



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE  
DOCUMENTOS DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE  
FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON FINES FORENSES

LARGO PALADINES ADRIANA MARIVY  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE  
DOCUMENTOS DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE  
FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON FINES FORENSES

LARGO PALADINES ADRIANA MARIVY  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EXAMEN COMPLEXIVO

AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS  
DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON  
FINES FORENSES

LARGO PALADINES ADRIANA MARIVY  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA  
27 de febrero de 2023

# AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON FINES FORENSES

*por* ADRIANA MARIVY LARGO PALADINES

---

**Fecha de entrega:** 22-feb-2023 09:42a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2016227774

**Nombre del archivo:** ADRIANA\_MARIVY\_LARGO\_PALADINES\_CASO\_CLINICO\_1.docx (501.54K)

**Total de palabras:** 2922

**Total de caracteres:** 16500

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, LARGO PALADINES ADRIANA MARIVY, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON FINES FORENSES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023



LARGO PALADINES ADRIANA MARIVY  
1105560443

## ***DEDICATORIA***

Dedico este estudio de investigación primeramente a Dios y a la Virgen del Cisne que me han bendecido en el transcurso de todo mi periodo de estudios universitario. A mis queridos padres que, con mucho esfuerzo, dedicación y sobre todo amor depositaron en mí su confianza y me apoyaron para formarme profesionalmente, sin dejar atrás los principios y valores que me han inculcado.

A mis queridos abuelitos y hermanos que con sus consejos y palabras de aliento hicieron que siga adelante motivada para cumplir con cada meta que me propusiera.

A mis estimados docentes que depositaron en mí todos sus conocimientos y enseñanzas en estos años de estudio, formándome para ser un profesional de la salud dispuesto para contribuir y ayudar a la sociedad.

## ***AGRADECIMIENTO***

Agradecida con Dios la santísima Virgen y mis amados padres Alfonso Largo y Mabel Paladines por bendecirme, acompañarme y apoyarme en mis estudios universitarios, la distancia no ha sido un obstáculo, sus oraciones y consejos están conmigo todos los días.

De manera muy especial agradezco a la Dra. Segura Osorio Marisela Brigitte por su dedicación y paciencia, sin su guía y correcciones precisas no hubiera podido lograr llegar a estas instancias tan anheladas.

## RESUMEN

La Grafoquímica estudia las propiedades, estructuras y transformaciones a partir de la composición de un documento escrito, a través de un exhaustivo análisis que lleva a cabo el perito químico-forense del estudio de documentos dubitados, por medio de análisis físico-químico y químico-instrumental de papel y tintas que se han implementado en un manuscrito ya sea texto o firma. La presente investigación tiene como objetivo, establecer los avances de la grafoquímica mediante técnicas aplicadas en el peritaje químico-forense para el esclarecimiento de falsificación de firmas en documentos dubitados, con la ayuda de métodos deductivos se determinó diversas técnicas para el análisis de papel y tintas entre ellos la Espectroscopía Raman, equipada con un láser que impacta las muestras, generando un espectro correspondiente en modos de baja frecuencia que distinguen unas muestras de otras y la Espectroscopía IR, donde gran parte las moléculas absorben luz en la región infrarroja del espectro electromagnético y la convierten en vibraciones moleculares, caracterizando las propiedades químicas presentes en la muestra. Ambas técnicas permiten resultados inmediatos, fiables y sobre todo no alteran ni provoca desgaste de la evidencia.

**Palabras clave:** Documentos dubitados, Espectroscopia, Falsificación, Grafoquímica, Peritaje.



## ABSTRACT

Graphochemistry studies the properties, structures and transformations from the composition of a written document through an exhaustive analysis carried out by the chemical-forensic expert of the study of doubtful documents, through analysis physical-chemical and chemical-instrumental paper and inks that have been implemented in a manuscript either text or signature. The present research aims to establish the advances of graphochemistry through techniques applied in chemical-forensic expertise, for the clarification of forgery of signatures on dubious documents, with the help of deductive methods various techniques were determined for the analysis of paper and inks including the. Raman Spectroscopy, equipped with a laser that impacts the samples, generating a corresponding spectrum in low frequency modes that distinguish samples from others and IR Spectroscopy, where much of the molecules absorb light in the infrared region of the electromagnetic spectrum and convert it into vibrations molecular, characterizing the chemical properties present in the sample. Both techniques allow immediate, reliable results and above all do not alter or cause wear of the evidence.

**Keywords:** Doubtful documents, Spectroscopy, Falsification, Graphochemistry, Expertise.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo general	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. DESARROLLO	10
3.1. Delito de falsificación de documentos	10
3.1.2 Documentología y grafoscopia	11
3.2.1 Importancia de la grafoquímica en relación al peritaje del químico-forense	12
3.3. Análisis físico-químico y químico-instrumental de papel y tinta	13
3.3.1 Técnicas de análisis química-instrumental	14
3.4. Técnicas más implementadas en documentos dubitados	15
3.1. ANÁLISIS DEL CASO APLICANDO LA GRAFOQUÍMICA	16
4. CONCLUSIÓN	17

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Falsificación de documentos</i>	10
<i>Gráfico 2: Documentos dubitados e Indubitados</i>	10
<i>Gráfico 3: Documentología y grafología</i>	11
<i>Gráfico 4: Grafoquímica</i>	12
<i>Gráfico 5: Importancia de la grafoquímica</i>	12

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Análisis físico y químico</i>	13
<i>Tabla 2: Análisis química-instrumental</i>	14
<i>Tabla 3: Espectroscopia vibratoria o Raman y Espectroscopia de Infrarrojos (IR)</i>	15

## 1. INTRODUCCIÓN

La sociedad se ve envuelta en una tormenta de falencias políticas, económicas y sobre todo psicosociales<sup>1</sup>; provocando una creciente pobreza, la pérdida de identidad monetaria, la falta de capacidad adquisitiva todo esto da lugar a formar diversos ingenios delictivos, tipificado en múltiples delitos<sup>2</sup>; testaferrismo, enriquecimiento privado no justificado, destrucción de registros, falsificación de firmas, falsificación y uso de documento falso<sup>3</sup>.

La falsificación es un tema legal que ha sido estudiado desde la antigüedad<sup>4</sup>, viéndose en varias posiciones como la formalista (cambia hechos en sí mismo, sin importar el daño o el impacto que ocasiona) y la finalista (muestra una intención subjetiva engañosa)<sup>5</sup>, la disputa de los bienes jurídicos protegidos, afectado por el perjuicio de falsificación se ha extendido en toda Europa, inicialmente Italia seguido de Alemania y alrededor de todos los países latinoamericanos<sup>6</sup>.

Los derechos humanos y la libertad están reconocidos en la constitución del Ecuador desde 1948, para su pronta y efectiva tutela se necesitan instrumentos adecuados para controlar, cohesionar y sancionar las violaciones del mismo<sup>7,8</sup>. En Ecuador el Código Orgánico Penal (COIP) con su última reforma en el 2022, el artículo 328 establece que la persona que cometa delitos de falsificación contra otro individuo puede ser castigado de con privación de libertad de una a hasta 5 años, dependiendo si el delito es contra instrumentos públicos o privados<sup>6</sup>.

La firma de una persona constituye autoridad y puede ser utilizada por otra persona con fines ilegales<sup>9</sup>. La documentología, grafoscopia y los procedimientos que se encuentran dentro de la grafoquímica, permiten esclarecer los casos por falsificación de firmas o de documentos dubitados, afianzando la resolución de la verdad de los hechos<sup>10</sup>.

La falsificación de documentos suele implicar el análisis de tinta de una pluma, impresiones e incluso el examen de líneas que se cruzan y diversas técnicas como la espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), la descomposición espectroscópica inducida por láser (LIBS), la espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), espectroscopia transformada de fourier infrarroja, espectroscopia de rayos X de energía dispersiva<sup>11</sup>, estas técnicas son poco frecuentes al momento del análisis de rutina por su costo elevado, porque requieren de mantenimiento, también implica preparación de la muestra, ocasionando desgaste de la

documentación en estudio. Sin embargo, las técnicas más usadas a menudo es la Espectroscopía Raman y Espectroscopía de infrarrojos (IR). Siendo menos costosas, rápidas, con instrumentación más sencilla, sin previa preparación de la muestra obteniendo un resultado fiable <sup>12</sup>.

El caso de la exservidora que cometió el delito de falsificar la firma de una compañera de trabajo en documentos inherentes a un proceso de licitación que supera los \$66.000, en este caso se expusieron las pruebas documentales y testimoniales en la audiencia de juzgamiento por falsificación de firmas, es por ello que el presente trabajo analiza los avances de la Grafoquímica, técnicas aplicadas en el peritaje químico-forense, que aporta valiosa información en el esclarecimiento de falsificación de firmas en documentos dubitados estableciendo la prueba material confiable para el juzgamiento de estos casos.

### **Hipótesis**

Las espectroscopia vibratoria o Raman y técnicas de infrarrojos (IR), estos dos tipos de técnicas son efectivas para el análisis de documentos dubitados, siendo instrumentos confiables, fáciles de usar y sin preparación de las muestras, los resultados son inmediatos, de menor costos y sobre toto que no altera ni provoca desgaste de la muestra en comparación con otras técnicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Establecer los avances de la grafoquímica mediante técnicas aplicadas en el peritaje químico-forense para el esclarecimiento de la falsificación de firmas en documentos dubitados

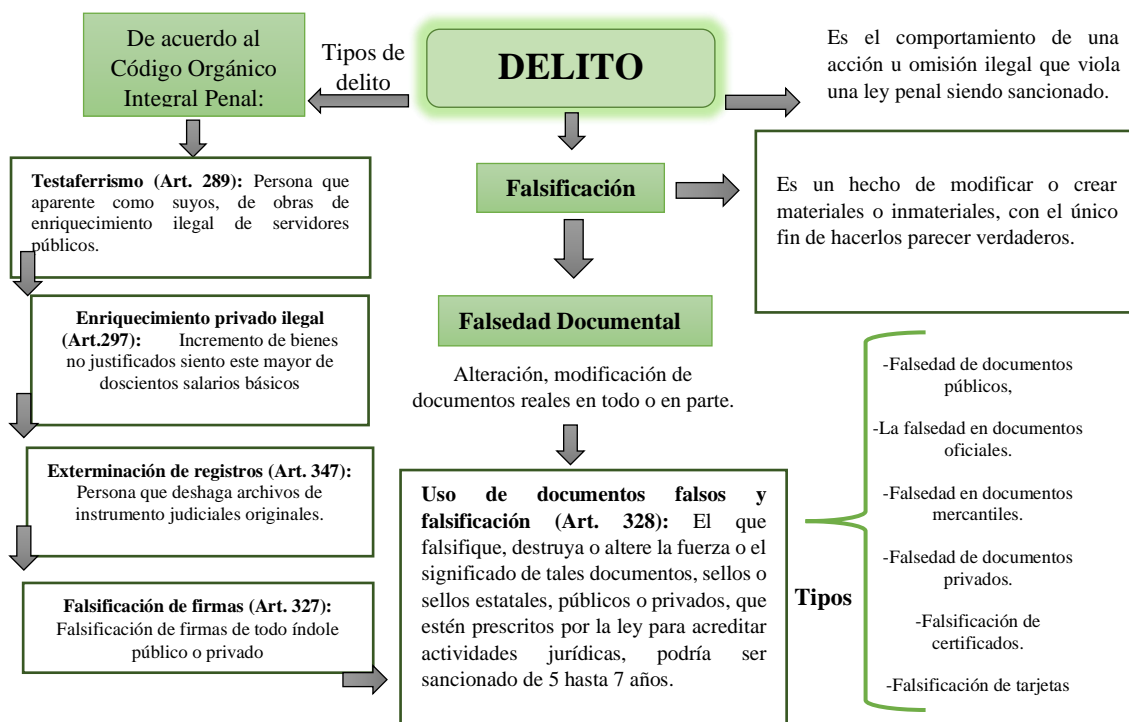
### **2.2. Objetivos específicos**

- ✓ Definir la importancia de la Grafoquímica en relación al peritaje químico-forense.
- ✓ Examinar el análisis físico-químico y químico-instrumental empleado en documentos dubitados.
- ✓ Clasificar las principales técnicas empleadas en la identificación de documentos dubitados.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Delito de falsificación de documentos

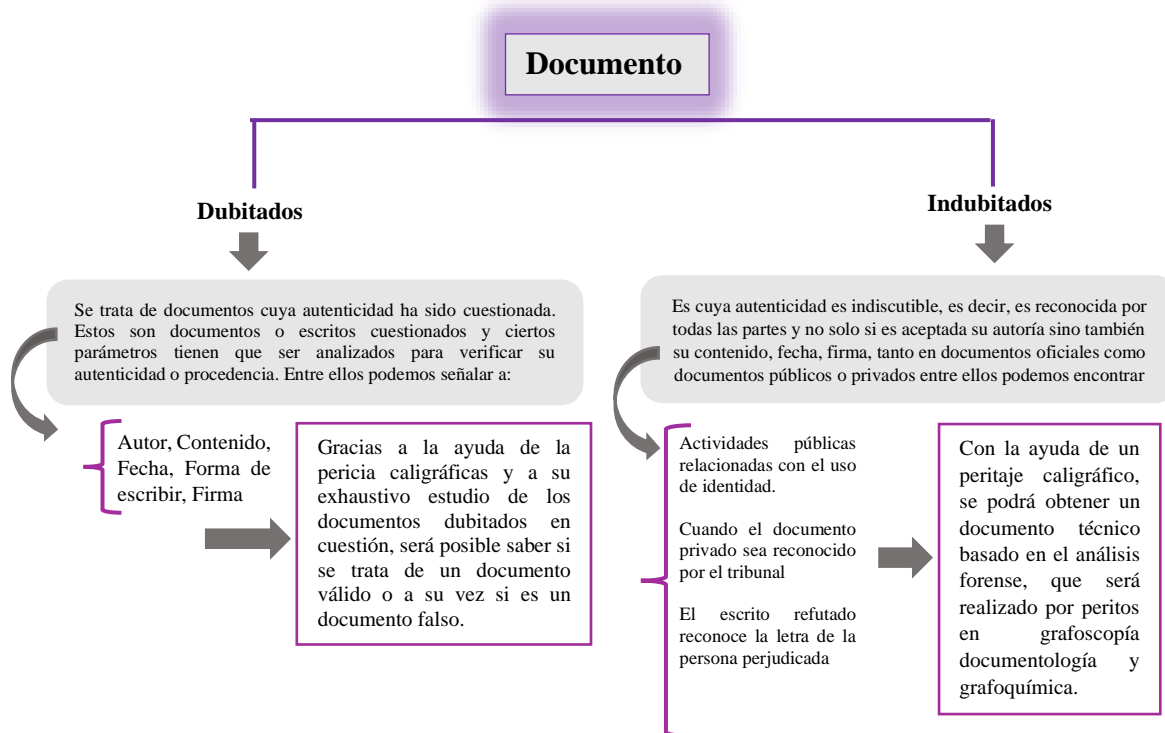
Gráfico 1: Falsificación de documentos



FUENTE: : 13,7,14,15

#### 3.1.1 Documentos dubitados e indubitados

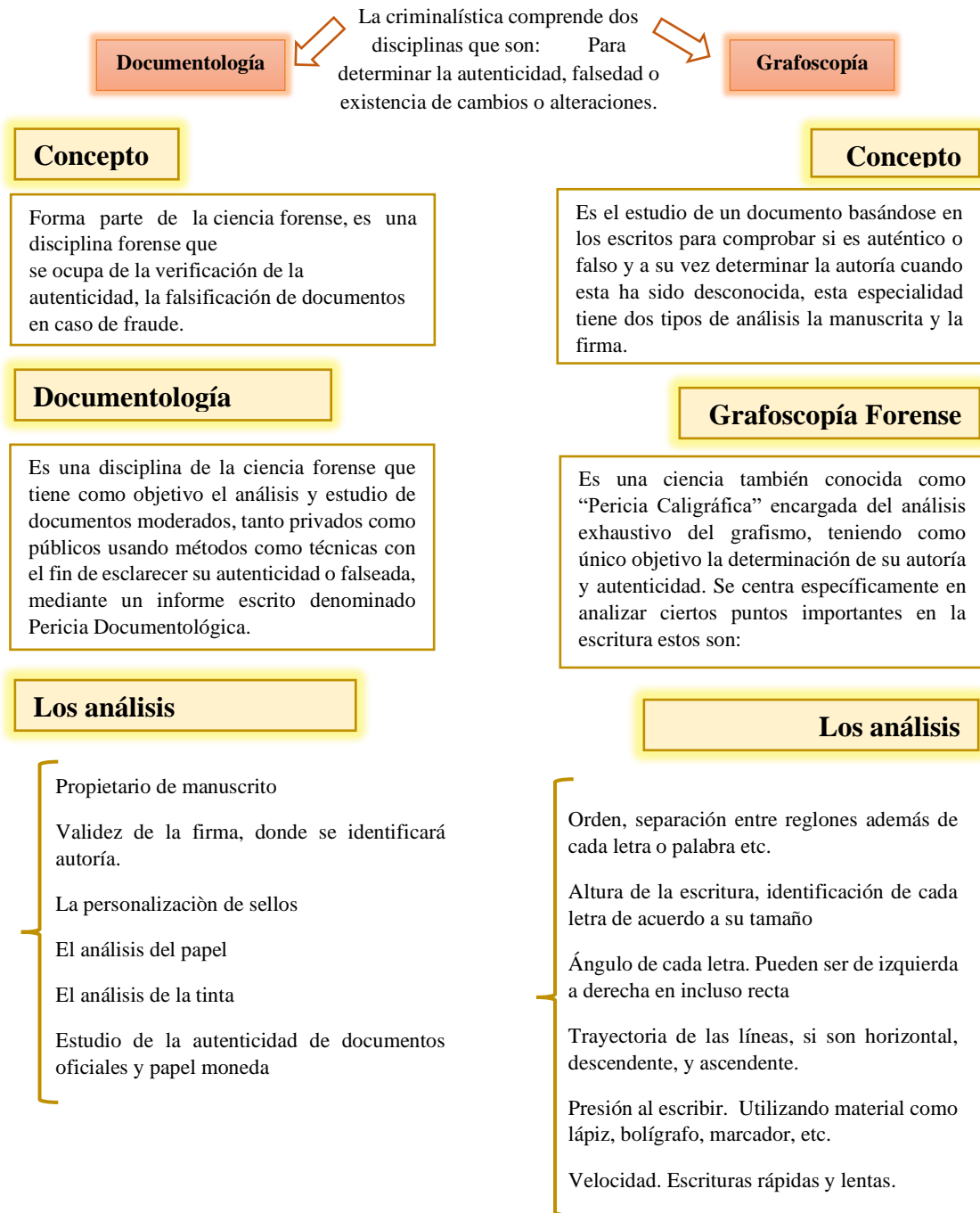
Gráfico 2: Documentos dubitados e Indubitados



FUENTE: 16,17,18

### 3.1.2 Documentología y grafoscopia

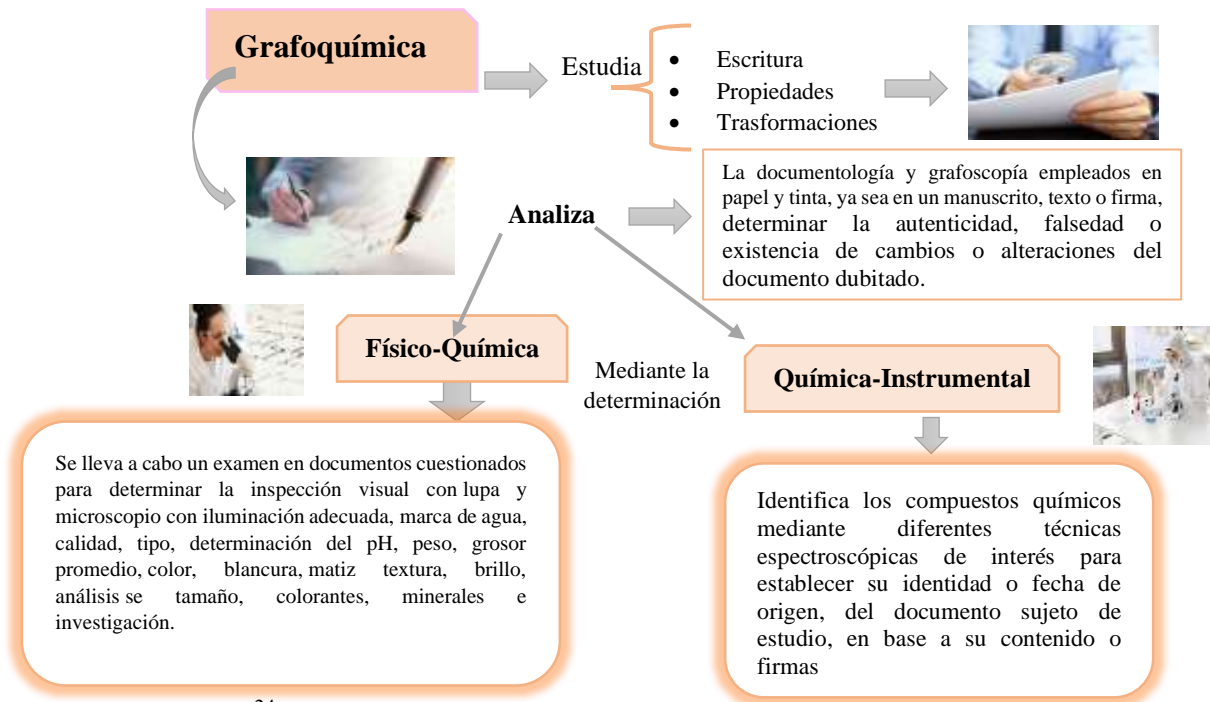
Gráfico 3: Documentología y grafología



FUENTE: 19,20,21,22,23

### 3.2. Grafoquímica

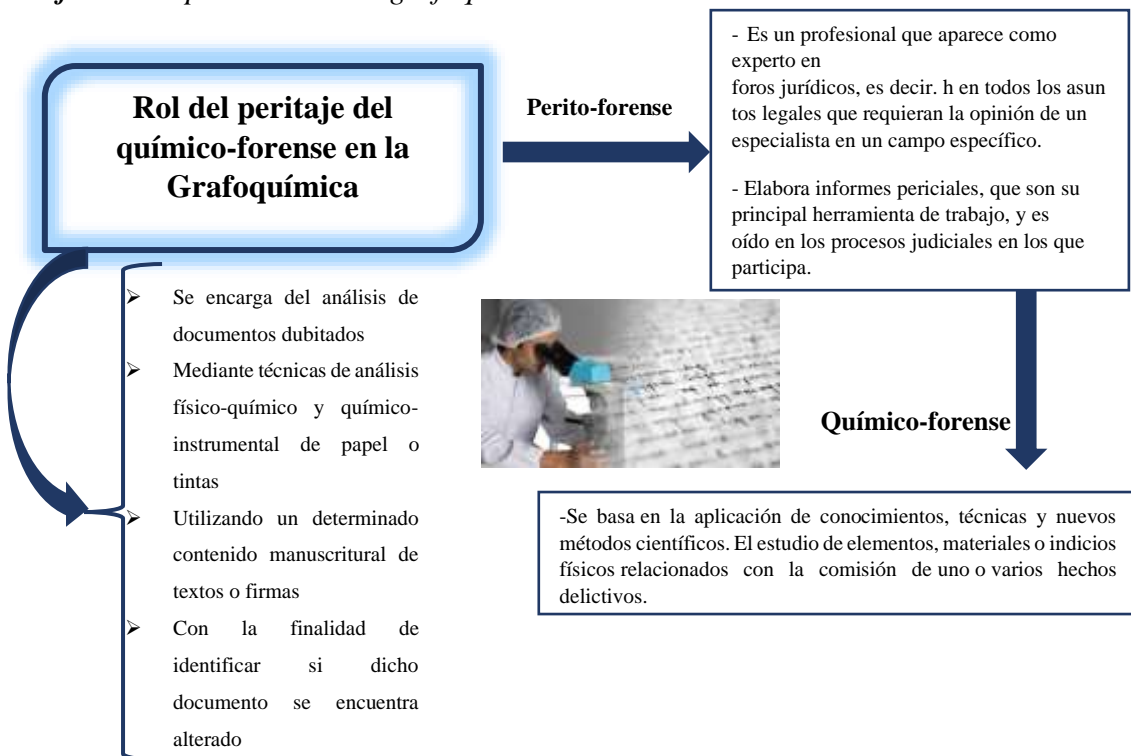
Gráfico 4: Grafoquímica



FUENTE:<sup>24</sup>.

#### 3.2.1 Importancia de la grafoquímica en relación al peritaje del químico-forense

Gráfico 5: Importancia de la grafoquímica



FUENTE: <sup>24,25,26</sup>

### 3.3. Análisis físico-químico y químico-instrumental de papel y tinta

**Tabla 1: Análisis físico y químico**

<p><b>Análisis Físico</b></p>	<p>-Se empieza cambiando las propiedades físicas del papel, primero se observa visualmente, la buena iluminación, si es posible luz natural, luego se observa bajo la lupa o microscopio, con diferentes aumentos y diferentes ángulos de luz. Se usa luz ultravioleta (250-360nm) para la observación. Puede determinar las marcas de agua, la calidad, los tipos de papel, etc. Los procedimientos de índole físico son:</p>	<p><b>Determinación del pH:</b> Los papeles de buena calidad tienen un pH que no supera a 5.</p> <p><b>Medida del Gramaje:</b> se expresa en gr/m<sup>2</sup>: para determinar su superficie, se pesa en balanza analítica determinando su gramaje. En zonas del papel que no esté sellos, escrituras o rayadas.</p> <p><b>Medida del espesor medio:</b> el equipo a usarse es un micrómetro con una sensibilidad de 0.01 mm.</p> <p><b>Resistencia a la tracción o tensión:</b> Fuerza necesaria para provocar la ruptura de una franja o tira de papel. Se expresa como la longitud o en metros</p> <p><b>Resistencia a la explosión:</b> La presión requerida para provocar el estallido en una muestra. Este valor está en la longitud de la fibra, el refine y el tamaño, expresado en Kg/ cm.</p> <p><b>Cualidades:</b> Color, blancura, matiz, brillo, opacidad, permeabilidad, dureza, propiedades superficiales, textura, fluorescencia, brillo: determinado visualmente y con lupa/microscopio.</p>
<p><b>Análisis Químico</b></p>	<p><b>Análisis del encolado</b></p>	<p><b>-Determinación del almidón:</b> es investigado por medio de solución a base de Iodo formándose una solución colorida.</p> <p><b>-Determinación de resina:</b> extrae con alcohol etílico 95°, agregando anhídrido acético y después ácido sulfúrico.</p> <p><b>-Determinación de caseína:</b> colocar hidróxido de sodio, acidificar con ácido acético, después ácido sulfúrico.</p> <p>Para la determinación de agregados plasmáticos recién al natural, sintética y palomitas</p> <p><b>Análisis de lignina</b></p> <p>-coloca el papel con ac. sulfúrico + sulfato de anilina + agua.</p> <p>-coloca el papel con ac. clorhídrico + floroglucinol + etanol.</p> <p>Para la determinación de papel fabricado con pasta mecánica</p> <p><b>Análisis de colorantes</b></p> <p>Solamente cuando se agoten las muestras en agua destilada en un lapso de varias horas 90 °C Y luego usar la cromatografía en papel</p> <p><b>Análisis de fibras</b></p> <p>Con el fin de eliminar otras cargas; tratando un trozo de papel con hidróxido de sodio al 1% calentando a ebullición dejar enfriar lavar agregar los reactivos:</p> <p><b>-Reactivo de Herzberg:</b> Yoduro de Potasio / Coluro de Zinc/Yodo.</p> <p><b>-Reactivo de Sutermeister:</b> Yoduro de potasio + Iodo-cloruro de calcio</p> <p><b>-Reactivo de Graff:</b> Cloruro de calcio +Cloruro de aluminio + Yodo / Yoduro de potasio.</p> <p><b>Análisis de minerales</b></p> <p>La absorción atómica en cenizas se puede utilizar para estudiar: hierro, magnesio, aluminio, calcio, bario, sodio, potasio, cobre, manganeso, plomo, titanio, zinc. También es importante comprobar la presencia de silicatos y sulfatos. También se pueden utilizar varios productos químicos.</p> <p><b>Estudio de las tintas</b></p> <p>Herramientas que se pueden utilizar: al escanear a diferentes longitudes de onda, generalmente en el rango infrarrojo, que se pueden distinguir en diferentes tipos de tintas. La ventaja de este enfoque es que el documento permanece sin cambios, también se puede utilizar técnicas cromatográficas.</p>

**FUENTE:** 27,28,29,30,31



### 3.3.1 Técnicas de análisis química-instrumental



**Tabla 2: Análisis química-instrumental**

Técnica	Definición	Uso aplicación
<b>(ICP-OES)</b> <b>Espectroscopía de emisión atómica de plasma</b>	Esta es un procedimiento de análisis de elementos múltiples idóneo de analizar en su totalidad los elementos de la tabla periódicamente C, N, O, H, F, gases nobles, algunos metales de tierras raras y otros elementos poco comunes en concentraciones de % a ppb.	La muestra se introduce en forma líquida mediante una bomba peristáltica en el nebulizador, donde se convierte con gas argón en un aerosol que se dirige a la zona de ionización por radiofrecuencia. La temperatura dentro del plasma puede alcanzar hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos de la muestra se ionizan, dando como resultado espectros de emisión.
<b>(ICP-MS)</b> <b>Espectrometría de masas de plasma</b>	Analiza parcialmente la mayoría de elementos de la tabla periódica, con la ventaja, y a diferencia de otros, que detecta en cantidades muy pequeñas denominándolo como traza y ultratrazas y esto permite cuantificar en (ppb).	La muestra a analizar puede estar disuelta o en estado líquido. Para muestras sólidas, semilíquidas o muy viscosas, se adquirió un horno de microondas de laboratorio Perkin Elmer Titan, el cual puede acelerar el proceso de digestión o solubilización de los analitos y determinar su origen a partir de la composición elemental de la muestra.
<b>La descomposición espectroscópica inducida por láser (LIBS)</b>	La técnica es útil para delimitar la estructura elemental de sólidos, líquidos y gases, con análisis a distancia, detección multielemental. Se prepara una muestra mínima, analiza material tanto duro como blando y sobre todo realiza análisis en tiempo real.	Utiliza luz láser pulsada de alta potencia, normalmente con una duración de pulso sobre nanosegundos. Los impactos del láser se enfocan en la muestra y, en algunos casos, una pequeña cantidad de material puede vaporizarse en la superficie, lo que permite el estudio espectroscópico de la emisión del propio plasma inducido.
<b>Espectroscopia Transformada de Fourier infrarroja</b>	Es una técnica utilizada para adquirir espectros infrarrojos de absorción o emisión de sólidos, líquidos o gases. Los espectrómetros FTIR permite recopilar simultáneamente datos relevantes de alta resolución en un amplio rango espectral	Miden simultáneamente intensidades en un rango de longitud de onda estrecho. El término espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier proviene del hecho de que se requiere una transformación de Fourier mediante (un proceso matemático) para convertir los datos procesales en un espectro real.
<b>Espectroscopia de rayos X de energía dispersiva</b>	Técnica analítica mediante una canalización química y análisis elemental. Permitiendo el análisis del volumen de una muestra donde es estimulado por una fuente de energía, el espectro y la posición de los picos indican el elemento y la densidad de la señal coincide con la concentración del elemento.	Es una muestra estimulada por una fuente de energía dispone parte de la energía absorbida al eliminar un electrón de núcleo, un electrón externo de la capa de mayor energía procede a ocupar su lugar, lo cual libera la diferencia de un rayo X por energía que tiene un espectro característico basado en su átomo de origen.

**FUENTE:** 27,28, 32,33,34,35,36,37

### 3.4. Técnicas más implementadas en documentos dubitados

**Tabla 3: Espectroscopia vibratoria o Raman y Espectroscopía de Infrarrojos (IR)**

	Espectroscopia Vibratoria o Raman	Espectroscopía de Infrarrojos (IR)
Fundamentación Química	<p>-Es una técnica bien utilizada para el estudiar de tintas.</p> <p>-Equipado con un láser que impacta las muestras de tinta, generando un espectro correspondiente en modos de baja frecuencia (vibración, rotación, etc.) separando unas muestras de otras.</p> <p>- Los enlaces moleculares pueden hacer transacciones de energía determinada donde ocurren cambios de polarización, lo que resulta en un estado activo Raman.</p> <p>- Ejemplo, las moléculas que tienen enlaces entre núcleos de carbono, sulfuro de azufre y equivalentes de nitrógeno experimentan cambios de polarización cuando los fotones interactúan y necesitan estar bien alineados y optimizados.</p> <p>- Dado que las moléculas orgánicas pueden emitir fluorescencia más fácilmente en radiación de longitud de onda corta, a menudo se utilizan bases de excitación monocromáticas con ondas de medidas más largas, como p. B. diodos láser semiconductores que generan luz con una longitud de onda de 785 n.</p>	<p>Es una técnica basada en la conformación de moléculas que absorben en gran medida la luz en la región infrarroja del espectro electromagnético y la transforman en vibraciones moleculares.</p> <p>-El conjunto óptico, se obtienen varias visualizaciones de los elementos analizados en diferentes rangos de medida de onda de 530 a 1000 nm en el espectro infrarrojo más allá del rango visible para los humanos, porque el infrarrojo es un tipo de luz que proporciona información especial que no puede provenir de luz visible.</p>
Uso	De esta forma, podemos analizar, comparar e identificar las tintas de impresión y sus pigmentos mediante espectroscopia Raman, ya que es una técnica cualitativa no destructiva. Se ha utilizado en tintas de gel, sellos, bolígrafos e impresoras con buenos resultados.	El uso de la radiación infrarroja (IR) para determinar el comportamiento del texto impreso o escrito a mano es importante porque se da el uso de un filtro de barrera, como el infrarrojo que permite observar la reacción de la tinta en el documento, ya que algunas tintas se absorben o reflejan iluminaciones de manera diferente, dependiendo del material en el que están hechos.
Procedimiento	 <p>-Al ser colocada la muestra en el espectrómetro raman.</p> <p>-Se basa en el análisis espectral de la luz dispersada del material en cuestión.</p> <p>-Esto hace que un haz de luz monocromática, es decir, radiación láser, caiga sobre él.</p> <p>-La dispersión Raman inelástica nos brinda información precisa sobre las vibraciones moleculares.</p> <p>-Se someten a enlaces químicos como átomos, iones formando redes y moléculas.</p> <p>- (Vibraciones moleculares que también ocurren a la frecuencia característica de cada compuesto),</p> <p>-Brindando así acceso a todo el material de estudio que es información de estructura química.</p>	 <p>-Cuando se analiza una muestra mediante espectroscopía IR,</p> <p>-La absorción de radiación ocurre cuando la vibración activada cambia el momento dipolar de la molécula.</p> <p>-Para poder observar la banda de frecuencia, es necesario que el momento dipolar permanente cambie con respecto al modo normal de vibración correspondiente.</p> <p>-De esta forma, los grupos funcionales pueden identificarse por su frecuencia de aparición.</p> <p>-Este hecho, combinado con la sencillez experimental y la robustez de la técnica, hace de la espectroscopia infrarroja un método sencillo, rápido y fiable para determinar las propiedades químicas de las sustancias.</p>

**FUENTE:** 38,39, 40,41,42,43,44,45,46,47

### 3.1. ANÁLISIS DEL CASO APLICANDO LA GRAFOQUÍMICA

**Naturaleza del problema:** El caso de la exservidora que cometió el delito de falsificar la firma de una compañera de trabajo.

**Fecha/Año:** 13 de octubre de 2015

**Datos relevantes:** Documentos inherentes a un proceso de licitación que supera los \$66.000, en este caso se expusieron las pruebas documentales y testimoniales en la audiencia de juzgamiento por falsificación de firmas.

**Hipótesis:** ¿Cuáles son los avances de la grafoquímica, como aplicación del análisis de documentos dubitados, que resulta ser una valiosa información para determinación de falsificación de firma?

**Análisis de la Hipótesis:** El peritaje químico forense en la grafoquímica comprende las propiedades, estructuras, y transformaciones, mediante el análisis de documentos dubitados a través de técnicas físico-químico y químico-instrumental en papel y tinta ya sea en textos o firmas. con la ayuda de métodos deductivos se determinó diversas técnicas para el análisis de papel y tintas entre ellos la Espectroscopía Raman, equipada con un láser que impacta las muestras, generando un espectro correspondiente en modos de baja frecuencia que distinguen unas muestras de otras y la Espectroscopia IR, donde gran parte de la región infrarroja electromagnética absorbe moléculas con la misma luz y las convierte en vibraciones moleculares caracterizando las propiedades químicas presentes en la muestra. Ambos métodos proporcionan resultados inmediatos, fiables y, lo más importante, no alteran ni provoca daños en el documento dubitado para el caso contrapericial.

**Resolución del caso:** Johana C. ha sido declarada culpable de falsificación de firma en escritura pública y se enfrenta a un año de prisión. Así lo dio a conocer el Tribunal Supremo Penal de Manabí. Infracción del artículo 328 (COIP). El que altere o falsifique la firma de otro individuo será sancionado una pena de privación de libetas de 1 a 3 años si se trata de documento privado y de 3 a 5 años si se trata de documento público.

#### 4. CONCLUSIÓN

El delito es el comportamiento de una acción u omisión ilegal que viola una ley penal siendo sancionado, vareándose en múltiples tipos de delitos donde la falsedad documental es la alteración, modificación en todo o en parte de documentos reales siendo esto tipificado por el 328 (COIP). El que altere o falsifique la firma de otro individuo será sancionado una pena de privación de liberas de 1 a 3 años si se trata de documento privado y de 3 a 5 años si se trata de documento público. El peritaje químico-forense en la Grafoquímica permite comprende las propiedades, estructuras, y transformaciones a partir de su composición, mediante el análisis de documentos dubitados a través de técnicas físico-químico y químico-instrumental en papel y tinta que se han utilizado en un determinado contenido manuscritural ya sea textos o firmas.

Mediante las técnicas de exámenes empleados en el análisis de papel y tinta físico-químicos como, inspección visual con lupa y microscopio con iluminación adecuada, marca de agua, calidad, tipo, determinación del pH, peso, grosor promedio, color, blancura, matiz textura, brillo, análisis tamaño, colorantes, fibras, minerales e investigación de tintas y químicos-instrumental, tenemos la espectroscopía de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES), la descomposición espectroscópica inducida por láser (LIBS), la espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICO-MS), espectroscopía transformada de fourier infrarroja, espectroscopia de rayos X de energía dispersiva y espectroscopía de (IR). empleadas permiten el esclarecimiento de casos para documentos dubitados.

Las principales técnicas empleadas en documentos dubitados son la Espectroscopía Raman, equipada con un láser que impacta las muestras, generando un espectro correspondiente en modos de baja frecuencia que distinguen unas muestras de otras y la Espectroscopía IR, donde gran parte las moléculas absorben luz en la región infrarroja del espectro electromagnético y la convierten en vibraciones moleculares, caracterizando las propiedades químicas presentes en la muestra. Ambas técnicas realizan un análisis comparativo de papel y tintas métodos que permiten identificar su huella química y sin ser invasivas de previa preparación de la muestra lo cual no altera ni provoca desgaste del documento para casos de contrapericial.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Rojas, E.; Choto, D.; Vásquez, R. La Necesidad Pericial Forense Del Estado Costarricense. *Rev. Med. Leg. Costa Rica* **2007**, *24*, 5–30.
- (2) Colina, J. D. Apuntes Acerca de La Documentoscopia Como Disciplina Auxiliar de La Criminalística. *Rev. Fac. Ciencias Forenses y la Salud* **2013**, *8* (8), 19–26.
- (3) Velázquez, I.; Javier Martínez. REALIDAD, FICCIÓN Y AUTENTICIDAD EN EL MUNDO ANTIGUO: LA INVESTIGACIÓN ANTE DOCUMENTOS SOSPECHOSOS. **2014**.
- (4) Fuentes, M.; Castellanos, P. LOS DERECHOS FUNDAMENTALES DE LOS SANCIONADOS A PRIVACIÓN DE LIBERTAD EN EL ECUADOR. *Rev. Metrop. CIENCIAS Apl.* **2022**, *2*, 19–40. <https://doi.org/10.2307/j.ctv31zqdh6.4>.
- (5) Rojas, L. E. Falsedad Documental Como Delito de Engaño. *Rev. Chil. derecho* **2014**, *XLI* (2), 523–554.
- (6) Vela Andrade, N. Análisis de La Falsificación de Documentos y Protección Del Bien Jurídico En Materia Penal. *J. Bus. Entrep. Stud.* **2020**, *4*, 1–13.
- (7) Ecuador, A. N. del. *Codigo Organico Integral Penal*; 2015.
- (8) Carpizo, J. Los Derechos Humanos: Naturaleza, Denominación y Características. *Cuest. Const. Rev. Mex. Derecho Const.* **2011**, *1* (25). <https://doi.org/10.22201/ijj.24484881e.2011.25.5965>.
- (9) Salam, A.; Shah, M.; Fayaz, M.; Wahid, F.; Khan, H. K.; Shah, A. Forensic Analysis of Offline Signatures Using Multilayer Perceptron and Random Forest. *Int. J. Database Theory Appl.* **2017**, *10* (1), 139–148. <https://doi.org/10.14257/ijdta.2017.10.1.13>.
- (10) Valarezo, M.; Coronel, F.; Ocampo, R. D. The Constitutional Guarantee of Personal Freedom and the Ha-. *Rev. Científica la Univ. Cienfuegos /* **2019**, 470–478.
- (11) Fischer, T.; Marchetti-Deschmann, M.; Cristina Assis, A.; Levin Elad, M.;

- Algarra, M. Profiling and Imaging of Forensic Evidence – A Pan-European Forensic Round Robin Study Part 1: Document Forgery. *Sci. Justice* **2022**, 62 (4), 433–447. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.06.001>.
- (12) Cicconi, F.; Lazić, V.; Palucci, A. Análisis Forense de Tintas Comerciales Mediante Espectroscopia de Descomposición Inducida Por Láser (LIBS). *Rev. Sensors* **2020**, 20 (13), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s20133744>.
- (13) Mayer Lux, L.; Oliver Calderón, G. El Delito de Fraude Informático: Concepto y Delimitación. *Rev. Chil. Derecho y Tecnol.* **2020**, 9 (1), 151. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2020.57149>.
- (14) Quesquén, S. Análisis de La Estructura Lógica Del Delito de Falsificación de Documentos. *Lex* **2015**, 191–210.
- (15) Acosta, L.; Medina, R. Investigaciones Originales La Función Probatoria Del Documento Público y Privado En Los Tipos Penales de Falsedad Documental. *Inciso* **2017**, 33–47.
- (16) Lorenzo, L. B. Los Documentos Fotocopiados : ¿ Se Puede Acreditar Su Autenticidad o Falsedad Para El Ámbito Jurídico ? *Rev. ciencias jurídicas y políticas* 147–156.
- (17) José, P.; Gil, H. INFORME CALIGRÁFICO PERICIAL : COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO FIRMA FIRMA RÚBRICA INDUBITADOS. *Psicopatología Clínica, Leg. y Forense* **2019**, 19, 22–57.
- (18) Nancy, L.; Roux, D.; Ana, V. Revisión. **2013**.
- (19) Garay Broggi, J. L.; Bruquetas Correa, E. G.; Bar, A. R. Inferencias y significados en la reconstrucción y cotejo del gesto gráfico. Reflexiones respecto a la construcción del dato en la intervención documentológica. <https://doi.org/10.55555/is.24.440>.
- (20) Martins, M. de O.; Duarte, S. M. da S.; Faria, F. V. Grafoscopia e as Técnicas de Falsificação de Documentos. *Brazilian J. Dev.* **2019**, 5 (10), 18561–18580. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-108>.
- (21) Pereyra, Y. Manual Básico Documentología Forense y Grafología; 2019.

- (22) Xavier Villela, C. A. Características de Classe Em Grafoscopia. *Rev. Bras. Ciências Policiais* **2013**, 3 (2), 11–36. <https://doi.org/10.31412/rbcp.v3i2.56>.
- (23) Garay, J.; Bruquetas, E.; Roque, A. Inferencias y Significados En La Reconstrucción y Cotejo Del Gesto Gráfico. Reflexiones Respecto a La Construcción Del Dato En La Intervención Documentológica. *Intersticios Soc.* **2022**, No. 24, 35–66. <https://doi.org/10.55555/is.24.440>.
- (24) de Filippo, D.; Sanz, E.; Salido, C. U.; Ardanuy, J.; Gómez, I. El Papel de Las Bases de Datos Institucionales En El Análisis de La Actividad Científica de Las Universidades. *Rev. Esp. Doc. Cient.* **2011**, 34 (2), 165–189. <https://doi.org/10.3989/redc.2011.2.797>.
- (25) Valerio, G. La Importancia Del Perito Forense En La Procuración e Impartición de La Justicia En México. *Rev. Mex. Med. Forense* **2020**, 5 (4), 61–74.
- (26) Arreola, C.; Pachón, D.; Ariza, A. La Química Forense Y Su Aporte En La Investigación Del Tipo Penal De Tráfico, Fabricación O Porte De Estupefacientes. **2015**, 1–40.
- (27) Mejía, E.; Padilla, D.; Cabanzo, R. Espectroscopía de Emisión ICP En Materiales de Interés Tecnológico: Carbón. *Rev. Colomb. Física* **2002**, 34 (1), 201–204.
- (28) Jiménez, M. E.; Grijalva, A. de las M.; Ponce, H. X. Plasma Acoplado Inductivamente En Espectroscopia de Emisión Óptica (ICP-OES). *Recimundo* **2020**, 4 (4), 4–12. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.4-12](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.4-12).
- (29) Jiménez, M. M. Validación Del Método de Análisis de Residuos de Disparo Por Espectrometría de Masas Con Plasma Acoplado Inductivamente En Frotis de Manos, En El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Regional Bogotá. *Rev. Colomb. Med. Leg. y ciencias forenses* **2012**, 8.
- (30) Alzate, A.; Alzate, H. Métodos Utilizados En El Destintado de Papel Desperdicio – Aproximación Al Estado Del Arte. *Rev. Investig. Apl.* **2012**, 6 (1), 9–25.
- (31) González, K. D. A. C.; Rey, D. D. Evaluación de Las Propiedades Físicas y Químicas de Residuos Sólidos Orgánicos a Emplearse En La Elaboración de Papel. *Luna Azul* **2016**, 43 (43), 499–517. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>.

- (32) Hernández, E. N. A. P. F. La Coetaneidad Entre Muestras Dubitadas e Indubitadas de Escrituras Manuscritas. *Rev. Crim. y Ciencias Forenses* **2017**.
- (33) Lacarte, A.; Lashera, J.; Bello, C. Espectroscopía de Descomposición Inducida Por Láser ( LIBS ): Una Técnica Emergente En La Química Analítica. *Ciencia* **2010**, *18* (September), 179–187.
- (34) Piqué, T.; Vázquez, A. USO DE ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) EN EL ESTUDIO DE LA HIDRATACIÓN DEL CEMENTO. *CONCRETO Y Cem. Investig. Y Desarro.* **2012**, *3* (2), 62–71.
- (35) Barraza, G.; De La Rosa, L. A.; Martínez, A.; Castillo, H.; Cotte, M.; Alvarez, E. La Microespectroscopía de Infrarrojo Con Transformada de Fourier (FTIRM) En El Estudio de Sistemas Biológicos. *Rev. Latinoam. Quim.* **2013**, *41* (3), 125–148.
- (36) Rocha, A. C. R.; Padrón, G. H.; Garduño, M. V. G.; Aranda, R. L. G. Physicochemical Analysis of MTA Angelus® and Biodentine® Conducted with X Ray Diffraction, Dispersive Energy Spectrometry, X Ray Fluorescence, Scanning Electron Microscope and Infra Red Spectroscopy. *Rev. Odontológica Mex.* **2015**, *19* (3), e170–e176. <https://doi.org/10.1016/j.rodMex.2016.02.023>.
- (37) Navarro, F. “GRAFOQUÍMICA: DETERMINACIÓN DE ANTIGÜEDAD DE TINTAS EN INSTRUMENTOS DE ESCRITURA MANUAL,” 2017.
- (38) Castro, J.; Adrián, V.; Ortiz, C. Espectroscopia Raman y Sus Aplicaciones. *Opt. Pura y Apl.* **2013**, *46* (1), 83–95. <https://doi.org/10.7149/OPA.46.1.83>.
- (39) Alvarez, D. Espectroscopía Raman Aplicada Al Análisis Forense de Tintas de Impresora. *Spokein* **2015**, *3* (7), 2–14.
- (40) Gutiérrez, D.; Zeledón, E.; Murillo, N.; Rojas, L. Uso de La Espectroscopia Raman En El Análisis de Fragmentos de Pintura Automotriz Como Evidencia Forense. *Rev. Tecnol. en Marcha* **2016**, *29* (8), 57. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2985>.
- (41) Molleda; Gómez; Villar; Quintana. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO : UNA HERRAMIENTA ÚTIL PARA EVALUAR LA PENETRACIÓN DE LA TINTA EN EL PAPEL PRENSA INFRARED SPECTROSCOPY : A USEFUL



TOOL TO EVALUATE INK PENETRATION IN NEWSPRINT PALABRAS CLAVES / PALABRAS-CHAVE INTRODUCCIÓN Gramaje Mediante Im. *Dep. Celul. y Pap.* **2008**, No. 45200.

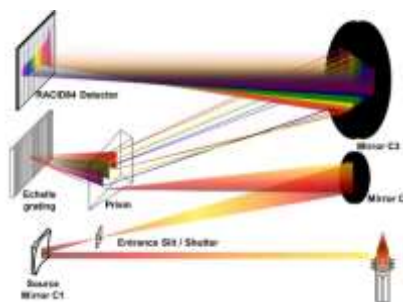
- (42) Téllez, L.; Rubio, F.; Peña-Alonso, R.; Rubio, J. Seguimiento Por Espectroscopia Infrarroja (FT-IR) de La Copolimerización de TEOS (Tetraetilortosilicato) y PDMS (Polidimetilsiloxano) En Presencia de Tbt (Tetrabutiltitanio). *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.* **2004**, 43 (5), 883–890.  
<https://doi.org/10.3989/cyv.2004.v43.i5.417>.
- (43) Silva, C. M. A. da; Brito, M. de; Ortega, C. D. Documento, Documentação, Documentologia. *Perspect. em Ciência da Informação* **2016**, 240–253.
- (44) Yerezhep, D.; Omarova, Z.; Aldiyarov, A.; Shinbayeva, A.; Tokmoldin, N. IR Spectroscopic Degradation Study of Thin Organometal Halide Perovskite Films. *Molecules* **2023**, 28 (3). <https://doi.org/10.3390/molecules28031288>.
- (45) Lixourgioti, P.; Goggin, K. A.; Zhao, X.; Murphy, D. J.; van Ruth, S.; Koidis, A. Authentication of Cinnamon Spice Samples Using FT-IR Spectroscopy and Chemometric Classification. *Lwt* **2022**, 154, 112760.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112760>.
- (46) Wu, W.; Zhao, G.; Xue, X.-X.; Bird, S. A.; Yang, C. Contribution of Gaia Sausage to the Galactic Stellar Halo Revealed by K Giants and Blue Horizontal Branch Stars from the Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope, Sloan Digital Sky Survey, and Gaia. *Astrophys. J.* **2022**, 924 (1), 23.  
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac31ac>.
- (47) Rusu, I. Legal and Administrative Sciences in the New Millennium Forgery of Documents under Signature. **2022**, 11–20.
- (48) Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, C. S. de I. C. Espectroscopía De Emisión Atómica ICP-OES [https://icp.csic.es/archivos/uapoyo/2020/Descripcion ICP\\_02.pdf](https://icp.csic.es/archivos/uapoyo/2020/Descripcion_ICP_02.pdf).
- (49) EriCU. Espectrómetro MS scimaX ® <https://www.medicalexpo.es/prod/bruker-daltonics-inc/product-75820-921833.html>.
- (50) Astudillo, L. R. de. Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier y sus

aplicaciones en la industria - TecnoSoluciones Integrales - TSI Group  
<https://tecnosolucionescr.net/blog/635-espectroscopia-infrarroja-por-transformada-de-fourier-y-sus-aplicaciones-en-la-industria>.

- (51) Barron, P.; Raja Andrew R. 1.12: Introducción a la espectroscopia de rayos X dispersiva de energía  
[https://espanol.libretexts.org/Quimica/Química\\_Analítica/Métodos\\_Físicos\\_en\\_Química\\_y\\_Nano\\_Ciencia\\_\(Barron\)/01%3A\\_Análisis\\_Elemental/1.12%3A\\_Introducción\\_a\\_la\\_espectroscopia\\_de\\_rayos\\_X\\_dispersiva\\_de\\_energía](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Química_Analítica/Métodos_Físicos_en_Química_y_Nano_Ciencia_(Barron)/01%3A_Análisis_Elemental/1.12%3A_Introducción_a_la_espectroscopia_de_rayos_X_dispersiva_de_energía).
- (52) Universidad de Alicante. Técnicas a utilizar Espectroscopia Infrarroja [IR]  
<https://www.ehu.eus/imacris/PIE06/web/directorio.htm>.

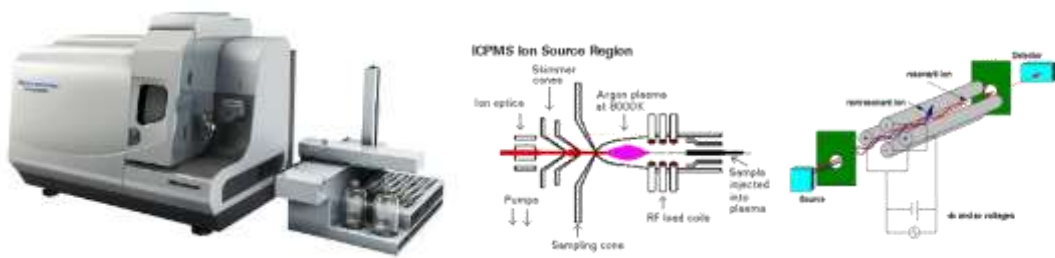
## ANEXOS

### Anexo 1. Espectrómetro ICP-OES



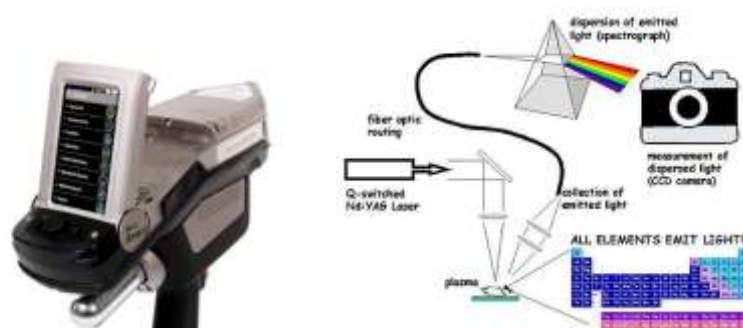
Fuente: Reinaldo Jaimes<sup>48</sup>

## Anexo 2. Espectrómetro MS -ICP



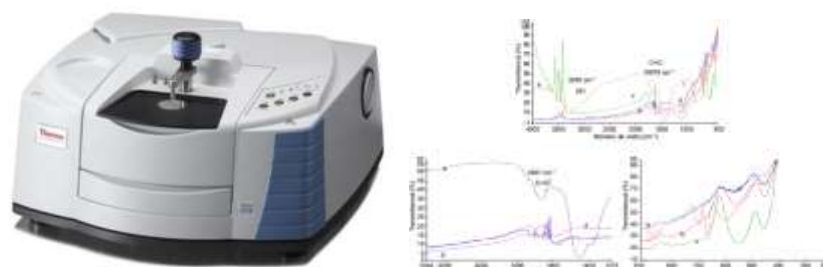
Fuente: Eric Hu<sup>49</sup>

## Anexo 3. Espectroscopio de descomposición inducida por láser (LIBS)



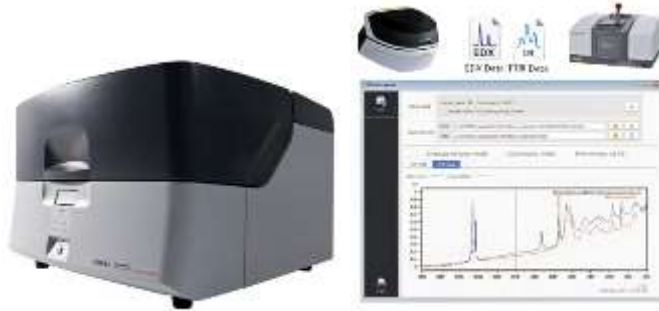
Fuente: Lacarte, Lasheras y Galvez<sup>32</sup>

## Anexo 4. Espectroscopio de Transformada de Fourier infrarroja



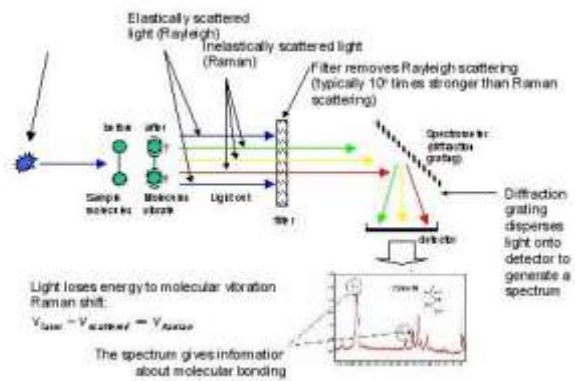
Fuente: Luisa Rojas de Astudillo<sup>50</sup>

## Anexo 5. Espectroscopio de rayos X de energía dispersiva



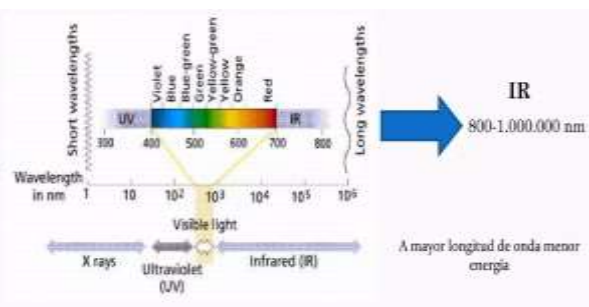
- **Fuente:** Pavan M. V. Raja & Andrew R. Barron<sup>51</sup>

## Anexo 6. Espectroscopio vibratorias o Raman



**Fuente:** Raman po Yan Di<sup>38</sup>

## Anexo 7. Espectroscopio de infrarrojos (IR).



**Fuente:** Universidad de Alicante<sup>52</sup>