



UNODC

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito



Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína en materiales incautados

*MANUAL PARA EL USO DE LOS LABORATORIOS NACIONALES
DE ANÁLISIS DE ESTUPEFACIENTES*

Foto:
UNODC Photo Library; UNODC/Ioulia Kondratovitch; Alessandro Scotti

Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos
OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA Y EL DELITO
Viena

**Métodos recomendados
para la identificación y el análisis
de cocaína en materiales incautados
(Revisado y actualizado)**

MANUAL PARA USO DE LOS LABORATORIOS NACIONALES
DE ANÁLISIS DE ESTUPEFACIENTES



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 2012

Nota

Las condiciones de funcionamiento y experimentación se reproducen a partir de los materiales de referencia originales, incluidos algunos métodos no publicados, validados y utilizados en laboratorios nacionales seleccionados con arreglo a la lista de referencias. La variación de algunas condiciones y la sustitución de algunos productos designados por su nombre comercial darán lugar a resultados similares en muchos casos, pero cualquier modificación ha de ser validada antes de pasar a formar parte de los procedimientos de laboratorio.

La mención de nombres y productos comerciales no constituye una aprobación de éstos por parte de las Naciones Unidas.

ST/NAR/7/REV.1

Idioma original: inglés

© Naciones Unidas, septiembre de 2012. Reservados todos los derechos.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

El presente informe se publica sin revisión editorial.

Producción de la publicación: Sección de Servicios en Inglés, Publicaciones y Biblioteca, Oficina de las Naciones Unidas en Viena.

Índice

	<i>Página</i>
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Propósito y uso del manual	1
2. Aspecto físico y características químicas de la hoja de coca y materiales ilícitos que contienen cocaína	3
3. Descripción de los compuestos puros	5
4. Producción ilícita de cocaína	13
4.1 Producción a partir de hojas de coca	13
4.2 Síntesis química de la cocaína	15
5. Análisis cualitativo y cuantitativo de materiales que contienen cocaína	17
5.1 Muestreo	17
5.2 Análisis de la hoja de coca	18
5.2.1 Identificación física	18
5.2.2 Análisis químico de la hoja de coca (entera o pulverizada)	18
5.3 Análisis de la pasta de coca y de la cocaína	20
5.3.1 Ensayos presuntivos de determinación de cocaína	20
5.3.1.1 Ensayo del color	20
5.3.1.2 Ensayo del olor	21
5.3.1.3 Ensayo de microcristales	22
5.3.1.4 Ensayos de solubilidad	24
5.3.1.5 Ensayos aniónicos	25
5.3.2 Cromatografía en capa delgada (TLC)	26
5.3.3 Espectrometría de masas para cromatografía de gases (GC-MS)	29
5.3.4 Cromatografía de gases (GC) con detección de ionización de llama (GC-FID)	31
5.3.5 Cromatografía en fase líquida de alto rendimiento (HPLC)	34
5.3.6 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	35
5.3.7 Espectrofotometría ultravioleta (UV)	36
5.4 El análisis de los enantiómeros de la cocaína	36
6. Referencias	39

Agradecimientos

La Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la UNODC (dirigida por el Dr. Justice Tettey) desea expresar su reconocimiento y su gratitud al Dr. Michael Collins, la Dra. Helen Salouros y el Sr. Hilton Swan por la preparación del primer proyecto del presente manual revisado y actualizado.

La Sección desea expresar también su agradecimiento al Profesor Niamh Nic Daeid, la Dra. Kathleen Savage, el Dr. Udo Zerell y el Dr. Pierre Esseiva por su experta revisión y sus valiosas aportaciones.

La Sra. Yen Ling Wong, miembro del personal de la Sección, fue la encargada de coordinar la preparación del presente manual. También se reconoce con gratitud la contribución de otros miembros del personal de la UNODC.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La cocaína es un estimulante altamente adictivo presente en la naturaleza como un alcaloide de la planta de coca (*Erythroxylon coca* o *Erythroxylon novogranatense*). Tradicionalmente, las hojas de coca se mastican o se toman como infusión a modo de té. En los primeros años del siglo XX se utilizaba cocaína purificada en la mayoría de los tónicos y elixires preparados para tratar una amplia variedad de enfermedades.

Debido a su alto potencial para el abuso y la dependencia, la hoja de coca y la cocaína se sometieron a fiscalización internacional mediante su introducción en la Lista I de la Convención Única de 1961 sobre Estupefacientes. No obstante, en muchos países la cocaína sigue teniendo usos médicos legítimos, por ejemplo, como anestésico local empleado en cirugía ocular, del oído y de la garganta.

Las dos formas químicas principales en que se presenta la cocaína son la sal soluble en agua y la cocaína base insoluble en agua. Generalmente, la cocaína en forma de sal puede inyectarse o aspirarse, mientras que en forma de base (“*crack*”) lo más frecuente es fumarla.

Con el consumo excesivo o prolongado, la cocaína puede inducir el desarrollo de tolerancia, una fuerte dependencia psicológica, malnutrición, desorientación, alucinaciones y psicosis paranoide.

1.2 Propósito y uso del manual

El presente manual forma parte de una serie de publicaciones afines que tratan de la identificación y el análisis de diversos tipos de drogas sometidas a fiscalización internacional. Esos manuales son el resultado de un programa que la UNODC lleva a cabo desde principios del decenio de 1980 que tiene por objeto la armonización y el establecimiento de métodos recomendados de análisis para los laboratorios nacionales de análisis de drogas.

El presente manual es una revisión del manual sobre “Métodos recomendados para el ensayo de cocaína” (ST/NAR/7), que se publicó en 1986. Se ha elaborado teniendo en cuenta los avances en la tecnología analítica con miras a proporcionar la base para la obtención de pruebas forenses fiables a partir de materiales incautados que contengan cocaína.

En consonancia con el objetivo general de la serie, en el presente manual se proponen enfoques que pueden servir de ayuda a los encargados del análisis de drogas en la selección de los métodos más apropiados para la muestra objeto de examen y proporcionar datos adecuados a los fines que se persiguen, dejando margen también para la adaptación al nivel de complejidad de los diferentes laboratorios y a la diversidad de necesidades desde el punto de vista jurídico. La mayoría de los métodos que se incluyen en el presente manual son métodos validados que se han utilizado durante años en laboratorios acreditados y que han formado parte de estudios entre laboratorios, ejercicios de colaboración y pruebas de competencia. No obstante, el lector debe saber que hay otros métodos, incluidos los publicados en la bibliografía científica forense, que también pueden proporcionar resultados aceptables. *Cualquier nuevo método que el lector pretenda utilizar en su laboratorio deberá ser validado o verificado antes de pasar a formar parte de los procedimientos rutinarios.*

Además, existen otros enfoques más perfeccionados y complejos pero que tal vez no sean necesarios para las aplicaciones habituales. Así pues, los métodos que aquí se describen deben considerarse como orientativos, es decir, que la introducción de pequeñas modificaciones para adaptarlos a las circunstancias locales no debería normalmente alterar la validez de los resultados. La elección de la metodología y el enfoque para efectuar los análisis, así como la decisión de si es necesario o no utilizar otros métodos adicionales, son responsabilidad del analista y pueden depender también de la disponibilidad de la instrumentación apropiada y del criterio establecido para la aceptación de las pruebas en la jurisdicción en que el analista realice su labor.

También se subraya la importancia fundamental de que los encargados del análisis de drogas dispongan de libros y material de referencia sobre las drogas objeto de uso indebido y sobre técnicas analíticas. Además, es imperativo que el analista se mantenga al corriente de las últimas tendencias en el análisis de drogas leyendo asiduamente las publicaciones más recientes en materia de ciencia forense y analítica.

La Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la UNODC se pone a disposición del lector para cualquier observación que desee formular sobre el contenido y la utilidad del presente manual. Las observaciones y sugerencias deberán enviarse a:

Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos
Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito
Centro Internacional de Viena
P.O. Box 500
1400 Viena
Austria
Fax: (+43-1) 26060-5967
Correo electrónico: Lab@unodc.org

Todos los manuales, así como las directrices y demás publicaciones de carácter científico y técnico, pueden solicitarse en la dirección anterior.

2. Aspecto físico y características químicas de la hoja de coca y materiales ilícitos que contienen cocaína

Hoja de coca

Las hojas de coca tienen cierto parecido con las del *Laurus nobilis*. Diferentes especies de *Erythroxylon* producen hojas de distinto tamaño y aspecto. En todas las especies, la cara superior de la hoja es más oscura que la inferior, que puede ser de color gris verdoso. En la cara inferior de la hoja se aprecian dos líneas paralelas al nervio central que se consideran características de la hoja de coca.

Las hojas de *Erythroxylon coca Lam* son particularmente grandes y gruesas, con forma de elipse ancha, más o menos puntiagudas y de color verde oscuro. Las de *Erythroxylon novogranatense (Morris) Hieron* son más pequeñas, estrechas y delgadas, tienen la punta más redondeada y son de color amarillo verdoso brillante. Las hojas de *Erythroxylon novogranatense var. truxillense (Rusby) Plowman* son aún más pequeñas y estrechas. Sin embargo, son más gruesas que las de los otros tipos y tienen un vivo color verde.

Pasta de coca

Se trata de un polvo de color blanco apagado, cremoso o pajizo; no suele ser fino, a menudo contiene grumos y generalmente se presenta húmedo. A menos que los grumos sean cristalinos (lo que es raro), suelen desmenuzarse con una ligera presión. Tiene un olor característico.

Cocaína

Aunque se fabrica a partir de un producto natural un tanto variable mediante un proceso discontinuo susceptible de amplias variaciones, la cocaína varía relativamente poco si se la compara, por ejemplo, con los productos de la heroína. No obstante, no existen dos muestras ilícitas de cocaína que sean idénticas. La mayoría de las veces se presenta como un polvo cristalino blanco o blanco apagado, a menudo fino y raramente húmedo.

La adulteración es relativamente rara (aunque no desconocida) en el caso del material objeto de tráfico internacional, cuya pureza llega a ser a menudo del 80% al 90% (como clorhidrato de cocaína). Su ulterior adulteración y transformación con fines de tráfico suele entrañar la adición de sustancias no sometidas a fiscalización como levamisol (o tetramisol), fenatecina, lidocaína, cafeína, diltiazem, hidroxicina, procaína, benzocaína o azúcares (como manitol, lactosa o glucosa). En cualquier caso, el aspecto físico cambia solo ligeramente, pues todos los adulterantes conocidos se presentan también en forma de polvo blanco fino y seco.

Cuando se destina al tráfico dentro de un país, la pureza de la cocaína es aproximadamente del 30%. Para ello, el material objeto de tráfico internacional se corta con una cantidad de adulterante unas tres veces superior en peso.

Cocaína “crack”

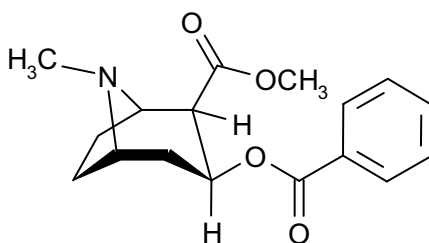
Se trata de un material duro, de aspecto escamoso, que se obtiene añadiendo amoníaco o bicarbonato sódico y agua al clorhidrato de cocaína y calentando el polvo que precipita como resultado. El término “*crack*”, que es el nombre que se da en la calle a la cocaína base, hace referencia al ruido que produce la mezcla al calentarse.

La desviación o variación del material presentado para su examen forense con respecto a las características físicas que aquí se describen no debe interpretarse como ausencia de cocaína o de un producto que la contenga.

3. Descripción de los compuestos puros

Entre los compuestos que se enumeran a continuación figuran la cocaína, los componentes principales (>1% en peso) y los componentes accesorios (generalmente <1% en peso). Los componentes en trazas (normalmente <0,1% en peso y que habitualmente requieren una fase de extracción) no se describen aquí.

Cocaína



Sinónimos: [1*R*-(*exo,exo*)]-3-(benzoiloxi)-8-metil-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-éster metílico del ácido carboxílico

3β-hidroxi-1α*H*,5α*H*-tropano-2β-benzoato del éster metílico del ácido carboxílico

Benzoato del éster metílico de ecgonina

l-cocaína

β-cocaína

Benzoilmetilecgonina

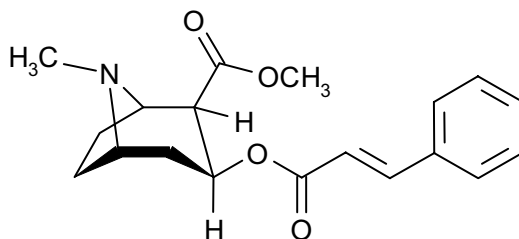
$C_{17}H_{21}NO_4$

Peso molecular=303,4 (base), 339,8 (clorhidrato)

Punto de fusión: 98°C (base), 195°C (clorhidrato)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>	<i>Clorhidrato</i>
Agua	ligeramente soluble (1 en 600)	soluble (1 en 0,4)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>	<i>Clorhidrato</i>
Etanol	soluble (1 en 6,5)	soluble (1 en 3,2)
Éter dietílico	soluble (1 en 3,5)	prácticamente insoluble
Cloroformo	soluble (1 en 0,7)	soluble (1 en 12,5)

*Datos de GC-MS (porcentaje de abundancia)*303 (M⁺, 17), 182 (71), 105 (29), 96 (24), 94 (36), 82 (100), 77 (35) m/z*Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)*¹H NMR (600 MHz; D₂O): δ 2,90 (3H, s), 3,63 (3H, s), 3,65 (1H, dd), 4,10 (1H, bm), 4,24 (1H, bm), 5,59 (1H, ddd), 7,54 (1H, t), 7,70 (1H, t), 7,96 (1H, d) ppm¹³C NMR (151 MHz; D₂O): δ 22,8, 23,9, 32,8, 39,1, 46,3, 53,6, 63,4, 64,1, 64,7, 128,7, 129,2, 129,8, 134,7, 167,5, 173,6 ppm*Datos del infrarrojo (IR)*Picos principales en los números de onda 1710, 1738, 1275, 1110, 712, 1037 cm⁻¹ (disco de KBr).*Datos del ultravioleta (UV)*Ácido acuoso—233 nm (A₁=430), 275 nm**Componentes principales y accesorios*****Cinamoilcocaína****Sinónimos:* [1*R*-(*exo,exo*)]-8-metil-3-[(1-oxo-3-fenil-2-propenil)oxi]-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-éster metílico del ácido carboxílico

Cinamato del éster metílico de ecgonina

Éster metílico de cinamoilecgonina

Cinamoilmetilecgonina

Cinamoilcocaína

$C_{19}H_{23}NO_4$

Peso molecular: 329,4

Punto de fusión: 121 °C (base)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>	<i>Clorhidrato</i>
Agua	casi insoluble	soluble
Etanol	soluble	soluble
Éter dietílico	soluble	soluble
Cloroformo	soluble	ligeramente soluble

Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

329 (M⁺, 15), 238 (14), 182 (72), 131 (33), 103 (24), 96 (59), 94 (35), 82 (100), 42 (27) m/z

Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)

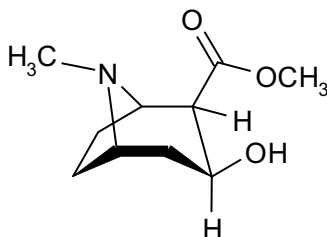
¹H NMR (300 MHz; CDCl₃) (principales datos espectrales): δ 2,21 (3H, s), 2,40 (1H, ddd), 3,71 (3H, s), 5,11 (1H, ddd), 6,44 (1H, d), 7,36 (3H, m), 7,51 (2H, m), 7,65 (1H, d) ppm

¹³C NMR (75,5 MHz; CDCl₃): δ 25,2, 25,4, 35,5, 41,2, 50,1, 51,4, 61,6, 64,8, 66,6, 118,3, 128,1 (x 2), 128,8 (x 2), 130,2, 134,4, 144,9, 166,7, 170,8 ppm

Datos del infrarrojo (IR)

Picos principales en los números de onda 2959, 2856, 2804, 1749, 1699, 1630, 1319, 1179, 1037, 1008, 767, 683 cm⁻¹ (disco de KBr).

Metilecgonina



Sinónimos: [1R-(*exo,exo*)]-3-hidroxi-8-metil-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-éster metílico del ácido carboxílico

Éster metílico de ecgonina

3β-hidroxi-1αH,5αH-tropano-2β-éster metílico del ácido carboxílico

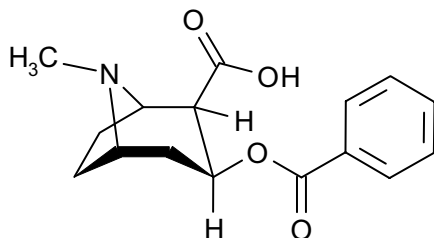


Peso molecular: 199,3 (base), 235,7 (clorhidrato)

Punto de fusión: aceite (base), 215°C (clorhidrato)

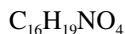
*Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)*199 (M⁺, 30), 168 (18), 112 (12), 96 (78), 94 (38), 82 (100), 68 (8), 42 (32) m/z*Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)*¹H NMR (500 MHz; D₂O): δ 2,03-2,14 (3H, m), 2,20-2,24 (1H, m), 2,30-2,48 (2H, m), 2,83 (3H, s), 3,31 (1H, dd, J=2,2, 7,2 Hz), 3,80 (3H, s) 3,99 (1H, m), 4,15 (1H, bd, J=7,0 Hz), 4,43-4,48 (1H, m) ppm¹³C NMR (125 MHz; D₂O): δ 22,5, 23,5, 34,8, 38,4, 48,8, 52,8, 60,3, 63,1, 63,8, 174,2 ppm*Datos del infrarrojo (IR)*Picos principales en números de onda 3269, 2963, 2132, 1704, 1481, 1428, 1350, 1215, 1140, 1049, 1013, 968, 777, 616 cm⁻¹ (KBr disk).

Benzoilecgonina

*Sinónimos:* 3-(benzoiloxi)-8-metil-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-ácido carboxílico

3β-hidroxi-1αH,5αH-tropano-2β-benzoato del ácido carboxílico

Benzoato de ecgonina



Peso molecular: 289,3

Punto de fusión: 195°C (anhidra) (se descompone), 86-92°C (tetrahidrato), 200°C (clorhidrato)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>	<i>Clorhidrato</i>
Agua (hirviendo)	soluble	soluble
Etanol	soluble	soluble

Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

289 (M⁺, 5), 168 (26), 124 (100), 105 (31), 96 (19), 94 (26), 82 (61), 77 (40), 67 (11) m/z

Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)

¹H NMR (300 MHz; D₂O) (principales datos espectrales): δ 2,61-2,17 (6H, m), 2,88 (3H, s), 3,22 (1H, dd), 4,07 (2H, bd), 5,54 (1H, m), 7,59 (2H, dd), 7,76 (1H, dd), 8,06 (2H, d) ppm

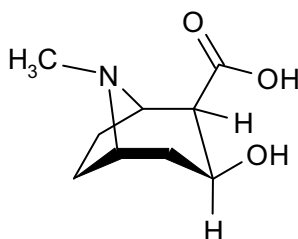
¹³C NMR (75,5 MHz; D₂O): δ 23,2, 32,6, 37,6, 48,8, 62,3, 64,8, 128,7, 128,9, 129,5, 133,9, 167,2, 176,9 ppm

Datos del infrarrojo (IR)

Picos principales en los números de onda 1275, 1720, 1618, 717, 1116, 1316 cm⁻¹

Datos del ultravioleta (UV)

Ácido acuoso—234 nm (A₁=376), 274 nm

Ecgonina

Sinónimos: [1*R*-(*exo,exo*)]-3-hidroxi-8-metil-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-ácido carboxílico

3β-hidroxi-1α*H*,5α*H*-tropano-2β-ácido carboxílico

C₉H₁₅NO₃

Peso molecular: 185,2 (base), 221,7 (clorhidrato)

Punto de fusión: 198°C (base), 246°C (clorhidrato)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>	<i>Clorhidrato</i>
Agua	soluble	soluble
Etanol	ligeramente soluble	ligeramente soluble
Éter dietílico	algo soluble	
Cloroformo	algo soluble	

Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

185 (M⁺, 9), 124 (33), 96 (82), 82(100), 57 (54), 42 (89) m/z

Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)

¹H NMR (600 MHz; D₂O): δ 1,98-2,19 (4H, m), 2,25-2,41 (2H, m), 2,78 (3H, s), 3,18 (1H, dd, *J*=2,3, 7,1 Hz), 3,92 (1H, m), 4,10 (1H, d, *J*=7,3 Hz), 4,41 (1H, m) ppm

¹³C NMR (150 MHz; D₂O): δ 23,2, 24,0, 35,5, 38,9, 49,5, 60,8, 63,6, 64,6, 176,4 ppm

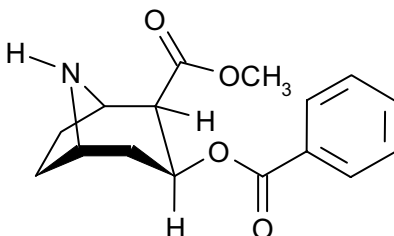
Datos del infrarrojo (IR)

Picos principales en los números de onda 1688, 1210, 1200, 1223, 1134, 1179 cm⁻¹ (clorhidrato de ecgonina, disco de KBr).

Datos del ultravioleta (UV)

Etanol—275 nm

Norcocaína



Sinónimos: 1*R*-(*exo,exo*)-3-(benzoiloxi)-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-éster metílico del ácido carboxílico

C₁₆H₁₉NO₄

Peso molecular: 289,3 (base), 325,8 (clorhidrato)

Punto de fusión: 115-116°C (clorhidrato)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Clorhidrato</i>
Agua	soluble
Etanol	ligeramente soluble

Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

289 (M⁺, 11), 168 (100), 136 (37), 108 (25), 105 (23), 82 (13), 80 (23), 77 (33), 68 (41) m/z

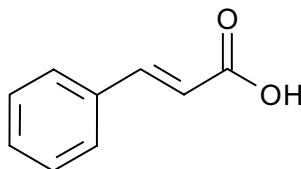
Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)

^1H NMR (500 MHz; D_2O) (principales datos espectrales): δ 3,59 (1H, dd), 3,64 (3H, s), 4,38 (1H, bd), 5,56 (1H, ddd), 7,54 (2H, t), 7,71 (1H, t), 7,95 (1H, d) ppm

^{13}C NMR (75,5 MHz; CDCl_3): δ 24,4, 25,1, 31,1, 44,9, 53,0, 54,3, 55,4, 65,0, 128,4, 128,8, 129,4, 134,3, 167,0, 173,0 ppm

Datos del infrarrojo (IR)

Picos principales en los números de onda 3597, 3408, 3152, 2951, 2772, 2744, 2527, 1721, 1440, 1350, 1275, 717 cm^{-1} .

Ácido cinámico (trans-)

Sinónimos: 3-fenil-2-ácido propenoico

β -ácido fenilacrílico

$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$

Peso molecular: 148,2

Punto de fusión: 133°C (base)

<i>Solubilidades (1g/ml)</i>	<i>Base</i>
Agua	ligeramente soluble
Etanol	soluble
Éter dietílico	soluble
Cloroformo	soluble

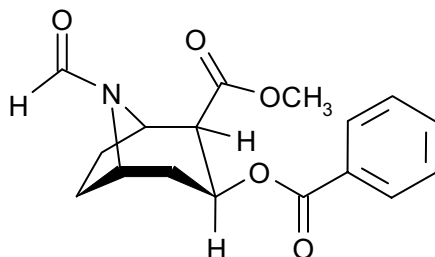
Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

148 (M^+ , 74), 147 (100), 131 (22), 103 (61), 77 (47), 51 (40) m/z

Datos del ultravioleta (UV)

Etanol—273 nm

N-formilnorcocaína



Sinónimos: [1*R*-(*exo,exo*)]-3-(benzoiloxi)-8-formil-8-azabicyclo[3.2.1]octano-2-éster metílico del ácido carboxílico

N-formilcocaína

$C_{17}H_{19}NO_5$

Peso molecular: 317,3

Datos GC-MS (porcentaje de abundancia)

289 (38), 195 (39), 168 (100), 136 (42), 105 (94), 77 (58), 68 (48) m/z

Datos de resonancia magnética nuclear (NMR) (clorhidrato)

1H NMR (600 MHz; $CDCl_3$): Se observan dobles resonancias debido a la rotación restringida alrededor del enlace de amida. Hay rotámetros presentes en una relación cercana a 1:1 a temperatura ambiente. Datos espectrales fundamentales:

Rotámero A: δ 2,37 (1H, ddd), 3,25 (1H, bdd), 3,65 (3H, s), 4,30 (1H, bd), 4,81 (1H, m), 5,53 (1H, ddd), 8,02 (0,5H, s) ppm

Rotámero B: δ 2,53 (1H, ddd), 3,17 (1H, bdd), 3,68 (3H, s), 4,27 (1H, m), 4,95 (1H, bd), 5,49 (1H, ddd), 8,16 (1H, s) ppm

^{13}C NMR ($CDCl_3$): δ 26,9, 27,4, 27,9, 28,4, 33,4, 35,4, 48,5, 48,7, 49,3, 51,1, 51,9, 52,0, 53,6, 55,5, 66,2, 66,3, 128,4, 129,6, 129,7, 133,3, 157,8, 158,0, 165,6, 165,7, 169,6, 170,0 ppm

Para más detalles en relación con estas sustancias, véase el *Diccionario multilingüe de los estupefacientes y de las sustancias psicotrópicas sometidos a fiscalización internacional* (<http://www.unodc.org/unodc/en/scientists/multilingual-dictionary-of-narcotic-drugs-and-psychoactive-substances-under-international-control.html>), así como los ampliamente utilizados índice de Merck [1] y el análisis de drogas y venenos de Clarke [2].

4. Producción ilícita de cocaína

4.1 Producción a partir de hojas de coca

La producción de cocaína ilícita puede llevarse a cabo de varias formas. Los detalles que aquí se exponen corresponden a una de las vías para la producción ilícita de cocaína [3]. En este tipo de producción cabe esperar variaciones en cuanto a las técnicas, reactivos y cantidades.

La primera fase entraña la extracción de la pasta de coca bruta a partir de la hoja. Las hojas de coca se arrancan de la planta y después, frescas o secas, se mezclan con agua y cal. La mezcla alcalina se machaca y se añade queroseno, u otro hidrocarburo, para extraer la cocaína de las hojas. Los alcaloides de la coca pasan al queroseno, que puede contener además una sustancia cerosa procedente de las hojas. Esa sustancia cerosa puede eliminarse calentando primero y enfriando después la mezcla de queroseno, lo que provoca la solidificación de la cera no deseada. El queroseno se separa posteriormente de las hojas de coca y de la cera.

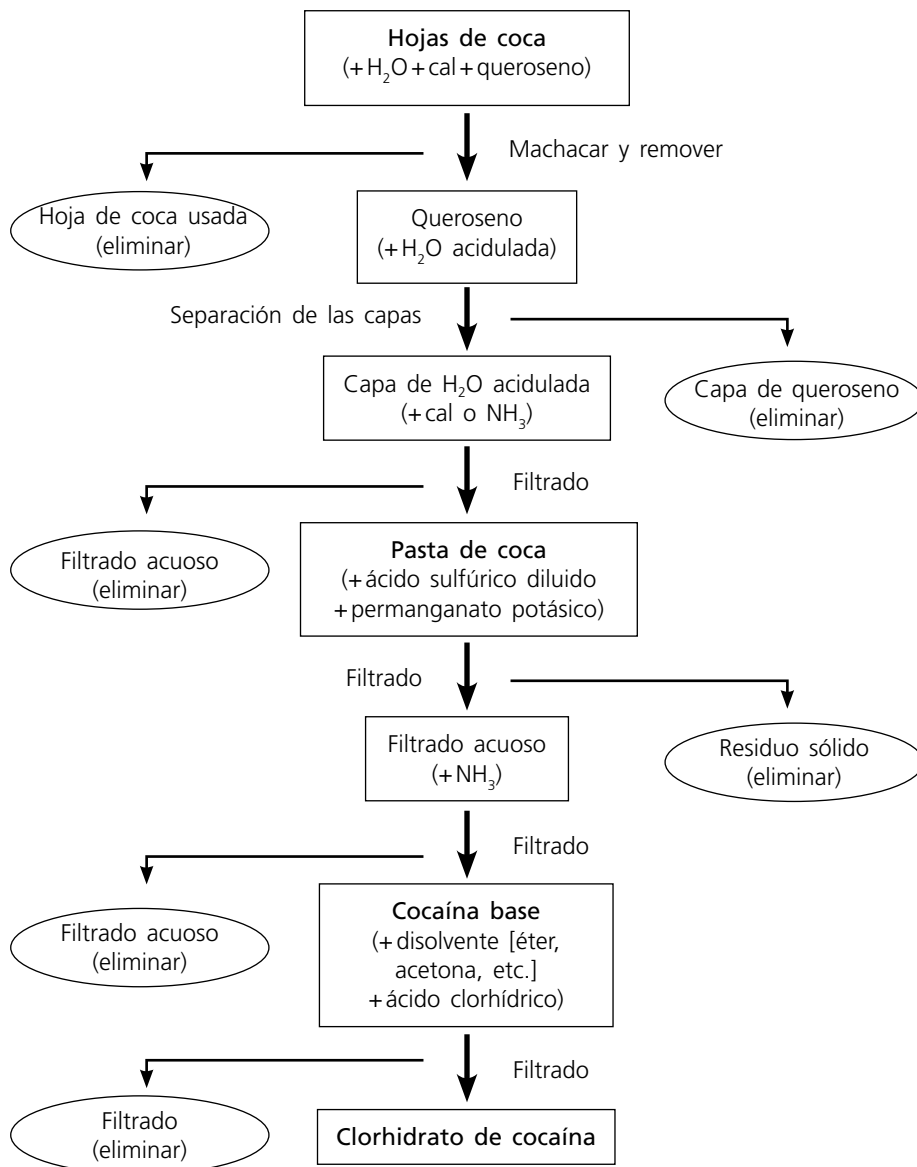
A continuación, el queroseno se trata con agua acidulada (por ejemplo, con ácido sulfúrico). El ácido convierte la cocaína presente en forma de base libre en sulfato de cocaína, proceso mediante el cual los alcaloides pasan a la capa acuosa. En ese momento se retira el queroseno y la capa acuosa se hace alcalina añadiendo cal o amoníaco. Con ello, el sulfato de cocaína se convierte de nuevo en cocaína base, lo que da lugar a la precipitación de cocaína bruta, los alcaloides más básicos y sales inorgánicas. A continuación, se filtra y se seca el producto para obtener pasta de coca.

Otra técnica que se utiliza en la extracción de pasta de coca bruta a partir de las hojas es el método de extracción ácida. Las hojas de coca se tratan directamente con ácido sulfúrico diluido, que convierte la cocaína base en sulfato de cocaína. Se filtra la mezcla y se añade a la capa acuosa cal o carbonato en exceso para provocar la precipitación de la pasta de coca bruta. A continuación, se extrae la pasta de coca con queroseno y la capa de queroseno se trata de la misma forma que en el método expuesto anteriormente.

La segunda fase de la producción de cocaína ilícita es la purificación de la pasta de coca para convertirla en cocaína base. La pasta de coca se disuelve en ácido sulfúrico diluido. La solución, de un color marrón amarillento, se trata con permanganato potásico. El permanganato potásico se añade lentamente hasta que la solución pasa del color marrón amarillento a incoloro. El objeto de la adición de permanganato potásico es oxidar los isómeros de cinamoilcocaína presentes en la cocaína.

El proceso de oxidación sirve también para dar a la cocaína un aspecto blanco más puro. La solución se filtra y el líquido filtrado se hace alcalino con amoníaco, lo que da lugar a la precipitación de la cocaína base y otros alcaloides. La cocaína base se filtra, se lava con agua y se seca.

Figura 1. Diagrama de flujo en el que se muestra la producción ilícita de cocaína a partir de las hojas de coca

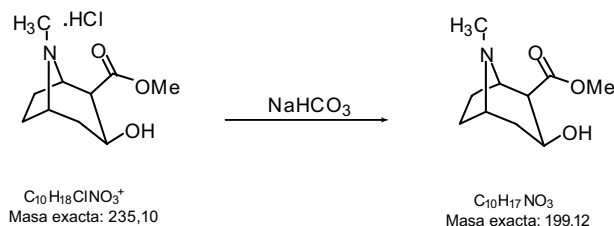


La etapa final de la producción entraña la conversión de la base de cocaína bruta en clorhidrato de cocaína. Para ello, la cocaína base se disuelve en éter dietílico. La solución se filtra y se añaden ácido clorhídrico concentrado y acetona, lo que provoca la precipitación de clorhidrato de cocaína. A continuación, el clorhidrato de cocaína se filtra y se seca.

4.2 Síntesis química de la cocaína

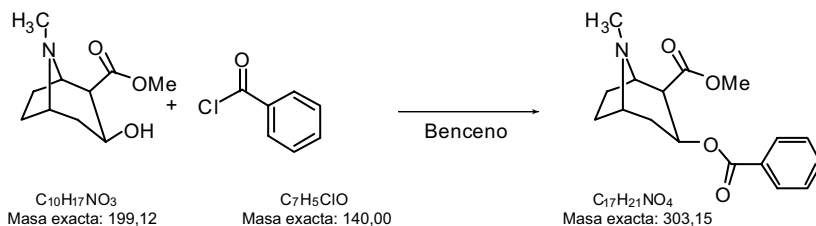
Una de las vías para sintetizar la cocaína a partir de la materia prima, clorhidrato de metilecgonina, se describe a continuación [4]:

Etapa 1. Conversión del clorhidrato de metilecgonina en metilecgonina base



Se disuelve el clorhidrato de metilecgonina (5,0 g) en una solución acuosa de NaHCO_3 (100 ml, al 10%) y se extrae con cloroformo (5 x 50 ml). La capa de cloroformo se lava con salmuera (2 x 50 ml), se seca sobre Na_2SO_4 anhidro y se concentra bajo presión reducida para obtener un aceite. A continuación, se seca el aceite en alto vacío durante dos horas para obtener metilecgonina en forma de aceite (3,62 g, 85%).

Etapa 2. Benzoilación de la metilecgonina para obtener cocaína base



La metilecgonina base (3,62 g) se disuelve en benceno seco (200 ml) y se enfría en un baño de hielo. Se añade lentamente cloruro de benzoilo (3,05 g) en benceno seco (50 ml) a la solución de metilecgonina y la mezcla se somete a reflujo durante 16 horas. La mezcla obtenida se vuelve más viscosa y se observa cómo se precipitan cristales blancos de clorhidrato de cocaína. La mezcla se enfría y se extrae con solución acuosa 1M de HCl (3 x 50 ml). El extracto acuoso combinado de HCl se hace alcalino con una solución acuosa de amoníaco y el precipitado blanco de

cocaína base que se obtiene se filtra y se lava con agua. La cocaína base se disuelve en éter dietílico, se lava con agua (1 x 50 ml) y salmuera (1 x 50 ml), se seca (Na_2SO_4), se filtra y se concentra bajo presión reducida hasta obtener un sólido blanco. Ese sólido se purifica mediante cromatografía de columna de vacío (diluyéndolo con $\text{CHCl}_3/\text{EtOAc}$ 80/20 y extrayéndolo de nuevo de esa disolución) para obtener cocaína base (2,23 g, rendimiento del 41%). La cocaína base se recristaliza a partir de una solución de *n*-hexano y se obtienen cristales aciculares blancos. A continuación, esos cristales se muelen y se secan bajo alto vacío a 40°C para obtener cocaína base (1,57 g, rendimiento del 29%).

5. Análisis cualitativo y cuantitativo de materiales que contienen cocaína

Generalmente, cuando se trata de establecer la identidad de una droga sometida a fiscalización contenida en un material sospechoso, el enfoque analítico ha de ir dirigido a la determinación de al menos dos parámetros no correlacionados, uno de los cuales debe proporcionar información sobre la estructura química de la sustancia analizada (por ejemplo, IR, MS; o métodos en tándem, como GC-MS).

Se acepta que, en cualquier caso concreto, al seleccionar esos parámetros deberá tenerse en cuenta la droga en cuestión y los recursos de que disponga el laboratorio del analista. Se acepta también que los requisitos singulares que puedan exigirse en jurisdicciones distintas pueden dictar las prácticas que haya de seguir un determinado laboratorio.

5.1 Muestreo

La principal razón de llevar a cabo un muestreo es conseguir que el análisis químico sea preciso y útil. Debido a que para la mayoría de los métodos —tanto cualitativos como cuantitativos— utilizados en los laboratorios forenses de análisis de drogas se requieren porciones de material muy pequeñas, reviste una importancia fundamental el hecho de que esas pequeñas porciones sean representativas de la masa de la que hayan sido extraídas. El muestreo debe realizarse, por ejemplo, con arreglo a los principios de la química analítica expuestos en las farmacopeas nacionales o establecidos por organizaciones regionales o internacionales. Puede profundizarse en los aspectos generales del muestreo cualitativo de muestras de unidades múltiples consultando la publicación *Guidelines on Representative Drug Sampling* (Directrices sobre el muestreo representativo de drogas) (http://www.unodc.org/unodc/en/scientists/publications_manuals.html). En el caso de que el material incautado exhiba características externas evidentes, tal vez sea preferible recurrir a un método de muestreo basado en el modelo de Bayes en lugar del modelo hipergeométrico.

El uso de un sistema de muestreo aprobado ayuda también a economizar tiempo y recursos valiosos al reducir el número de determinaciones necesarias. Se acepta que puede haber casos en que, por razones legales, no puedan observarse las reglas normales de muestreo y homogeneización.

5.2 Análisis de la hoja de coca

La hoja de coca, por ser un producto vegetal, requiere un método analítico diferente al que se utiliza con el material que contiene el alcaloide después de su extracción, ya sea pasta de coca impura o la cocaína más pura. Los métodos de muestreo pueden utilizarse con las incautaciones de hojas de coca siempre que el analista modifique el procedimiento de muestreo para tener en cuenta la diferente constitución física del material en hojas en comparación con el producto en polvo.

El tráfico de hoja de coca es raro (aunque no desconocido) fuera de los países en que se cultiva la coca. La presente sección se ha incluido en el manual para ayudar al analista en las excepcionales ocasiones en que tenga que analizar ese tipo de material.

La identificación de la hoja de coca entera y de la hoja pulverizada debe efectuarse mediante un doble procedimiento: botánico y químico. Lo ideal sería que el analista hubiera recibido formación tanto en botánica como en química y dispusiera de material de referencia apropiado para ambas técnicas.

5.2.1 Identificación física

i) Hoja de coca entera

La hoja de coca se describe en la sección 2. Para el ensayo de confirmación debe utilizarse la microscopía.

ii) Hoja de coca pulverizada

Puede identificarse mediante la microscopía. Los libros de texto clásicos que tratan de las drogas vegetales pulverizadas suelen contener una sección dedicada a la hoja de coca (por ejemplo, *Trease and Evans Pharmacognosy*, 15a. edición, W. C. Evans, W. B. Saunders, 2002, págs. 349 y 529).

5.2.2 Análisis químico de la hoja de coca (entera o pulverizada)

Una breve inmersión en etanol hirviente permite extraer eficazmente alcaloides de tipo ecgonina y reduce al mínimo la descomposición de la cocaína. La extracción con metanol caliente también ha resultado eficaz.

Si la extracción de los alcaloides no tiene por objeto la determinación cuantitativa, tal vez sea suficiente una breve extracción a temperatura ambiente. Las hojas (preferiblemente cortadas o pulverizadas) pueden triturarse con etanol o metanol en un mortero.

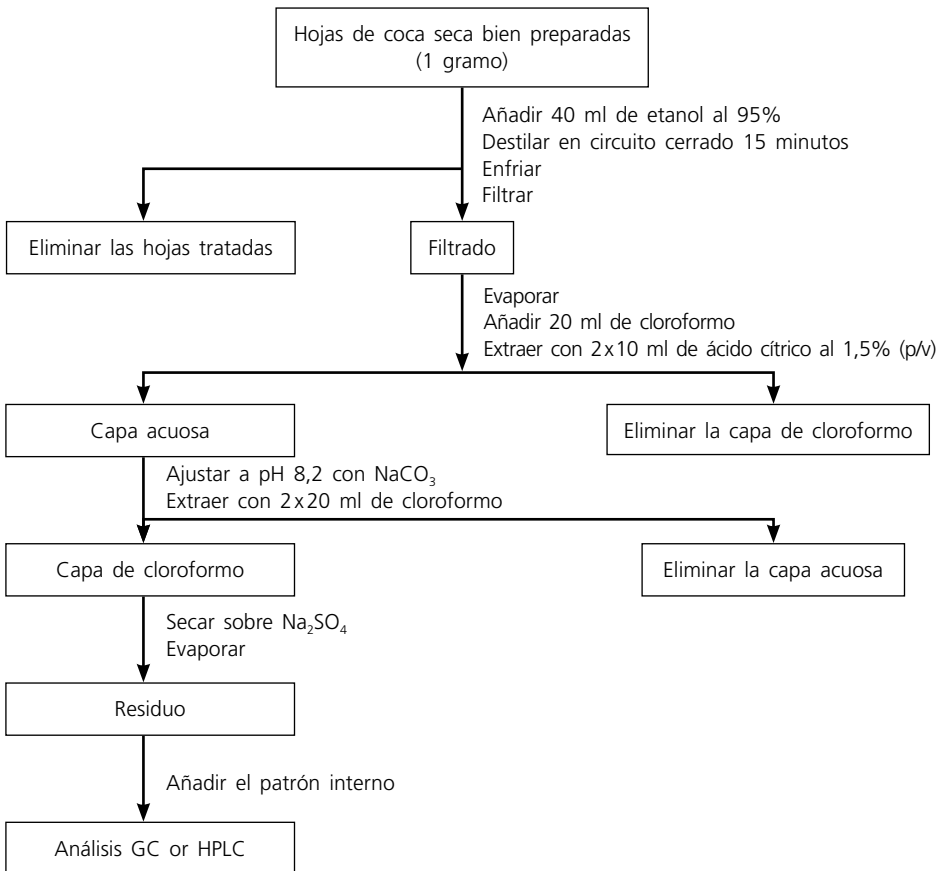
El extracto alcohólico se somete a TLC (con visualización mediante un reactivo en aerosol) o GC-MS para realizar un análisis cualitativo de la hoja de coca (los procedimientos detallados figuran en la secciones 5.3.2 y 5.3.3).

Para el análisis cuantitativo puede emplearse un procedimiento de extracción sistemático que sigue el esquema que se ilustra más abajo (figura 2) [5]. El extracto así obtenido puede someterse al análisis GC o HPLC para calcular el contenido en cocaína/alcaloide de la hoja de coca (los procedimientos detallados figuran en las secciones 5.3.4 y 5.3.5). Las cantidades de cocaína presentes normalmente en la hoja de coca seca figuran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de cocaína presente normalmente en tres variedades de *Erythroxylon*

Variedad <i>Erythroxylon</i>	Contenido normal de cocaína en la hoja seca
<i>coca var. ipadu</i>	0,11-0,41%
<i>novo var. novogranatense</i>	0,17-0,76%
<i>novo var. truxillense</i>	0,42-1,02%

Figura 2. Diagrama de flujo en el que se muestran los procedimientos de extracción para el análisis químico de las hojas de coca



5.3 *Análisis de la pasta de coca y de la cocaína*

Las muestras de cocaína generalmente se presentan en forma de polvo y suelen contener elementos adulterantes o de corte como levamisol (o tetramisol), fenacetina, lidocaína, cafeína, diltiazem, hidroxicina, procaína, benzocaína o azúcares (como manitol, lactosa o glucosa).

En el caso de las muestras que contienen cocaína, se consideran apropiadas para la identificación positiva las combinaciones de métodos como el ensayo del color de Scott, TLC, FTIR, GC en combinación con FID o MS y HPLC. El grupo de trabajo científico sobre drogas (SWGDRUG) ha formulado unas directrices mínimas recomendadas para la selección de los métodos [8].

Cuando la cocaína esté contenida en matrices como tejidos, resinas sintéticas o líquidos, es necesario extraerla antes de realizar los ensayos.

5.3.1 *Ensayos presuntivos de determinación de cocaína*

Los ensayos presuntivos son procedimientos rápidos diseñados para facilitar una indicación de la presencia o ausencia de determinadas clases de drogas en la muestra y eliminar rápidamente las muestras negativas. Como sucede con todas las técnicas analíticas, unas buenas técnicas de ensayo presuntivo elevan al máximo la probabilidad de obtener un resultado “verdadero” y reducen al mínimo la probabilidad de obtener un falso positivo. No obstante, los ensayos presuntivos no se consideran suficientes para la identificación de drogas y resulta necesario confirmar los resultados mediante otros ensayos de laboratorio.

5.3.1.1 *Ensayo del color* [9, 10]

Las reacciones del color se deben a compuestos que tienen una estructura química concreta. El color obtenido en un determinado ensayo puede variar en función de las condiciones en que se realiza, la cantidad de sustancia empleada y la presencia de material extraño en la muestra. Los reactivos que vayan a utilizarse en ensayos del color deberán comprobarse con sustancias conocidas en el momento de su preparación. Debe realizarse un primer ensayo de prueba para evitar falsos resultados positivos.

Hay que subrayar que en los ensayos del color los resultados positivos no son más que indicios de la posible presencia de cocaína. Los ensayos del color utilizados para determinar la cocaína son especialmente propensos a dar falsos positivos. Muchos otros materiales, a menudo inocuos y no sometidos a fiscalización con arreglo a la legislación nacional o a los tratados internacionales, pueden dar colores similares con los reactivos del ensayo. Cierta número de esas otras sustancias son o bien drogas sujetas a fiscalización y que suelen presentarse en forma de polvo blanco (por ejemplo, la metacualona), o bien los anestésicos sintéticos locales con que frecuentemente se sustituye a la cocaína en el tráfico ilícito. Los analistas deben confirmar esos resultados mediante el empleo de otras técnicas.

El ensayo del color que se describe a continuación es conocido como ensayo de Scott (una modificación del ensayo del tiocianato de cobalto)

Reactivo 1: Disolver 1,0 g de tiocianato de cobalto en 50 ml de ácido acético al 10% (vol/vol), y añadir 50 ml de glicerina

Reactivo 2: Ácido clorhídrico (concentrado)

Reactivo 3: Cloroformo

Método

Etapas 1: Colocar una pequeña cantidad (no más de 1 mg) del material sospechoso en un tubo de ensayo. Añadir cinco gotas del reactivo 1 y agitar el tubo de ensayo durante diez segundos. La cocaína y sustancias conexas producen un precipitado azul y una solución azul.

Etapas 2: Añadir una gota del reactivo 2 y agitar la mezcla durante algunos segundos. La solución azul debería volverse rosa. Si el color azul no varía, añádase otra gota. Si el color sigue sin alterarse, repetir el ensayo con una muestra más pequeña de material sospechoso.

Etapas 3: Añadir cinco gotas del reactivo 3 y agitar. Si hay cocaína presente, la capa inferior de cloroformo se volverá de un intenso color azul, mientras que la capa superior adquirirá una tonalidad rosa.

Resultados

Para considerar que un ensayo para la determinación de cocaína ha dado un resultado positivo es necesario que se haya obtenido un resultado positivo en cada una de las etapas. Son pocas las drogas, sujetas o no a fiscalización, que producen una secuencia de color similar.

Notas analíticas

- Es importante utilizar una muestra inferior a 1 mg.
- Las cantidades empleadas de los reactivos 1 y 3 no son críticas. Sin embargo, la relación entre la cantidad utilizada de los reactivos 1 y 2 sí lo es. Si se añade una cantidad excesiva de ácido clorhídrico al reactivo 1 después de aparecer el color azul con la cocaína, la solución resultante será de color azul en lugar de rosa; ese color azul no pasará por extracción a la capa de cloroformo. Si se utiliza una cantidad excesiva de cocaína en la etapa 1, a veces será necesario añadir una o dos gotas de ácido hidroc্লórico; no debe añadirse más.

5.3.1.2 Ensayo del olor [11]

Como es característico de muchas drogas, la actividad biológica de la cocaína no tiene reflejo en un grado comparable de reactividad química. Sin embargo, es única

entre las drogas consumidas más habitualmente por cuanto se trata de un éster benzoico. Aunque no se dispone de ensayos del color para ese grupo, los ésteres alquílicos más bajos del ácido benzoico poseen olores bastante característicos que pueden detectarse en concentraciones muy bajas en comparación con el promedio de los ensayos del color. La transferencia de la función benzoica de la cocaína desde la metilecgonina al metanol se consigue fácilmente en presencia de hidróxido sódico o potásico metanólico seco. La evaporación del exceso de metanol deja un residuo que contiene benzoato metílico fácilmente identificable por su olor.

Reactivo

Disolver 1 g de potasio o de hidróxido sódico en 20 ml de metanol para obtener hidróxido sódico o potásico metanólico.

Método

Humedecer completamente el material seco objeto del ensayo con el reactivo. Después de dejar que se evapore el exceso de alcohol, comparar el olor característico de la muestra con el del patrón de cocaína.

Notas analíticas

- Se ensayaron más de un centenar de drogas para detectar posibles interferencias positivas y únicamente la piperocaína (también un éster benzoico) dio un resultado positivo. Ciertas aminas, como las anfetaminas, despiden un "ligero olor a pescado".
- La sensibilidad es mayor que la de los ensayos sobre el terreno de que se dispone actualmente, como el ensayo de Scott.
- La muestra y el reactivo deben mantenerse libres de agua, pues ésta interfiere con la reacción.
- Lo ideal sería que el ensayo se efectuase conjuntamente con un ensayo de patrón de cocaína y se comparasen los olores.

5.3.1.3 Ensayo de microcristales [12]

Los de microcristales son ensayos rápidos, sencillos y extremadamente sensibles para la identificación de sustancias. Entrañan la formación de cristales a partir de la reacción del material que se desea identificar con un reactivo químico, seguido del análisis de los cristales obtenidos con un microscopio polarizador y la comparación con un material de referencia.

Ensayo con cloruro de platino

Reactivo

Disolver un 1 g de cloruro de platino en 20 ml de agua destilada.

Método

Colocar dos gotas de la solución muestra (unos 2 ó 3 mg de muestra/5 gotas de ácido clorhídrico al 10%) en un portaobjetos de microscopio limpio. A continuación, colocar dos gotas del reactivo cerca de las gotas de muestra y utilizar una varilla de cristal para crear un pequeño canal que conecte ambas soluciones. Observar la reacción y los cristales resultantes, sin colocar un cubreobjetos, a una ampliación de entre 100 y 200 aumentos en un microscopio polarizador.

Resultados:

La cocaína forma agujas finas, largas y en forma de V con ramificaciones.

Figura 3. Cocaína y cloruro de platino, 100x



Fuente: Reproducido con permiso del *Journal of Forensic Sciences*, vol. 48, No. 3, derechos reservados ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

Ensayo con cloruro de oro

Reactivo

Disolver 1 g de cloruro de oro en 20 ml de agua destilada.

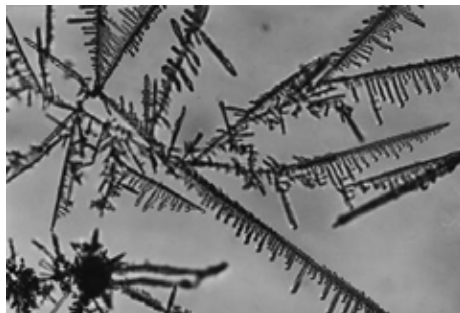
Método

Colocar dos gotas de la solución muestra (unos 2 ó 3 mg de muestra/5 gotas de ácido clorhídrico al 10%) en un portaobjetos de microscopio limpio. A continuación, colocar dos gotas del reactivo cerca de las gotas de muestra y utilizar una varilla de cristal para crear un pequeño canal que conecte ambas soluciones. Observar la reacción y los cristales resultantes, sin colocar un cubreobjetos, a una ampliación de entre 100 y 200 aumentos en un microscopio polarizador.

Resultados

La cocaína forma grupos de agujas finas dispuestas radialmente con ramificaciones perpendiculares a las agujas principales.

Figura 4. Cocaína y cloruro de oro, 200x



Fuente: Reproducido con permiso del *Journal of Forensic Sciences*, vol. 48, No. 3, derechos reservados ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

Notas analíticas

- Debería analizarse simultáneamente una muestra de patrón de cocaína.
- Para obtener resultados óptimos, puede variarse la dilución del material de ensayo o del ácido clorhídrico.

5.3.1.4 Ensayos de solubilidad

Si se sospecha que el material ha sido cortado con alguna sustancia, normalmente se realiza un ensayo de solubilidad. La solubilidad de una pequeña cantidad del material en agua y en etanol puede proporcionar una indicación de la forma en que está presente la droga. El clorhidrato de cocaína es soluble en agua y en etanol, mientras que la cocaína base, al igual que muchos adulterantes, es soluble en etanol y casi insoluble en agua. La presencia de material insoluble y su proporción pueden dar una idea de la pureza que cabe esperar, ya que los diluyentes azucarados son en gran medida insolubles en etanol. El material insoluble puede filtrarse, secarse y someterse a otros ensayos, por ejemplo, de espectroscopía IR.

Método

Etapa 1: Disolver una muestra (aproximadamente 1 g) del polvo o del material de que se trate en unos 5 ml de agua destilada o desionizada. En el caso de incautaciones pequeñas deberán utilizarse 0,1 g de sustancia y 0,5 ml de agua.

Etapa 2: Disolver una muestra (aproximadamente 1 g) del polvo o del material de que se trate en unos 5 ml de etanol. En el caso de incautaciones pequeñas deberán utilizarse 0,1 g de sustancia y 0,5 ml de etanol. Esto revelará la presencia de cualquier sustancia insoluble en etanol, en el que los carbohidratos son poco solubles.

Notas analíticas

- Este ensayo es sumamente útil cuando se dispone de una muestra grande y puede utilizarse una cantidad considerable de polvo sin mermar de manera importante la cantidad total que haya de presentarse ante los tribunales.
- Puede utilizarse con pequeñas cantidades incautadas reduciendo la cantidad de material utilizada en el ensayo y de disolvente.

5.3.1.5 Ensayos aniónicos

En los ensayos aniónicos con fines forenses se recurre habitualmente a las solubilidades en combinación con determinadas reacciones, en las que los resultados se basan en la presencia o ausencia de un precipitado y su solubilidad.

La cocaína en forma de clorhidrato es, con mucho, la más frecuente, mientras que en productos de cocaína, con la excepción de la pasta de coca, raramente se encuentran sulfatos. Este ensayo debe confirmarse, de ser posible, mediante espectroscopía IR o métodos de difracción de rayos X.

Cloruros—Ensayo del nitrato de plata

Reactivo

Disolver 1,0 g de nitrato de plata en 20 ml de agua destilada (para obtener una solución acuosa de nitrato de plata al 5%).

Método

Disolver una pequeña cantidad de material sólido en agua destilada. Determinar el pH mediante papel indicador y, en caso necesario, acidular con unas gotas de ácido nítrico. Añadir una o dos gotas de reactivo y observar si se produce precipitación. Si se obtiene un precipitado blanco o amarillo, añadir amoníaco hasta que la disolución se vuelva básica.

Resultados

Las soluciones de cloruros, cuando se tratan con una solución de nitrato de plata, dan un precipitado blanco y de aspecto gelatinoso insoluble en ácido nítrico. Una vez lavado con agua, el precipitado es soluble en una solución de amoníaco, de la que puede volver a precipitarse mediante la adición de ácido nítrico.

Sulfatos—Ensayo del cloruro de bario

Reactivo

Disolver 1,0 g de cloruro de bario en 10 ml de agua destilada (para obtener una solución acuosa de cloruro de bario al 10%).

Método

Disolver una pequeña cantidad de material en agua destilada, acidular con unas gotas de ácido clorhídrico diluido y añadir una o dos gotas de reactivo.

Resultados

Las soluciones de sulfatos, cuando se tratan con una solución de cloruro bórico, dan un precipitado blanco insoluble en ácido clorhídrico.

Notas analíticas

- Es imprescindible lavar el precipitado con agua antes de realizar el ensayo de disolución del precipitado para eliminar cualquier anión soluble (no precipitado).
- Debería realizarse un ensayo de prueba para evitar la aparición de falsos positivos.

5.3.2 Cromatografía en capa delgada (TLC)

La TLC es una técnica utilizada habitualmente para la separación e identificación de drogas fabricadas ilícitamente. Se trata de una técnica económica, rápida, sensible (solo se requieren cantidades inferiores al miligramo de la sustancia objeto de análisis), flexible en la selección de las fases estacionaria y móvil y aplicable a una amplia variedad de sustancias, en forma de sal o de base, desde los materiales más polares a los no polares.

Placas de TLC (fases estacionarias)

Recubrimiento: Gel de sílice G con un espesor de 0,25 mm y que contenga un indicador inerte que muestre fluorescencia bajo luz ultravioleta de longitud de onda de 254 nm (gel de sílice GF254).

Tamaño normal de las placas: 20x20 cm; 20x10 cm; 10x5 cm (la última debe utilizarse colocando el lado mayor verticalmente en el tanque de TLC).

Las placas preparadas por el analista deben activarse antes de su utilización colocándolas en un horno a 120°C durante un período de 10 a 30 minutos como mínimo. A continuación, las placas se almacenan en un desecante sin grasa sobre gel de sílice azul. La activación mediante calor no es necesaria en el caso de las placas recubiertas que se venden en el mercado.

Métodos

Sistemas de disolvente

Preparar el sistema de disolvente para revelado (sistemas A, B o C según se muestra en el cuadro 2) con la mayor exactitud posible utilizando pipetas, dispensadores y cilindros graduados. Antes de realizar el análisis, dejar el sistema de disolvente

en el tanque de TLC el tiempo suficiente para que se llegue a la saturación de la fase de vapor (si se utilizan tanques forrados de papel adsorbente, ese tiempo será de unos cinco minutos).

Cuadro 2: Sistemas de disolvente para el revelado apropiados para el análisis de cocaína

Sistema	Disolventes	Proporción del disolvente (en volumen)
Sistema A	Cloroformo	25
	Dioxano	60
	Acetato etílico	10
	Amoniaco (29%)	5
Sistema B	Metanol	100
	Amoniaco (29%)	1,5
Sistema C	Ciclohexano	75
	Tolueno	15
	Dietilamina	10

Preparación de las soluciones de la muestra y patrón

Se preparan soluciones muestra y patrón en metanol con una concentración de 1 mg/ml. La forma de cocaína utilizada como patrón, sal o base, no tiene importancia por cuanto en las placas de TLC los compuestos se mueven en forma de base libre.

Colocación de las manchas y revelado

Colocar en la placa de TLC, en manchas distintas, 1 μ l y 5 μ l de solución muestra, 2 μ l de la solución patrón y 2 μ l de disolvente (como control negativo). Las manchas deben colocarse cuidadosamente para no dañar la superficie de la placa.

Notas analíticas

- El punto de partida del recorrido, es decir, la "línea de salida de las manchas", debe situarse a 2 cm del fondo de la placa.
- La distancia entre aplicaciones de la muestra (puntos de colocación de las manchas) debe ser de 1 cm como mínimo y las manchas no deben situarse a menos de 1,5 cm del borde de la placa.
- Para evitar que aparezcan manchas borrosas durante el revelado, el tamaño de la mancha de muestra debe ser lo más pequeño posible (2 mm); para ello, las soluciones se aplicarán poco a poco y no en una sola descarga.
- Dejar secar las manchas y colocar la placa en un tanque saturado de disolvente (la saturación de la fase de vapor se logra forrando el tanque con acolchado o papel de filtro saturado en disolvente).

- Retirar la placa del tanque de revelado lo antes posible una vez que el disolvente alcance la línea de revelado (situada a 10 cm de la línea de partida) previamente marcada; de no hacerse así se obtendrán manchas borrosas.

Visualización/detección

Las placas deben estar secas antes de ser analizadas. Se debe dejar que el disolvente se evapore a temperatura ambiente o, si no, se debe aplicar aire caliente con un secador. En este último caso, hay que cerciorarse de que ninguno de los componentes de interés pueda descomponerse por el calor. Para que el color pueda revelarse debidamente, es importante eliminar de la placa cualquier vestigio de amoníaco o de otras bases.

Métodos de visualización

A. Luz UV a 254 nm

Se observan manchas oscuras frente a un fondo verde.

B. Reactivo de iodoplatinato potásico acidulado

Disolver 0,25 g de cloruro platínico y 5 g de ioduro potásico en agua destilada hasta obtener 100 ml; añadir 2 ml de ácido clorhídrico concentrado a la solución resultante. Cuando la placa se pulveriza con el reactivo, la cocaína aparece como una mancha azul.

C. Reactivo de Dragendorff (Munier)

Solución 1: Disolver 2 g de subnitrito de bismuto en 25 ml de ácido acético concentrado (glacial) y añadir 100 ml de agua destilada.

Solución 2: Disolver 40 g de ioduro de potasio en 100 ml de agua destilada.

Mezclar 10 ml de la solución 1, 10 ml de la solución 2, 20 ml de ácido acético concentrado (glacial) y 100 ml de agua destilada para obtener el reactivo de Dragendorff. Cuando la placa se pulveriza con el reactivo, la cocaína aparece como una mancha naranja.

Interpretación

Tras la visualización, marcar las manchas (por ejemplo, con un lápiz) y calcular los valores del factor de retardo (R_f).

$$R_f = \frac{\text{Distancia de migración: desde el origen hasta el centro de la mancha}}{\text{Distancia de revelado: desde el origen hasta el frente de disolvente}}$$

Resultados

Compuesto	Sistema de revelado ($R_f \times 100$)		
	A	B	C
Cocaína	81	59	56
Ecgonina	0	84	0
Metilecgonina	61	65	44
Benzoilecgonina	0	25	0
Cinamoilcocaína	83	59	51
Tetracaína	63	56	25
Benzocaína	77	80	11
Lidocaína	77	69	40-55 (s)*
Petidina	61	49	69
Metacualona	81	78	38
Metadona	75	31-45 (s)*	74
Procaína	61	55	8-16 (s)*

*(s): en la placa de TLC se produce una línea en lugar de una mancha.

Notas analíticas

- Los valores de R_f no siempre pueden reproducirse debido a pequeñas variaciones en la composición de la placa y la activación, los sistemas de disolvente, la saturación del tanque o la distancia de revelado. Así pues, los valores de R_f que se muestran son solamente indicativos del comportamiento cromatográfico de las sustancias enumeradas.
- Es esencial colocar patrones de referencia en la misma placa para el ensayo.
- A efectos de la identificación, deberán tenerse en cuenta tanto el valor R_f como el color de las manchas después de pulverizar la placa con los reactivos de visualización apropiados.

5.3.3 Espectrometría de masas para cromatografía de gases (GC-MS)

La GC-MS es una de las técnicas más frecuentemente utilizadas para la identificación de muestras de drogas con fines forenses. Como técnica combinada, aúna el poder de discriminación y la sensibilidad de un cromatógrafo de gases (GC) con la especificidad para la muestra analizada que aporta una técnica espectroscópica. Puede proporcionar datos espectrales altamente específicos de las distintas sustancias presentes en una mezcla compleja sin necesidad de aislarlos previamente.

Procedimiento de preparación de la muestra y extracción

Las muestras sólidas se pulverizan y homogeneizan en un mortero. Se toma como muestra una cantidad apropiada de material mediante un disolvente adecuado

(por ejemplo, metanol, cloroformo o una mezcla 1:1 de metanol y cloroformo) para obtener una solución de la muestra de 1 mg/ml. La presentación de algunas muestras o de las sustancias que hayan de analizarse puede hacer necesario el uso de otros disolventes o mezclas de disolventes.

Preparación de las soluciones patrón

Preparar una solución patrón de cocaína con una concentración de 1 mg/ml con un disolvente apropiado (por ejemplo, metanol, cloroformo o una mezcla 1:1 de metanol y cloroformo).

Preparación del patrón interno, por ejemplo, benzopinacolona (para el bloqueo de la retención si es necesario)

Disolver 50 mg de 2,2,2-trifenilacetofenona (benzopinacolona) en un litro de un disolvente apropiado (por ejemplo, cloroformo, o una mezcla 1:1 de cloroformo y metanol). Añadir una porción del patrón interno a la solución muestra o a la solución patrón si se necesita el bloqueo del tiempo de retención del análisis.

Condiciones de funcionamiento de la GC-MS

Condiciones del horno GC:	La temperatura de la columna se fija inicialmente en 60°C, se mantiene durante 3 minutos inmediatamente después de la inyección y se incrementa hasta 300°C a un ritmo de 40°C/min con un período isotérmico final de 6 minutos.
Columna:	DB-5MS, HP-5MS , 30 m x 250 µm; d _i 0,25 µm
Entrada:	Modo: sin división (flujo de purga 60 ml/min en 0,5 min); Temperatura: 240°C; gas portador: helio, flujo constante de 1 ml/min.
Detector:	Modo de ionización: modo EI, 70 eV; Temperatura de línea de transferencia: 300°C; Temperatura de la fuente de iones: 230°C.
Parámetros MS:	Retraso del disolvente 3.00 minutos; Parámetros de exploración: TIC, Amplitud de exploración: 40-450 (uma) a una exploración/seg

Nota: Las condiciones expuestas pueden ser modificadas siempre que se realice una validación apropiada.

Resultados

La identificación se consigue comparando el tiempo de retención y el espectro de masa de la sustancia analizada con los de un patrón de referencia. Todas las sustancias identificadas mediante GC-MS de las que informe el encargado del análisis deben compararse con un espectro de masas reciente del patrón de referencia

apropiado, preferiblemente obtenido con el mismo instrumento y en las mismas condiciones. Las bibliotecas de espectros de masas que pueden adquirirse en el mercado o los espectros generados por el usuario solo deben utilizarse con fines de referencia.

Los tiempos de retención GC obtenidos para la cocaína y los adulterantes conocidos en las condiciones de funcionamiento expuestas anteriormente son los siguientes:

<i>Sustancia</i>	<i>GC RT (min)</i>	<i>Base, P1, P2, M⁺ iones (m/z)</i>
Benzocaína	7,59	120, 165M ⁺ , 92, 65
Fenacetina	7,97	108, 109, 179M ⁺
Cafeína	8,40	194M ⁺ , 109, 55, 67
Lignocaína	8,53	86, 58, 30, 234M ⁺
Levamisol	8,83	204M ⁺ , 148, 73, 101
Procaína	8,91	86, 99, 120, 236M ⁺
Cocaína	9,36	82, 182, 94, 303M ⁺
Benzopinacolona (patrón interno)	11,11	243, 165, 105, 348M ⁺
Hidroxicina	11,83	201, 165, 299, 374M ⁺
Diltiazem	12,36	58, 71, 73, 414M ⁺

5.3.4 Cromatografía de gases (GC) con detección de ionización de llama (GC-FID)

El instrumento GC preferido para trabajos analíticos de rutina es el cromatógrafo de gases con columna capilar de pequeño calibre, en el que se utilizan columnas con un diámetro interno de entre 0,2 y 0,32 mm. La técnica de la columna de relleno ya no se incluye en el presente manual porque los sistemas de GC están equipados actualmente con columnas capilares. Puede encontrarse información sobre las técnicas de columna de relleno para el análisis de cocaína en una edición anterior del manual.

El método que se expone a continuación para el análisis cuantitativo de cocaína mediante GC-FID no necesita derivatización y se describe aquí para uso general.

Método normalizado único sin derivatización [13]

Este método entraña la preparación de una única solución patrón de cocaína en una concentración similar a la concentración prevista en la sustancia analizada.

Preparación de la solución que ha de actuar como patrón interno

Disolver clorhidrato de isopropilcocaína en cloroformo hasta obtener una concentración de 1,0 mg/ml. La solución habrá de almacenarse a 4°C cuando no se esté

utilizando, y puede mantenerse durante un año a esa temperatura sin que se produzca una degradación apreciable. La solución deberá calentarse a temperatura ambiente antes de utilizarla. Cada análisis requiere el uso de 5 ml.

Preparación de la solución patrón

Pesar con precisión 20 mg de cocaína patrón (clorhidrato o base) y colocarlos en un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Añadir 5 ml de la solución patrón interno y 20 ml de cloroformo que contenga 50 µl de dietilamina, todo ello medido con precisión. Dejar reposar la solución durante cinco minutos y, a continuación, inyectar 1 ó 2 µl de la solución en el cromatógrafo de gases.

Preparación de la solución muestra

Obtener una mezcla representativa del material incautado. Triturar y homogeneizar hasta conseguir un polvo fino. Pesar con precisión una cantidad del material incautado que contenga aproximadamente 20 mg de clorhidrato de cocaína y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Añadir 5 ml de la solución patrón interno y 20 ml de cloroformo que contenga 50 µl de dietilamina, todo ello medido con precisión. Dejar reposar la solución durante cinco minutos y a continuación inyectar 1 ó 2 µl de la solución en el cromatógrafo de gases.

Condiciones de funcionamiento del GC

Detector:	FID
Columna:	HP-1 o equivalente, longitud 30 m, diámetro interno 0,25 mm, espesor de la película 0,25 µm
Gas portador:	Hidrógeno a 1,1 ml/min
Temperatura del inyector:	280 °C
Temperatura del detector:	280 °C
Temperatura del horno:	250 °C
Volumen de inyección:	2 µl
Razón de desdoblamiento:	25:1
Duración del ensayo:	7 min

Cálculos

El porcentaje de cocaína (como base) presente en la muestra puede calcularse mediante la fórmula general siguiente:

$$\text{Contenido (\%)} = \frac{P_{\text{muest. calc}}}{P_{\text{muest. nom}}} \times 100$$

donde:

$$P_{muest\,calc} = \frac{PAR_{mues}}{PAR_{std}} \times P_{std} = \text{peso calculado de la sustancia a analizar en la muestra}$$

$P_{muest\,nom}$ = cantidad nominal de muestra usada en la preparación de la solución muestra

$$PAR_{mues} = \frac{\text{Superficie del pico de cocaína en la solución muestra}}{\text{Superficie del pico del patrón interno en la solución muestra}}$$

$$PAR_{std} = \frac{\text{Superficie del pico de cocaína en la solución patrón}}{\text{Superficie del pico del patrón interno en la solución patrón}}$$

P_{std} = cantidad de patrón (como base) usada en la preparación de la solución patrón

Resultados

El orden de recuperación por disolución y posterior extracción y el tiempo relativo de retención con respecto a la cocaína son los siguientes:

Sustancia	Tiempo relativo de retención (min)
Éster metílico de ecgonina	0,48
Benzocaína	0,49
Acetaminofeno	0,52
Cafeína	0,61
Lidocaína	0,65
Procaína	0,76
Cocaína	1,00
Isopropilcocaína (patrón interno)	1,14
<i>cis</i> -Cinamoilcocaína	1,36
<i>trans</i> -Cinamoilcocaína	1,78
Benzoilecgonina	1,89

Notas analíticas

- Este método puede modificarse de un tipo único a múltiples tipos diluyendo secuencialmente porciones de una solución tipo de cocaína concentrada almacenada con la solución patrón interno utilizando matraces volumétricos.
- El uso de un patrón interno relacionado desde el punto de vista estructural como el IPC permite obtener la máxima precisión. Si no se dispone de ellos, pueden utilizarse patrones internos alternativos como el *n*-eicosano, *n*-tetracosano o tetrafeniletileno. Será necesario elegir un disolvente apropiado para conseguir que tanto el patrón interno como la muestra de cocaína se disuelvan por completo.

5.3.5 Cromatografía en fase líquida de alto rendimiento (HPLC)

Además de la GC, la HPLC es otra importante técnica de separación utilizada con frecuencia en el análisis de drogas con fines forenses. Por la facilidad de preparación de las muestras y la mejor reproducibilidad y capacidad de detección, para el análisis de cocaína se recomienda la cromatografía de fase inversa. La columna más universal y versátil es la columna adherida de octadecil sílice (C18). Antes de adoptar una decisión definitiva sobre la elección de la columna deben tenerse en cuenta la longitud, el diámetro, el tamaño de la partícula, el tamaño del poro y la carga de carbono.

Como el analista dispone de una gran variedad de fases móviles y estacionarias, a continuación se describe un método para la determinación cuantitativa mediante HPLC que puede modificarse para conseguir un mejor rendimiento. Todos los métodos deben validarse y/o verificarse antes de pasar a formar parte de los procedimientos rutinarios.

Método

Preparación de las soluciones de cocaína patrón y de la muestra

Disolver una cantidad apropiada de cocaína patrón o de la muestra en la fase móvil, tratando de conseguir una concentración de cocaína de entre 0,05 y 0,50 mg/ml.

Las soluciones patrón y las que se elaboren para almacenar deben prepararse a partir de patrones de referencia. Los patrones de trabajo deben estar dentro del rango lineal del detector y contener aproximadamente entre el 80% y el 120% de la concentración deseada. La calibración de múltiples puntos es deseable, pero puede aceptarse también un método con un único patrón.

Condiciones cromatográficas

Columna:	C18 Hipersil (o equivalente), 160 mm x 5,0 mm de diámetro interno
Fase móvil:	metanol:agua: 1% ácido fosfórico:n-hexylamine (300:700:1000:14 en volumen; pH=2,5)
Velocidad de flujo:	2,0 ml/min (debe tenerse en cuenta la posibilidad de utilizar flujos más bajos cuando se utilicen columnas más cortas y tamaños de partícula menores)
Detección:	UV a 230 nm
Volumen de inyección:	5-20 µl

Determinación cuantitativa

Puede utilizarse la calibración externa o interna. Para la determinación cuantitativa mediante HPLC se recomienda el uso de la superficie del pico, porque puede producirse el ensanchamiento del pico (con reducción de la altura) como resultado del

deterioro de la fase estacionaria, lo que hace que la altura del pico no sea apropiada para la determinación cuantitativa.

Resultados

El orden de obtención por disolución y posterior extracción y el factor capacitivo (*k*) correspondiente son los siguientes:

Sustancia	Factor capacitivo (<i>k</i>)
Procaína	0
Lignocaína	0,79
Cocaína	2,68
Benzoilecgonina	5,68
<i>cis</i> -Cinamoilcocaína	6,30
Amilocaína	7,19
Butacaína	8,97
<i>trans</i> -Cinamoilcocaína	10,65
Benzocaína	20,06

5.3.6 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

La identidad de una sustancia puede confirmarse mediante la FTIR. Puede conseguirse la identificación inequívoca de la cocaína a partir de cada espectro único. En el caso del material pulverizado, considerado razonablemente puro a partir de un análisis cromatográfico previo, el espectro infrarrojo del polvo puede introducirse directamente en un disco de KBr para su comparación con los de base libre o sales de clorhidrato.

Notas analíticas

- El método del disco de KBr consiste en moler una mezcla seca hasta obtener un polvo muy fino, mezclar después 2 mg de polvo de la muestra homogeneizada con 200 mg de KBr seco y cuidadosamente molido. Después, con la mezcla se elabora mediante presión un disco fino transparente.
- El KBr debe ser de "calidad para infrarrojos" y ha de secarse a 105°C durante una hora por lo menos. Puede almacenarse en un recipiente que contenga un fuerte desecante (gel de sílice) o puede dejarse en el horno y retirarse cuando se necesite.

Resultados

Los principales picos se registran en los siguientes números de onda (cm^{-1}), que se enumeran por orden de magnitud de la absorbencia. Conviene tener presente que la secuencia puede variar de una muestra a otra.

<i>Sustancia</i>	<i>Números de onda correspondientes a los picos principales</i>
Cocaína base	1275, 1700, 1106, 1728, 710, 1040, 1280 cm ⁻¹
Clorhidrato de cocaína	1712, 1730, 1276, 1230 (pico lateral), 732, 1106, 1075, 1025 cm ⁻¹

La *cis*- y la *trans*-cinamoilcocaína pueden diferenciarse por:

- La gran absorbencia a 1320 cm⁻¹ en el espectro de la *trans*-cinamoilcocaína está ausente en el espectro de la *cis*-cinamoilcocaína.
- En el espectro de la *trans*-cinamoilcocaína, la absorbencia a 1625 cm⁻¹ es aproximadamente de la misma magnitud que la absorbencia a 1745 y 1695 cm⁻¹, mientras que en el espectro de la *cis*-cinamoilcocaína, la absorbencia a 1625 cm⁻¹ es menor que la absorbencia a 1745 y 1715 cm⁻¹.

5.3.7 Espectrofotometría ultravioleta (UV)

La cocaína en medio acuoso ácido muestra los siguientes picos de absorción: 233 nm {A (1% 1 cm)=430}, 275 nm.

5.4 El análisis de los enantiómeros de la cocaína

A partir de la fórmula estructural de la cocaína puede predecirse la existencia de cuatro pares de enantiómeros. Cada miembro de un determinado par de enantiómeros guarda una relación diastereoisomérica con los miembros de los demás pares. Todos los diastereoisómeros han sido sintetizados y su configuración y conformación se han determinado por diversos métodos. El único enantiómero presente en la cocaína de forma natural es la *l*-cocaína.

Se han elaborado muchos métodos para distinguir esos enantiómeros de la cocaína, puesto que en algunos países solo está sometido a fiscalización el enantiómero *l*-cocaína. A continuación, se describe detalladamente el método de ensayo microcristalino.

Ensayo microcristalino

Reactivos

1. Disolver 10 mg de ácido di-*p*-toluoil-*d*-tartárico (TDTA) en 1 ml de etanol dentro de un matraz volumétrico de 10 ml. Añadir 1 ml de glicerina y llenar hasta la marca con agua destilada.
2. Disolver 10 mg de ácido di-*l*-toluoil-*d*-tartárico (TLTA) en 1 ml de etanol dentro de un matraz volumétrico de 10 ml. Añadir 1 ml de glicerina y llenar hasta la marca con agua destilada.

Notas analíticas

- Al cabo de unos tres meses se formarán cristales en esos reactivos. Deberán prepararse soluciones nuevas si las almacenadas no dan resultado con cocaína auténtica.
- Si la cocaína no está presente como sal de clorhidrato, deberá convertirse a esta forma.

Método

Colocar una gota de reactivo sobre un portaobjetos de microscopio, añadir una pequeña cantidad de muestra y remover. Observar los cristales que se producen con una ampliación aproximada de 100 aumentos.

Resultados

Con el TDTA, el clorhidrato de *l*-cocaína produce unos cristales con forma de rosa casi perfectamente simétricos. Al principio, los cristales se verán de color blanco grisáceo a blanco bajo la luz polarizada. Después de crecer durante algunos minutos, los brazos de algunos cristales adquirirán colores distintos (rojo, azul, verde, amarillo), según la orientación.

Con el TLTA, el clorhidrato de *l*-cocaína forma inmediatamente unos cristales de color blanco grisáceo. El agrupamiento de esos cristales varía desde un gran número de agujas independientes hasta mechones, abanicos o haces.

El clorhidrato de *d*-cocaína da lugar a la formación de cristales completamente opuestos a los del clorhidrato de *l*-cocaína, es decir, después de un minuto, más o menos, produce cristales con forma de rosa casi perfectamente simétricos con el TLTA y cristales que varían desde agujas independientes hasta mechones, abanicos o haces con el TDTA.

Otros métodos para distinguir los enantiómeros de la cocaína

Para diferenciar los enantiómeros de la cocaína podrían utilizarse varios otros métodos e instrumentos (por ejemplo, HPLC, GC, GC-MS, TLC, IR y NMR) que no se mencionarán aquí. Puede encontrarse más información en las referencias [15], [16] y [17].

6. Referencias

1. O'Neil, M. J. (Ed.) (2006), *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, 13a. edición, NJ: Merck.
2. Moffat, A. C., M. D. Osselton y B. Widdop (2004), *Clarke's Analysis of Drugs and Poisons*, 3a. edición, Pharmaceutical Press.
3. Casale, J. F., y R. F. X. Klein, Illicit production of cocaine, *Forensic Science Review*; 5 (1993), 95-107.
4. Patente US 7,855,296 B1, Dec. 21, 2010, "Method for synthesizing 2-carbo-methoxytropinone", Vladimir F. Kuznetsov; Cody, WY (US).
5. Turner, C. E., C. Y. Ma y M. A. Elsohly, Constituents of erythroxyton coca II. Gas chromatographic analysis of cocaine and other alkaloids in coca leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 3 (1981), 293-298.
6. Bieri, S., A. Brachet, J. Veuthey y P. Christen, Cocaine distribution in wild *Erythroxylum* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 103 (2006), 439-447.
7. Jenkins, A. J., T. Llosa, I. Montoya y E. J. Cone, Identification and quantitation of alkaloids in coca tea. *Forensic Science International*, 77 (1996) 179-189.
8. Scientific Working Group for the Analysis of Seized Drugs (SWGDRUG), Recommendations, <http://www.swgdrug.org>
9. *Rapid Testing Methods of Drugs of Abuse (ST/NAR/13/REV.1)*, United Nations, New York (1995).
10. Tsumura, Y., T. Mitome y S. Kimoto, False positives and false negatives with a cocaine-specific field test and modification of test protocol to reduce false decision. *Forensic Science International*, 155 (2005), 158-164.
11. Grant, F. W., C. Martin y R. W. Quackenbush, A simple sensitive specific field test for cocaine based on the recognition of the odour of methyl benzoate as a test product. *Bulletin on Narcotics*, 27 (1975), 33-35.
12. Swiatko, J., P. R. De Forest y M. S. Zedeck, Further studies on spot tests and microcrystal tests for identification of cocaine. *Journal of Forensic Sciences*, 48 (3) (2003), 581-585.
13. Piñero, E. L., y J. F. Casale, Quantitation of cocaine by gas chromatography-flame ionization detection utilizing isopropylcocaine as a structurally related internal standard. *Microgram Journal*, 4 (1-4) (2006), 47-53.

14. Gill, R., R. W. Abbott y A. C. Moffat, High-performance liquid chromatography systems for the separation of local anaesthetic drugs with applicability to the analysis of illicit cocaine samples. *Journal of Chromatography*, 301 (1984), 155-163.
15. Olieman, C., L. Maat y H. C. Beyerman, Analysis of cocaine, pseudococaine, allococaine and allopseudococaine by ion-pair reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, 98 (10) (1979), 501-502.
16. Lewin, A. H., S. R. Parker y F. I. Carroll, Positive identification and quantitation of isomeric cocaines by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 193 (3) (1980), 371-380.
17. Allen, A. C., D. A. Cooper, R. C. Cottrelli y W. O. Kiser, The cocaine diastereoisomers. *Journal of Forensic Sciences*, 26 (1) (1981), 12-26.



UNODC

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito

Centro Internacional de Viena, PO Box 500, 1400 Viena, Austria
Tel.: (+43-1) 26060-0, Fax: (+43-1) 26060-5866, www.unodc.org

Publicación de las Naciones Unidas

Impreso en Austria

ST/NAR/7/REV.1



V.12-52622—Septiembre 2012—200