COCA PREHISPÁNICA

Sitio	Tumba	Hojas	Patrón Estomático	Patrón Venación	Época Cultural	Edad
	Nº	Nº	Nº (hojas)	Nº (hojas)		
Azapa 6	145	21	11	10	Tiwanaku	ca. 320 DC.
PLM 4	—	7	3	4	Desarrollo Regional	1100-1300 DC.
Lluta 54	18	5	3	2	Inca	1400 DC.

DETERMINACIÓN DEL PATRÓN DE VENACIÓN

1) Técnica de diafanización (Rury y Plowman, 1983; Strittmatter, 1973).

Para aclarar las hojas, se aplicaron las técnicas de diafanización ensayadas por Rury y Plowman (1983) y Strittmatter (1973). Una vez aplicadas éstas, las muestras fueron teñidas con safranina al 1% y montadas, al fresco, entre dos portaobjetos y selladas con cinta adhesiva.

La técnica de diafanización y teñido de la lámina foliar permite visualizar muy claramente el ordenamiento completo de nervadura, apreciándose en forma notable las venas de primer a tercer orden, requisito señalado por Dilcher (1974) para lograr establecer el patrón de venación e identificar taxonómicamente, por comparación con material de referencia, las hojas de las chuspas (Rury y Plowman, 1983).

Ambas técnicas fueron aplicadas experimentalmente a las hojas modernas y arqueológicas resultando ser satisfactorias para alcanzar nuestros objetivos. No obstante, fue necesario cambiar tiempos de exposición de las muestras a las diferentes soluciones, debido a la fragilidad del material arqueológico, indicación señalada previamente por Belmonte *et al.* (1988).

DETERMINACIÓN DEL PATRÓN ESTOMÁTICO

Para realizar un estudio histológico a nivel estructural de la lámina foliar es necesario aplicar una técnica que permita aislar el tejido epidérmico. Se aplicó la técnica de diafanización de Strittmatter (1973), con modificaciones en los tiempos de exposición de las muestras en las soluciones de acuerdo a la naturaleza de cada muestra. Aplicada esta técnica, se separó bajo lupa la cutícula de la hoja y se montó el tejido en gelatina-glicerina. A fin de lograr la separación de la superficie adaxial (superior) de la abaxial (inferior), se debe evitar que el tejido se reblandezca.

Para la identificación taxonómica de material vegetal arqueológico y moderno, es de gran ayuda la estabilidad de algunos caracteres cuticulares que son considerados rasgos especie-específico, tales como la distribución de las células que rodean al estoma para identificar familia, la agrupación de estomas a nivel de género y detalles de las formas celulares para determinar especie (Dilcher, 1974; Barrera y Meza, 1979). De la misma forma la constancia en los rasgos de la nervadura fina contrasta frente a la variabilidad de otros, como podría ser la forma general de la hoja (Dilcher, 1974).

Cuantificación del tejido epidérmico: A fin de estimar la densidad estomática (número relativo de estomas por unidad de área), se contabilizó el número total de células ordinarias del tejido epidérmico y el número total de complejos estomáticos por campo visual (40x); se realizaron 10 réplicas por muestra. A fin de posibilitar análisis comparativos, se calculó la frecuencia estomática (porcentaje de hoja ocupado por estomas); este cálculo considera tanto el tamaño del estoma como la densidad estomática (Rury y Plowman, 1983).

Para caracterizar el complejo estomático se midió el largo y ancho de las células guardianas de 50 estomas por muestra y por localidad, trabajo realizado en un fotomicroscopio. Todos los datos fueron tabulados para el estudio comparativo y su análisis estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las muestras foliares arqueológicas sometidas a estas técnicas corresponden al género *Erythroxylum*; en cada caso se indica la especie. En el análisis que sigue a continuación se

entregan los elementos que imposibilitaron identificar la variedad de *Erythroxylum* a la que pertenece cada muestra.

En este capítulo se presenta una descripción morfológica, en términos cualitativos y cuantitativos, de las muestras de hojas modernas que se comercializan en Bolivia y Perú (Tablas 2 y 3).

1. Identificación de hojas modernas

Las descripciones representadas por Rury y Plowman (1983) más cuantitativas que cualitativas, enfatizan la importancia del patrón de venación presente en el género *Erythroxylum*. Bajo este patrón descriptivo pudimos determinar que las hojas modernas utilizadas en este estudio presentan venación camptodromus del tipo broquidodromus (Hickey, 1973; Dilcher, 1974).

Este estudio no contó con especies tipo, lo que nos obligó a intentar clasificar las muestras modernas provenientes de Perú y Bolivia, basándonos en aspectos de la venación secundaria y terciaria.

Las hojas provenientes de Bolivia presentan un patrón de venación del tipo broquidodromus. En estas hojas, la ramificación terciaria forma una trama ortogonal y las aréolas forman un sistema cerrado (Fig. 1a y Fig. 2a). Las hojas provenientes de Perú presentan una venación secundaria cuyo aspecto no permite ubicarla exactamente dentro de la categoría camptodromus ni en la broquidodromus, debido a que comparte características de ambas. Debido a lo anterior, estas hojas fueron ubicadas entre eucamptodromus y broquidodromus (Rury, 1982). Por otra parte, la ramificación terciaria forma una trama incompleta y presenta un sistema abierto de aréolas (Tabla 2 Fig. 1b y Fig. 2b).

a. Bolivia

El estudio comparativo, considerando los rasgos más conspicuos del patrón de venación, apariencia de las aréolas y forma y base de la lámina, permite ubicar a esta muestra como *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense* (Tabla 2, Fig. 1c). Sin embargo, al complementar esta comparación con los rasgos estomáticos tales como densidad y frecuencia estomática, no habría evidencia que sustente dicha identificación (Tablas 2 y 3).

La variedad *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense* se cultiva en zonas áridas y a diferencia de las variedades *Erythroxylum coca* var. y *E. coca* var. *ipadu*, es bastante tolerante a condiciones ecológicas diversas, motivo por el cual fue ampliamente introducida durante el siglo pasado en horticultura en países tropicales (Plowman, 1986).

b. Perú

El estudio comparativo de estas muestras con las descripciones de Rury y Plowman (1983), considerando prevalentemente el patrón de venación, la forma, base, ápice de la lámina foliar, así como disposición y apariencia de las aréolas, ubica a esta muestra como *Erythroxylum novogranatense* var. *truxillense* (Fig. 1b). Sin embargo, si se consideran las características del complejo estomático, tales como largo del estoma, frecuencia estomática y densidad estomática, estos rasgos no respaldan dicha identificación. Por lo tanto, en lugar de especie, podría tratarse de un híbrido. La hibridación de esta especie presenta características morfológicas intermedias (Plowman, 1986). Al igual que la *E. novogranatense* var. *novogranatense* la variedad *E. novogranatense* var. *truxillense*, se adapta a climas áridos alto andinos y se conoce popularmente como “hoja trujillo” (Plowman, 1986).

2. Identificación de hojas de contexto arqueológico

El estudio comparativo se realizó tomando como referencia las descripciones de las cuatro

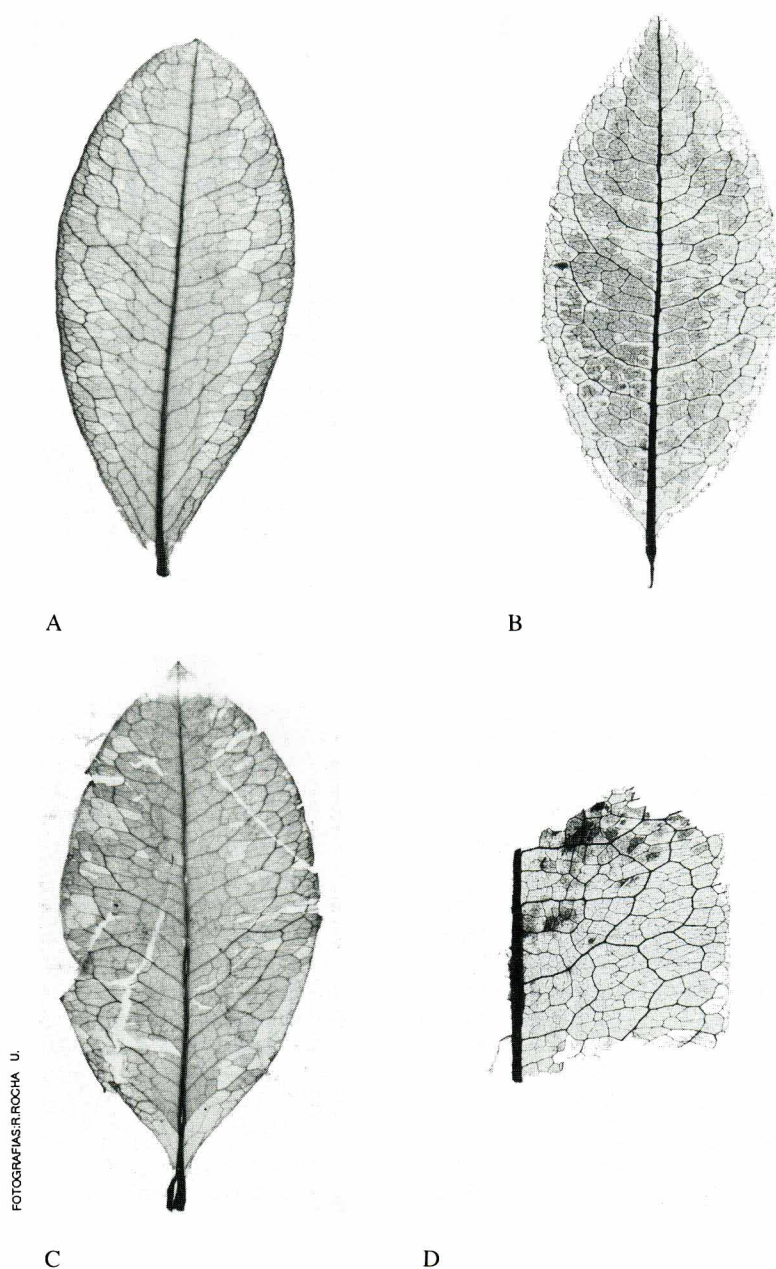


Fig. 1: Venación camptodromus en *Erythroxylum*: hojas diafanizadas actuales y arqueológicas

- venación del tipo broquidodromus en hoja actual proveniente de Bolivia. Técnica de Strittmatter, 1973. (x2.0)
- venación entre eucamptodromus y broquidodromus en hoja actual proveniente de Perú. Técnica de Rury y Plowman, 1983. (x2.0).
- venación del tipo broquidodromus en hoja arqueológica proveniente del sitio Plm-4. Técnica de Strittmatter, 1973. (x2.1).
- venación entre eucamptodromus y broquidodromus en hoja arqueológica proveniente del sitio Lluta-54. Técnica de Strittmatter, 1973. (x2.9).

Tabla 2

DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA LÁMINA Y TEJIDO FOLIAR DE HOJAS MODERNAS DE *ERYTHROXYLUM* SPP. (RURY Y PLOWMAN, 1983), DE CONTEXTO ARQUEOLÓGICO PROVENIENTES DE LOS SITIOS Az-6, Plm-4 Y LLUTA-54 Y HOJAS MODERNAS COMERCIALIZADAS EN MERCADOS DE BOLIVIA Y PERÚ (MOLINA Y TORRES, 1989).

ESPECIE	ANATOMÍA LÁMINA					VENACIÓN				MORFOLOGÍA FOLIAR				
	Hábitat Actual	Forma	Base	Ápice	Patrón	Secundaria		Terciaria		Epidermis		Superficie		Complejo Estomático
						Morfología	Origen	Ramificación	Aréolas	Células ordinarias	Pared celular	Adaxial	Abaxial	Tipo
<i>E. coca</i> var. <i>coca</i>	Bosque tropical húmedo	Ampliamente lanceolada a elíptica	Cuneada o aguda	Agudo y conspicuamente mucronado	eucamptoromus	Inicialmente rectas y regulares	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Muy ramificada forman una trama ortogonal	Muy numerosas, pequeñas	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes, papilas prominentes y abundantes	Paracítico
<i>E. coca</i> var. <i>ipadu</i>	Tierras bajas amazónicas	Ampliamente elíptica	Cuneada o aguda	Agudo y obtuso, conspicuamente mucronado	eucamptodromus	Inicialmente rectas y regulares		Muy ramificado, forman trama ortogonal	Muy numerosas, pequeñas	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes, papilas prominentes y abundantes	Paracítico
<i>E. novogranatense</i>	Zonas montañosas, húmedas y secas	Oblongo, oblongo-elíptica, raramente abovado	Cuneada o aguda	Obtuso a redondeado o emarginado, raramente mucronado	broquidodromus	Inicialmente sinuosa y se curva al acercarse al margen foliar		Trama incompleta	Menos aréolas, más grandes que <i>E. coca</i> ; sistema abierto	Poligonal	Levemente sinuosa	Estomas ausentes	Estomas presentes papilas prominentes y abundantes	Paracítico
<i>E. novogranatense</i> var. <i>truxillense</i>	Valles de la costa norte del Perú	Angostamente elíptico a lanceolada	Cuneada o aguda	Ápice agudo con menudon mucron	Entre eucamptodromus y broquidromus	Inicialmente sinuosa y se curva al acercarse al margen foliar	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Hacia la vena central o a la zona intercostal	Aréolas intermedias muestran todo el rango sistema abierto de aréolas más grandes	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes, papilas ausentes, dispersas o prominentes	Paracítico

ESPECIE	ANATOMÍA LÁMINA					VENACIÓN				MORFOLOGÍA FOLIAR				
	Hábitat Actual	Forma	Base	Ápice	Patrón	Secundaria		Terciaria		Epidermis		Superficie		Complejo Estomático
						Morfología	Origen	Ramificación	Aréolas	Células ordinarias	Pared celular	Adaxial	Abaxial	Tipo
<i>Bolivia</i>	—	Oblongo lanceolada a elíptica	Aguda cuneada	Obtuso levemente mucronado	Broquidodromus	Inicialmente rectas y regulares	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Trama ortogonal	Menos aréolas y más grandes	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes	Paracítico
<i>Perú</i>	—	Lanceolada	Aguda decurrente	Obtuso a acuminado	Entre eucamptodromus a broquidodromus	Inicialmente sinuosa y se curvan al acercarse al margen	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Trama incompleta	Sistema abierto de aréolas y en gran cantidad	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes	Paracítico
<i>Azapa-6</i>	—	—	—	—	Broquidodromus	Inicialmente rectas y regulares	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Trama ortogonal	Menos aréolas, más grandes	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes	Paracítico
<i>Plm-4</i>	—	Elíptica	Aguda decurrente	Obtuso a acuminado	Broquidodromus	Inicialmente rectas y regulares	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Trama incompleta	Menos aréolas, más grandes	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes	Paracítico
<i>Lluta-54</i>	—	—	Cuneada o aguda	Agudo	Entre eucamptodromus a broquidodromus	Inicialmente sinuosa y se curvan al acercarse al margen	Flanco interno y externo de la vena secundaria	Trama incompleta	Sistema abierto de aréolas y en gran cantidad	Poligonal	Rectas	Estomas ausentes	Estomas presentes	Paracítico

Tabla 3
DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LA LÁMINA Y ESTRUCTURAS CELULARES DEL TEJIDO FOLIAR DE HOJAS MODERNAS DE *ERYTHROXYLUM* SPP. (RURY Y PLOWMAN, 1983), DE CONTEXTO ARQUEOLÓGICO PROVENIENTES DE LOS SITIOS Az-6, Plm-4 Y LLUTA-54 Y HOJAS MODERNAS COMERCIALIZADAS EN MERCADOS DE BOLIVIA Y PERÚ (MOLINA Y TORRES, 1989).

ESPECIE	ANATOMÍA LÁMINA		VENACIÓN			MORFOLOGÍA FOLIAR		
	Largo	Ancho	Secundarias		Terciaria	Complejo Estomático		
			Venas	Ángulo	Ángulo	Largo	Densidad Estomática	Frecuencia Estomática
	(mm)	(mm)	(No)			(um)		
<i>E. coca</i> var. <i>coca</i>	x	—	—			20.7		16.3
	n	—	—			—	389	—
	(20-115)	(10-24)	(15-40)	80-90	—	(20-22)	(341-448)	(15-18)
<i>E. coca</i> var. <i>ipadu</i>	x	—	—			20.0		16.0
	n	—	—			—	444	—
	(20-115)	(10-24)	(15-40)	80-90	—	(-20-)	(-444-)	(-18-)
<i>E. novogranatense</i> var. <i>novogranatense</i>	x	—	—			20.0		8.0
	n	—	—	45-90	—	—	247	—
	—	—	(8-18)	(40-80)		(-20-)	(247)	(-8-)
<i>E. novogranatense</i> var. <i>truxillense</i>	x	—	—			Modernas		
	n	—	—	80-90	80-110	21.0	404	18.0
	(20-40)	(6-16)	(7-15)	(40-80)		(18-25)	(379-455)	(13-25)
						Arqueolog.	183	11.4
						25.0	(156-203)	(10-13)
<i>Bolivia</i>	x	23.7	10.27			20.2		
	n	82	82	20	20	50	470.6	18.5
	(7.40-43.90)	(1.80-20.80)	(10-15)	(80-90)	(90-130)	(15.2-28.5)		
<i>Perú</i>	x	35.7	15.9			19.0		
	n	70	70	15	15	50	378.6	16.9
	(11.40-55.70)	(3.50-28.90)	(9-17)	(80-90)	(85-110)	(15.2-22.8)		
<i>Azapa-6</i>	x	18.9	4.28			19.0		
	n	21	21	10	10	50	378.6	15.8
	(9.60-30.80)	(1.4-7.90)	(4-6)	(80-90)	(90-140)	(17.1-28.5)		
<i>Plm-4</i>	x	26.1	11.0			21.5		
	n	7	7	4	4	50	352.2	15.9
	(11.70-33.30)	(2.9-15.70)	(10-13)	(80-90)	(85-120)	(13.3-22.8)		
<i>Lluta-54</i>	x	24.5	11.5			17.8		
	n	5	5	2	—	50	514.5	12
	(22.80-25.40)	(4.70-15.30)	(13-13)	(80-90)	—	(17.1-20.9)		

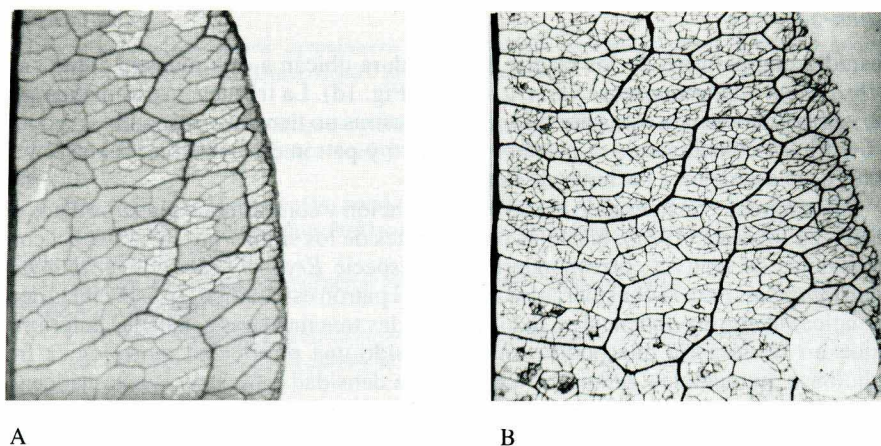


Fig. 2: Venación terciaria y de alto orden: características de la aréolas

- Ramificación terciaria con trama ortogonal; aréolas forman un sistema cerrado. Fragmento foliar en hoja proveniente de Bolivia (x4.7).
- Ramificación terciaria con trama incompleta; aréolas forman un sistema abierto. Fragmento foliar en hojas provenientes de Perú.(x4.7).

variedades de *Erythroxylum* descritas por Rury y Plowman (1983) y las hojas modernas que se comercializan en Perú y Bolivia.

Las muestras de contexto arqueológico provenientes de los sitios Az-6 y Plm-4 (Fig. 1c) presentan patrón de venación broquidodromus, o sea, son semejantes a las hojas de Bolivia. Las hojas provenientes de Lluta-54 (Fig. 1d) presentan venación entre eucamptodromus y broquidodromus. En estas hojas, la ramificación terciaria se caracteriza por formar una trama incompleta y un sistema abierto de aréolas, semejante por ello a las hojas provenientes de Perú.

a. Azapa-6

El estudio comparativo de estas muestras se realizó con fragmentos que sirvieron para reconstruir una hoja completa. Los rasgos observados ubican a esta muestra como similar a *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense*, fundamentalmente por la apariencia general del patrón de venación (Tabla 2), pero con un número reducido de venas secundarias. Por otro lado, y respecto del patrón estomático, ni la densidad ni la frecuencia estomática apoyan tal identificación (Tabla 3). Sin embargo, la apariencia general de las muestras es muy similar a las hojas de Bolivia.

b. Plm-4

El estudio comparativo de los rasgos analizados permite situar esta muestra como *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense* basado tanto en el patrón de venación, apariencia de las aréolas, como la forma de la lámina foliar (Fig. 1c). Los datos relativos a densidad estomática no apoyan esta identificación. Sin embargo, tanto por el patrón de venación como por el patrón estomático, existe semejanza entre las muestras de Plm-4 y Az-6 y por lo tanto con las de Bolivia (Tablas 2 y 3).

c. Lluta-54

El estudio comparativo de los rasgos de nervadura ubican a esta muestra como similar a *Erythroxylum novogranatense* var. *truxillense* (Fig. 1d). La frecuencia estomática se ajusta a los valores dados para esta variedad. Estas muestras no tienen correspondencia con las de Az-6 y Plm-4 considerando el patrón estomático y patrón de venación (Tablas 2 y 3); sin embargo, se asemejan a las hojas de Perú.

En resumen, considerando el patrón de venación y contrastando nuestros datos con los de Rury y Plowman (1983), las hojas provenientes de los sitios Plm-4 y Az-6, así como las provenientes de Bolivia corresponderían a la especie *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense*. Pero si consideramos además, el patrón estomático, en especial la densidad estomática, la correspondencia se debilita entre las tres muestras señaladas anteriormente, aunque no se descarta que podría estar indicando una plasticidad morfológica frente a condiciones ambientales, reflejadas a nivel de la densidad y frecuencia estomática (Gay y Hurd, 1974; Kenetch y O'Leary, 1972). Por último las características de la venación terciaria, en especial, la apariencia de las aréolas sirvieron como un buen elemento discriminador.

Si pensamos que las muestras arqueológicas estudiadas podrían corresponder a otras especies cultivadas o pertenecer a especies silvestres antecesoras de coca, es válido preguntarse, ¿qué tan conservativos son el patrón de venación y el patrón estomático?, ¿cuál de estos rasgos es más susceptible de cambio o variación en el tiempo? y ¿cuál de ellos refleja mejor los cambios microambientales? Preguntas de esta naturaleza deben ser contrastadas con resultados no presentados en este trabajo y que corresponden al análisis del contenido total de las *chuspas* de los sitios Plm-6 tumba 9 y 14, Plm-9 tumba 10 y Camarones-8 (Ca-8) tumba 15 (Molina y Torres, 1989) que muestran la presencia de a lo menos 4 especies diferentes de plantas entremezcladas con las de *Erythroxylum*. Por lo tanto, es imperioso incrementar el estudio de las especies nativas a fin de definir con exactitud el material de referencia y permitir la identificación taxonómica del material desconocido.

CONCLUSIONES

Los análisis descritos han permitido identificar 33 hojas y fragmentos foliares de *Erythroxylum* spp, de los sitios Az-6, Plm-4 y Lluta-54, correspondientes a los períodos Tiwanaku, Desarrollo Regional e Inca, lo que promueve la pregunta respecto del origen de estas hojas. La mención de cultivos de coca en la encomienda entregada a Lucas Martínez Vegazo en 1540 (Barriga, 1955) y su discusión sobre el particular en Platt (1975), Rostworowski (1977), Murra (1986), Hidalgo (1987) y Ríos y Pizarro (1988-89) son un testimonio significativo de su cultivo en el valle de Azapa en el siglo XVI. Plowman (1986), ha reconocido la variedad *Erythroxylum novogranatense* var. *truxillense* ("coca trujillo") en una *chuspa* de época Inca. Sin embargo, no incluye los valles del sur peruano y extremo norte de Chile dentro del hábitat de distribución de esta variedad (Rury y Plowman, 1983; Plowman, 1986). La "coca trujillo" presenta una alta resistencia a la sequía, en consecuencia pudo adaptarse bien a las condiciones áridas de los valles del norte de Chile. Rostworowski (1977), sugiere que la variedad "trujillo" se habría distribuido hasta los valles de Azapa, de acuerdo con Troll (1968) quien sitúa la región favorable para *Erythroxylum novogranatense* en la zona comprendida entre los 6 y 29° latitud S. Esta región coincide con los lugares donde existían plantaciones de cacaes prehispánicos mencionados en la documentación etnohistórica de Rostworowski (1977).

En este contexto, el análisis de los sistemas de riego en quebradas de la precordillera (Santoro *et al.*, 1987; Osorio y Santoro, 1990) permitirían sugerir, a modo de hipótesis, que

aquellas expansiones agrícolas con alta complejidad tecnológica, ocurridas en el Intermedio Tardío y Tardío (1100-1500 DC.), correspondería al intento de controlar y poner bajo cultivo espacios de valle subcordilleranos (2000 msnm), con microclimas favorables para plantaciones de coca. Actualmente, estos espacios se destinan a cultivos de frutales semitropicales. Llama la atención los toponimios de *Cachicoca* en el valle de Codpa y *Coca* en Socoroma dentro de la franja favorable para el cultivo de esta planta. *Cachicoca* significa en aymara, preparar o aporcar la tierra para sembrarla con coca, en este caso.

La técnica de diafanización aplicada para determinar el patrón estomático y el patrón de venación, fueron efectivos aportes en la identificación de las muestras modernas y arqueológicas de *Erythroxylum* spp. (Arnott, 1959; Strittmatter, 1973; Rury y Plowman, 1983).

Se comprobó la presencia de *Erythroxylum* spp. en los tres sitios arqueológicos estudiados: Az-6, Plm-4 y Lluta-54 confirmando conclusiones arqueológicas previas de la existencia del uso de coca en las poblaciones prehispánicas de la costa de Arica desde épocas Tiwanaku.

No fue posible la identificación de las variedades de *Erythroxylum*, debido a que no se dispuso de especies tipo. Sin embargo, es posible señalar que las variedades arqueológicas estudiadas no podrían corresponder a *E. coca* var. *ipadu* (amazónica) que se cultivan actualmente en zonas húmedas y tropicales. En contraste, es interesante resaltar el hecho que las muestras arqueológicas de los tres sitios estudiados tienen características similares a las variedades *Erythroxylum novogranatense* var. *novogranatense* y *E. novogranatense* var. *truxillense* adaptadas a condiciones ecológicas áridas y que requieren de complejos sistemas hidráulicos para su cultivo. Este dato daría pie para formular a modo de hipótesis, que la coca consumida en los valles de Arica no era importada de zonas tropicales y muy posiblemente habría sido cultivada en los áridos valles del norte de Chile, desde el período Intermedio Medio (ca.300-1000 DC.).

Aunque se requiere del análisis de una cantidad mayor de muestras, esta identificación permite sostener, que desde épocas Tiwanaku no sólo se consumía coca en los valles de Arica sino que también parte de su espacio productivo era destinado a su cultivo. Es probable que desde aquellas épocas el interés de la colonización de Tiwanaku (Berenguer y Dauelsberg, 1989) en los valles de Arica fuera promovido, entre otros factores, por el cultivo de una variedad particular de coca que no puede cultivarse en la zona húmeda y selvática del lado oriental de Bolivia.

La presencia de coca como ofrenda funeraria supone la idea que fue usada como estimulante en esas u otras ceremonias. Esto se reforzaría con los recientes estudios de Cartmell *et al.* (1991), quienes han determinado, en forma preliminar, el consumo de hojas de coca al detectar productos metabólicos estables de la cocaína (BZE) en muestras de cabello humano de poblaciones precolombinas de la Desembocadura del río Camarones, correspondiente al período Tardío.

Debido a su importancia cultural, consideramos necesario conocer con mayor profundidad esta planta desde el punto de vista ecológico, con el propósito de ayudar a su preservación, ya que desde milenios ha sido parte integrante del escenario geográfico andino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, C.

- 1986 *Coca and cultural identity in Andean communities* Coca and cocaine, effects in people and policy in Latin America. Pacini y Franquemont (Eds). Cultural Survival Report 23:35-48. Cambridge.

- ARNOTT, H.
1959 *Leaf clearings*. Turtox News 37:192-194.
- BARRERA, E. e I. MEZA.
1979 *Análisis de la cutícula foliar de especies chilenas del género Maytenus Mol.* Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 35:31-39.
- BARRIGA, V.
1955 *Documentos para la historia de Arequipa 1535-1580*. Tomo III. Arequipa.
- BELMONTE, E.; E. ROSELLO y N. ROJAS.
1988 *Análisis descriptivo de restos vegetales contenidos en coprolitos*. Chungará 20:47-62.
- BERENGUER, J. y P. DAUELSBERG.
1989 *El norte grande en la órbita de Tiwanaku (400-1200 DC)*. Prehistoria. Desde sus orígenes hasta los albores de la Conquista. J. Hidalgo et al.(Eds):129- 180. Andrés Bello. Santiago.
- BOHM, B.
1981 *Biosystematic and evolution of cultivated coca (Erythroxylaceae)*. Systematic Botany 7:121-133.
- BOHM, B., D. PHILIPS y F. GANDERS
1981 *Flavonoids of Erythroxylum rufum and Erythroxylum ulei*. Journal of Natural Products 44:676-679.
- CARTER, W. y M. MAMANI
1986 *Coca en Bolivia*. Ed. Juventud. La Paz.
- CARTMELL, L., A. AUFDERHEIDE, A. SPRINGFIELD, CH. WEEMS y B. ARRIAZA.
1991 *The frequency and antiquity of prehistoric coca-leaf chewing practice in northern Chile: radio immunoassay of a cocaine metabolite in human-mummy hair*. Latin American Antiquity 2:260-268.
- CRONQUIST, A.
1981 *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press. New York.
- DILCHER, D.
1974 *Approaches to the identification of Angiosperm leaf remains*. The Botanical Review 40:1-157.
- DUKE, J. AULIK y T. PLOWMAN.
1975 *Nutritional value of coca*. Botanical Museum Leaflets 24: 113-119.
- ERICES, S.
1975 *Evidencias de vegetales en tres cementerios prehispánicos, Arica. Chile*. Chungará 5:73-80.
- FOCACCI, G.
1982 *Excavaciones en el cementerio de Playa Miller 9. Costa de Arica*. Serie Inst. Antrop. y Arq. UTA, Arica. Documentos de Trabajo 2:136-208.
- FORD, R.
1979 *Paleoethnobotany in American Archaeology*. Advances in Archaeological Method and Theory 2: 235-236.
- FONT QUERR, P.
1965 *Diccionario Botánico*. Ed. Labor. Barcelona.
- GAY, A. y R. HURD
1974 *The influence of light on stomatal density in the tomato*. New Phytolith 75:37-43.
- HASTORF, C.
1987 *Archaeological evidence of coca (Erythroxylum coca Erythroxylaceae) in the upper Mantaro Valley, Perú*. Economic Botany 41:292-297.
- HIDALGO, J.
1987 *Cacicazgos del sur occidental andino: Origen y evolución colonial*. Chiefdoms in the Americas. Drenan of C. Uribe (Eds): 289-297. University Press of America. Lanham.
- HICKEY, L.
1973 *Classification of the architecture of Dicotyledonous leaves*. American Journal of Botany 60:17-33.
- KENECHT, G. y J.O. LEARY
1972 *The effect of light intensity Phaseolus vulgaris L. leaves*. Botanical Gazette 133:132-134.
- MARTIN, R.
1970 *The role of coca in the history, religion and medicine of South American Indians*. Economic Botany 24:422-437.

MOLINA, Y. y T. TORRES

- 1989 Aplicación del patrón estomático y del patrón de venación en la identificación de *Erythroxylum* spp. de contexto arqueológico. Seminario de Título. Universidad de Tarapacá.

MURRA, J.

- 1986 *Notes on pre-columbian cultivation of coca leaf*. Coca and cocaine. Pacini y Franquemont (Eds). Cultural Survival Report 23:49-52. Cambridge.

OSORIO, A. y C. SANTORO

- 1989 *Trasvase prehispánico Vilasamanani-Socoroma, Norte de Chile*. Idesia 11:37-43.

PEARSALL, D.

- 1982 *Phytolith Analysis: Applications of a new paleoethnobotanical technique in archaeology*. American Anthropologist 84:862-871.

PLATT, T.

- 1975 *Experiencia y experimentación: Los asentamientos andinos en la cabecera del valle de Azapa*. Chungará 5:33-60.

PLOWMAN, T.

- 1980 *Botanical perspectives on coca. Proceedings of the Interamerican Seminar on Medical and Sociological Aspects of Coca and Cocaine*. Cocaine, 1980. Lima Perú.

PLOWMAN, T.

- 1984 *The ethnobotany of coca* (*Erythroxylum* spp., *Erythroxylaceae*). Advances in Economic Botany 1:62- 111.

PLOWMAN, T.

- 1986 *Coca chewing and the botanical origins of coca* (*Erythroxylum* spp.) in South America. Coca and Cocaine. Pacini y Franquemont (Eds). Cultural Survival report 23:5-33, Cambridge.

RÍOS, W. y E. PIZARRO

- 1988-89 *Cultivos prehispánicos: El caso de la coca en el extremo norte de Chile*. Diálogo Andino 7/8:81-100.

ROSTWOROWSKI, M.

- 1977 *Plantaciones prehispánicas de coca en la vertiente del Pacífico*. Etnia y Sociedad. Costa peruana prehispánica. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.

ROSTWOROWSKI, M.

- 1988 *Los cicales del valle de Chillón: Evidencia arqueológica y contexto ecológico. Conflicts over coca fields in the XVIth Century. Perú*. Joyce Marcus (Ed). Michigan.

RURY, Ph.

- 1981 *Systematic anatomy of Erythroxylum P. Browne: Practical and evolutionary implications for the cultivated cocas*. Journal of Ethnopharmacology 3: 229-263.

RURY, Ph.

- 1982 *Systematic anatomy of the Erythroxylaceae*. Ph.D. Dissertation. University of North Carolina, U.S.A.

RURY, Ph. y T. PLOWMAN

- 1983 *Morphological and recent coca leaves*. (*Erythroxylum* spp.) Botanical Museum Leaflets 29:297-341.

SANTORO, C., J. HIDALGO y A. OSORIO

- 1987 *El estado Inca y los grupos étnicos en el sistema de riego de Socoroma*. Chungará 19:71-92.

STRITTMATTER, C.

- 1973 *Nueva técnica de diafanización*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 15:126-129.

TROLL, C.

- 1968 *The cordilleras of the Tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical of agrarian ecology*. Colloquium Geographicum 9:15-56.

WEIL, A.

- 1981 *The therapeutic value of coca in contemporary medicine*. Journal of Ethnopharmacology 3: 367-376.