

## NARCOTRÁFICO, INSUMOS Y MEDIO AMBIENTE: UNA VISIÓN AMBIENTAL DESDE LA QUÍMICA AL PROCESAMIENTO DE DROGAS ILÍCITAS

*Ing. Humberto Torres Llerena QF<sup>1</sup>*

*Recibido: 16 de marzo de 2016 - Aprobado: 9 de junio de 2016*

### RESUMEN

El procesamiento de drogas ilícitas es realizado en laboratorios clandestinos de extracción y transformación mediante el uso de insumos químicos; los residuos de muchos de estos insumos son depositados en los suelos y fuentes hídricas de los bosques andinos y selvas de Colombia, originando contaminaciones que van desde la modificación del componente mineral del suelo hasta el deterioro de las colonias de bacterias que desarrollan relaciones simbióticas con las plantas para la asimilación de nitrógeno y fósforo. Dentro de estos insumos se destacan el ácido sulfúrico y sales como el permanganato de potasio, que combinados producen una mezcla oxidante capaz de deteriorar la materia orgánica con graves consecuencias para el adecuado desarrollo de plantas. Los ácidos clorhídrico y sulfúrico ocasionan cambios extremos de pH, tanto

en los suelos como en los cuerpos de agua, lo que modifica de manera radical la disponibilidad de nutrientes a la flora; así mismo se ve interrumpida la absorción de oxígeno del aire a nivel radicular, por la infiltración de todos los solventes orgánicos que crean una película aislante entre la raíz y el medio gaseoso del suelo. Todos los insumos usados en los procesos de extracción y transformación de drogas ilícitas reaccionan químicamente con los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo, modificando su composición y estructura; luego son las reacciones químicas las que nos proporcionan un acercamiento más real de los daños ambientales generados.

**PALABRAS CLAVE.** Drogas ilícitas. Laboratorios clandestinos. Extracción. Transformación. Insumos químicos. Humus. Materia orgánica. Cuerpos de agua.

1. Químico Farmacéutico Universidad Nacional; Lic., Biología y Química Universidad Libre; Certificado por Naciones Unidas en Técnicas de Separación e Identificación de Drogas Ilícitas en el Laboratorio de Toxicología y Química Legal del poder Judicial de Argentina; Certificado por la Universidad de los Andes en Investigación Criminal y Criminalística. Docente de Química Analítica del Departamento de Ingeniería Ambiental Universidad Libre; Docente del Laboratorio Químico Forense de la Especialización "Ciencias forenses y Técnicas Probatorias" Universidad Libre; Especialista en Física Experimental Universidad Libre. humberto.torresl@unilibrebo.edu.co

## ABSTRACT

Illicit drugs process is develop in clandestine laboratories where the extraction, transformation and process continuously uses chemical supplies, which after being used, many of them get into the soils and water sources in several Colombian ecosystems, causing contamination and chemical modification in terms of mineral soil component, deterioration of bacterial colonies and limitations of symbiotic relationships with plants (less assimilation of nitrogen and phosphorus). Some of the most important elements like chemical inputs include Sulphuric Acid and some salts, such as Potassium Permanganate which combined with other components produce an oxidizing mixture capable of damage the organic matter with implications for the suitable plants development. Hydrochloric and Sulphuric Acids cause extreme changes in soils and water pH. In both environments, the modification is radical in terms of nutrients availability, so, the absorption of atmospheric oxygen it is interrupted by infiltration of all organic solvents, in other words, the boundary layer has being creating between the plant root and the soil gaseous composition. All inputs used in the processes of illicit drugs extraction and process implies chemically reactions with organic and inorganic components of the soil, that changes the normal composition and structure, however this chemical reactions reveal a realistic approach to the environmental damage.

**KEYWORDS.** Illicit drugs. clandestine laboratories. Extraction. Transformation. Chemical Inputs. Humus. Organic matter. Water bodies.

## Introducción

Mucho se ha escrito acerca de los impactos ambientales que las actividades del narcotráfico ejercen sobre el medio ambiente, desde la tala y quema de grandes extensiones de bosques y selvas en

la Amazonia, Orinoquia, Andes tropicales y Chocó, pasando por el uso indiscriminado de plaguicidas, fungicidas, abonos y en especial por el uso de herbicidas como mecanismo para la erradicación de estos cultivos. De igual manera se ha documentado acerca de las contaminaciones a suelos y fuentes hídricas producto de estas actividades, pero poco es lo que se ha reportado sobre los efectos negativos que ocasionan al medio ambiente; los residuos de estos insumos se vierten sobre el suelo, generando cambios en su composición, debido a las reacciones químicas que se presentan entre los remanentes y desechos de estos procesos con sus minerales, modificándolos y haciéndolos más solubles, ocasionando así la movilidad de estos micronutrientes en razón a la alta pluviosidad y pronunciadas pendientes de las zonas de cultivos. Así mismo los macronutrientes presentes en la materia orgánica se ven fuertemente amenazados por su degradación con poderosos oxidantes utilizados en estos procesos, muchos de los cuales producen cambios extremos de pH, modificando el componente microbiológico y la disponibilidad de nutrientes a las plantas. Los compuestos de estos desechos, por lixiviación terminan en las fuentes hídricas, alterando su pH, lo que incide negativamente sobre el plancton y toda la cadena trófica.

El propósito de este estudio es entregar una información puntual y detallada acerca de las reacciones químicas que vienen produciendo daño ecológico sobre bosques andinos y selvas y por más de cuarenta años. Para esto es necesario conocer cómo son los procesos de extracción y transformación de drogas ilícitas, cuáles son los insumos y cantidades utilizadas, cómo ha sido el proceso de destrucción de esos insumos y qué factores han conducido a que parte de estos insumos terminen contaminando grandes extensiones de tierra y grandes cantidades de recursos hídricos.

## Objetivo

Presentar los daños ambientales generados por la reacción química de los insumos químicos usados en el procesamiento ilícito de drogas sobre los componentes de los suelos y cuerpos de agua que son fundamentales para el desarrollo y sostenibilidad de los factores bióticos productores, consumidores y descomponedores de los ecosistemas de los bosques andinos y selvas y de Colombia.

## Antecedentes

Se tiene conocimiento que en Colombia aparecen los primeros cultivos de marihuana por los años de 1940, pero es a partir de 1970 cuando se inician en forma los cultivos para la producción y comercialización de la marihuana. Son los departamentos de la Guajira, Cesar, Magdalena, sur de Bolívar y norte de Chocó donde se desarrollan cultivos en forma de chacras y es en estas mismas zonas donde se efectúa el corte y recolecta de los productos herbáceos para su prensado, empaque y transporte a los puertos más cercanos, para ser exportada por vía marítima a Europa, islas del Caribe y los Estados Unidos.

La coca ha sido cultivada milenariamente por las comunidades indígenas con fines medicinales y rituales. Es a partir de la década del 70 del s. XX que empiezan a ser preocupantes para Colombia la proliferación de cultivos de marihuana y coca con propósitos diferentes y por actores igualmente deferentes.

En 1974 se pone en marcha el primer Estatuto Nacional relacionado con estupefaciente, (Decreto 1118 de 1974), como mecanismo de control. Se crea la Policía Especializada Antinarcótico, pero ya para inicio de 1977 dicho decreto es insuficiente para la lucha contra el tráfico y cultivo de marihuana y coca, por lo que las Fuerzas Militares entran a reforzar las operaciones de control. A fines de 1980 aparecen los

primeros datos sobre cultivo de amapola; es por esto que para 1984 se diseña un programa proyectado al uso del glifosato con el propósito de detener la expansión de estos los cultivos, pero es en el proceso de extracción y transformación de la droga, realizados en laboratorios clandestinos, donde surgen nuevos inconvenientes en el control a la producción con el uso de los insumos químicos utilizados, lo que conlleva a promulgar la Ley 30 de 1986, conocida como Estatuto Nacional de Estupefaciente, orientada a la vigilancia e inspección de las importaciones y venta de todos los reactivos que puedan ser desviados al procesamiento de drogas ilícitas.

Para la extracción de los principios activos que son de interés para los narcotraficantes, se deben acondicionar zonas selváticas aledañas a los cultivos, para la construcción de los laboratorios de procesamiento, extracción y transformación de drogas ilícitas; el procesamiento se realiza *in situ*. las fuente de agua son indispensables para las labores de extracción, lavado de utensilios y disposición de desechos; es así como ríos, lagos y quebradas son utilizados por estos “laboratorios clandestinos para el procesamiento de drogas”, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera: de extracción, de transformación, de síntesis y de dosificación.

### Laboratorio de extracción

Utilizados para obtener de una fuente vegetal su principio activo, que es la sustancia química de interés para el comercio ilícito.

### *Cultivo de coca y producción de cocaína*

La cocaína es de origen natural; se extrae de plantas originarias de los Andes suramericanos de la especie *Erythroxylon*. Las hojas de coca poseen una forma lanceolada, donde en el envés se encuentran dos nervaduras que corren paralelas a la nervadura

central, desde la base hasta el ápice de la misma. Para obtener cultivar una hectárea de coca se desforestan 4 hectáreas de bosque.

Se calcula que para 2013 en el territorio nacional había 50760 hectáreas (ha) productivas de cultivos de coca, que generaron un rendimiento anual de 4100 kg de hojas de coca por hectárea, para un total de 208116 toneladas de hojas de coca, que después de ser procesadas produjeron 358 toneladas de cocaína base (Censo cultivos de coca 2013, 2014. Oficina de las Naciones Unidas).

Las hojas de coca son sometidas a procesos químicos y mecánicos para extraer la cocaína base contenida en las hojas. Se estima que para producir 1 kg de pasta de cocaína se deben procesar entre 100 y 130 kg de hoja de coca.

*Extracción de cocaína base a partir de hojas de coca*

Estos laboratorios se localizan en zonas selváticas cerca del cultivo que es el que proporciona la hoja de coca como material indispensable para el proceso

de extracción. El producto final obtenido puede ser la pasta de cocaína o la cocaína base, agregados compactos de color grisáceo para la primera y de color habano o café claro para la segunda; estos tonos depende de la pureza con la cual se obtenga el producto final, entre más pura sea, su tendencia es al color blanco.

Una vez obtenida la pasta de cocaína se redisuelve en solución ácida y se trata con permanganato de potasio para eliminar sustancias indeseables (taninos, clorofila, y la principal: la cinamoil cocaína), impurezas que luego son separadas por filtración, quedando en solución acuosa la cocaína base (Naciones Unidas, 1986).

*Cultivo de amapola y producción de opio*

La amapola es sembrada en los denominados bosques de niebla, de las zonas andinas, los cuales son verdaderas fuentes de producción de agua. Para los productores y traficantes el proceso comienza con el desmonte del bosque, el rastrojo se quema y sobre la ceniza se siembra la semilla de amapola o adormidera (*Papaver somniferum*), fuente principal del opio y sus

**Tabla 1.** Insumos para la producción de un kilo de cocaína base

| No. | Nombre                  | Fórmula                        | Observaciones       | Cantidad |
|-----|-------------------------|--------------------------------|---------------------|----------|
| 1.  | Hojas de coca           |                                | Triturada           | 100 kg   |
| 2.  | Cal                     | CaO                            | Sólido              | 10 kg    |
| 3.  | Agua                    | H <sub>2</sub> O               |                     | 60 L     |
| 4.  | Gasolina                |                                | Solvente orgánico   | 50 gal   |
| 5.  | Ácido sulfúrico         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Concentrado         | 140 ml   |
| 6.  | Hidróxido de amonio     | NH <sub>4</sub> OH             | Líquido             | 320 ml   |
| 7.  | Pasta de cocaína        |                                | Se filtra y se seca | 1,0 kg   |
| 8.  | Ácido sulfúrico         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Concentrado         | 140 ml   |
| 9.  | Permanganato de potasio | KMnO <sub>4</sub>              | Oxidante            | 1,0 kg   |
| 10. | Hidróxido de amonio     | NH <sub>4</sub> OH             | Líquido             | 350 ml   |
| 11. | Cocaína base            |                                | “Purificada”        | 1,0 kg   |

narcóticos no sintéticos. Desde tiempos antiguos, el fluido lechoso que gotea de las incisiones de la cápsula inmadura se ha raspado a mano y secado al aire para producir una goma blanda cuyo color cambia con el tiempo; inicialmente tiene una coloración blanca, luego toma tono habano y por último marrón rojizo.

Para obtener una ha de cultivo de amapola se desforesta 2,5 ha de bosque. (Censo cultivos de coca 2013, 2014. Oficina Naciones Unidas). De una ha de cultivo de amapola se estima que se obtienen 10 kilos de opio, con los que se puede producir 1,0 kg de morfina, que en el momento de su transformación equivale a 1.0 kg de heroína (Naciones Unidas, 1986).

A 10 kg de opio se agrega hidróxido de calcio y se disuelve en agua. Se extrae así toda la morfina, codeína y tebaína. Se agregan cloruro de amonio, alcohol y éter etílico o un solvente orgánico; la morfina forma un precipitado a ese pH que es filtrada de la solución, para después ser purificada con ácido sulfúrico diluido y carbón vegetal. A esta solución se le filtra y se la agrega hidróxido de amonio para obtener un precipitado de consistencia granular de color blanquecino -este color puede variar dependiendo de la pureza de los insumos utilizados en la obtención del producto final- (Naciones Unidas, 1987).

### *Extracción de morfina a partir de opio*

La ubicación de estos laboratorios es de igual manera rural, donde el látex después de recolectado del cultivo, puede ser sometido a los procesos de extracción. El opio se obtiene del látex que se colecta de las incisiones que se hacen sobre las cápsulas de la amapola. De este se obtiene la morfina en bruto, cuya pureza depende de la calidad de los reactivos y procedimientos utilizados.

### *Cultivo y producción de marihuana*

La variedad *cannabis* se cultiva en todas las zonas templadas y tropicales del mundo; la producción de compuestos químicos psicoactivos depende en gran medida de factores ambientales como espacio, luz, nutrientes, agua y factores hereditarios de la variedad de la semilla culti-vada. El género *cannabis*, al cual pertenece la marihuana, se encuentra dentro de la familia botánica *cannabaceae*, con cerca de 75 géneros y 3000 especies de árboles, arbustos y hierbas. La *cannabis sativa* es cultivada por sus compuestos psicotrópicos, siendo el principal de ellos el  $\Delta$  - 9 tetrahidrocannabinol (T.H.C). Para cultivar una ha de marihuana se desforestan 1,5 ha de bosque.

**Tabla 2.** Insumos para la producción de un kilo de morfina

|                | No. | Nombre              | Fórmula   | Observaciones         | Cantidad |
|----------------|-----|---------------------|---|-----------------------|----------|
| <b>INSUMOS</b> | 1.  | Opio                | Látex   | Mezcla de alcaloides  | 10 kg    |
|                | 2.  | Hidróxido de calcio | Ca(OH) <sub>2</sub>                               | Solución              | 2,0 kg   |
|                | 3.  | Cloruro de amonio   | NH <sub>4</sub> OH                                | Sólido                | 2,5 kg   |
|                | 4.  | Etanol              | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                  | Líquido               | 5,0 L    |
|                | 5.  | Éter etílico        | (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O | Líquido               | 5,0 L    |
|                | 6.  | Morfina precipitada | C <sub>17</sub> H <sub>19</sub> NO <sub>3</sub>   | Filtrar y secar       | 1,0 kg   |
|                | 7.  | Ácido sulfúrico     | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                    | Concentrado           | 2,0 L    |
|                | 8.  | Carbón vegetal      |   | Sólido de color negro | 2,5 kg   |
|                | 9.  | Hidróxido de amonio | NH <sub>4</sub> OH                                | Líquido               | 1,0 L    |

### *Extracción de marihuana líquida*

El proceso de extracción se realiza con solventes como el metanol, etanol, acetona o éter de petróleo, mediante procesos repetidos con equipo Soxhlet sobre los fragmentos herbáceos de la *cannabis* o de la resina, producto obtenido mediante la acción mecánica de pulverización de las sumidades florales no polinizadas, donde las glándulas secretoras de resina quedan libres, aportando un contenido resinoso rico en T.H.C. que alcanza el 10 %: se recoge, seca y se compacta (Naciones Unidas, 1987). Para obtener 1,0 kg de aceite de marihuana se deben procesar 13,5 kg de fragmentos vegetales que demandan de 5,0 litros de solvente.

### Laboratorio de transformación

Son laboratorios utilizados para procesar drogas que han sido extraídas de su fuente natural y que pueden ser convertidas a otras de mayor interés comercial, transformando su estructura molecular mediante tratamiento con insumos químicos.

### *Transformación de cocaína base a cocaína clorhidrato*

Estos laboratorios pueden ubicarse en zonas rurales o urbanas. Un kg de cocaína clorhidrato se obtiene disolviendo un kg de cocaína base en éter etílico o un solvente orgánico que lo sustituya; se filtra la solución si es necesario y se agregan ácido clorhídrico concentrado disuelto en acetona o en metil-etil-

cetona (MEK). El clorhidrato de cocaína precipita en forma de escamas o aguja que luego es filtrada y secada. El producto final es un polvo de color blanco o habano; esta coloración varía del blanco al amarillo dependiendo de la cantidad de impurezas presentes. Para obtener un kg de cocaína clorhidrato se necesitan los insumos detallados en la Tabla 3 (Naciones Unidas, 1986).

### *Transformación de morfina a heroína*

El laboratorio se ubican en zonas rurales o urbanas. La obtención de heroína a partir de morfina requiere de procesos químicos más complejos. La morfina se transforma a heroína mezclándola con anhídrido acético y sometiénola a reflujo. Una vez enfriada la mezcla se neutraliza con carbonato de sodio, precipitando la heroína base en bruto. La heroína o diacilmorfina es de origen semi sintético debido a que el precursor de esta es la morfina sustancia de origen natural, extraída del opio. Para obtener un kg de heroína se requieren los insumos detallados en la Tabla 4 (Naciones Unidas, 1986).

### Laboratorios de síntesis

En estos laboratorios se construyen moléculas de manera planificada mediante reacciones químicas, donde la molécula final obtenida es la del interés del narcotraficante. Estos laboratorios requieren de equipos que funcionan con energía eléctrica lo que los aparta de las regiones selváticas.

**Tabla 3.** Insumos para la transformación de cocaína base (*precursor*) a cocaína clorhidrato

|                | No. | Nombre              | Fórmula   | Observaciones        | Cantidad |
|----------------|-----|---------------------|---|----------------------|----------|
| <b>INSUMOS</b> | 1.  | Opio                | Látex   | Mezcla de alcaloides | 10 kg    |
|                | 2.  | Hidróxido de calcio | Ca(OH) <sub>2</sub>                               | Solución             | 2,0 kg   |
|                | 3.  | Cloruro de amonio   | NH <sub>4</sub> OH                                | Sólido               | 2,5 kg   |
|                | 4.  | Etanol              | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                  | Líquido              | 5,0 L    |
|                | 5.  | Éter etílico        | (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O | Líquido              | 5,0 L    |



Son muchas las drogas que pueden obtenerse por síntesis química: fenciclidina (PCP) a partir de piperidina; amfetamina a partir de cloruro de bencilo; metacualona a partir de ácido antránilico, entre otras.

### Laboratorios de dosificación

Utilizados para producir con formas farmacéuticas grandes cantidades de una droga que van desde tabletas hasta capsulas o grageas. Se ubican en

zonas urbanas por la necesidad de energía y equipos especializados. Dentro de las drogas que se pueden producir en estos laboratorios encontramos barbitúricos, benzodiazepinas y anfetaminas

### Destrucción de laboratorios e insumos

Una vez allanado el laboratorio por parte de la autoridad competente, se procede a la recolección de las evidencias, siendo la más importante la droga

**Tabla 4.** Insumos para la transformación de morfina (*precursor*) a heroína

| No. | Nombre              | Fórmula            | Observaciones       | Cantidad |
|-----|---------------------|--------------------|---------------------|----------|
| 1.  | Morfina             | $C_{17}H_{19}NO_3$ | Precursor           | 1,0 kg   |
| 2.  | Anhídrido acético   |                    | Líquido de carácter | 400 ml   |
| 3.  | Carbonato de sodio  | $Na_2CO_3$         | Sólido              | 200 g    |
| 4.  | Carbón activado     |                    | Sólido              | 200 g    |
| 5.  | Ácido clorhídrico   | HCl                | Concentrado         | 300 ml   |
| 6.  | Acetona             | $(CH_3)_2O$        | Líquido             | 2.0 L    |
| 7.  | Heroína clorhidrato | $C_{21}H_{23}NO_5$ |                     | 1,0 kg   |

**Tabla 5.** Cantidades de insumos utilizados por tonelada de drogas ilícitas producida

| Insumos           | Cocaína base | Cocaína       | Morfina base | Heroína      | Total insumos |
|-------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| CaO               | 10 Ton       |               |              |              | 10 Ton        |
| $H_2SO_4$ Coc     |              |               |              |              |               |
| D 1,94 g/ml       | 515 kg       |               | 3680 kg      |              | 4195 kg       |
| $NH_4OH$ .        |              |               |              |              |               |
| D 0,9 g/ml        | 603 kg       |               | 900 kg       |              | 1503 kg       |
| $KMnO_4$          | 1,0 Ton      |               |              |              | 1,0 Ton       |
| Solvente orgánico | 50 galones   | 10700 galones | 1337 Galones |              | 12087 galones |
| MEK               |              | 8021 galones  |              | 5348 galones | 13369 galones |
| HCl D 1,18 g/ml   |              | 296 kg        |              | 354 kg       | 650 kg        |
| $Ca(OH)_2$        |              |               | 2,0 Ton      |              | 2,0 Ton       |
| $NH_4Cl$          |              |               | 2,5 Ton      |              | 2,5 Ton       |
| Anhídrido acético |              |               |              | 432 kg       | 432 kg        |
| $CH_3CH_2OH$      |              |               | 1355 Galones |              | 1355 galones  |
| $Na_2CO_3$        |              |               |              | 2,0 kg       | 2,0 kg        |

producida. Los insumos se identifican y cuantifican, y por lo general se destruyen *in situ*, quedando muchos de ellos depositados en diferentes partes de los suelos del país; esto obedece a que normalmente en las zonas donde se localizan los laboratorios clandestinos hay presencia de grupos al margen de la ley, lo que dificulta las labores de las autoridades judiciales para clasificar, seleccionar, embalar, rotular y transportar los decomisos a sitios seguros. Vale señalar que los procedimientos realizados (vertimientos sobre el suelo y posterior quema a cielo abierto), no garantizan una destrucción total. (Organización de los Estados Americanos, 2003).

### Interacciones entre los insumos químicos y el ambiente

Desde las reacciones químicas es posible predecir el impacto ambiental que la producción ilícita de drogas ejercen sobre suelos y cuerpos de agua en el país, debido a la destrucción inadecuada *in situ* de los insumos químicos y sus remanentes que son incautados en los laboratorios clandestinos, así como los desechos que van quedando en las aguas madre de cristalización en el desarrollo de estas actividades.

### Interacción del permanganato de potasio con el suelo

El permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) es un compuesto químico con un alto poder oxidante que ataca todo lo que es susceptible de oxidación, especialmente la materia orgánica. La materia orgánica presente en el suelo, originada por la descomposición de los seres vivos que mueren y por la actividad biológica de lombrices, insectos y toda clase de microorganismos al entrar en descomposición, genera lo que conocemos como humus, constituido por macromoléculas coloidales como proteínas, azúcares, ácidos húmicos y minerales, factor importante en la fertilidad, conservación y desarrollo de vida en los suelos. Todo este equilibrio dinámico se ve amenazado por la acción de este químico, que al combinarse con

el ácido sulfúrico, le amplifica su poder oxidante, degradando la materia orgánica tal como se muestra en las siguientes reacciones:

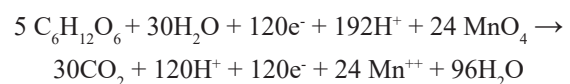
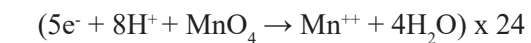
### Reacción química de degradación de la materia orgánica

Para cálculos técnicos, la materia orgánica la podemos representar mediante la molécula de glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) (Mihelcic, 2001).

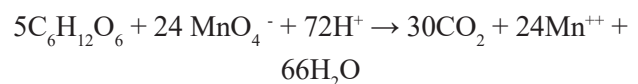
Materia orgánica=



Permanganato de potasio=



Reacción neta=



Del balance de masa de las reacciones de degradación de la materia orgánica se deduce:

Por cada mol de  $\text{KMnO}_4$  vertido al suelo se descomponen  $5 / 24 = 0,2$  moles de materia orgánica, y se generan  $30 / 24 = 1,25$  moles de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Si el peso molecular del  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  es 180 g/mol y el del  $\text{KMnO}_4$  es 158 g/mol, podemos calcular la cantidad de materia orgánica degradada para el año 2013, donde la producción de cocaína base fue de 358 toneladas lo que utilizó 358 toneladas de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ).

Si el consumo de permanganato de potasio para el año 2013 fue de 358 toneladas métricas, se deduce que este insumo se encuentra almacenado en los laboratorio clandestinos anexos al área de procesamiento; en el momento del allanamiento por parte de las autoridades competentes y destrucción por quema a cielo abierto,



gran parte del permanganato puede quedar sin destruir y termina depositado en los suelos y aguas de la zona (Organización de los Estados Americanos, 2003).

Establecer la cantidad real del permanganato vertido sobre los suelos resulta complejo, puesto que los encargados del proceso de producción poco conocen de las cantidades que deben combinarse para obtener lo que finalmente persiguen, y este desconocimiento los lleva al uso sobredimensionado de esta sustancia que muchas veces sobrepasa las cantidades adecuadas. En un año las cantidades de permanganato que se vierten a los suelos como desechos de las aguas madre de producción, unidas a las que se intentan destruir *in situ* pueden alcanzar, e incluso sobrepasar, las usadas para la obtención de 358 T de cocaína al año, lo que nos permite, mediante el balance de masa, realizar el siguiente cálculo.

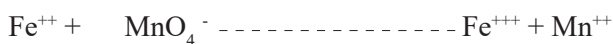
Del balance de masa tenemos:

Toneladas de materia orgánica (M.O)

$$T \text{ (M.O)} = 358 \text{ Ton KMnO}_4 \times 5 \text{ (180 Ton M.O)} / 24 \text{ (158 Ton KMnO}_4\text{)}.$$

$$= 85 \text{ Toneladas (T) de M.O degradada para el año 2013.}$$

De igual manera el permanganato reacciona con el hierro y los cloruros presentes en los suelos, oxidándolos, convirtiendo el primero en hierro férrico no asimilable por las plantas y el cloruro en cloro gaseoso, lo que interrumpe su absorción.



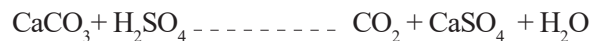
Así mismo tiene un marcado efecto bactericida, por lo tanto puede atacar a las bacterias nitrificantes interrumpiendo la fijación del nitrógeno atmosférico al suelo.

### Interacción del permanganato de potasio con los cuerpos de agua

El permanganato de potasio es considerado extremadamente tóxico para los organismos hidrobiológicos, con dosis letal 50 (DL50) mayor a 1 ppm en 96 horas. El plancton es muy susceptible a su acción oxidante y bactericida, lo que desencadena alteraciones en la cadena trófica que pueden conducir a la extinción de algunas especies acuáticas.

### Interacción de los ácidos sulfúrico y clorhídrico con el suelo

Los ácidos son compuestos químicos capaces de ceder protones, y estos reaccionan con algunos minerales del suelo, modificándolos, entre los que podemos mencionar carbonatos y bicarbonatos.



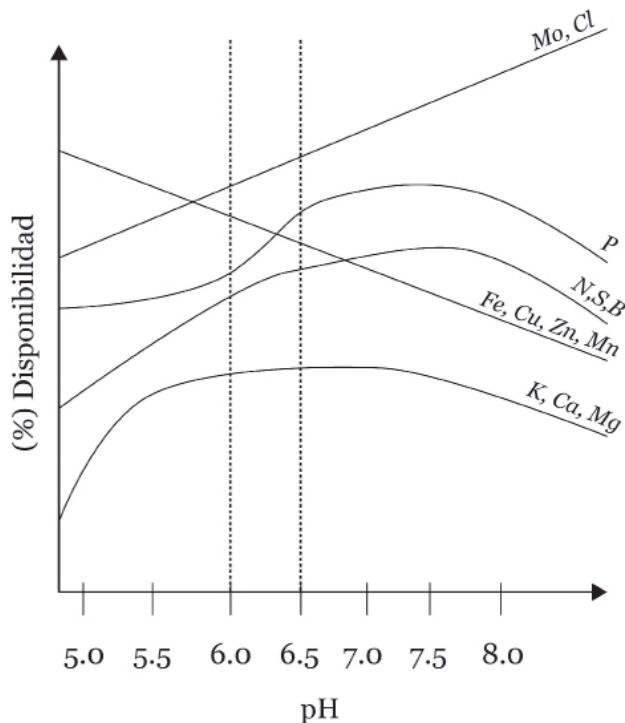
En la reacción con ácido sulfúrico el  $\text{CaCO}_3$  se convierte en  $\text{CaSO}_4$ , compuesto mucho más insoluble que el primero, lo que disminuye la disponibilidad de  $\text{Ca}^{++}$  a las plantas. En la reacción con ácido clorhídrico el  $\text{CaCO}_3$  se convierte en  $\text{CaCl}_2$ , compuesto más soluble que el primero, posibilitando migraciones del  $\text{Ca}^{++}$  a terrenos más bajos. Los ácidos en el suelo producen cambios extremos del pH, alterando la disponibilidad de los nutrientes minerales por parte de las plantas.

Los nutrientes minerales se clasifican en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes; los primeros los constituyen hidrógeno, carbono, nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ), Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), fósforo ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; y  $\text{HPO}_4^{-2}$ ) y azufre ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). El segundo grupo lo compone el cloro ( $\text{Cl}^-$ ), hierro ( $\text{Fe}^{++}$ ), boro ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ), manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ ), zinc ( $\text{Zn}^{++}$ ), cobre ( $\text{Cu}^{++}$ ), níquel ( $\text{Ni}^{++}$ ), molibdeno ( $\text{MoO}_4^{-2}$ ).

Un buen porcentaje de disponibilidad de nutrientes minerales se alcanza a pH entre 6,0 y 7,0, pero se ha demostrado que a valores comprendidos entre 6,0 y 6,5 se obtiene la mayor disponibilidad de la mayoría de nutrientes a las plantas (García, 2010).

Si la concentración de los ácidos en las aguas residuales se encuentran por encima de las concentraciones de las bases residuales, el pH puede modificarse a valores por debajo de 6,0, con las consecuencias ya planteadas y cuyos efectos se pueden observar en la Figura 1.

**Figura 1.** Disponibilidad de nutrientes en las plantas en función del pH.

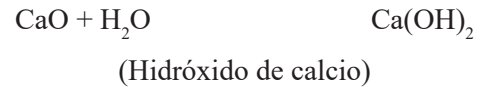


Fuente: García (2010).

### Interacción del hidróxido de calcio e hidróxido de amonio con el suelo

Uno de los insumos que más contribuye con la modificación del pH del suelo es el óxido de calcio (CaO) utilizado en la extracción de cocaína base. Estos desechos, junto con los fragmentos vegetales ya procesados, se vierten directamente sobre el suelo

con grandes cantidades de Ca (OH)<sub>2</sub> puesto que el CaO con el agua se transforma en Ca (OH)<sub>2</sub> según la siguiente reacción:

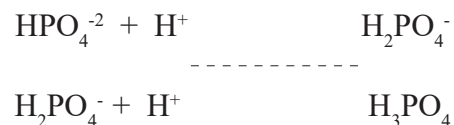


Estos desechos pueden llevar el pH a valores entre 9,0 y 12 convirtiendo los suelos en alcalinos, poco aptos para las actividades agrícolas.

El hidróxido de amonio (NH<sub>4</sub>OH) de igual manera puede cambiar el pH de los suelos a valores alcalinos, mas sin embargo este puede ser convertido por las bacterias nitrificantes a nitratos, aportándoseles a los suelos una sobre carga de Nitrógeno lo que resulta contra productivo para un adecuado desarrollo de las plantas.

### Fósforo

Las estructura iónicas del fósforo H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; y HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> que es como se absorbe, depende del pH; si el suelo es muy ácido, prevalece la forma protonada según las siguientes reacciones:



Esta última estructura (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) del fósforo no es absorbida por las plantas, ya que en esta forma no puede entrar al metabolismo de las mismas. Recordemos que el fósforo es importante en el metabolismo energético (ATP) de las plantas. Estos suelos con marcado carácter ácido el Al<sup>+++</sup>, Fe<sup>++</sup> y el Mn<sup>++</sup> forman complejos insolubles obstaculizándose la disponibilidad de estos cationes. En caso contrario, que las concentraciones de las bases residuales estén por encima de la de los ácidos, el pH predominante será básico, con valor muy por encima de 7,0 lo que precipitaría el aluminio y el hierro.

### Interacción de los ácidos y las bases con las fuentes hídricas

La zona de pH compatible con la vida de los peces se encuentra comprendida entre los valores 5,0 y 9,0; sin embargo para la gran mayoría de las especies este valor se sitúa entre 6,0 y 7,2. Así, los vertimientos de desechos ácidos pueden cambiar significativamente el valor inferior, descendiendo a pH muy por debajo de 6,0; si por el contrario los desechos son de carácter básico, el pH puede subir por encima de 9,0, condiciones en ambos casos no compatible con el desarrollo del plancton y la vida de los peces (Radiar, 2010 ).

### Interacción de los solventes orgánicos con los ecosistemas acuáticos

Entre los disolventes más usados en el procesamiento ilícito de drogas están: acetato de etilo, acetato de propilo, destilados del éter de petróleo, metil-etil cetona, metil-isobutil cetona, kerosene, gasolina y fundamentalmente el disolvente parafínico 1020, cuya composición es la siguiente: aromáticos 0,11 %; parafinas 90,43 %; olefinas 1,15 % y naftenos 11,8 %.

En los ecosistemas acuáticos, el petróleo y sus derivados -especialmente los parafínicos-, retardan la división celular en organismos acuáticos y afectan el crecimiento del plancton. A bajas concentraciones producen anestesia y narcosis, mientras que a altas concentraciones causan daño celular y la muerte. Los naftenos interfieren con los procesos biológicos de la fauna marina como búsqueda de alimento, selección de hábitat y atracción sexual, e incluso los pueden bloquear totalmente (Lilia, 2013).

Según informes de la DEA, el disolvente parafínico 1020 fue uno de los solventes más usados en la década de los 80 y 90 en Colombia ha disminuido, y si bien su consumo ha disminuido, aún se sigue utilizando, por consiguiente los daños ambientales continúan causándose. Estos solventes orgánicos son menos densos e insolubles en agua, lo que les permite

flotar sobre la superficie, impidiendo la solubilidad del oxígeno del aire en el agua.

### Interacción de los solventes orgánicos con el suelo

Un suelo es productivo cuando la combinación entre arena, arcilla y materia orgánica proporcionan el aire y los nutrientes que las plantas absorben a través de sus raíces para su crecimiento y adecuado desarrollo. Los solventes orgánicos, cuando penetran en el suelo, aíslan las raíces en su desempeño para la absorción de oxígeno y nutrientes; entre más pesado sea el solvente, la presión de vapor será menor, lo que magnifica el problema de contaminación, puesto que los más pesados permanecen por tiempos más prolongados en los sitios donde se han depositado.

## Conclusión

El procesamiento ilícito de drogas en Colombia ha causado daños ecológicos por el manejo inadecuado de los insumos químicos decomisados en los laboratorios clandestinos, especialmente en los procedimientos de su destrucción *in situ*, donde la inseguridad de la zona por la presencia de grupos al margen de la ley, han respaldado el aval de todos los procedimientos realizados por las autoridades competentes, desde el vertimiento en suelo hasta la quema a cielo abierto de los insumos líquidos, especialmente los solventes, con las consecuencias ya planteadas desde un enfoque químico y toxicológico.

## Recomendaciones

Si bien a través de las reacciones químicas y los conceptos toxicológicos es posible predecir los daños ecológicos que los insumos químicos usados en el procesamiento de drogas han causado al medio ambiente, solo se podrá hacer un diagnóstico mucho más ajustado a la realidad en el momento que se puedan evaluar sobre el terreno los efectos desencadenados

por estas actividades ilícitas. Esto solo será posible cuando se alcance la pacificación del país, una vez se firmen los acuerdos de paz, y desde luego, se logre el desminado de zonas que fueron protegidas mediante este mecanismo y que hoy día resguardan los laboratorios clandestinos.

Firmada la paz y entrada a la fase de postconflicto, son las instituciones de educación superior, a través de sus programas de formación ambiental, las llamadas a evaluar los daños ecológicos generados, desde luego con el apoyo incondicional de la Policía Nacional, el Ejército Nacional, la Fiscalía General de la Nación, la Procuraduría General de la Nación y todas aquellas instituciones que de una u otra manera ejercieron control sobre estas actividades, puesto que son ellas las que tienen la información sobre localización geográfica de cultivos ilícitos, laboratorios clandestinos allanados, estadísticas de naturaleza y cantidad de insumos decomisados y destruidos.

## Bibliografía

- Censo Cultivos de Coca 2013. 2014. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Gobierno de Colombia
- Datnoff, L. E., Elmer, W. H. y Huber, D. M. 2007. Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota U.S.A.
- Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE). 2008. Impacto ambiental ocasionado por las sustancias químicas, los cultivos ilícitos y las actividades conexas. Disponible en: <http://www.dne.gov.co/?idcategoria=790>.
- Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE). 2008. Plan de Manejo Ambiental (PECIG). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en: <http://www.dne.gov.co/?idcategoria=795>.
- García, M. 2010. Curso de horticultura. Working-paper. Nutrición de plantas. Facultad de Agronomía Centro Regional Sur, Departamento Producción Vegetal. Universidad de la República de Uruguay, Montevideo.
- Lilia A, Albert. 2013. Curso básico de Toxicología Ambiental. Ed. Noriega Editores.
- Mihelcic, J. R. (2001). Fundamento de Ingeniería Ambiental. Limusa Wiley.
- Naciones Unidas. 1987. Métodos recomendados para el ensayo de *cannabis*. Manual para uso de los Laboratorios Nacionales de Estupefacientes. División de Estupefacientes. Viena.
- Naciones Unidas. (1986). Métodos recomendados para el ensayo de cocaína. Manual para uso de los Laboratorios Nacionales de Estupefacientes. División de Estupefacientes. Viena.
- Naciones Unidas. (1986). Métodos recomendados para el ensayo de heroína. Manual para uso de los Laboratorios Nacionales de Estupefacientes. División de Estupefacientes. Viena.
- Naciones Unidas. (1987). Métodos recomendados para el ensayo de opio y morfina en bruto. Manual para uso de los Laboratorios Nacionales de Estupefacientes. División de Estupefacientes. Viena.
- Organización de los Estado Americanos (OEA). 2003. Plan Nacional de Lucha contra las Drogas: Colombia 1998-2002. Problemática de las Drogas en Colombia. Memorias del Seminario 2002.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M.N., Rodríguez, F.J. y J.M. Alfayate, (2005). Contaminación ambiental: una visión desde la Química. Departamento de Química. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. Thomson / Paraninfo, Madrid.
- Rodier J, Legube B, Merlet N. (2010). Análisis del agua. Barcelona: Ed. Omega.
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición. Mineral de plantas. Working-paper, Cátedra de fisiología vegetal, Universidad Nacional de Nordeste, Argentina.