

Análisis e identificación médico legal de la cocaína y su importancia en el estudio forense

Artículo de Revisión

Analysis and forensic identification of cocaine: forensic relevance

Guillermo Omar Rocabado-Calizaya¹; Nelly Marlene Taboada-Párraga²; Saúl Pantoja-Vacaflor³

RESUMEN

Estudios sobre la cocaína y la determinación de sus metabolitos en el individuo, hoy en día son una herramienta muy importante para la aplicación de justicia, puesto que varios estudios estadísticos han demostrado que un alto porcentaje de hechos ilícitos son realizados bajo la influencia de la cocaína, para ello se realizan estudios cinéticos de la cocaína para determinar la condición del imputado en el momento del hecho. Los estudios post mortem de individuos fallecidos bajo consumo de cocaína, son aún más importantes a efecto de determinar un posible sinergismo farmacológico, basados en la cinética y la dinámica de la cocaína y sus propiedades fisicoquímicas para orientar a la ciencia forense respecto de los posibles modos de acción e interacción del mismo, a la vez de determinar concentraciones de cocaína y sus metabolitos en sangre y pelo, esta última una matriz de investigación muy reciente donde se observa el almacenamiento de metabolitos por un tiempo prolongado. De esta manera comentamos las acciones de la cocaína sobre distintos sistemas para dar a conocer el origen de las alteraciones como posible causa de la realización de actos delictivos o faltas que son sancionadas por el común de los ordenamientos jurídicos.

SUMMARY

Studies on cocaine and the determination of its metabolites in the individual, nowadays are a very important tool for the application of justice, since several statistical studies have shown that a high percentage of illicit acts are carried out under the influence of cocaine. For this, kinetic studies of cocaine are carried out to determine the condition of the accused at the time of the event. The post-mortem studies of individuals deceased under cocaine consumption, are even more important in order to determine a possible pharmacological synergism, based on the kinetics and dynamics of cocaine and its physicochemical properties to guide forensic science regarding the possible modes of action and interaction of the same, at the same time to determine concentrations of cocaine and its metabolites in blood and hair, the latter a very recent research matrix where the storage of metabolites for a long time is observed. In this way we comment on the actions of cocaine on different systems to make known the origin of the alterations as a possible cause of the performance of criminal acts or faults that are sanctioned by the common legal systems.

Recibido: 12 Abril 2016; aceptado: 5 Mayo 2016; Publicado: 15 Agosto 2016

¹Toxicólogo Forense, Universidad Complutense de Madrid

²Fiscal de Materia de Sustancias Controladas, Ministerio Público, La Paz, Bolivia.

³Patólogo Forense, Sociedad Boliviana de Ciencias Forenses

Corresponding author: Guillermo Rocabado, guillermoroc@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La hoja de coca ha venido siendo siempre una de las hojas más empleadas en Bolivia por los nativos desde hace siglos, ya que aumenta el rendimiento físico y proporciona bienestar emocional, el uso terapéutico de la hoja de coca y su producción hoy en día se ve limitada debido a que la coca producida es desviada a la producción de cocaína. Estudios demuestran que la presencia de un alcaloide *erythroxyline* que fue aislado por primera vez por un químico alemán de apellido Gaedcke en 1855, es el principal metabolito que le hace a esta planta adictiva, por ejercer acciones estimulantes sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) y de esta manera conducir a alteraciones e incluso la muerte en un individuo. Poco más tarde, en 1859, empleando alcohol, ácido sulfúrico, bicarbonato sódico y éter “sustancias controladas”, otro químico alemán de nombre Albert Niemann purifica el alcaloide de Gaedcke y aísla directamente de las hojas de coca el alcaloide al que se conoce desde entonces con el nombre de *cocaína*, la cual es considerada sustancia controlada por la generación de dependencia psíquica. Hasta mediados del siglo XIX la coca y sus derivados gozan de gran prestigio como estimulantes de uso terapéutico. Tiempo después, esos mismos beneficios comienzan a percibirse como "riesgos seductores" que acabarían siendo una "amenaza para la sociedad", ya que muchos actos delictivos atribuyen ser cometidos bajo influencia de la cocaína; de esto es que nace la importancia de conocer las características químicas y el desenlace bioquímico de la cocaína en el organismo, a la vez de conocer las alteraciones desencadenadas en las personas consumidoras de cocaína,

asegurando de esta manera conocer el estado de conciencia del imputado tomando en cuenta los parámetros cinéticos de esta sustancia, lo cual nos sería de gran valor para la determinación de un acto criminal bajo la influencia de cocaína. De acá nace otra necesidad que es la de controlar la producción de la hoja de coca y prohibirla su libre comercialización en grandes cantidades, así también es la de controlar todo tipo de sustancias que son empleadas en el proceso de extracción de la cocaína. De cualquier forma y sea cual sea la perspectiva desde la que se mire, sembrar coca y comercializar cocaína (coca o perica) y otros de sus derivados siempre han sido objeto de penalizaciones por el Estado, ya que la elaboración, venta y otros está penalizada, al igual que cultivar coca en cantidades que no sean permitidas [2,3,4,5,6].

En Bolivia, según La Ley del Régimen de la Coca y Sustancias Controladas LEY 1008 de 19 de julio de 1988, señala en el título primero que la coca en cuanto a su naturaleza es un producto natural del subtrópico característico de los departamentos de La Paz y Cochabamba, presentándose la forma de cultivo en un estado silvestre o cultivo agrícola cuya antigüedad se remota a la historia precolombina boliviana, siendo el cultivo considerada como una actividad agrícola-cultural orientada tradicionalmente en forma lícita hacia el consumo, así como en la medicina y rituales de los pueblos andinos.

Para efectos legales se establece una diferencia esencial entre la coca en estado natural, que no produce efectos nocivos a la salud humana, y la coca “*Iter criminis*”, que es la hoja en

proceso de transformación química de la cual se aísla el alcaloide cocaína, este alcaloide produce efectos psicofisiológicos y biológicos nocivos para la salud humana, es así que se señalan los procesos más importantes, como también el mecanismo en el uso criminal.

Para efectos de la ley 1008, existen tres zonas de producción de cocaína en el país:

1. zona de producción tradicional
2. zona de producción excedentaria en transición
3. zona de producción ilícita.

COCAÍNA.

Químicamente es una benzoilmetilecgonina, (2-metil-3-bencilecgonina) la ecgonina es una base aminoalcohólica íntimamente relacionada con la atropina, el aminoalcohol que se halla en la atropina, de este modo la cocaína es un ester de ácido benzoico y una base que contiene nitrógeno, la cual le da la característica de ser fácilmente absorbible por las mucosas, además posee la estructura fundamental descrita para los anestésicos locales sistémicos. La presencia del grupo amino terciario le confiere la actividad anestésica local, desde este punto de vista estructural a la cocaína se puede considerar que se halla formada por tres porciones; un grupo lipofílico que lleva una función ester, un grupo hidrofílico que es una función amina terciaria y una cadena intermedia o pivote.

La cocaína es una sustancia con un potente efecto simpaticomimético, de esta manera actúa como un agonista no competitivo del sistema simpático (adrenergico), este actúa bloqueando la recaptación presináptica de la norepinefrina y otras aminas estimulantes o vasoaminas. Su efecto es excitatorio y la manifestación neurológica más frecuente son las crisis

comiciales, la cual puede ser tratada con diazepam, sin embargo a dosis altas suprime la actividad normal del SARA (Sistema Activador Ascendente Reticular), pudiendo inducir de esta manera a un coma y, respecto a este coma habrá que recordar con frecuencia que puede provocar accidentes hemorrágicos, además cabe señalar que para el tratamiento no hay antidotos. El consumo de cocaína como una droga recreativa se ha popularizado en la última década, en paralelo con el declive de los opiáceos, con la falsa sensación de seguridad de que no provocaba problemas graves ni síndrome de abstinencia, dos extremos que actualmente se comprobaron que son falsos [1, 3, 5, 9,10].

DETERMINACIÓN DE COCAÍNA Y LA IMPORTANCIA LEGAL EN PROCESOS DE INTOXICACIÓN Y MUERTE.

El alcaloide de la hoja de coca es un derivado de la ecgonina que se presenta como una sustancia blanca, cristizable en prismas romboidales y solubles en eter, cloroformo y cuerpos grasos. Se obtienen sales en mezclas con ácidos minerales, donde el clorhidrato es el más empleado, forma cristales y es fácilmente soluble en agua. La cocaína es empleada por su magnífica propiedad anestésica local y de sensación de bienestar pero que actualmente se ha abandonado dicho uso ante los graves accidentes que pueden producir, ya que se ha reportado accidentes de intoxicación, incluso mortales a dosis de 0.50 g y 1 g, así también los suicidios y los asesinatos, que son actos criminales se han reportado por el empleo de la cocaína, pero surge la dificultad de determinar

las concentraciones iniciales de la misma o sus metabolitos, tanto en personas intoxicadas y en cadáveres; de acá parte la necesidad de determinar las concentraciones iniciales, a la vez de afirmar el posible efecto y mecanismo de acción que le condujo a la muerte. Así también es importante no solo hallar la concentración de cocaína en fluidos biológicos, sino que habrá que determinar una matriz de almacenamiento de cocaína, para verificar si es o no tolerante a dosis normales, esto con el fin de conocer un posible acto criminal de homicidio, en el cual se pueda aplicar otros tipos de sustancias las cuales produzcan un sinergismo de suma o de potenciación, favoreciendo una muerte acelerada del individuo y denotando una concentración de cocaína que no es toxica ni mortal [1,4,7].

ALTERACIONES ORGÁNICAS QUE PRODUCE LA COCAÍNA.

Los efectos de la cocaína sobre una persona que ha sufrido una intoxicación aguda dan lugar a un cuadro muy complejo de síntomas psíquicos, neurológicos, respiratorios y circulatorios. Así la excitación psíquica y motriz, como la agitación con llantos y risas, locuacidad y confusión mental, desorientación y ansiedad, son muy frecuentes, además de las percepciones alucinógenas, persistente en pequeños insectos y parásitos que caminan por la piel acompañadas de picor y prurito. Otro trastorno como ser los neurológicos se denotan por la midriasis presente en el individuo, por otra parte las alteraciones visuales, hipertermia por un mecanismo de vasoconstricción son notorios y por ende aumentando la presión sanguínea, dicho cuadro puede ser peligroso en personas que sufren el llamado mal de altura (presión alta),

pudiendo llegar a producir una embolia o pérdida de la visión por el aumento de la presión oncótica que puede ser perjudicial en personas que sufren de glaucoma, por otro lado las características anestésicas y parestésicas originan y facilitan las alucinaciones visuales y cutáneas, posteriormente pudiendo conducir a un cuadro de epilepsia cocaínica. El efecto vaso constrictor mencionado repercute en el corazón cuyos latidos se aceleran produciendo una taquicardia muy marcada, lo cual puede ser muy peligroso en personas que sufren afecciones cardiacas como arritmias e insuficiencia cardiaca, dicha alteración se debe a un efecto de estimulación simpática mostrando signos como la cara enrojecida, sudoración, aumento de la temperatura y de la presión arterial y temblor. El efecto sobre la respiración en primera instancia produce una bradipnea que sede pronto y se transforma en disnea el cual lleva a un síncope respiratorio, por otra parte otras alteraciones son náuseas y vómitos, albuminuria y oliguria, parámetros muy importantes a ser considerados como pruebas iniciales y como indicadores bioquímicos en personas sindicadas de haber ingerido cocaína y haber cometido un acto delictuoso, la determinación de estos indicadores son económicos y rápidos de realizarlos en un laboratorio clínico, pero recalando a la vez que estos indicadores no son específicos, más al contrario solo son orientativos [1,2,3,4,5,7].

Según la Ley 1008: Ley del Regimen de la Coca y Sustancias Controladas, en su Art. 33 señala y define a las Sustancias Controladas, como sustancias peligrosas o fiscalizadas, dentro de esta también se encuentran los fármacos controlados, drogas naturales o sintéticas consignadas en el Anexo de la Ley y las

que señale el Ministerio de Salud Boliviano, en los acápites correspondientes.

INVESTIGACIÓN TOXICOLÓGICA DE LA COCAÍNA.

La cocaína es fácilmente extraíble de las vísceras muestras de los fluidos biológicos por el método de Stas-Otto tomando muy en cuenta las propiedades fisicoquímicas de solubilidad ya que la cocaína y sus metabolitos son muy solubles en éter y cloroformo, la identificación se lleva a cabo al igual que otros alcaloides mediante reacciones colorimétricas, cristalográficas, biológicas y cromatográficas de muy alto nivel de precisión, siendo esta última una de las más precisas para la determinación de cocaína y sus metabolitos, pudiendo cualificar y cuantificar con precisión; dicho método puede a la vez orientar mediante la extrapolación de puntos y conociendo la cinética de la sustancia, el tiempo de la muerte, las fallas orgánicas en el organismo y la concentración inicial empleada para la intoxicación o la muerte, así también conociendo la cinética de la cocaína y realizando los cálculos de concentraciones, en especial la concentración inicial y la concentración de cocaína en el momento de la muerte o el suceso del acto delictivo puede ser determinados con la aplicación de la ecuación que se muestra en la figura 2, esta nos es de gran valor para determinar el estado emocional y mental del imputado. Por otra parte también para determinar si el imputado es o no un adicto y si es sensible a una dosis determinada o no (resistente), esto en función a la determinación de cocaína en pelo, la cual es la matriz de primera elección en investigaciones de uso crónico, ya que es una matriz de

almacenamiento de los metabolitos de la cocaína a partir de los primeros treinta minutos y por un tiempo prolongado que oscila entre seis a doce meses, para dicha determinación cabe señalar que se utilizan equipos muy tecnificados como ser Espectrofotómetros de ultravioleta en el rango invisible, HPLC Cromatógrafo de alta presión en líquidos, etc los cuales deberán estar debidamente calibrados y trabajar con estándares certificados a la vez de poseer procedimientos rigurosos operacionales que deberán estar sujetos a las normas de las BPL/GPL Buenas Practicas de Laboratorio, para garantizar la confiabilidad de los resultados; dichos puntos son tomados muy en cuenta en un proceso judicial, ya que debe asegurarse con exactitud la cualificación y cuantificación de la sustancia problema [1,3,5].

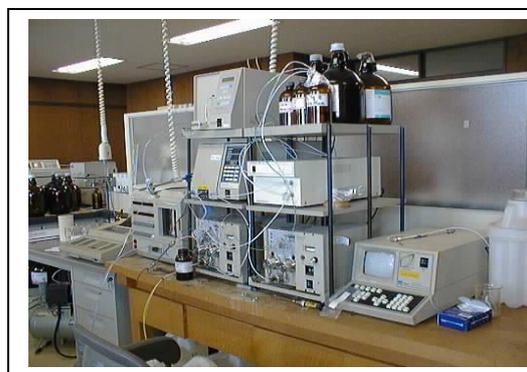


Figura 1. Equipo HPLC. Laboratorio de Farmacología de la Universidad Complutense de Madrid, España.

ACCIÓN FARMACOLÓGICA DE LA COCAÍNA SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

La cocaína una vez que es absorbida pasa al torrente sanguíneo y produce efectos estimulantes en el SNC, desde la corteza hasta la medula espinal,

seguidos de una depresión a dosis elevadas. Las pequeñas dosis producen una estimulación psíquica, con aumento de la capacidad de trabajo, esencialmente por disminución de fatiga; excitación incluso sexual, euforia, locuacidad, inquietud etc. Acá el individuo que señala haber cometido un acto delictivo bajo influencia de la cocaína, argumentando no recordar los sucesos acontecidos, es falso ya que se halla con toda la capacidad mental y emocional, pudiendo ser sindicado dicho acto delictivo con alevosía y premeditación. Las dosis elevadas de cocaína pueden producir alucinaciones y trastornos paranoides, donde si es válido el exponer el argumento de influencia cocainica en la realización de dicho acto delictivo; las dosis muy toxicas producen inquietud, temblor e hiperreflexia, convulsiones, depresión central con inconciencia y muerte por parálisis respiratoria, acá se pone en duda la evidencia de que el individuo imputado haya podido participar o realizar un acto delictivo, debido a su incapacidad mental y emocional.

La acción más notable de la cocaína es a nivel sistémico produciendo la estimulación del SNC, en el hombre se manifiesta como una sensación de bienestar y euforia, a veces puede aparecer disforia. A pequeñas dosis la actividad motora se halla coordinada, sin embargo a medida que la dosis aumenta aparecen temblores y eventualmente convulsiones tónico clónicas, los centros vasomotor y del vomito que se encuentra en el centro quimiorreceptor del gatillo, pueden participar en la estimulación produciendo emesis, por otra parte la estimulación central es seguida de un estado de depresión por relajación o agotamiento de la estimulación de la placa motora, eventualmente se deprimen los centros bulbares vitales y

la muerte es el resultado de la falla respiratoria [2,3,5].

ACCIÓN FARMACOLÓGICA DE LA COCAÍNA SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.

La cocaína tiene la propiedad de acrecentarlas respuestas de las estructuras inervadas por el sistema simpático, provocando de esta forma vasoconstricción, midriasis y taquicardia. Acá llama la atención especialmente el aumento de la acción de las catecolaminas, en especial de la noradrenalina, muy semejante a lo que ocurre con los órganos desnervados, fenómeno que se designa como supersensibilidad [2, 3,5].

ACCIÓN FARMACOLÓGICA DE LA COCAÍNA SOBRE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR.

Las dosis pequeñas de cocaína que son administradas vía sistémica pueden disminuir la frecuencia cardiaca , como resultado de estimulación vagal central, posteriormente la frecuencia cardiaca aumenta de forma directamente proporcional a la concentración de cocaína en sangre, siendo esta estimulación resultado de la mayor estimulación central simpática, así como los efectos periféricos de la cocaína, sobre el sistema nervioso simpático o adrenérgico, el cual es mediado por la noradrenalina. Por otra parte la presión arterial se ve afectada, pudiendo caer, denotando al principio una elevación sobresaliente debido a la taquicardia y a la vasoconstricción mediadas simpáticamente, en la mayoría de los casos de muerte por consumo de cocaína y la intoxicación aguda se debe a arritmias, infarto de

miocardio, insuficiencia cardiaca producida por depresión directa del músculo cardiaco [2,3,5].

ACCIÓN DE LA COCAÍNA SOBRE LA TEMPERATURA CORPORAL.

La cocaína es una sustancia muy pirogénica, ya que la vasoconstricción disminuye la pérdida de calor, además de que al disminuir el calibre vascular, existe mayor fricción de la sangre contra las paredes capilares, conduciendo de esta manera al aumento de calor, a la vez de que el volumen minuto cardiaco se halla aumentado (velocidad de flujo) por una acción de estimulación directa del músculo cardiaco, contribuyendo este factor de forma directamente proporcional al incremento de temperatura corporal [2,3,4,5].

ACCIÓN FARMACOLÓGICA DE LA COCAÍNA SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO.

La cocaína potencia las respuestas de los órganos con innervación simpática a la noradrenalina y en menor grado al de la adrenalina, ya que se ha demostrado que la cocaína ejerce una acción de bloqueo de la captación de catecolaminas en las terminaciones nerviosas adrenergicas, este proceso de captación es principalmente responsable del cese de las acciones de los impulsos adrenergicos y de las catecolaminas circulantes [2.3.5.7].

FARMACOCINÉTICA DE LA COCAÍNA.

La cocaína se absorbe por todos los sitios de administración o

aplicación, incluyendo mucosas nasal y gastrointestinal. La absorción aumenta en presencia de inflamación y así los efectos sistémicos pueden aumentar mucho más de lo normal, dicho factor se debe a que en un proceso de inflamación existe la liberación de mediadores químicos como la serotonina, la cual produce un espasmo vascular, la bradicinina actúa generando calmodulina en el plasma sanguíneo y estimula a la vasodilatación aumento de la permeabilidad y síntesis de prostaglandinas, la histamina actúa anclando sobre el receptor específico H1 la cual activa a la fosfolipasa C; ésta a su vez estimula a la liberación del ion calcio, el cual es el encargado de activar a la fosfolipasa A2 (PLA2) y conduciendo a la hidrólisis de la unión ester Sn2 de los fosfolipidos específicos de la membrana celular como la fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina, la activación de la PLA2 estimula la transformación de fosfolipidos a ácido araquidónico, el cual se transforma posteriormente por un sistema enzimático de isoenzimas COX I-II (ciclooxigenasas) en prostaglandinas, siendo la más importante la prostaglandina E2, la cual aumenta la permeabilidad vascular, facilitando de esta manera la absorción de cocaína al torrente sanguíneo y disminuyendo la velocidad de inicio de acción de la cocaína.

Una vez absorbida la cocaína, esta se degrada a través de las esterasas plasmáticas, posteriormente se excreta cantidades pequeñas inalteradas por la orina, siendo este medio de eliminación una matriz importante para la determinación de cocaína y sus metabolitos en individuos sindicados de haber consumido dicha sustancia; la vida media de la cocaína en el plasma, luego de la administración por vía oral o nasal es de una hora. Aquí se toma en

cuenta el inicio de la acción que dependerá de factores de sensibilidad característicos e individuales de cada persona.

Parámetros orientativos señalan según varias bibliografías que la dosis mortal de cocaína es de 2 g, a pesar de haberse demostrado reacciones muy alarmantes a dosis de 20 mg, esto debido a la gran diferencia que existe en la idiosincrasia, así también como muchos factores de diferencias metabólicas que difieren en función a la raza, sexo, clima, presión, patologías etc. [1, 3, 4, 5, 7, 8].

AGRADECIMIENTO.

Al área de Farmacología del Instituto de Investigaciones Fármaco-Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Andrés; A la Universidad de las Naciones Unidas y el Programa de Biotecnología Aplicada para América Latina y el Caribe (UNU/BIOLAC).

REFERENCIAS

- 1) Gisbert Calabuig J.A., Medicina Legal y Toxicología, Editorial Masson, 5° Edición, Barcelona España 2001, pag. 764 – 780.
- 2) GOODMAN, A. Las bases farmacológicas de la terapéutica. Editorial Medica Panamericana, 8° ed., México 1996, p. 1789 – 54.
- 3) GOODMAN y GILLMAN. Bases Farmacológicas de la Terapéutica. Editorial Panamericana, 8° ed., México 1991, p. 195-432.
- 4) KATZUNG, G. Beltran. Farmacología Básica y Clínica. 7° ed., Editorial El Manual Moderno, Mexico DF., Santa Fe de Bogota 1999, p.669-673.
- 5) LITTER, Manuel. Farmacología Experimental y Clínica. 3° ed., Buenos Aires, 1986, p. 1303-19; 608-38.
- 6) Manuel de Lucca D.; Jaime Zalles A..Enciclopedia Boliviana, Flora medicinal Boliviana, Diccionario enciclopédico. Editorial los amigos. Werner Guttentag La Paz – Cochabamba Bolivia 1992. Pag. 161,162,163.
- 7) PAGE, C.P., Curtis, M.J., Sutter, M.L., Walker, M.J., Hoffman, B.B.,“Farmacología integrada”. Harcourt Brace de España, (1998).
- 8) Rocabado Calizaya Guillermo Omar. Tesis de grado en Farmacología experimental. Estudios sobre la actividad antiinflamatoria, ulcerogénica y gastroprotectora de las especies vegetales *Rubus boliviensis*, *Smilax aspera* y *Xanthium spinosum*, mediante el empleo de modelos biológicos *in vivo*. La paz Bolivia. 2004.

9) <http://www.mind-surf.net/drogas/cocaina.htm#2>

10) <http://www.lycaeum.org/drugs/plants/coca/>



**Revista Mexicana de Medicina Forense
y Ciencias de la Salud**