

# Método experimental para la obtención de polvo magnético a partir de arenas ferruginosas para el revelado de impresiones papilares latentes

Experimental method for obtaining magnetic powder for the development of latent papillary impressions from ferruginous sands

Juan Carlos Salazar Naranjo<sup>1</sup>  
Angélica Elizabeth Bustos Estrella<sup>2</sup>

*Recibido: 29 de septiembre de 2021*

*Aceptado: 19 de noviembre de 2021*

*Publicado: 28 de diciembre de 2021*

## Resumen

La identificación de las personas autoras de un hecho implica el levantamiento de los indicios que los responsabilice. Los testigos “mudos” latentes son revelados utilizando distintos métodos, que van desde el uso de mecanismos físicos hasta químicos; siendo el polvo magnético uno de los reactivos que, por su versatilidad y facilidad de aplicación ocupan el primer lugar de preferencia en el medio. El alto costo de adquisición de estos reveladores motiva la obtención de polvo magnético de manera artesanal, con la correcta aplicación de uno o varios métodos de separación de mezclas de materias primas. Este polvo es utilizado para el revelado de impresiones papilares sin importar cualquier su tipo (dactilares, palmares o plantares). Las arenas ferruginosas, son utilizadas como materia prima: se someten a un lavado y, mediante el principio de extracción sólido líquido, se separan los componentes contaminantes en forma de salmuera. La arena seca tamizada, se somete a un proceso de imantación, para separar los componentes magnéticos que posteriormente serán mezcladas con tintas secas y pulverizadas. El polvo magnético obtenido de las arenas ferruginosas junto con un aditivo que proporciona color resulta satisfactorio en lo que respecta a revelado de rastros latentes y a su nitidez.

**Palabras clave:** ferruginoso; magnético; papilares; resolución; revelado.

## Abstract

The identification of the perpetrators of an incident involves raising the evidence that makes them responsible. The latent “mute” witnesses are revealed using different methods which vary for in the use of physical and chemical mechanisms, magnetic powder being one of the most reagent due to their versatility and ease of application. The high cost of acquisition of these developers motivates the obtaining of magnetic powder in an artisanal way using a suitable method of separation of mixtures

1 Subteniente de Policía Nacional del Ecuador. Especialista en Criminalística (Labocar), Carabineros de Chile, jefe del Grupo de Microscopía Electrónica de Barrido de la Jefatura Zonal de Criminalística del Distrito Metropolitano de Quito. carlos.salazar@policia.gob.ec  <https://orcid.org/0000-0001-9133-0213>.

2 Licenciada en Criminalística, perito en Papioscopia y Balística. Especialista en Análisis Forense Facial (Ceaff). Técnica Superior en Criminalística de campo y Scopometría. angiieb.estrella@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-9975-1335>.

of raw materials. This powder is used for printing in the development of papilar prints regardless of their type (fingerprints, palmprints and plantprints) Ferruginous sands are used as material: they are subjected to washing and, by means of the solid-liquid extraction principle, the contaminating components are separated in the form of brine. The sieved dry sand is subjected to a magnet to separate the magnetic components, which are then mixed with inks. The magnetic powder obtained from the ferruginous sands together with an additive that provides color, is satisfactory in terms of latent trace development and sharpness.

**Key words:** ferruginous; magnetic; papillary; resolution; revealed.

## Introducción

Para establecer la existencia de un hecho, en la identificación las personas autoras y la conformación de la prueba material se deben realizar las diligencias tendientes a lograr los testigos mudos o indicios que permitan desentrañarlo. Para los testigos mudos latentes que no se perciben a simple vista es necesario que, en este caso puntual, los rastros latentes sean revelados utilizando distintos procedimientos como son las diferentes longitudes de onda lumínicas o, bien, mediante la utilización de reactivos físicos, químicos. Uno de los reveladores usados son los polvos magnéticos que dejan poco residuo alrededor del rastro, son reactivos limpios: sin embargo, presentan alto costo de adquisición, razón por la cual, estos reveladores pueden ser obtenidos por medios artesanales.

Uno de los componentes empleados en la elaboración de los reveladores físicos de forma artesanal o casera son las arenas que poseen componentes de hierro conocidas como arenas ferruginosas. Estas consisten en mezclas naturales de óxidos metálicos de hierro con trazas de metales a partir de las cuales, mediante un adecuado método de separación de los compuestos magnéticos y combinación con un colorante adecuado, se puede obtener esta especie de revelador físico.

Ecuador tiene una gran extensión de arenas negras (ferruginosas) distribuidas a lo largo de la franja costera, con alto contenido de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ).

Se han determinado zonas de posible valor económico en base a inspecciones aéreas realizadas determinando concentraciones de arena explotables. Se viene desarrollando el interés por parte de algunos investigadores, para aprovechar las arenas negras que se han depositado y se están depositando a lo largo de la costa ecuatoriana.

[...]

En la concesión OSTIONAL BLOQUE 1 ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Muisne parroquia Bolívar, recinto Mompiche cuyas arenas negras forman horizontes lenticulares de potencias no mayores a 1,2 metros, y para el caso de la playa del Suspiro longitudes de 300 a 400 metros siguiendo la playa con un ancho de 50 m explotable en marea baja; se viene explotando este recurso en forma de minería a pequeña escala (Chuquirima y Cortez 2014, 16)

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados a la arena ferruginosa de Mompiche se concluye que está compuesta por magnetita ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$ ), ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ) y hematita, por lo que es una fuente adecuada de material magnético. Existen varios métodos de separación de mezclas sólidas pero el más empleado corresponde al cribado o tamizado que se basa en “el hacer pasar una muestra de la mezcla sólida por una serie de tamices de distintos tamaños de luz malla, obteniéndose así un análisis granulométrico y el correspondiente porcentaje de aporte de cada tamaño de grano a la mezcla” (Badger y Banchemo 1985, 639).

## Arenas ferruginosas

Las arenas ferruginosas son mezclas naturales de óxidos metálicos de hierro con trazas de metales (aluminio, titanio y cobre) originadas por la naturaleza sedimentaria. Son de color muy oscuro de allí que se les denomina también arenas negras o ferrotitaníferas. La arena presenta una estructura redondeada debido al desgaste que genera el

transporte fluvial. Está conformado por minerales como la magnetita, titanatos de cobalto, níquel, manganeso, magnesio y, en menor cantidad, zircón. Los análisis químicos permiten cuantificar el contenido de los óxidos de hierro y titanio.

### **Producción y tipos de rastros papilares**

Los rastros papilares son originados por el depósito de pequeñas partículas de sudor y demás secreciones propias de la dermis papilar que se reproducen de modo exacto sobre un soporte idóneo. “Estas partículas de sudor son secretadas en la superficie epidérmica, por los conductos excretores de las glándulas sudoríparas a través de los poros existentes en el pulpejo de los dígitos, en la cara palmar de las manos y en las plantas de los pies” (Alegretti y Brandimarti 2016 a, 226). Según los expertos en la materia, los rastros papilares pueden ser clasificados en tres grandes grupos: visibles, plásticas o moldeadas y latentes. Este artículo se centra en este último.

### **Rastros latentes**

Los rastros latentes son “aquellos que no se perciben a simple vista y para poder observarlos hace falta revelarlos, utilizando distintos procedimientos, como pueden ser diferentes longitudes de ondas lumínicas aplicadas desde diversos ángulos, o bien mediante la utilización de reactivos físicos, químicos y orgánicos” (Alegretti y Brandimarti 2016 b, 228).

### **Reactivos físicos**

La definición que nos brinda la bibliografía consultada es la siguiente:

Son denominados polvos adhesivos, los que se presentan en diferentes calidades y colores, y su elección y aplicación dependerá de la superficie donde se encontrare el rastro. Son polvos muy finamente tamizados —al grado de ser volátiles e impalpables, con el objeto de eliminar la posibilidad de formación de grumos— que poseen la propiedad de ser adherentes a la humedad de las secreciones que conforman los rastros. Deben ser elegidos y aplicados según el soporte o superficie del objeto portador del rastro (Alegretti y Brandimarti 2016 c, 228).

Son dos los reactivos frecuentemente utilizados: los polvos blancos y negros. El uso de uno u otro dependerá del color de las superficies donde serán aplicados de manera que se permita obtener el contraste necesario para el adecuado revelado.

### **Polvos magnéticos**

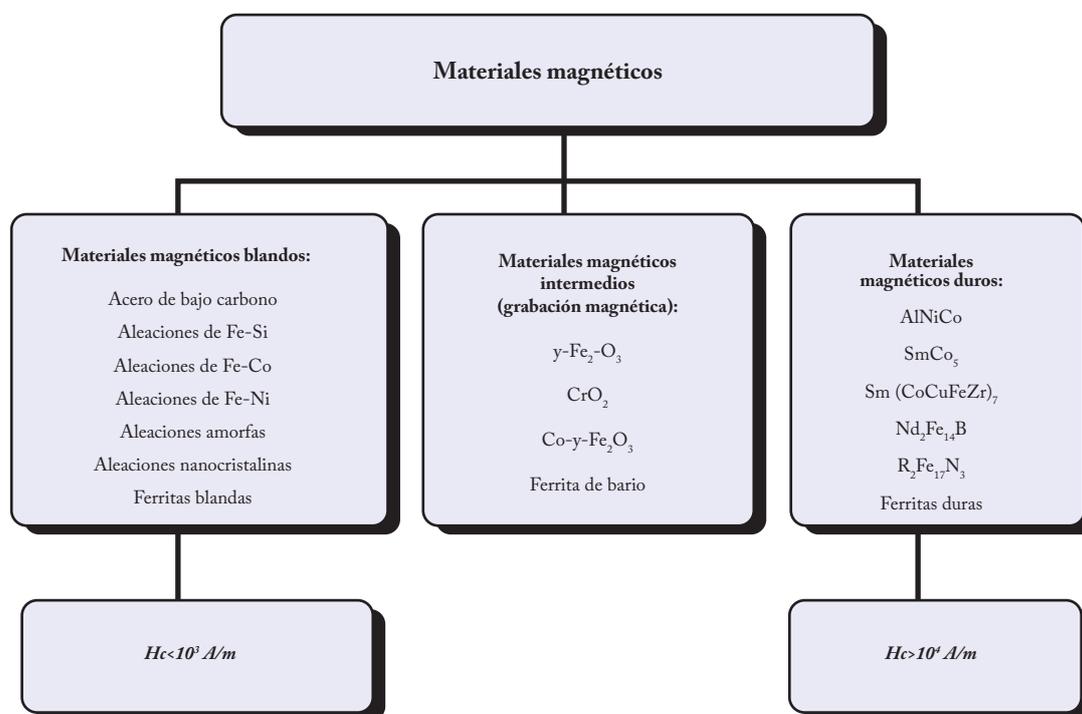
Consiste en una mezcla de polvos finamente tamizados constituidos, principalmente, por minerales con propiedades magnéticas y tintas. Es indispensable el uso de una brocha magnética para utilizarlo correctamente. El Tratado de Papioscopía define a estos polvos de la siguiente manera:

Son reactivos pulverulentos realizados con sustancias colorantes y adherentes, con el agregado de magnetita finamente pulverizada. Se aplican mediante una barra imantada semejante a un bolígrafo, denominada pincel magnético, que permite recoger y soltar estos polvos a voluntad del operador, a través de un desmagnetizador. Es apto principalmente para papeles, superficies porosas y limpias, como maderas —ilustradas o no—, vidrios, vinilos, y sobre cualquier metal no ferroso; sin embargo, no lo son para rastros viejos o sobre soportes verticales (Alegretti y Brandimarti 2016 d, 232).

### **Forma de uso**

Los polvos magnéticos son similares en apariencia a los polvos normales, con la diferencia de que un metal se puede adherir a un imán. Cuando se introduce un aplicador magnético al frasco de polvo este se congrega en la punta del aplicador y toma la forma de una “brocha”. Cuando se termina de aplicar el polvo, se sostiene el aplicador por encima del frasco y con un pequeño halón en la parte alta del aplicador se alza el imán, dejando caer el polvo en el frasco. Por esta razón, se gasta una pequeña cantidad de polvo en cada aplicación. El frasco de boca ancha evita el desperdicio del polvo al momento de guardar grandes cantidades del reactivo en forma de cúmulos de gran tamaño en la punta del aplicador magnético.

**Ilustración 1**  
**Clasificación de los materiales magnéticos**



Elaboración: por los autores.

Se recomienda la aplicación de polvo magnético sobre superficies de papel, papel brillante (como portadas de revistas), pañuelos desechables, madera pulida, plásticos, vidrio y caucho. Se emplea de manera efectiva sobre cubiertas de plástico que han sido tratadas previamente con ciano-acrilato. Este tipo de polvos contienen diminutas fracciones imantadas que se aplican con un pincel igualmente imantado.

## Metodología

La metodología empleada consiste en el método científico con esta investigación se lleva a cabo de manera controlada con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación propiamente dicha. La experimentación fue llevada con una muestra de 500 gramos de

arena negra con alto contenido de óxido de hierro obtenida de las playas del sector de Mompiche en la provincia de Esmeraldas. Los principales materiales usados son la arena ferruginosa, tóner de impresión, imanes, balanza digital de bolsillo, microscopio digital, marca Libercam, modelo MDO-450 y recipientes de cristal y vidrio

Como se mencionó anteriormente, en la elaboración del polvo magnético se utilizaron dos componentes: las limaduras ferromagnéticas obtenidas de arenas ferruginosas ecuatorianas y el tóner, obtenido del depósito o suministro de tóner de las impresoras en proporciones adecuadas. Considerando las propiedades del muestreo obtenido, en la obtención de polvo magnético de fabricación casera funcional las proporciones utilizadas son de 1:1 y 1:2, respectivamente. La muestra de arena y tóner fueron sometidas a varios tipos de separación de mezclas que son detalladas a continuación:

**Arena:** se inicia con su limpieza. Para ello se debe colocar la muestra en un recipiente transparente precisando que quede de forma horizontal, plana en su totalidad y a una misma distancia para luego agregarle agua en la proporción correcta y sumergirla en su totalidad. Luego, se deja en reposo por un tiempo prudente de aproximadamente 48 horas.

### Ilustración 2

Vista microscópica de muestra de arena



Elaboración: por los autores.

Los “residuos”, que son los agregados no propios que se encuentran en la muestra, son disueltos (exceso de sal) lo que conlleva a una solución hipertónica. Por otro lado, los elementos extraños, por cuestiones de densidad, “flotarán” hacia la superficie dejando a la arena en el fondo del recipiente. En este paso se aplican dos métodos de separación de mezclas: disolución y flotación. Pasadas las 48 horas, se vierte el exceso de agua agregada. La arena, que se encuentra mojada, debe dejarse secar a temperatura ambiente. No se recomienda el uso de ningún tipo de horno o estufa debido a las propiedades que poseen las arenas ferruginosas.

Para que el proceso de secado se facilite y sea homogéneo, debe dejarse la muestra en un lugar con corriente de aire continuo (ventilación, flujo de aire) y no cerrado. La arena debe moverse de forma regular y el proceso en general puede tardar un aproximado de 5 a 7 días sujeto a la influencia de factores climáticos. Una vez que la arena esté completamente seca, el paso siguiente es la tamización con un tamiz de trama y urdimbre fino. Las partículas de menor tamaño pasarán por los poros del tamiz y las grandes quedarán retenidas

por el mismo. Este procedimiento se lo realiza con la finalidad de separar residuos sólidos que estén presentes en la arena, obteniendo así una arena mucho más limpia.

### Ilustración 3

Pesaje de arena limpia



Elaboración: por los autores.

Lo que prosigue es la imantación con la finalidad de obtener limadura ferromagnética posible. A continuación, se coloca en un recipiente de cristal (de preferencia) o vidrio cuyo espesor óptimo no debe ser superior a los 6 mm. Con la ayuda de un imán se efectúa el proceso de imantación, pasando el mismo por la superficie del recipiente que posee la arena contenida. Una vez se consiguen las limaduras ferromagnéticas, estas son aisladas en un recipiente con tapa.

### Ilustración 4

Obtención de limaduras de hierro por imantación



Elaboración: por los autores.

## El tóner

También denominado como tinta seca, es un polvo fino normalmente de color negro que se deposita en el papel que se pretende imprimir por medio de atracción electrostática o magnetografía.

**Ilustración 5**  
Pesaje de tóner



Elaboración: por los autores.

Una vez adherido, el pigmento se fija en el papel por medio de presión y calor. El tóner (compuesto por carbón vegetal en gran proporción) se encuentra sometido a atracción electrostática que permite, a su vez, la obtención de partículas muy finas de este elemento. Esto funcionará como un aditamento que le brindará color a la mezcla final (pigmento).

**Ilustración 6**  
Mezcla obtenida y material utilizado



Elaboración: por los autores.

## Cristal y vidrio

Se debe tener en cuenta la diferencia entre un vidrio y un cristal. El cristal es, en realidad, una roca natural que puede encontrarse en la naturaleza, por ende, la que utilizada no tiene esa procedencia. El cristal utilizado para los recipientes, copas o vasos está correctamente denominado, es vidrio plomo o vidrio óptico, o copas elaboradas con un vidrio de mayor calidad. En este componente radica la diferencia entre el cristal y el vidrio. Los recipientes de cristal incluyen este elemento químico como parte de su elaboración, mientras que, el vidrio no lo hace.

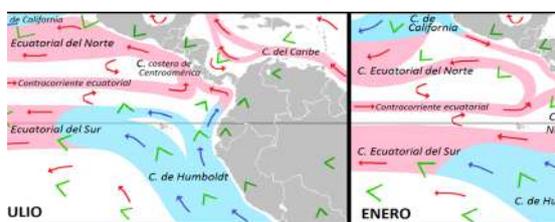
## Discusión

En el estudio se encontró una diferencia significativa en el uso del vidrio y el cristal. Para realizar la imantación sin mayor problema se consideraron las propiedades del cristal, las mismas que por ser constitutivas y con el espesor indicado posibilitaron la imantación de manera satisfactoria.

Por otra parte, se encuentran los factores climáticos que intervinieron en el experimento. En la costa ecuatoriana convergen la corriente marina cálida del Niño y la fría de Humboldt. Otro factor es la predicción de las mareas (alta y baja) de Mompiche y cómo estas influyen en la calidad del muestreo que se efectuó el 6 de febrero de 2019 entre las 9:00 a 11:00 horas y de acuerdo a los datos ofrecidos por la página web de Tabla de Mareas de ese día

Amaneció en Mompiche a las 6:31:14 am y la puesta de sol fue a las 6:37:10 pm. En el gráfico de pleamares y bajamares, podemos observar que la primera pleamar fue a las 5:11 am y la siguiente pleamar a las 5:36 pm. La primera bajamar fue a las 11:22 am y la siguiente bajamar a las 11:42 pm. El sol estuvo visible durante 12 horas y 5 minutos. El tránsito solar se produjo a las 12:34:12 pm. (Tabla de Mareas y Solunares, página web).

**Ilustración 7**  
**Tabla de mareas del 6 de febrero**  
**de 2019 en Mompiche**



Fuente: Obtenido de Tabla de Mareas.  
Elaboración: por los autores.

## Conclusiones

Se concluye que es posible generar polvo magnético funcional para realizar el revelado de huellas latentes a partir de arenas ferruginosas junto con el aditamento de tóner y en proporciones adecuadas. Se consiguen resultados satisfactorios en lo que a nitidez de revelado respecta. En el proceso de experimentación, con las proporciones de material planteados, se concluye que la condición 1:2 es la recomendada para la obtención del polvo magnético casero funcional. Por el contrario, la proporción 1:1 si bien no dejó de ser funcional, una vez puesta en práctica, disminuyó la nitidez del revelado papilar.

Con respecto al muestreo, fue realizado en las playas de Mompiche el 6 de febrero del 2019 en una franja horaria de 9:00 y 11:00 horas. En consecuencia, fue tomada durante la marea alta. Por tanto, se infiere que la muestra posee una alta posibilidad de encontrar mayor cantidad de componentes magnéticos.

## Bibliografía

Alegretti, Juan y Brandimarti de Pini. 2016, Rastros e impresiones papiloscopicas. En *Tratado de papiloscofia*. Buenos Aires: Ediciones La Roca.

Badger Walter y Banchemo Julius. 1985. *Introducción a la ingeniería A*, México McGraw-Hill.

Castro, Carlos. 2013 *Caracterización geológica y geofísica de la zona oeste de la concesión minera Mompiche ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Muisne, recinto Mompiche*. Trabajo de investigación para la obtención del título de ingeniero civil. Quito: Universidad Politécnica Nacional.

Chuquirima, Maritza y Lenin Ramos. 2014. *Estudio y obtención de metal hierro a partir de arenas ferruginosas*. Trabajo de investigación para la obtención del título de geólogo. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Pozo, Gabriela. 2014. *Procesos de magnetización de nanopartículas granulares*. Tesis doctoral. Córdoba, Argentina.

Tabla de Mareas. s/f. *Tabla de mareas y solunares*. Acceso el 14 de diciembre de 2021. <https://n9.cl/3umhn>