

Identificación de alcaloides psicoactivos de plantas por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa. Aplicación en pipas cerámicas de dos sitios arqueológicos de Catamarca

Valeria P. Careaga¹, Gerardo Gottas¹, María Fabiana Bugliani², María Cristina Scattolin² y Marta S. Maier¹

¹UMYMFOR – Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, ²Instituto de las Culturas (IDECU), UBA, CONICET, Museo Etnográfico, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

maier@qo.fcen.uba.ar

Recibido 13/08/2018-Aceptado 15/08/2018

Resumen

Las culturas precolombinas de América utilizaron plantas que contienen alcaloides psicoactivos en ceremonias rituales y como medicinas. En este trabajo se optimizaron las condiciones de análisis por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa para la identificación simultánea de los alcaloides presentes en hojas de tabaco y coca y en semillas de chamico y cebil con el objeto de contar con una metodología de análisis para su identificación en materiales arqueológicos. La metodología desarrollada se aplicó a la identificación de alcaloides en siete fragmentos de pipas cerámicas y sedimentos asociados provenientes de dos sitios arqueológicos del valle del Cajón en la provincia de Catamarca, Argentina. Se identificó 5-hidroxi-*N,N*-dimetilriptamina en dos hornillos y en los sedimentos contenidos en un hornillo y en dos tubos de tres pipas cerámicas. Sólo se identificó nicotina en el hornillo de una de las pipas. Los resultados demuestran el uso de cebil como alucinógeno por los antiguos pobladores de Catamarca.

Palabras clave: alcaloides psicoactivos, cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa, pipas, patrimonio cultural

Identification of plant psychoactive alkaloids by gas chromatography – mass spectrometry. Application in ceramic pipes from two archaeological sites in Catamarca

Abstract

The pre-Columbian cultures of America used plants containing psychoactive alkaloids in ritual ceremonies and as medicines. In this research we have optimized the analytical conditions of gas chromatography coupled to mass spectrometry for the simultaneous identification of alkaloids from tobacco and coca leaves as well as chamico and cebil seeds with the aim of developing an analytical methodology for their identification in archaeological remains. The optimized methodology was applied to the identification of alkaloids in seven fragments of ceramic pipes and sediments from two archaeological sites from the Cajón valley in Catamarca province, Argentina. We have identified 5-hydroxy-*N,N*-dimethyltryptamine in two pipe furnaces and in the sediments contained in the furnace and tubes from three ceramic pipes. We have identified nicotine only in one pipe furnace. These results indicate the use of cebil as hallucinogen by ancient inhabitants of Catamarca.

Keywords: psychoactive alkaloids, gas chromatography – mass spectrometry, pipes, cultural heritage

Introducción

Fuentes etnográficas y etnohistóricas indican que el consumo de sustancias alucinógenas derivadas de plantas jugó un papel importante en la vida de los pueblos originarios de América. Los modos de consumo variaban de acuerdo con el efecto buscado, ya sea como sustancias medicinales o en ceremonias rituales o religiosas. Las sustancias podían beberse, masearse, inhalarse mediante el uso de tubos y tabletas, fumarse en cigarrillos o pipas, o aplicarse a través de enemas [1]. Entre las partes de las plantas más utilizadas podemos mencionar las semillas de cebil (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), las hojas de tabaco (*Nicotiana* sp) y de coca (*Erythroxylum coca*) y las hojas o semillas de chamico (*Datura ferox*). Todas estas plantas se caracterizan por contener alcaloides. La hoja de coca contiene principalmente cocaína [2], mientras que la hoja de tabaco se caracteriza por su contenido en nicotina y cotinina, su producto de oxidación [3]. El cebil es un árbol que se encuentra desde Perú y el noroeste de Bolivia, Brasil y Paraguay hasta las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Corrientes, Misiones y Córdoba. Sus semillas constituyen la parte de la planta con mayor concentración de alcaloides triptamínicos, tales como 5-hidroxi-*N,N*-dimetiltryptamina (bufotenina), *N,N*-dimetiltryptamina y 5-metoxi-*N,N*-dimetiltryptamina [4,5]. En cuanto al chamico, sus semillas contienen alcaloides derivados del tropano, como atropina y escopolamina [6].

La utilización de plantas que contienen alcaloides psicoactivos por las culturas precolombinas de Sudamérica fue demostrado en numerosos estudios. Se han identificado restos de nicotina en pipas [7,8] y cabellos de momias precolombinas [9,10] de sitios arqueológicos de Chile, así como alcaloides del cebil en pipas arqueológicas del noroeste argentino [11,12] y en objetos hallados en contextos funerarios en el área de San Pedro de Atacama, en el norte de Chile [13].

En la literatura científica se encuentra descrito el análisis de alcaloides psicoactivos mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM) [14-16], cromatografía líquida de alta resolución [17] y cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa [18]. Numerosos trabajos demuestran el interés en el desarrollo de metodologías basadas en técnicas de espectrometría de masa para la identificación de alcaloides pertenecientes a diferentes familias de compuestos, particularmente en matrices biológicas [19-21]. Sin embargo, no se ha reportado una metodología para la determinación simultánea de los alcaloides del tabaco, cebil, coca y chamico, la cual sería una herramienta analítica valiosa para la identificación de estas sustancias en materiales arqueológicos de Sudamérica. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue la optimización del análisis de una mezcla de extractos de hojas de coca y tabaco y semillas de cebil y chamico por CG-EM y su posterior aplicación a la identificación de alcaloides en pipas cerámicas recuperadas de dos sitios arqueológicos del valle del Cajón en la provincia de Catamarca, Argentina.

Materiales y métodos

Material biológico

Las hojas de coca fueron adquiridas en un mercado en Arica (Chile) mientras que los frutos de chamico fueron proporcionados por el Lic. Gustavo Álvarez. Las hojas de tabaco y las semillas de *Anadenanthera colubrina* var. cebil fueron provistas por la Dra. Ana María Llamazares.

Extracción de los alcaloides de las especies vegetales

Las semillas de cebil y chamico se molieron en un mortero y se extrajeron con metanol (calidad para cromatografía líquida, Merck) a temperatura ambiente durante 24 horas. Las hojas de coca y tabaco fueron extraídas con metanol en las mismas condiciones. Posteriormente, cada extracto metanólico se filtró y evaporó a sequedad a presión reducida. Los extractos fueron disueltos en metanol y analizados por cromatografía en capa delgada (CCD) de sílica gel utilizando como solventes de elución cloroformo:metanol (9:1) para los extractos de coca, tabaco y chamico y *n*-butanol:ácido acético:agua (12:3:5) para el extracto de cebil. En todos los casos se utilizó el reactivo de Dragendorff como revelador para la detección de alcaloides.

Los extractos metanólicos fueron purificados por extracción en fase sólida utilizando un cartucho de sílica gel (Strata, Phenomenex, 500 mg/3 ml). Se utilizaron cloroformo, mezclas de cloroformo:metanol de polaridad creciente y metanol como solventes de elución. Las fracciones eluidas se analizaron por CCD de sílica gel en las condiciones descritas anteriormente. Las fracciones de cada extracto que contenían mayoritariamente alcaloides se unificaron y se analizaron por CG-EM.

Análisis de los extractos con alcaloides por CG-EM

Las fracciones purificadas que contenían alcaloides se disolvieron en metanol y se analizaron en un cromatógrafo gaseoso acoplado a un espectrómetro de masa Shimadzu GCMSQP5050A con una columna capilar Zebron ZB-5 (Phenomenex, 5% fenil-95% dimetilpolisiloxano, 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y un espesor de film de 0,25 μm). Se utilizó helio como gas portador (1,5 ml/min de flujo). La temperatura del inyector fue de 240 °C y la del detector de 280 °C. El programa de temperatura comprendió una temperatura inicial de 80 °C (2 min) con una rampa de temperatura de 15 °C/min hasta una temperatura final de 280 °C que se mantuvo constante durante 15 min. El espectrómetro de masa fue operado en modo de ionización electrónica a 70 eV en un rango de masa/carga (m/z) de 40 a 650.

A continuación se detallan los alcaloides identificados en los extractos metanólicos purificados de cada especie vegetal junto con sus tiempos de retención (t_r) y los valores de m/z y de intensidad relativa (%) de los iones del espectro de masa.

Alcaloides del extracto de hojas de coca: anhidroecgonina metil éster ($t_r = 8,99$ min; $m/z = 57$ (7); 68 (5); 82 (15); 94 (10); 120 (10); 122 (16); 152 (100); 153 (13); 166 (12); 181 (33)), ecgonina metil éster ($t_r = 9,83$ min; $m/z = 55$ (17); 56 (7); 68 (8); 82 (100); 83 (60); 84 (9); 94 (29); 96 (81); 97 (40); 112 (9); 140 (11); 168 (7); 182 (7); 199 (12)), cocaína ($t_r = 15,91$ min; $m/z = 51$ (15); 55 (8); 77 (42); 82 (100); 83 (37); 94 (34); 96 (26); 105 (44); 122 (10); 183 (8); 198 (10); 272 (6); 303(21)), norcocaína ($t_r = 15,66$ min; $m/z = 51$ (9); 67 (7); 68 (33); 69 (10); 77 (25); 81 (5); 82 (11); 83 (8); 105 (26); 108 (20); 168 (100); 169 (9), 289 (8)), cinamilcocaína ($t_r = 17,58$ min y 19,07 min; $m/z = 77$ (20); 81 (11); 82 (100); 83 (57); 94 (33); 96 (65); 97 (15); 103 (28); 131 (18); 168 (11); 182 (62); 183 (8); 238 (24); 329 (19)), y benzoilecgonina ($t_r = 20,02$ min; $m/z = 51$ (16); 57 (13); 67 (10); 77 (37); 82 (65); 83 (29); 93 (21); 94 (28); 95 (13); 96 (22); 105 (42); 122 (10); 124 (100); 168 (57); 289 (8)).

Alcaloides del extracto de hojas de tabaco: nicotina ($t_r = 8,44$ min; $m/z = 51$ (4); 55 (4); 65 (4); 78 (4); 82 (6); 84 (100); 85 (6); 92 (6); 119 (5); 130 (4); 133 (24); 161 (14); 162 (15); 163 (1)) y cotinina ($t_r = 11,88$ min; $m/z = 51$ (8); 65 (7); 69 (7); 70 (6); 78 (8); 91 (6); 98 (100); 99 (7); 117 (6); 118 (16); 119 (14,5); 121 (8); 147 (10); 176 (40); 175 (10); 177 (5)).

Alcaloides del extracto de semillas de cebil: *N,N*-dimetilriptamina ($t_r = 12,57$ min; $m/z = 58$ (100); 59 (2); 63 (2); 77 (2); 89 (1); 116 (1); 130 (6); 143 (4); 188 (3)) y 5-hidroxi-*N,N*-

dimetiltriptamina ($t_r = 14,85$ min; $m/z = 58$ (100); 59 (3); 91 (2); 117 (1); 146 (4); 159 (1); 160 (2); 204 (7)).

Alcaloides del extracto de semillas de chamico: escopolamina ($t_r = 17.13$ min; $m/z = 77$ (23); 81 (27); 91 (21); 94 (100); 97 (20); 103 (24), 108 (49); 110 (12); 120 (17); 136 (34); 137 (13); 138 (60); 154 (30); 303 (18)).

Pipas cerámicas y contexto arqueológico

Las pipas cerámicas estudiadas (Figura 1) provienen de dos sitios arqueológicos localizados en el sector meridional del valle del Cajón (provincia de Catamarca, Argentina) en una estrecha quebrada al borde de la puna. Cardonal y Bordo Marcial son asentamientos aldeanos de los primeros siglos de la era cristiana que se emplazan en dos terrazas de escasa pendiente que bordean un cerro de mayor altura [22,23].



Figura 1: Fragmentos de pipas arqueológicas del valle del Cajón, provincia de Catamarca.

Estas aldeas están formadas por más de 100 estructuras circulares y subcirculares que se agrupan configurando núcleos habitacionales de entre tres y seis recintos cada uno. En el caso de Cardonal, uno de ellos, el Núcleo 1, fue excavado en su totalidad y mostró evidencias de la vida cotidiana de quienes habitaron esta aldea. En las distintas habitaciones se hallaron una docena de recipientes cerámicos semicompletos, puntas de proyectil, decenas de instrumentos líticos tallados y pulidos, improntas de cestería, restos vegetales carbonizados, fragmentos óseos faunísticos, una pipa cerámica completa, además de 64 fragmentos cerámicos correspondientes a otras pipas de similares características. Por otra parte, en Bordo Marcial, se excavó de forma total un recinto circular en el cual se halló el tubo completo de una pipa cerámica y algunos fragmentos pequeños de otras pipas. Los fragmentos de las pipas arqueológicas se describen en la Tabla I. La pipa completa hallada en el sitio Cardonal está compuesta por el hornillo (C497-H1) (muestra 1, Tabla I) y dos fragmentos del tubo

posteriormente reconstituido (C497-H2+C425) (muestra 2, Tabla I). Las muestras 1, 2, 3 y 5 (Tabla I) proceden de la misma habitación, la Estructura 1, que fue utilizada como cocina. Asimismo se analizó un pequeño fragmento de otra pipa (C399-T8, muestra 7) hallada en la Estructura 5, un patio, y otro fragmento de hornillo y pie (C161, muestra 6) recolectado en la superficie del sitio. Del sitio Bordo Marcial se analizó un tubo de pipa (C874-T1) y los sedimentos extraídos del mismo (muestra 4), hallados en la Estructura 18.

Los sedimentos asociados a los fragmentos de las pipas correspondientes a las muestras 1, 2, y 4 se extrajeron en el laboratorio.

Tabla I. Muestras analizadas: descripción y datos de procedencia

Muestra	N° catálogo PASCAL	Descripción	Datos de procedencia
1	C497-H1	Hornillo de pipa con rostro modelado y sedimentos extraídos del hornillo.	Sitio arqueológico Cardonal. C497. Estructura 1. Sector NW-SW. Piso de ocupación.
2	C497-H2 + C425	Tubo de pipa y sedimentos extraídos del interior del tubo.	Sitio arqueológico Cardonal. C497. Estructura 1. Sector NW-SW. Piso de ocupación.
3	C241 Hallazgo #19	Hornillo de pipa	Sitio arqueológico Cardonal. Estructura 1. Unidad 2. Nivel 1.
4	C874-T1	Tubo de pipa y sedimentos extraídos del interior del tubo.	Sitio arqueológico Bordo Marcial. Núcleo 2. Estructura 18. Cuadrícula 29. Nivel 2.
5	C238 Hallazgo #17	Fragmento de tubo de pipa reconstruido.	Sitio arqueológico Cardonal. Sector 1. Estructura 1. Unidad 4. Nivel 4.
6	C161	Fragmento de hornillo y pie	Sitio arqueológico Cardonal. Recolección de superficie.
7	C399-T8	Hornillo de pipa con interior cilíndrico correspondiente al tubo.	Sitio arqueológico Cardonal. Núcleo 1. Estructura 5. Unidad NW. Cuadrícula D. Nivel 6.

Extracción de los alcaloides de las pipas arqueológicas

Con excepción del fragmento de la pipa C399-T8 (muestra 7), el cual se sumergió en metanol durante 24 horas para la extracción de los alcaloides, en el caso de los fragmentos de las otras pipas, se raspó material de su interior (100 mg) y el sólido se dejó en contacto con

metanol (5 ml) durante 2-3 horas a temperatura ambiente. De la misma manera se procedió con los sedimentos asociados a las muestras 1, 2 y 4. Cada extracto metanólico se separó del sólido por centrifugación y la solución se evaporó a sequedad a presión reducida para su posterior análisis por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM).

Resultados

Los extractos purificados de las partes de cada una de las especies vegetales se analizaron por CG-EM con el objeto de identificar los alcaloides mayoritarios a partir del análisis de sus espectros de masa. El extracto de hojas de coca reveló la presencia de cocaína como compuesto mayoritario y cantidades minoritarias de anhidroecgonina metil éster, el éster metílico de ecgonina, norcocaína y benzoilecgonina, además de dos picos a tiempos de retención de 17,58 y 19,07 minutos correspondientes a los isómeros *cis* y *trans* de la cinamilcocaína. El extracto de tabaco indicó la presencia de nicotina y cotinina, su producto de oxidación, mientras que en el extracto de cebil se identificó 5-hidroxi-*N,N*-dimetilriptamina como componente mayoritario y *N,N*-dimetilriptamina. El análisis por CG-EM del extracto de las semillas de chamico indicó la presencia de escopolamina como único alcaloide, ya que su proporción es mucho mayor que la de atropina/hiosciamina [24]. Una vez identificados los alcaloides en los extractos purificados de las cuatro especies vegetales, se preparó una mezcla de los cuatro extractos y se analizó por CG-EM en las mismas condiciones de análisis con el objeto de su detección simultánea en un único análisis cromatográfico. El cromatograma de corriente iónica total (Figura 2) muestra la identificación de los alcaloides nicotina, anhidroecgonina metil éster, el éster metílico de ecgonina, cotinina, 5-hidroxi-*N,N*-dimetilriptamina, norcocaína, cocaína y cinamilcocaína, además de los ácidos grasos saturados mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0), comunes a distintas especies vegetales. No se detectaron escopolamina, *N,N*-dimetilriptamina y benzoilecgonina debido a su baja concentración en el extracto, sin embargo, los tiempos de retención de cada uno de estos alcaloides (ver Materiales y métodos) permitirían su separación e identificación por CG-EM en el caso de encontrarse en mayor proporción y en mezclas conteniendo algunos de los otros alcaloides psicoactivos.

La metodología optimizada se aplicó al análisis de los fragmentos de pipas y sedimentos asociados provenientes de los sitios arqueológicos Cardonal y Bordo Marcial ubicados en el valle del Cajón, Catamarca (Figura 1, Tabla I). Los fragmentos de las pipas y los sedimentos fueron extraídos con metanol y los extractos metanólicos analizados por CG-EM realizando un barrido completo de los iones en el rango de *m/z* de 40 a 650. En todos los extractos se detectaron únicamente ácidos grasos de 8 a 18 átomos de carbono y en algunos casos se identificaron también sus ésteres metílicos. En función de este resultado, se reanalizaron las muestras por CG-EM realizando un monitoreo selectivo de iones, lo cual favorece la identificación de componentes que se encuentran en muy bajas proporciones. Se

seleccionaron los iones principales para la identificación de nicotina ($m/z = 84, 133, 161, 162$), cotinina ($m/z = 98, 176$), *N,N*-dimetiltriptamina ($m/z = 58, 77, 130, 188$), 5-hidroxi-*N,N*-dimetiltriptamina ($m/z = 58, 91, 146, 160, 204$), norcocaína/benzoilecgonina ($m/z = 82, 289$), cocaína ($m/z = 82, 94, 303$) y escopolamina ($m/z = 94, 138, 303$). La metodología se aplicó al análisis de los extractos metanólicos de las pipas cerámicas y sedimentos descriptos en la Tabla I. En el extracto metanólico del hornillo de la pipa C497-H1 (muestra 1) se identificó nicotina mientras que en el sedimento asociado al fragmento se detectó 5-hidroxi-*N,N*-dimetiltriptamina. Este alcaloide fue identificado en los hornillos de las pipas C241 Hallazgo #19 (muestra 3) y C399-T8 (muestra 7) y en los sedimentos contenidos en los tubos C497-H2+C425 (muestra 2) y C874-T1 (muestra 4). Por otra parte, en las muestras 5 y 6 no se identificaron alcaloides.

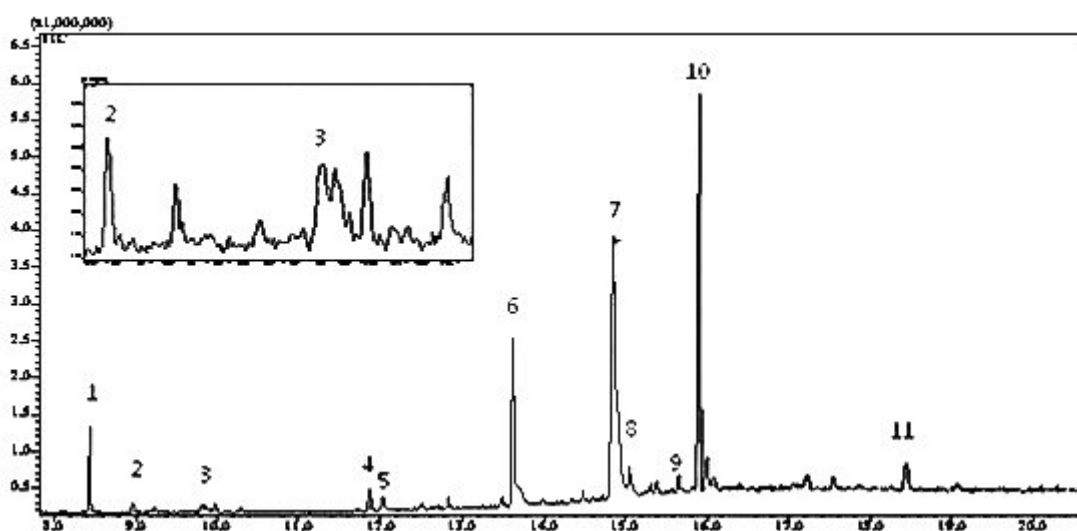


Figura 2: Cromatograma de corriente iónica total de la mezcla de extractos purificados de hojas de tabaco y coca y semillas de chamico y cebil. Componentes identificados: 1. Nicotina; 2: Anhidroecgonina metil éster; 3: Ecgonina metil éster; 4: Cotinina; 5: Ácido mirístico; 6: Ácido palmítico; 7: 5-hidroxi-*N,N*-dimetiltriptamina; 8: Ácido esteárico; 9: Norcocaína; 10: Cocaína; 11: Cinamilcocaína.

Discusión

La metodología optimizada permite, a partir de una extracción simple con metanol, separar alcaloides pertenecientes a distintas familias químicas por cromatografía gaseosa e identificarlos en bajas concentraciones mediante el monitoreo selectivo de iones por espectrometría de masa. Los resultados obtenidos demuestran el consumo de sustancias alucinógenas provenientes de una planta nativa como el cebil por las sociedades prehispánicas que habitaron el Noroeste argentino y contribuyen al conocimiento sobre el uso de alucinógenos y pipas de fumar.

Muchas de las pipas completas del Noroeste argentino forman parte de colecciones privadas o de museos y carecen en general de datos contextuales y procedencias ciertas. Los análisis efectuados a las pipas del valle del Cajón presentaron evidencias inequívocas que las vinculan con el consumo de sustancias alucinógenas en los contextos de las actividades originales en los cuales eran usadas. Los resultados ratifican la firme adhesión que hubo hace dos mil años a la costumbre de fumar vegetales procedentes de regiones distantes y muestra la amplia dispersión de esas plantas útiles, la cual supera considerablemente sus límites naturales. Ello implica la existencia de un sistema de intercambio a larga distancia bien desarrollado para su distribución eficaz y extendida a sus consumidores habituales. También se confirma el alto valor que habrían tenido estas plantas en la economía de los pueblos prehispánicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Buenos Aires y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el apoyo financiero para la realización de esta investigación. VPC, MFB, MCS y MSM son Miembros de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico de CONICET.

Referencias

1. **Pérez Gollán JA, Gordillo I** (1993) Alucinógenos y sociedades indígenas del Noroeste argentino. *Anales de Antropología* 30: 299-350.
2. **Johnson EL, Emche SD** (1994) Variation of alkaloid content in *Erythroxylum coca* leaves from leaf bud to leaf drop. *Annals of Botany* 73: 645-650.
3. **Sisson VA, Severson RF** (1990) Alkaloid composition of the *Nicotiana* species. *Beiträge zur Tabakforschung International* 14: 327-339.
4. **Von Reis Altschul S** (1972) The genus *Anadenanthera* in Amerindian cultures. Botanical Museum, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 96 pp.
5. **Bongiorno de Pfirter GM, Mandrile EL** (1983) Principios activos con acción alucinógena II. Bufotenina y otras triptaminas. Su presencia en *Anadenanthera peregrina* (L.) Spegazzini (Leguminosae). *Acta Farmacéutica Bonaerense* 2: 47-54.
6. **Padura LZ, Bandoni AL, Rondina RVD, Coussio JD** (1976) Quantitative determination of total alkaloids and scopolamine in *Datura ferox* growing in Argentina. *Planta Medica* 29: 357-360.
7. **Echeverría J, Planella MT, Niemeyer HM** (2014) Nicotine in residues of smoking pipes and other artifacts of the smoking complex from Early Ceramic period archeological site in central Chile. *Journal of Archeological Science* 44: 55-60.
8. **Gili F, Echeverría J, Stovel E, Deibel M, Niemeyer HM** (2017) Las pipas del salar de Atacama: reevaluando su origen y uso. *Estudios Atacameños* 54: 37-64.
9. **Echeverría J, Niemeyer HM** (2013) Nicotine in the hair of mummies from San Pedro de Atacama (Northern Chile). *Journal of Archeological Science* 40: 3561-3568.
10. **Musshof F, Rosendahl W, Madea B** (2009) Determination of nicotine in hair samples of pre-columbian mummies. *Forensic Science International* 185: 84-88.
11. **Rosso C, Spano R** (2005-2006) Evidencias del uso de alucinógenos en pipas halladas en dos sitios tempranos de los Valles Calchaquíes. *Arqueología* 13: 79-99.

12. **Lema VS, Andreoni D, Capparelli A, Ortiz G, Spano R, Quesada M, Zorzi F** (2015) Protocolos y avances en el estudio de residuos de pipas arqueológicas de Argentina. Aportes para el entendimiento de metodologías actuales y prácticas pasadas. *Estudios Atacameños* 51: 77-97.
13. **Torres CM, Repke DB, Chan K, McKenna D, Llagostera A, Schultes RE** (1991) Snuff powders from Pre-Hispanic San Pedro de Atacama: chemical and contextual analysis. *Current Anthropology* 32: 640-649.
14. **Ogalde JP, Arriaza BT, Soto EC** (2009) Identification of psychoactive alkaloids in ancient Andean human hair by gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Archeological Science* 36: 467-472.
15. **Rafferty SM** (2002) Identification of nicotine by gas chromatography/mass spectroscopy analysis of smoking pipe residue. *Journal of Archaeological Science* 29: 897-907.
16. **Hossain AM, Salehuddin SM** (2013) Analytical determination of nicotine in tobacco leaves by gas chromatography-mass spectrometry. *Arabian Journal of Chemistry* 6: 275-278.
17. **Mercolini L, Mandrioli R, Saladini B, Conti M, Baccini C, Raggi MA** (2008) Quantitative analysis of cocaine in human hair by HPLC with fluorescence detection. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 48: 456-461.
18. **Jakabová S, Vincze L, Farkas A, Kilár F, Boros B, Felinger A** (2012) Determination of tropane alkaloids atropine and scopolamine by liquid-chromatography-mass spectrometry in plant organs of *Datura* species. *Journal of Chromatography A* 1232: 295-301.
19. **Strano-Rossi S, Bermejo AM, de la Torre X, Botré F** (2011) Fast GC-MS method for the simultaneous screening of TCH-COOH, cocaine, opiates and analogues including buprenorphine and fentanyl, and their metabolites in urine. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 399: 1623-1630.
20. **Shakleya DM, Huestis MA** (2009) Optimization and validation of a liquid chromatography- tandem mass spectrometry method for the simultaneous quantification of nicotine, cotinine, *trans*-3'-hydroxycotinine and norcotinine in human oral fluid. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 395: 2349-2357.
21. **Joya X, Pujadas M, Falcón M, Civit E, García-Algar O, Vall O, Pichini S, Luna A, de la Torre R** (2010) Gas chromatography-mass spectrometry assay for the simultaneous quantification of drugs of abuse in human placenta at 12th week of gestation. *Forensic Science International* 196: 38-42.
22. **Scattolin MC, Bugliani MF, Cortés LI, Calo CM, Pereyra Domingorena L, Izeta AD** (2009) Pequeños mundos: habitat, maneras de hacer y afinidades en aldeas del valle del Cajón, Catamarca. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXIV: 251-274.
23. **Scattolin MC, Bugliani MF, Pereyra Domingorena L, Cortés LI, Lazzari M, Izeta A, Calo M** (2015). Habitar, circular, hacer. El punto de vista de La Quebrada. En: Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino Editado por: A. Korstanje et al, Capítulo 13, pp. 427-464. Buenos Aires: *Sociedad Argentina de Antropología*.
24. **Vitale AA, Acher A, Pomilio AB** (1995) Alkaloids of *Datura ferox* from Argentina. *Journal of Ethnopharmacology* 49: 81-89.



ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista *QuímicaViva*

Número 2, año 17, agosto 2018

quimicaviva@qb.fcen.uba.ar