

PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE SUELOS EN UNA INVESTIGACIÓN CRIMINAL Segunda Parte. ANÁLISIS Y EXPERIMENTOS

Por Br. Marvin Javier Dávila Villegas, marvin_liceo05@yahoo.com

RESUMEN

El presente trabajo pretende explicar los conceptos teóricos que se deberían de saber para la investigación de un hecho criminal en donde se haya encontrado en la escena del crimen restos de tierras dejados por el delincuente. Para ello se exponen algunas nociones básicas de ciencias como la Geología, la Edafología, la Química Forense y por supuesto, la Criminalística. En base a los conocimientos proporcionados por dichas disciplinas científicas, se plantea una propuesta de protocolo de investigación forense dividiéndolo en dos partes: la primera, concerniente a algunas consideraciones que se debiesen de tomar en cuenta en la escena del crimen; la segunda, referente a experimentos químico-forenses a desarrollar para hacer el cotejo pericial de las muestras obtenidas.

DESCRIPTORES

Análisis de suelos, cotejo pericial, química forense, protocolo de suelos, peritaje de suelos, análisis criminalístico, análisis forense, protocolo forense, protocolo de tierras

ABSTRACT

The submitted work called “Proposed of Forensic Research Protocol for the Expert Comparison of Soils” is intended to explain the theoretical concepts that you should know for a fact criminal where land remains left by the offender has been found at the crime scene investigation. To do this are some basic notions of science as the Edaphology, the forensic chemistry, geology, of course, the criminal. Based on the knowledge provided by such scientific disciplines, raises a forensic research protocol proposal by dividing it into two parts: the first, concerning some considerations that should take into account at the scene of the crime; the second, concerning chemical-forensic experiments to develop to make expert collation of the samples.

KEYWORDS

Analysis of soils, expert comparison, chemistry forensic, protocol of soils, soil, criminologist analysis, survey forensic, forensic protocol

CAPÍTULO III METODOLOGÍAS, ANÁLISIS Y EXPERIMENTOS EDAFOLÓGICOS ÚTILIZABLES PARA EL COTEJO PERICIAL DE SUELOS, EN UNA INVESTIGACIÓN CRIMINAL

En una investigación criminal, sabiendo que cada escena del crimen es única e irrepetible, pudiera darse la situación en la que se encuentren restos de suelo o tierra que por el Principio de Intercambio de Locard (*siempre que dos objetos entran en contacto transfieren parte del material que incorporan al otro objeto*) hayan sido dejados en la víctima o en lugares u objetos relacionados intrínsecamente con esta. Ejemplo de ello podría ser el caso de que en un hecho criminal a un sospechoso se le haya adherido a la suela de sus zapatos, restos de tierra del lugar de la perpetración del hecho; o si un vehículo imprimió las huellas de sus neumáticos sobre determinada porción de tierra; o si el barro depositado en una escena del crimen fue dejado allí por haberse transportando en los zapatos de un individuo; y así se podrían seguir mencionando infinidad de situaciones en donde el cotejo pericial de tierras se hace indispensable para la averiguación de la verdad.

En apoyo a lo anterior, la química forense Patricia M. Caro (2004) expone un interesante caso que ejemplifica lo que hasta el momento se ha pretendido hacer con este trabajo de investigación y que dada su sencillez sería un desacierto no referirlo:

“(...) caso en el que apareció en las orillas del río Paraná el cadáver de un hombre, hallando un sombrero que pertenecía al mismo, en el patio trasero de una vivienda, alejada de la costa. Dado que no había nada que relacionara al propietario de dicha vivienda con la víctima se quiso saber, a través de un trocito de barro adherido al sombrero, si se podía determinar el lugar en el que se le había dado muerte. Para ello se tomaron muestras de tierra del patio donde apareció el sombrero y de siete lugares de la costa del río, incluyendo el lugar donde apareció el cadáver. Desarrollada la técnica, el cotejo arrojó que la tierra adherida al sombrero se correspondía en todas sus características con la tierra de una de las muestras recogidas en la costa del río, que era un lugar de acceso de canoas de pescadores. Sin dato alguno aún del autor, pasados varios días, una patrulla policial, recorriendo la costa por ese lugar, observó la llegada de una canoa con una persona que al advertir la patrulla se dio a la fuga. Detenida e interrogada se pudo determinar que había sido el autor del crimen y al preguntarle el motivo de la aparición del sombrero en el domicilio de un tercero, afirmó que lo arrojó allí en venganza, porque tenía enemistad con el dueño de la vivienda en cuestión.”[1]

Por lo tanto, para la realización de una investigación criminal de este tipo habría que recurrir a análisis de comparación de esas muestras obtenidas, para determinar si las mismas pertenecen a un equivalente origen, permitiendo así que las averiguaciones las vinculen –los indicios o muestras- a determinado sospechoso. Considerando que el elemento fundamental de estudio es la *tierra* o el *suelo*, los forenses se vieron en la necesidad de echar mano de la Geología para realizar determinados cotejos; y en éste trabajo de investigación, se hizo pertinente reducir el amplio campo de aquella ciencia y recurrir a una derivada de ella, es decir, la edafología, utilizando los procedimientos y

métodos propuestos por ésta para el estudio de la fertilidad de los suelos y aprovechándolos para realizar peritajes de comparación que coadyuvaran al ámbito forense.

Es por lo anterior que se justifica que en el capítulo anterior se hayan expuesto algunas propiedades y características del suelo, las cuales pretendían formar un bagaje de conocimientos teóricos para entender los procedimientos prácticos que en ésta sección –y en la propuesta de protocolo- se realizaran. El objetivo de ello es que el perito o investigador sepa *el por qué* está realizando los procedimientos utilizados y no solo que los realice, sin entender la ciencia detrás de ellos; pero principalmente, que el manejo de la escena del crimen sea el adecuado para no destruir los indicios que se podrían utilizar como evidencias en un juicio.

Dicho lo antes mencionado, a continuación se transcriben una serie de metodologías y experimentos físicos y químicos que la Edafología utiliza para realizar sus análisis de fertilidad y composición del suelo, pero que –como ya se mencionó con insistencia- son susceptibles de ser utilizados para peritajes de comparación forenses.

9. TOMA DE MUESTRAS DE UN SUELO

Según exponen los autores Ma. Desamparados Soriano, Juan Sancho, Ana Verdú *et. Al* (2004) [2] que la toma de muestras de un suelo es un problema complejo debido a la variabilidad de los mismos; ello hace difícil establecer un método totalmente satisfactorio para todos los casos en la toma de muestras.

Así mismo, indican los autores arriba referidos, los detalles de los procedimientos deben quedar determinados en función del propósito con el que se toma la muestra. Ello significaría, entonces, que el propósito de la toma de muestra en un hecho criminal, debe tener en cuenta las variaciones del suelo, el área donde se encuentra la víctima y de qué lugar se obtuvo o se encontró la tierra, por mencionar algunos. Es por esto que tanto en el área agronómica como en el área de la investigación criminal, se debe de comprender la importancia del correcto muestreo del suelo.

9.1 Muestreo de Suelos

Según lo expuesto con antelación y a tenor del juicio de los mismos autores, la mayor parte del éxito del análisis de suelos, tanto como ayuda para utilizar fertilizantes o para cualquier otro uso –entiéndase, por ejemplo, para la investigación criminal– dependen de si las muestras son representativas y de las operaciones adecuadas de manejo.

Antes de continuar describiendo que es el muestreo de suelos es importante mencionar que muchos procedimientos utilizados en la edafología (es decir, aquella ciencia que trata la naturaleza y condiciones del suelo, y su relación con las plantas) se considera que **no son aplicables** para conducir una investigación de índole forense.

Ello es así en virtud de que, por ejemplo, para el muestreo de suelos, se enseña a los estudiantes de las ciencias agrícolas que existen diversos tipos de estos, por ejemplo:

1. *“Muestreo al Azar: (...) Es el esquema más sencillo, y el más usado, y consiste en tomar sub-muestras al azar de todo el campo. Luego se mezclan las sub-muestras para obtener una muestra compuesta que irá al laboratorio. (...)*
2. *Muestreo al Azar Estratificado: (...) éste sistema divide el campo en subunidades dentro de las cuales se toman muestras compuestas al azar. (...) (Atiéndase que en ningún momento se dice que se deban de mezclar las muestras recolectadas como sí se hace, por ejemplo, en el Muestreo al Azar; esto es positivo para lo concerniente a la investigación criminal y forense, pues no existe una contaminación de las muestras.)*
3. *Muestreo de Áreas de Referencia: (...) Involucra la selección de ® pequeña (aproximadamente 1/10 de ha) que se considere representativa del campo que se desea muestrear. (...)*
4. *Muestreo Sistemático por Cuadrículas: (...) Las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones en un sitio ubicado en los vértices o en el centro de la cuadrícula. Se toman varias sub-muestras en el sitio, que luego se mezclan para hacer la muestra que va al laboratorio. (...)* [3]

En virtud de lo anterior, se considera que realizar en una escena del crimen un muestreo de los suelos para compararlos con una muestra recolectada con un indicio real de criminalidad, atendiendo a los procedimientos arriba citados, sería atentar contra el principio de no contaminación de los indicios. Por ejemplo, si en una escena del crimen en donde se encontraron pisadas de zapatos las cuales tenían rastros de tierra estando cerca de un jardín y el investigador hace un *muestreo al azar* con la muestra ya recolectada, destruiría las propiedades particulares de esa tierra –de la pisada- al mezclarlas con las del jardín, pues pudiera ser que las propiedades físicas y químicas de ésta, difieran con las de aquella, provocando que el ulterior cotejo de las muestras de tierra de pisadas en un laboratorio, no coincida con las muestras indubitadas –si se tuviesen- pues se alterarían propiedades del suelo como su color, su textura, su humedad, su pH, etc. Ello sería factible solo en el caso donde no se sepa con exactitud de donde proviene la tierra, en lo que se podría aplicar cualquier de las técnicas de muestreo arriba descritas para establecer el lugar de donde provino la muestra; sin embargo, realizar un peritaje de ésta magnitud ya se volvería un tanto complicado.

Para la defensa técnica –el Abogado que asiste a un sindicado en un juicio o debate- esto sería muy útil al momento de preguntarle a un perito o especialista en escena del crimen, por ejemplo: ¿Podría indicar, señor perito, que tipo de muestreo de suelos utilizó al momento de recolectar los indicios en la escena del crimen? A esto, el perito o especialista podría dar dos respuestas; primero, si contesta que No sabe qué significa la pregunta o No sabe qué es un muestre de suelos, eso ya le daría al abogado defensor un pauta para

solicitarle al honorable Tribunal que no le de valor probatorio en su sentencia al peritaje expuesto por el perito, por no tener la idoneidad que la ley exige para el efecto; segundo, dependiendo que conteste el perito a la pregunta realizada, suponiendo que Sí sabe lo que es el muestreo, eso le permitiría saber al Abogado si lo hecho por aquél está correctamente realizado o no, porque de no ser así, le podría solicitar al Tribunal que tampoco le de valor probatorio al expertaje por haberse contaminado las muestras al momento de su recolección. Es obvio que el Abogado para poder atacar ésta prueba debería de saber algo relacionado a éste campo, ya que de lo contrario estos “pequeños” detalles pasarían desapercibidos.

Después de realizar el muestreo en la escena del crimen, los indicios recolectados se deben de enviar al laboratorio para su análisis físico y químico, y mediante este determinar las características concordantes de las muestras sometidas a su estudio. Sin embargo, debe saberse que el análisis nunca va a superar al muestreo; es decir, si el muestreo se realiza de buena forma, el análisis será bueno, pero si el muestreo no se hace bien, el análisis nunca corregirá estos errores, y las interpretaciones así como las recomendaciones, serán erróneas.

Lo anterior, en el ámbito de la investigación criminal y forense, significaría que si un investigador que con ocasión de un caso deba recolectar muestras de tierra de una escena del crimen para su posterior análisis y no recoge la muestra idóneamente o la contamina (por ejemplo si fuma y deja caer las colillas en el suelo, o si come y bota migas en la tierra, o si utiliza herramientas oxidadas o impertinentes al momento de tomar las muestras, o si no preserva y almacena los indicios de la manera correcta) derivaría en un cotejo pericial inútil, inservible y no determinante, causándole al Estado de Guatemala una pérdida del alrededor de Q.335,000.00 si su peritaje hubiera sido la prueba principal y más contundente que hubiera servido para sentenciar a un procesado, pues esta cantidad es lo que más o menos se gasta en un debate según se expone en un estudio realizado por Olga López Ovando, de Prensa Libre [4].

La forma correcta que se cree debiera de aplicarse en una escena del crimen, al momento de realizar el muestreo se detalla en la PROPUESTA DE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN FORENSE PARA EL COTEJO PERICIAL DE TIERRAS.

10. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Según se entiende de lo expuesto por los autores autores Ma. Desamparados Soriano, Juan Sancho, Ana Verdú *et. Al* “*la muestra natural de un suelo, cuando llega al laboratorio, debe ser acondicionada como fase previa para la realización de los distintos análisis. Las muestras:*

1. *Se extienden para secarse y, posteriormente una vez secas*
2. *Se separan mediante un tamiz los posibles elementos gruesos*
3. *Se prepara la muestra para los distintos análisis químicos y físicos.”*[5]

Entiéndase por tamizado o tamizaje aquel procedimiento de laboratorio consistente en “colar o cernir” los elementos que pasan por el aparato tamizador. Es decir, la sustancia que se someterá al tamizaje pasa por una serie de mallas y filamentos que se cruzan entre sí, dejando pasar solo ciertas partículas de esa sustancia, permitiendo recolectar posteriormente solo el granulado con ciertas características y tamaños que interesan para el experimento que se desarrollará.

Nótese que los autores citados están describiendo los procedimientos que se deben de seguir para la preparación de las muestras de suelos, en estudios edafológicos. Ello es aplicable *parcialmente* a algunos procedimientos utilizados para el cotejo pericial de tierras en casos de índole forense. Ello se considera así pues el secado de las muestras de tierra con medios no naturales –entiéndase secadoras o calentadores- podría destruir algunas características físicas y químicas de la tierra, que con análisis más avanzados no coincidirían al momento de comparar resultados; por eso se dice que son recomendaciones “parciales” las cuales, desde luego, serán totalmente aplicables para otro tipo de análisis, que por su naturaleza si permitan éste tipo de procedimientos.

En concordancia con lo antes mencionado, la fuente citada describe el procedimiento que debe de llevarse para preparar las muestras, siendo éste el siguiente:

Material y Aparatos:

- *Bandejas numeradas para colocar la muestra.*
- *Tamiz de 2 mm de luz.*
- *Martillo de goma o madera, rodillo o molino especial para disgregar los terrones, con una separación entre muelas superior a 1 cm.*

Procedimiento:

1. *Colocar la muestras en una bandeja y disgregar a mano, si es posible, los terrones existentes. Mantener las bandejas al aire hasta que se equilibre su humedad con la del laboratorio. Se sugiere usar guantes pues hacerlo con la mano podría provocar que las sales minerales, aminoácidos, agua y otros compuestos que se encuentran el sudor humano, alteren las propiedades físicas y químicas de las muestras de tierra.*
2. *Durante la desecación disgregar a mano los terrones existentes. El desprendimiento de polvo es un indicio de haber logrado este equilibrio.*
3. *Pesar la muestra con una aproximación de 1 g.*
4. *Disgregar mecánicamente los terrones madera, rodillo o molinillo especial mediante un martillo de goma o Tamizar la totalidad de la muestra por un tamiz de 2 mm de luz.*
5. *Recoger la porción que haya pasado por el tamiz en un recipiente. Esta fracción se denomina tierra fina seca al aire (TFSA).*
6. *Efectuar un nuevo tamizado con la fracción que no pasó por el tamiz en una pileta, (...), hasta observar que los elementos gruesos quedan limpios.*
7. *Secar (...) al aire y pesarlos con aproximación del gramo.*

Cálculos:

- *Porcentaje de elementos gruesos* $= \frac{P'}{P} \times 100$
- *Tierra fina seca al aire* $= \frac{P - P'}{P} \times 100$

Donde:

P' = peso en gramos de los elementos gruesos

P = peso en gramos de la muestra.” [6]

11. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE SUELOS EN EL LABORATORIO

A continuación se hace referencia a una diversidad de análisis físicos y químicos que se pueden llevar a cabo para examinar las diversas propiedades que los suelos pueden tener. Hay que recordar, como se ha venido mencionando a lo largo de éste trabajo de investigación, que estos estudios se usan principalmente en la ciencia que trata la naturaleza y condiciones del suelo, y su relación con las plantas, es decir, en la edafología. Sin embargo, por su simplicidad son susceptibles de utilizarse en un peritaje de comparación de suelos derivados de una investigación criminal, porque al fin y al cabo el objeto de estudio es el mismo: la tierra. Obsérvese que la PROPUESTA DE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN FORENSE PARA EL COTEJO PERICIAL DE TIERRAS incluye tácitamente algunos de los procedimientos que a continuación se transcriben.

11.1 Determinación del Color del Suelo:

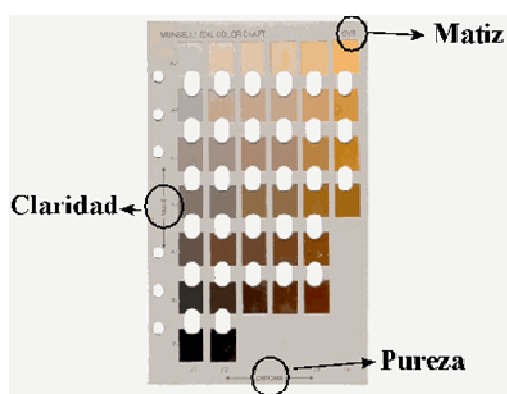
Anteriormente se abordó lo referente a esta propiedad física del suelo; ahora, tomándose como referencias algunos experimentos realizados en cursos de Edafología de la Universidad Rafael Landívar, se propone para su estudio la utilización del **Sistema Munsell**. Para entender mejor en qué consiste éste, Francisco Ovalle de la Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela indica que: “*El Sistema Munsell, describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas: matiz (Hue) que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad (Value), el cual indica la luminosidad o oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro; y pureza (Chroma), que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del espectro.*”

Este (...) sistema es el utilizado en los estudios de suelos para la determinación del color; para ello se emplea la tabla de colores Munsell (Munsell Color Co., 1980). Estas tablas incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, se utilizan para describir el color de rocas, suelos, plantas, entre otros. En suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (Hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o “chips” diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (Value) y la pureza (Chroma). Las divisiones de claridad (Value) se presentan en

sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (Chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha.

El matiz (Hue) se expresa en una escala angular con un arco de 3,6° para cada hoja, se basa en cinco matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P); así como los cinco matices combinados de los anteriores (YR, GY, BG, PB y RP), cada uno de los matices tiene diferentes tonalidades que se especifican mediante números entre cero (0) y diez (10) colocados antes de la letra correspondiente.. La claridad (Value) y pureza (Chroma) se expresan en una escala lineal con una relación de 2,5:1” [7]

Figura No.1. Sistema Munsell de colores



Fuente: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela

Se podría seguir indicando infinidad de formas de interpretar el color, según la tabla descrita con anterioridad; sin embargo, se considera que para efectos de una investigación forense y un cotejo pericial de tierras, basta con unificar criterios para definir el color exacto de la tierra que se observa. Ello se menciona pues en reiteradas prácticas en laboratorios de Química Forense de la Universidad Rafael Landívar, precisamente tratando de hacer éste tipo de análisis, para algunos estudiantes una muestra podía tener un color oscuro, mientras que para otros, uno claro, volviendo subjetiva la observación. En virtud de ello es que se propone la utilización de dicha tabla para que los criterios de observación se unifiquen y sean objetivos.

Aclarado lo anterior, se procede a transcribir el procedimiento que como se mencionó con anterioridad, se enseña en algunas clases de Edafología de la Universidad Rafael Landívar, para hacer la determinación del color de los suelos:

“Material y Aparatos:

- *Carta Munsell*
- *Placa de porcelana*
- *Piceta con agua*
- *Muestras de suelos*

Procedimiento:

1. *Llene uno de los huequitos de la placa de porcelana con la muestra de suelo seco.*
2. *Compare el matiz dominante (hue) de la muestra con los diferentes matices que ofrece la tabla Munsell.*
3. *Seleccione en la carta el matiz más representativo del que existe en el suelo estudiado.*
4. *A continuación proceda a identificar brillo e intensidad presentes en la muestra seca. Para ello compare los colores impresos con el suelo, aprovechando los orificios existentes debajo de cada uno de los colores de la hoja de la tabla.*
5. *Anote la clave del color (hue value/chroma) y con la misma refiérase a la página que se encuentra a la izquierda de los colores; localice y anote el nombre común del color del suelo. (Acá el catedrático se refiere a una tabla que compara las tonalidades de color dadas por Munsell, y basado en ello define o clasifica un tipo determinado de suelo. Esto aunque podría servir para la investigación criminal y forense, desde luego es más aplicable a cuestiones de edafología, en virtud de que como se acotó anteriormente, lo principal de determinar el color del suelo, utilizando éste procedimiento, es que los investigadores unifiquen criterios y los vuelvan objetivos.)*
6. *Después humedezca la muestra de suelo con algunas gotas de agua y determine su color en húmedo. Recuerde, si la muestra está mojada brilla. Debe estar húmeda. (Esto, se considera que no se debiera de realizar a menos que se tengan suficientes cantidades de muestras dubitadas e indubitadas para hacer el análisis, pues si no es así y se agrega agua a los indicios, éstos podrían variar algunas de sus propiedades físicas y químicas.)*
7. *En ambas determinaciones se debe reportar si fue en seco o en húmedo.*

Precaución:

- a) *En el campo la determinación en seco se puede hacer si es obvia la condición de sequedad del suelo. De otra forma, es mejor reportar el color solamente en húmedo.*
- b) *Las determinaciones de color deben hacerse con buena iluminación, de preferencia con luz solar.*
- c) *La determinación de color se puede efectuar luego de dos horas de salido el sol y hasta dos horas previas al crepúsculo.”*

11.2 Determinación de la Humedad del Suelo:

De lo expuesto por los autores Ma. Desamparados Soriano, Juan Sancho, Ana Verdú *et. al* , se entiende que mediante la determinación de la humedad del suelo, se conoce el agua absorbida por éste a expensas de la humedad atmosférica. En ese sentido, corresponde al agua higroscópica que se encuentra formando una delgada película alrededor de las partículas del suelo, está enérgicamente retenida por éstas, y no es absorbible por las raíces de las plantas. El agua higroscópica se elimina calentando la muestra en estufa a 105°C. [8]

Obsérvese que realizar este procedimiento de forma literal, es decir, secando por medios físicos la tierra, sería contradecir lo que se ha estado explicando en relación a que es

preferible que el secado de las muestras de tierra sea dejándolas al ambiente, al aire, de forma natural. Sin embargo, se considera que éste procedimiento podría realizarse solo si se tienen cantidades considerables de muestras recolectadas, tanto de la indubitada –de la que se conoce su procedencia- como de la dubitada –de la que se desconoce su procedencia-, ya que ésta sería lo que se conoce como una *prueba destructiva* es decir, que no se puede volver a hacer algún otro análisis sobre lo examinado.

Ésta situación es muy difícil que suceda en un caso de la vida real –pero no imposible- porque regularmente la cantidad de tierra obtenida para el peritaje es ínfima y limitada, pero dado que cada escena del crimen es única e irreplicable, todo puede suceder.

“Material y Aparatos:

- *Estufa de desecación con regulación de temperatura hasta 105°C.*
- *Desecadores.*
- *Recipientes que pueden ser cápsulas de porcelana.*

Procedimiento:

1. *Colocar una muestra representativa del suelo en un recipiente adecuado previamente tarado. Es deseable, siempre que sea posible, tomar al menos una muestra de 25 g.*
2. *Pesar y secar, sin tapar, hasta peso constante en una estufa a 105°C.*
3. *Poner a enfriar el recipiente tapado en un desecador y pesar de nuevo.*

Nota: Por “tarar” debe entenderse aquel procedimiento que se hace cuando se desea obtener la masa de una sustancia sin que esta se vea alterada por otros instrumentos o factores. Es decir, por ejemplo, se coloca un porta objetos o vidrio de reloj en la balanza analítica –esto obviamente producirá que la balanza mida la masa de la herramienta en la que se colocará la tierra tamizada- y al presionar el botón “tare” se le indica a la balanza analítica que haga caso omiso de la masa de la herramienta que tiene colocada en su superficie dejándola a 0.0g. Entonces se procede a echar el tamizaje realizado en el porta objetos o vidrio de reloj, o el material utilizado para contener la muestra en la balanza, y eso permitirá que la balanza exprese la masa exacta de la muestra sometida a medición, no teniendo que hacer posteriores restas de la masa del instrumental usado.

Cálculos:

- *Calcular el contenido en humedad expresado en porcentaje:* $\% \text{ humedad} = \frac{P - P'}{P} \times 100$

donde:

P = peso en gramos de la muestra de suelo.

P' = peso en gramos de la muestra de suelo seco.” [9]

11.3 Determinación de la Densidad Real del Suelo

Los autores citados con anterioridad, señalan que la densidad real (D_r) de un suelo “*es la relación que existe entre la masa de las partículas sólidas y el volumen ocupado por las mismas*”; es decir, se excluye el volumen ocupado por los poros que hay entre las partículas. La masa de las partículas sólidas se determina por pesada y su volumen se calcula a partir de la masa de agua, que es desplazada por la muestra de suelo [10].

“Material y Aparatos:

- Matraz aforado de 25 cc o 50 cc.
- Balanza analítica.
- Horno
- Vaso de precipitados.

Procedimiento:

1. Pesar el matraz aforado, limpio y seco al aire, con su tapón, sea P_1
2. Añadir unos 10 gr de suelo seco al aire, y tamizarlo por un tamiz de 2 mm de diámetro, tapar y pesar, sea P_2 .
3. Adicionar agua hasta un poco más de la mitad del matraz arrastrando las partículas que queden adheridas al cuello.
4. Introducir el conjunto en un baño maría hirviendo, durante unos minutos y agitar bien para expulsar el aire ocluido entre las partículas.
5. Enfriar a temperatura ambiente, añadir agua destilada hervida y fría, hasta el enrase.
6. Tapar y secar bien exteriormente el recipiente.
7. Pesar el conjunto, sea P_3
8. Limpiar de nuevo el matraz aforado, secarlo y llenarlo de agua destilada hervida y fría, hasta el enrase y secar exteriormente.
9. Pesar el conjunto, anotando la temperatura del aforado, sea P_4 .

Cálculos:

$$D_r = \frac{\text{masa sólido}}{\text{volumen sólido}} \times \rho_a$$

Donde:

$$\text{Masa sólido} = P_2 - P_1$$

Volumen sólido = volumen total - volumen no ocupado por el sólido

$$\text{Volumen total} = P_4 - P_1$$

$$\text{Volumen no ocupado por sólido} = P_3 - P_2$$

ρ_a = densidad del agua a la temperatura de la experiencia.

Por tanto:

Volumen sólido = $(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)$ y de ahí:

$$D_r = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)} \times \rho_a \quad \text{o bien} \quad D_r = \frac{P_2 - P_1}{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_4)} \times \rho_a$$

Los resultados se deberán expresar en g/c.c ó g/mL.” [11]

11.4 Determinación Cualitativa de la Textura del Suelo

Este procedimiento, según la fuente citada con antelación, está basado en las propiedades de la arcilla, de la arena y del limo del suelo, y lo que se hace es manipular el suelo en su punto de adherencia.

“Material y Aparatos:

- Placa de vidrio
- Espátula metálica.
- Vaso de precipitados de 100 cc.
- Agua destilada.

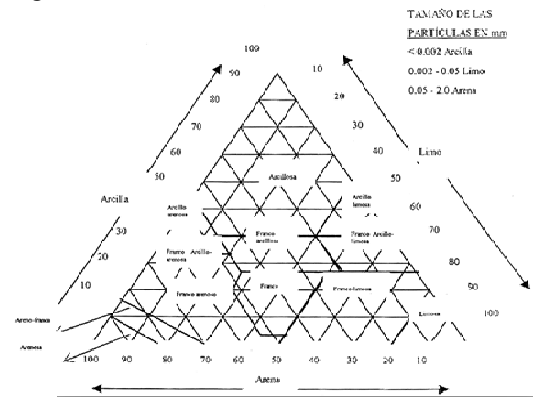
Procedimiento:

- Sobre una placa de vidrio deslustrado se humedece una porción de tierra, hasta alcanzar el punto de adherencia, trabajándola primero por compresión y rodamiento para formar filamentos. La clase de textura de un suelo se define con arreglo a la tabla que aparece a continuación.

Figura No. 2. Determinación gráfica de la textura

Tabla 1: Determinación cualitativa de la textura.

	Arenoso	Arenoso - limoso	Limoso	Arcilloso
Pueden formarse filamentos de 3 mm de ϕ	NO	SI	SI	SI
En caso afirmativo, pueden enrollarse estos filamentos en anillos sin resquebrajarse ni romperse cuando el filamento tiene una longitud de 10 cm.	-	NO	NO	SI
Pueden formarse fácilmente filamentos de 1 mm de ϕ (eliminando la arena gruesa a simple vista).	-	NO	SI	SI



Fuente: MA. DESAMPARADOS SORIANO, JUAN SANCHO, ANA VERDÚ, *et. al*

Observaciones:

Se dice que la tierra alcanza el punto de adherencia cuando el contenido en agua por pérdida paulatina de fluidez es el estrictamente preciso, tal que la masa no se adhiere a la mano (no mancha). En tal caso es posible cortar la masa con la espátula dejando el corte limpio. Los ensayos deben repetirse varias veces, poniendo en cuidado en que la humedad no sea excesiva ni deficiente.

En los suelos análogos en que la fracción arcillosa es de la misma constitución pueden lograrse clases texturales intermedias, ya que la plasticidad y la cohesión dependen del contenido de arcilla, teniendo en cuenta la mayor o menor facilidad de formar filamentos, así como la propiedad de resquebrajarse más o menos los anillos.” [12]

11.5 Determinación del Poder Retentivo del Agua del Suelo:

Como indican Ma. Desamparados Soriano, Juan Sancho, Ana Verdú *et. al*, el poder retentivo de un suelo es la cantidad de agua que puede retener éste, después de perder el agua de gravitación.

“Material y Aparatos:

- *Balanza.*
- *Vaso de precipitados.*
- *Embudo de vidrio.*
- *Papel de filtro.*

Procedimiento:

1. *Pesar un embudo de vidrio con un pequeño embudito de papel mojado adherido a éste (P_1).*
2. *Poner tierra sobre el embudo y pesar de nuevo el conjunto (P_2).*
3. *Adicionar agua con cuidado, empapar bien la tierra con el agua y dejar escurrir.*
4. *Secar el extremo inferior del embudo y pesar el conjunto (P_3).*

Cálculos:

$$\% \text{ poder retentivo} = \frac{P_3 - P_2}{P_2 - P_1} \times 100$$

Donde:

$P_2 - P_1 = \text{Peso de la tierra}$

$P_3 - P_2 = \text{Peso del agua retenida.}” [13]$

Recuérdese que, como se ha insistido reiteradas veces, los experimentos que conlleven la utilización o agregación de sustancias adicionales a las simples muestras, se podrán realizar solo si se tiene la suficiente cantidad de las mismas, pues constituirían pruebas destructivas de las cuales no se podría volver a hacer otro tipo de análisis por la alteración de las propiedades.

11.6 Determinación de la Acidez (pH) del Suelo:

Ya se explicó en capítulos anteriores lo que significa la Acidez o pH en las sustancias químicas y particularmente en lo relativo al suelo. Así pues, el experimento propuesto para determinar esta propiedad química de la tierra consiste en:

“Material y Aparatos:

- *Potenciómetro y electrodos de vidrio*
- *Vasos de 100 mL.*
- *Varillas agitadoras o agitador magnético.*

Procedimiento:

1. *Pesar 10 g de suelo y añadir 25 mL de agua destilada.*
2. *Agitar vigorosamente con varilla o agitador mecánico.*
3. *Dejar reposar durante 30 minutos.*
4. *Ajustar la posición de los electrodos en el soporte de manera que, cuando desciendan en el vaso, el electrodo de vidrio se sumerja bien en la parte parcialmente sedimentada de la suspensión y el electrodo de calomelanos quede en la solución-suspensión sobrenadante para que se establezca buen contacto eléctrico a través del capilar del puente salino.*
5. *Agitar la suspensión inmediatamente antes de introducir los electrodos, pero no durante la medida.*
6. *Medir el pH de acuerdo con las instrucciones específicas del potenciómetro, utilizando una solución tampón de pH próximo al del suelo.” [14]*

Se sugiere que cada vez que se haga un procedimiento con el potenciómetro, la punta de éste que es la que entra en contacto con la solución se seque bien; esto se menciona porque al realizar éste experimento se pudo notar que cuando la boquilla del potenciómetro se lavaba “para no contaminar las muestras” y no se secaba bien, si se volvía a poner el potenciómetro para realizar el análisis, los resultados dados originalmente no coincidían con los segundos. Esto se debe a que cada vez que se dejaban residuos de agua con la que se había limpiado el potenciómetro y éste se volvía a introducir en la solución, el agua se mezclaba con ésta y la lectura final del pH variaba; es decir, nunca se dieron resultados exactos y coincidentes.

11.7 Determinación de la Conductividad Eléctrica de Soluciones del Suelo

Según se de lo expuesto por los científicos citados, la determinación de la conductividad eléctrica se utiliza normalmente para indicar la concentración total de componentes ionizados en las soluciones. En ese sentido, las sales solubles en el suelo determinan la

presencia en solución de una serie de combinaciones de los cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio; y de los aniones: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc. [15]

Así mismo, continúan exponiendo, el valor de la conductividad está relacionado con la suma de los cationes (o aniones) y en general tiene correlación con los sólidos totales disueltos.

El agua que contiene sales disueltas del tipo que normalmente se encuentran en el suelo, conduce la corriente eléctrica, aproximadamente en proporción a la cantidad de sal disuelta. Por lo tanto, la medida de la conductividad dará la concentración total de los constituyentes ionizados; así pues, la determinación de la conductividad eléctrica de una solución, se realiza midiendo la resistencia eléctrica entre dos electrodos paralelos sumergidos en la solución. Debido a que la conductividad de soluciones acuosas aumenta con la temperatura, se deberá referir siempre a 25°C. [16]

“Material y Aparatos:

- *Conductímetro.*
- *Agitador.*
- *Vaso de precipitados de 100 mL.*
- *Embudos y filtros.*

Reactivos:

- *Hexametáfosfato sódico al 0.1 %.*
- *Cloruro potásico 0.01 N. Disolver 0.7456 g en un litro. Esta solución tiene una conductividad de 0.0014118 mho/cm a 25° C.*
- *Agua destilada.*

Procedimientos:

1. *Se pesan 10 g de suelo seco al aire.*
2. *Se añaden 50 mL de agua destilada y se agita durante media hora en agitador mecánico o, en su defecto, a intervalos regulares con una varilla de vidrio.*
3. *Filtrar la suspensión a través de un papel de filtro.*
4. *Añadir una gota de hexametáfosfato sódico al 0.1 % por cada 25 mL de filtrado, para evitar la precipitación de C_aCO_3 . El extracto así preparado se denomina extracto 3 suelo-agua 1/5.*
5. *Para determinar la conductividad eléctrica se llena la celda conductimétrica con el extracto de suelo. La mayoría de las células tienen una marca que indica hasta donde tiene que llenarse o sumergirse. Se lee la resistencia R25 a 25°C y, conociendo la constante K de la celda, se puede saber la conductividad del extracto.*
6. *Una vez efectuada la lectura se lavará el electrodo con agua destilada.*

Cálculos:

Una vez realizada la medición, se deberá referir a 25°C, para ello se utilizará la tabla de corrección de los datos a la temperatura de ello de 25°C, convirtiendo así los valores de conductividad a 25°C.” [17]

CAPÍTULO IV PROPUESTA DE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN FORENSE PARA EL COTEJO PERICIAL DE TIERRAS

Para la realización de éste protocolo se consultaron diversas fuentes de textos científico-forenses, de agronomía y de experimentación propia en los laboratorios de Química Forense de la Universidad Rafael Landívar. Combinando dichos recursos se propone una sucesión precisa y circunstanciada de procedimientos que a criterio del autor de éste trabajo de investigación se deberían de seguir en una escena del crimen. Entiéndase éste como el objetivo de los protocolos forenses; es decir, hacer una “receta” de pasos que el perito **debe y tiene** que seguir, dependiendo de las circunstancias en la escena del crimen, para obtener resultados estándares, fiables y vinculantes para la resolución de una investigación criminal, en donde no se tiene la oportunidad de cometer errores, ya que ello podría significar el éxito o el fracaso en una investigación.

Dicho lo anterior, el presente protocolo se desarrolla dividiéndolo en dos partes: 1) en la escena del crimen; es decir, desde que el investigador llega a ella hasta que remite los indicios al laboratorio; y 2) después de la escena del crimen; es decir, cuando esos indicios embalados son recibidos en el laboratorio para su análisis forense.

Obsérvese que no se desarrolla una fase previa al llegar a la escena del crimen –la que podría consistir en la preparación del instrumental a usar-; ello es así porque el especialista en escena del crimen por lo regular no sabe en qué circunstancias encontrará la escena del crimen y mucho menos que tipo de indicios hallará, porque cada escena del crimen es única y diferente. Además recuérdese que por esta misma variedad de circunstancias, algunos pasos de éste protocolo podrían no aplicarse.

12. EN LA ESCENA DEL CRIMEN

La recolección de indicios de suelos o tierras en una escena del crimen dependerá de las circunstancias en las que se llevó a cabo el ilícito. Por lo tanto, si la escena del crimen es **cerrada**, la recolección de muestras será distinta a si la escena es **abierta** o si es **mixta**.

1. Al ver las circunstancias en las que se encuentra la escena del crimen, el investigador deberá corroborar que tenga el instrumental necesario que cree que necesitará para **detectar, fijar, recolectar, identificar y embalar** la escena del crimen. el tipo de los indicios que crea utilizará.

Aunque ésta podría ser una etapa “previa o antes” de la escena del crimen –es decir, verificar el instrumental a usar- estando allí, si la escena es **cerrada** deberá buscar huellas latentes utilizando los polvos que para el efecto se necesiten y considerando las superficies en las que las mismas se hallen. Si la escena es **abierta**, posiblemente no exista la oportunidad de buscar huellas latentes -probablemente si- pero dependiendo de la situación y del ilícito cometido, deberá llevar test rápidos para la detección de fluidos serológicos, como por ejemplo, sangre, semen, etcétera, utilizando leucomalaquita verde, fenolftaleína, luminol, reacción de Adler, fosfatasa ácida, etc., constituyendo *tests* presuntivos.

Así como cinta adhesiva para el levantamiento de huellas –si las hubiera- lámparas de distintos colores, plumeros, soportes, guantes, mascarilla, cámara de video, cámara de fotos, y material para embalar indicios (bolsas de plástico, bolsas de papel, recipientes plásticos estériles, hisopos, etc.)

2. Al llegar a la escena del crimen, fotografíarla en el estado en que se encuentre; realizando tomas panorámicas con la técnica de la “X”; así como fotografiar a los “curiosos” que se encuentren en el lugar, porque la práctica ha demostrado que algunos criminales permanecen en la escena del crimen, ya sea para ver cómo se desarrolla la diligencia, ya sea para gozar de su comisión delictuosa. Tomar en cuenta que se deberá documentar y procesar inmediatamente aquellos indicios que por su naturaleza se puedan destruir o perder rápidamente; es decir, que sean perecederos.
3. Tomar nota de cualquier detalle que pueda contribuir a la investigación; por ejemplo, placas de unidades de apoyo, como policías, bomberos y los responsables procedimiento, así como otros detalles de interés.
4. Dependiendo de si la escena es **abierta, cerrada o mixta**, se deberá seleccionar la técnica adecuada para el rastreo de indicios y para entrar a ella, por ejemplo, la técnica de la parrilla, cuadrícula, espiral, solo por mencionar algunas; así como numerar los indicios encontrados.
5. Teniendo todos los indicios que se hayan podido encontrar debidamente numerados, volver a fotografiar la escena del crimen, con tomas panorámicas, planos intermedios, planos cercanos y “*close-up's*” los indicios hallados; utilizando para estos últimos, un testigo métrico.

Si los indicios son tierra o suelo:

6. Realizar la planimetría forense o croquis de la escena del crimen; delimite las áreas y para ello recorra el lugar –atender a las instrucciones del coordinador del grupo de especialistas en escena del crimen, sobre dónde y cómo caminar, para no contaminar la escena- y haga un croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, en cuanto al **tipo de suelo, apariencia física y clase**; donde ubique los detalles más importantes del lugar como lo son partes altas o bajas, planas o inclinadas, **coloración** del suelo, si es **arenoso, arcilloso o limo**, vegetación alta, media o baja.

7. Recolecte la muestra de tierra directamente de donde se encuentre y si la situación lo amerita o la escena del crimen es muy grande, haga un **muestreo al azar estratificado** o **selectivo** e identifique (nombre, fecha, lugar, hora y lugar donde se recolectó la muestra) debidamente cada recipiente y coloque en el croquis, el lugar donde se recogió la muestra.

En caso de ser amplia procure tomar siempre en forma separada, muestras de áreas en las que usted considere podría haber pasado el malhechor, pero nunca mezclar las muestras recolectadas y tampoco utilice dos veces el equipo porque se podrían alterar las propiedades físicas y químicas de cada muestra.

Previo a recoger las muestras:

8. Atiéndase que no se deberá de usar palas o cualquier otro instrumento de labranza para recolectar las muestras de tierra, prefiriendo utilizar una chuchara (o si situación lo amerita, una aspiradora con papel filtro).
 - a. Verificar que el instrumental utilizado para recolectar las muestras de suelo esté debidamente esterilizado y en buen estado; es decir, que no se encuentre oxidado; esto pues si se utiliza una cuchara oxidada –por ejemplo- la transferencia de las partículas del óxido a la tierra, podría originar que la composición química de ésta varíe por producto de una oxido-reducción, arruinando así la muestra; caso similar sucedería si la cuchara se encuentra húmeda pues el agua en ella podría variar el **pH** de la muestra original. De preferencia que sea de madera o plástico la cuchara a utilizarse.
 - b. Utilice solo una vez la cuchara o instrumento con el que recolectara la o las muestras; nunca lo reutilice porque podría contaminar y alterar las propiedades físicas y químicas de las otras muestras recolectadas. (Recordar el *principio de transferencia* de Locard.)

Al recoger las muestras:

9. Al recoger las muestras e introducir las en un recipiente plástico con poros, solo tome la tierra que se encuentra en la superficie del terreno (si es escena abierta) o recójala directamente del piso (si es escena cerrada).
 - a. La excepción a la regla anterior es en casos en los que se haya sepultado a la víctima, en donde las muestras se deben tomar cada 1 pulgada (cada 3 centímetros); además de ello se deberá recolectar muestras del fondo del agujero o sepulcro después del retiro de los restos de la víctima. Esto es así porque recuérdese que en virtud de **los perfiles del suelo**, la composición química y física de la tierra podría variar a tan solo unos pocos centímetros de la superficie, originando así inutilidad de la muestra recolectada si solo se toma de un área específica.
10. Coloque una muestra de referencia en un frasco o frascos plásticos con poros (dependiendo del número de muestras tomadas; nunca las mezcle y trate de no destruir

la **textura** original de la tierra, pues esta se deberá observar con un microscopio y un estereoscópio en el laboratorio) o en bolsas plásticas con poros o de madera. Se hace hincapié en los “poros” puesto que si la muestra está húmeda, la “no respiración” de la materia orgánica afectaría en la composición físico-química de la tierra. En dado caso, si no se tienen bolsas o recipientes plásticos con poros, **espere** a que la muestra se seque al aire libre; es decir, en condiciones naturales; no utilice otro medio artificial porque el calentamiento también podría degradar la composición de la muestra, provocando **resultados inconcluyentes**.

- a. Las muestras de referencia deben ser de alrededor de una cuchara de sopa o de cerca de 1 centímetro. (Esto suponiéndose que se tiene la suerte de tener suficiente cantidad de tierra para recolectar. Por otra parte, las muestras de referencia son ejemplares del suelo de lugares en los que el sospechoso o la víctima pudieron haber estado.) Así mismo, dependiendo de la escena del crimen, tome muestras de referencia de los alrededores quizás incluyendo jardines, puntos de la entrada y salida al tipo de escena donde se desarrolla la diligencia y las localizaciones de la coartada.
 - b. Si se tiene un vehículo el cual posiblemente se utilizó para lo comisión del hecho, recolecte muestras de tierra del interior de el, específicamente de las alfombras, de los pedales, de las loderas y llantas del mismo. Sea precavido al no destruir y extraer intactos los terrones de tierra formados en las loderas pues en ellos se asentaron distintas capas de tierra, producto de los lugares donde circuló el vehículo y la tracción de sus neumáticos. Éstas muestras obligatoriamente deberán ir en un recipiente plástico para que no se dañen ni se rompan, además es conveniente que se halle la forma de inmovilizar la muestra; es decir, que esta no se mueva en el recipiente, para que como consecuencia del transporte no se rompa.
 - c. De encontrar palas, piochas o cualquier otro instrumento utilizado para cavar una fosa –en caso de haber sepultado a una víctima- recolecte muestras de las herramientas, además de embalar y remitir el objeto, por ser éste transportable.
 - d. Si los terrones del suelo se mancharon con sangre, semen u otras muestras biológicas, se debe de recoger la muestra intacta y transportarlas al laboratorio como muestras secas. Cualquier muestra que contenga material biológico como sangre, tejidos, músculos, huesos, semen o pelos, debe ser etiquetada claramente de modo que el analista en el laboratorio pueda tomar las precauciones al respecto.
11. Sellar el frasco o bolsa (o frascos o bolsas) de manera segura.
 12. Etiquetar los recipientes haciendo constar la fecha, la hora, el lugar exacto de la recolección y su localización en el croquis, el nombre de los investigadores y recolectores, y el número del caso.
 13. Refrigerar las muestras tan pronto como sea posible. La temperatura de refrigeración deberá mantenerse a aproximadamente 4°C hasta el análisis; el mismo que deberá de realizarse a la brevedad.

14. Fotografíe las muestras recolectadas y el lugar de donde fueron extraídas; además, documéntelas.
15. Embale y etiquete todas las muestras cuidadosamente; recuerde que los analistas en el laboratorio no tienen el conocimiento de primera mano de la escena y las circunstancias de la colección.
 - a. Empaquete los objetos movibles (tales como ropa, calzado, neumáticos, herramientas, y en general, cualquier objeto donde se hayan encontrado rastros de tierra) para protegerlos contra la pérdida de suelo o tierra.
16. Verifique y firme la cadena de custodia de todos los indicios recolectados en el procesamiento de la escena del crimen.
17. Remita los indicios al laboratorio, para su análisis.

13. EN EL LABORATORIO

Habiendo recibido los indicios recolectados en la escena del crimen, se procederá, en el laboratorio, a realizar la siguiente propuesta de procedimientos. Recuérdese que como se indicó en el apartado anterior, lo que a continuación se describe es producto de la consultoría de diversidad de fuentes de referencias y de la experiencia propia adquirida en el laboratorio de química forense, de la Universidad Rafael Landívar.

Además, éste procedimiento se complementará en algunas partes de conformidad con el “Manual de Laboratorio de Química CRIMFOR”, desarrollado por la Ingeniera Lisbeth Carranza específicamente para la carrera del Técnico Universitario en Investigación Criminal y Forense de la Universidad Rafael Landívar.

13.1 Análisis Físico-Químico de Muestras de Tierra, utilizando: Microscopio, Estereoscopio, Gradiente de Densidad, Espectrografía de Emisión y Espectrofotometría Infrarroja

Objetivos y Resumen del Método:

Como se ha estado mencionando reiteradas veces, la tierra se puede encontrar como evidencia en diversidad de situaciones en una escena del crimen; por ejemplo, si el hecho se cometió en el exterior y el sospechoso estuvo conduciendo un vehículo o caminando en áreas no pavimentadas; entonces, por el principio de transferencia se podrán observar distintas trazas o restos de la tierra donde él o el vehículo estuvo posicionado.

Este tipo de crímenes se puede observar principalmente en casos de escalamiento, homicidios, violaciones y accidentes de tránsito. La tierra se puede adherir a zapatos (suela, grietas, costura), ropa (pantalón, media, camisa) y vehículos (chasis, parachoques, loderas, llantas, etc.).

El método que se presenta a continuación describe los procedimientos (el protocolo) para efectuar el análisis forense de muestras de tierra y hacer el cotejo respectivo, determinando así la coincidencia de las muestras sometidas al estudio y que ello ayude a vincular a determinado sospechoso con su víctima. Así pues, éste método incluye la inspección y estudio microscópico de las muestras para observar las propiedades físicas del suelo; el sometimiento de la misma al tubo de gradiente de densidad, para determinar la distribución de sus partículas; la espectrografía de emisión atómica, para comparar la composición elemental de las muestras sometidas a análisis, y de ser positiva esta prueba y habiéndose observado residuos de materia aceitosa o cualquier otra materia orgánica, a la espectrofotometría infrarroja

Justificación del Método:

- a) El cotejo o comparación de muestras de tierra provenientes de un hecho ilícito, puede ser utilizada para respaldar la investigación de la misma al colocar a un sospechoso como partícipe de una escena del crimen y destruir o respaldar su coartada.
- b) Así mismo, el análisis de tierras es altamente útil cuando éste y otros peritajes se complementan para respaldar una acusación en un proceso judicial, o para indicar la no participación del sindicado; en todo caso, para establecer y averiguar la verdad, y contribuir con la justicia como fin último del Derecho.

Precauciones:

- a) Este método propuesto necesita el uso de reactivos tóxicos tales como el diclorometano, el pentano, el bromoformo, el bromobenceno, el xileno y el cloroformo.
- b) Es por ello que la utilización de éstos debe hacerse debajo de un extractor de gases, para evitar su inhalación.
- c) Además, hay que evitar el contacto de los reactivos con la piel y la ropa.
- d) Utilizar todas las normas de laboratorio y medidas de bioseguridad que para el caso se necesiten.

Interferencias-Recomendaciones:

- a) La humedad que puedan poseer las muestras de tierra y que no fueron debidamente secadas en el proceso de la escena del crimen, podrían interferir en la determinación del color y de otras características.
- b) Por ello es que las muestras deben permanecer a temperatura ambiente hasta que las mismas se sequen; es decir, -como ya se indicó con anterioridad- no se deben de colocar las muestras en un horno o secador, pues esto podría eliminar aquellas sustancias orgánicas necesarias para un análisis por espectrofotometría infrarroja.

Materiales:

- Beakers de 20 mL (vasos tipo griffin)
- Mortero con Aplicador de Goma
- Cedazo (100 "mesh")
- Espátula
- Pinzas
- Embudo
- Tubos de vidrio (18" largo y 5/16" diámetro) sellados en un extremo
- Cristal de reloj
- Filtros Whatman No. 40, 42 ó 50

Instrumentos y Equipo:

- Balanza Analítica
- Microscopio (10X - 40X)
- Estereoscopio
- Horno de Convección (60°C - 200°C)
- Espectrógrafo de Emisión Atómica (1.5 m)
- Espectrofotómetro Infrarrojo (4000 - 400 cm^{-1})
- Lámpara de luz ultravioleta (onda larga: 366 nm; y onda corta: 265 nm)

Reactivos Químicos:

- Bromoformo
 - Bromobenceno
- En sustitución del bromoformo y del bromobenceno, se puede usar:
- a) Cloroformo, y
 - b) Xileno
- Pentano
 - Diclometano
 - Grafito (Polvo Espectroscópico de Alta Pureza)
 - Bromuro de Potasio

Procedimiento

A. Inspección y Estudio Microscópico:

1. Revisar que la cadena de custodia esté debidamente firmada y de conformidad con todas las disposiciones legales.
2. Remover la tierra adherida a los indicios remitidos (ya sea zapatos, ropa, vehículos, llantas, etcétera.) evitando romper los terrones de tierra y sus capas.
3. Si la muestra control (indubitada) y la de origen desconocido (dubitada) se someten húmedas o mojadas, dejarlas secar a temperatura ambiente.

4. Observar y comparar las muestras simultáneamente bajo luz visible y luego bajo luz ultravioleta. Anotar apariencia, textura y color, utilizando para este último, la tabla de colores de Munsell.
5. Observar las muestras a través del microscopio-estéreo (10X - 40X) y anotar lo siguiente:
 - a. Color (Utilice la tabla de colores de Munsell)
 - b. Material vegetal (plantas, hojas, semillas, flores, polen, etc.).
 - c. Material animal (huesos, piel, plumas, etc.)
 - d. Insectos
 - e. Materia aceitosa
 - f. Materia total o parcialmente quemada
 - g. Particulado
 - i. Rocas
 - ii. Vidrio
 - iii. Pintura
 - iv. Material de construcción
 - v. Fragmentos metálicos
 - vi. Minerales
 - vii. Plásticos
 - h. Otros desperdicios
6. Colocar las muestras por separado en morteros, para moler los terrones o muestras de tierra.
7. Nuevamente, repetir los pasos 4 y 5.
8. Comparar las características físicas y contenido de las muestras dubitadas, con la indubitada.
9. Anotar sus observaciones.

B. Gradiente de Densidad:

1. Pasar cada muestra por separado a través de un cedazo de 100 "mesh". La muestra obtenida se utilizará en el sistema de gradiente de densidad y para el análisis por espectrografía de emisión.
2. Preparar un gradiente de densidad en tubos de vidrio por cada muestra de tierra. Para el gradiente se utilizarán mezclas de diferentes proporciones de bromobenceno y bromoformo (también se puede utilizar cloroformo y xileno).
3. Las mezclas de los reactivos químicos, además de agregarse lenta y cuidadosamente al tubo para evitar alterar la mezcla depositada con anterioridad, deberán hacerse en las siguientes proporciones, de conformidad con el siguiente gráfico. Es decir, primero se agregan 0mL de bromobenceno y 10mL de bromoformo, después, 1mL de Bromobenceno y 9mL de bromoformo, y así sucesivamente hasta llegar a la parte superior de dibujo.
4. Pesar exactamente de 30 a 50 miligramos de cada muestra obtenida en el paso 1. Adviértase que todas las muestras deben pesar precisamente lo mismo.
5. Depositar suavemente las muestras pesadas sobre el nivel del líquido en los tubos de gradiente. Utilizar un embudo para facilitar la tarea y evitar que la muestra se

adhiera a las paredes del tubo; ello es así porque de lo contrario la masas comparadas serían distintas y porque algunas partículas se quedarían adheridas a la superficie húmeda del tubo.

Figura No. 3. Relación Bromobenceno/bromoformo

Bromobenceno :		Bromoformo	
18"	5/16"	5/16"	
	10:0	10:0	
	9:1	9:1	
	8:2	8:2	
	7:3	7:3	
	6:4	6:4	
	5:5	5:5	
	4:6	4:6	
	3:7	3:7	
	2:8	2:8	
	1:9	1:9	
	0:10	0:10	
CONTROL	DESCONOCIDO		

Fuente: MA. DESAMPARADOS SORIANO, JUAN SANCHO, ANA VERDÚ, *et. al*

6. Observar la distribución de partículas de cada muestra en los tubos, luego de haber transcurrido una hora; aunque podrían transcurrir 24 horas, inclusive, antes de observar la misma.
7. Comparar la distribución de partículas de las muestras control (muestra indubitada) con las desconocidas (muestras dubitadas)
8. Anotar las observaciones y fotografiar la distribución del gradiente.

Nota: Los métodos instrumentales analíticos que se a continuación se describen y detallan, podrán utilizarse, solo si existe suficiente material –muestra- para desarrollarlos.

C. Espectrografía de Emisión Atómica:

1. Pesar de 10-50 miligramos de la muestra de tierra obtenida en el paso 1, del apartado B. Gradiente de Densidad.
2. Mezclar la misma con grafito puro a razón de 1:1 - 1:2 (muestra:gráfito)
3. Depositar la mezcla (tierra + grafito) dentro del electrodo de carbón para luego analizar la misma en el espectrógrafo de emisión atómica bajo las siguientes condiciones:

- Modo: Arco anódico (+) DC
 - Amperes: 15^a
 - Analytical Gap: 3mm
 - Flujo de Gas: 5-10 SCHF de Argón
 - Exposición: 1 minuto
 - Step Filter: 4 unidades
 - Fish Tail: 2mm
 - Rejilla: 10 μ m
 - Film Gap: 3mm
 - Largo Focal: 1.5m
4. Comparar la posición elemental (espectros de emisión) de las muestras de control – indubitadas-, con las desconocidas –dubitadas-.
 5. Anotar los resultados obtenidos y las respectivas observaciones.

D. Espectrofotometría Infrarroja:

Cuando las muestras sometidas contienen residuos de materia aceitosa, se pueden extraer las mismas para análisis.

1. Depositar 1.0 gramos de tierra en un beaker de 20 mL.
2. Agregarle 10 mL de “pentano : diclorometano” en el envase.
3. Agitar la mezcla (tierra + solvente) por 5 minutos.
4. Filtrar la extracción a través de un filtro “Whatman” # 40, 42 o 50; ello para eliminar el particulado removido.
5. Colocar la muestra obtenida en un horno a 60°C para evaporar el solvente.
6. Mantener la muestra en el horno hasta que se observe la sustancia aceitosa.
7. Depositar la sustancia aceitosa en dos ventanas de cloruro de sodio (sal)
8. Tomar la gráfica del espectro en el espectrofotómetro infrarrojo bajo las siguientes condiciones:
 - i. Función: Transmitancia (%T)
 - ii. Frecuencia Inicial: 400 cm^{-1}
 - iii. Frecuencia Final: 400 cm^{-1} (Nótese que la frecuencia final está determinada por el límite del instrumento; es decir, 600, 400 o 200 cm^{-1})
9. Comparar los espectros infrarrojos de las muestras de control –indubitadas- con las desconocidad –dubitadas- .
10. Anotar las observaciones

Nota: Si las muestras de tierra poseen vidrio, plástico, pintura, etc., proceder a analizar las mismas, siguiendo los procedimientos establecidos.

Cálculos:

- El proceso de evaluación de los resultados en éste método, no requiere cálculos matemáticos.

BIBLOGRAFIA

a) CITAS EN EL TEXTO

1. **CARO, PATRICIA M.** (2004). “*Manual de Química Forense*”. Ediciones La Rocca. 1ª. Edición. Buenos Aires. Págs. 113 a 121
2. **SORIANO SOTO, MA. DESAMPARADOS; SANCHO CIVERA, JUAN; VERDÚ BELMONTE, ANA; et. al.** (2004). “*Práctica de Diagnóstico y Fertilidad de Suelos*”. 1ª. Edición. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. España. Pág. 5
3. **ROBERTS, T.L., Y HENRY, J.L.** “*El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo*” Canadá. (En Red) Buscador: Google Académico. 10/07/09. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/\\$file/El+muestreo+de+suelos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/$file/El+muestreo+de+suelos.pdf).
4. **OVANDO, OLGA LÓPEZ.**, “*Onerosas Repeticiones*” Guatemala, 2007, Edición Electrónica de Prensa Libre. (En Red). Buscador: Google. 26/08/09. Disponible en: <http://www.prensalibre.com/pl/2007/octubre/22/185703.html>.
5. **SORIANO SOTO, MA. DESAMPARADOS; SANCHO CIVERA, JUAN; VERDÚ BELMONTE, ANA; et. al.** Op. Cit. Pág. 23
6. Loc. Cit.
7. **OVALLES VIANI, FRANCISCO A.** (2003). “*El color del suelo: definiciones e interpretación*” Venezuela,. (En Red). Buscador: Google. 10/07/09. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n3/texto/fovalles.htm>.
8. **SORIANO SOTO, MA. DESAMPARADOS; SANCHO CIVERA, JUAN; VERDÚ BELMONTE, ANA; et. al.** Op. Cit. Pág. 34
9. *Ibíd.* Pág. 35
10. *Ibíd.* Pág. 52
11. *Ibíd.* Págs. 53 y 54
12. *Ibíd.* Pág. 69 y ss.
13. *Ibíd.* Págs. 80 y 81
14. *Ibíd.* Págs. 85 y 86
15. *Ibíd.* Pág. 91
16. Loc. Cit.
17. *Ibíd.* Pág. 91 y 92

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **CARO, PATRICIA M.** (2004). *“Manual de Química Forense”*. 1ª. Edición. Ediciones La Rocca. Buenos Aires,
2. **SORIANO SOTO, MA. DESAMPARADOS; SANCHO CIVERA, JUAN; VERDÚ BELMONTE, ANA; et. al.** (2004). *“Práctica de Diagnóstico y Fertilidad de Suelos”*. 1ª. Edición. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. España

REFERENCIAS NORMATIVAS

1. **CÓDIGO PROCESAL PENAL.** Decreto Número 51-92 del Congreso de la República de Guatemala

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. **OVANDO, OLGA LÓPEZ.** (2007). *“Onerosas Repeticiones”*. Edición Electrónica de Prensa Libre. (En Red). Guatemala. Disponible en: <http://www.prensalibre.com/pl/2007/octubre/22/185703.html>. Buscador: Google. 26/08/09
2. **OVALLES VIANI, FRANCISCO A.** (2003). *“El color del suelo: definiciones e interpretación”*. (En Red). Venezuela. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n3/texto/fovalles.htm>. Buscador: Google. 10/07/09
3. **ROBERTS, T.L., Y HENRY, J.L.** *“El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo”* (En Red). Canadá. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/\\$file/El+muestreo+de+suelos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/$file/El+muestreo+de+suelos.pdf). Buscador: Google Académico. 10/07/09
4. **STECK-FLYNN, KATTY.** *“Analysis and Collection of Soil Samples”*. (En Red). Traducción y adaptación libre por: Marvin Javier Dávila Villegas. Disponible en: http://www.crimeandclues.com/soil_analysis.htm. Buscador: Google. 11/07/09

DÁVILA VILLEGAS, MARVIN JAVIER



Estudiante del segundo año del Técnico Universitario en Investigación Criminal y Forense y del tercer año de la Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad Rafael Landívar.

Ha participado, en el 2007 en el Foro Latinoamericano de Liderazgo Universitario AUSJAL en León Guanajuato, México. En el 2009, en la IV Edición de la Escuela de Verano de Derecho Internacional Público y en el VI Seminario-Taller Internacional sobre Derecho Internacional Humanitario, ambos en La Habana, Cuba.

OTRAS REFERENCIAS

1. **CARRANZA, LISBETH.** (2009). *“Manual de Laboratorio de Química CRIMFOR”*. Desarrollado para la carrera del Técnico Universitario en Investigación Criminal y Forense de la Universidad Rafael Landívar. Guatemala.