



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda
basados en los casos del mercado central de Machala.**

**GUAMO QUITUISACA JOSUE ELIAS
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**QUEZADA SARANGO JEAN ALEXANDER
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda basados en los casos del mercado central de Machala.

**GUAMO QUITUISACA JOSUE ELIAS
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**QUEZADA SARANGO JEAN ALEXANDER
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda basados en los casos del mercado central de Machala.

**GUAMO QUITUISACA JOSUE ELIAS
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**QUEZADA SARANGO JEAN ALEXANDER
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE

**MACHALA
2023**

Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda basados en los casos del mercado central de Machala.

por Jean Alexander Quezada Sarango

Fecha de entrega: 23-feb-2024 10:36a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2299720732

Nombre del archivo: moneda_basados_en_los_casos_del_mercado_central_de_Machala..pdf (1.56M)

Total de palabras: 13471

Total de caracteres: 73523

Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda basados en los casos del mercado central de Machala.

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Anahuac México Sur

Trabajo del estudiante

<1%

2

Submitted to Universidad de San Martín de Porres

Trabajo del estudiante

<1%

3

Submitted to utec

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

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

Los que suscriben, GUAMO QUITUISACA JOSUE ELIAS y QUEZADA SARANGO JEAN ALEXANDER, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS QUÍMICO FORENSE DE ALTERACIÓN DE DOCUMENTOS EN PAPEL MONEDA BASADOS EN LOS CASOS DEL MERCADO CENTRAL DE MACHALA.

otorgan 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 tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran 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.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen 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.



GUAMO QUITUISACA JOSUE ELIAS
0705945061



QUEZADA SARANGO JEAN AELXANDER
0706695079

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con amor incondicional y sacrificio me brindaron las alas para alcanzar mis sueños. Su apoyo constante y valores han sido mi faro durante este arduo viaje académico. A mi tutora Dra. Marisela Segura, cuya sabiduría y guía fueron la brújula que orienta este trabajo. A mis amigos y compañeros de clase, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables que hicieron más llevadera esta travesía. A todos aquellos que creyeron en mí y contribuyeron, directa o indirectamente, a este logro, les dedico este trabajo. Cada paso, cada desafío superado, es también suyo.

Josue Guamo Q

A mi familia, por ser la fuente inagotable de amor, comprensión y apoyo, por su paciencia y aliento constante en cada etapa de este proyecto. A mi tutora Dra. Marisela Segura, cuya experiencia y dedicación guiaron mis esfuerzos hacia la excelencia académica. A mis amigos, por compartir risas y palabras de aliento durante los momentos más desafiantes. A mis padres, Elio Quezada, Rosa Sarango y mis hermanos, cuyo legado de perseverancia y sabiduría me inspira a seguir adelante. Este trabajo está dedicado a todos aquellos que, de alguna manera, dejaron una huella en mi vida y en este proceso de aprendizaje. Su influencia es evidente en cada página de esta tesis.

Jean Quezada S.

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento especial a mi tutora Dra. Marisela Segura, cuya colaboración y valiosas aportaciones fueron esenciales para la realización de este trabajo, su experiencia y perspectiva fueron verdaderamente enriquecedoras, agradezco a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión, sus palabras de aliento y su paciencia fueron mi fuente de inspiración constante, agradezco a mis amigos y compañeros de clase que compartieron sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo así mi comprensión del tema. Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que creyeron en mí y me apoyaron a lo largo de este viaje académico. Gracias por ser parte de este importante capítulo de mi vida.

Josue Guamo Q.

Agradezco a mi director de tesis, Dra. Marisela Segura, por su orientación experta, su paciencia inagotable y su compromiso constante, sus valiosas sugerencias y su guía han sido fundamentales para dar forma y mejorar este trabajo, a mi familia, les debo un agradecimiento sincero, su amor, apoyo incondicional y comprensión durante este arduo proceso han sido mi mayor fortaleza. A mis padres, por ser mi fuente de inspiración constante, agradezco a mis amigos y compañeros de clase que compartieron conmigo sus conocimientos y experiencias, sus perspectivas enriquecieron mi comprensión del tema y hicieron este viaje académico más significativo.

Jean Quezada S.

RESUMEN

La falsificación y la estafa son prácticas engañosas que afectan negativamente a las personas y las instituciones. Los documentos en papel moneda tienen características únicas que los hacen difíciles de falsificar, como marcas de agua, hilos de seguridad y tintas especiales. Sin embargo, los falsificadores utilizan diversas técnicas para alterar billetes genuinos, como el borrado químico, el lavado de billetes, la reimpresión y la modificación de números de serie. Se presentan varios casos históricos y contemporáneos de falsificación de billetes, destacando la complejidad y el impacto de estos delitos en la economía y la seguridad pública. Además, se detallan las consideraciones éticas y los métodos analíticos utilizados en el peritaje químico forense para detectar alteraciones en papel moneda, incluyendo pruebas químicas, microscópica y espectroscopia. En este estudio, se empleó un enfoque descriptivo y transversal para investigar las alteraciones en papel moneda por manipulación fraudulenta. Se recopilaron billetes falsos y auténticos de 5, 10 y 20 dólares. Se recolectaron datos en el mercado central de Machala y se realizaron análisis físicos, químicos e instrumentales. Los métodos incluyeron observación macroscópica, ensayos de la gota (yodo, alcohol, agua), microscopía, luz UV y espectroscopía infrarroja cercana. Los resultados se compararon con billetes auténticos para detectar alteraciones, este estudio proporciona una visión detallada de los efectos de la manipulación fraudulenta en papel moneda. Métodos como la yodación, el análisis con alcohol y el examen microscópico revelaron diferencias distintivas, como la resistencia de la tinta y la composición del papel. Además, la microscopía y la espectroscopia mostraron discrepancias consistentes en características de seguridad entre billetes genuinos y falsificados. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar estrategias más amplias para mitigar las pérdidas económicas y fortalecer las medidas preventivas contra la falsificación de billetes.

Palabras clave: métodos físicos, métodos químicos, métodos instrumentales, alteraciones, microscopía.

ABSTRACT

Counterfeiting and fraud are deceptive practices that negatively affect people and institutions. Paper currency documents have unique features that make them difficult to counterfeit, such as watermarks, security threads, and special inks. However, counterfeiters use various techniques to alter authentic banknotes, such as chemical erasure, banknote laundering, reprinting, and modifying serial numbers. Several historical and contemporary cases of banknote counterfeiting are presented, highlighting the complexity and impact of these crimes on the economy and public safety. Additionally, the ethical considerations and analytical methods used in forensic chemical expertise to detect alterations in paper currency are detailed, including spectroscopy, chromatography, and chemical testing.

In this study, a descriptive and cross-sectional approach was used to investigate alterations in paper currency due to fraudulent manipulation. Counterfeit and authentic \$5, \$10, and \$20 bills were collected. Data were collected in the central market of Machala and physical, chemical and instrumental analyzes were performed. Methods include macroscopic observation, drop assays (iodine, alcohol, water), microscopy, UV light and near-infrared spectroscopy. The results are compared to authentic banknotes to detect alterations, this study provides a detailed view of the effects of fraudulent manipulation on paper currency. Methods such as iodization, alcohol analysis, and microscopic examination revealed distinctive differences, such as ink resistance and paper composition. Additionally, microscopy and spectroscopy showed consistent discrepancies in security features between authentic and counterfeit banknotes. These findings highlight the importance of implementing broader strategies to mitigate economic losses and strengthen preventive measures against banknote counterfeiting.

Keywords: physical methods, chemical methods, instrumental methods, alterations, microscopy.

Índice de Contenido

HIPÓTESIS	3
OBJETIVOS	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
1. MARCO TEÓRICO	4
Falsificación y estafa	4
Normativas	4
1.2.1. Constitución de la república del Ecuador.....	4
Organismos reguladores.....	5
Documentos en papel moneda y su importancia forense.....	5
1.4.1 Alta calidad y durabilidad.....	5
1.4.2 Tinta de seguridad.....	5
1.4.3 Marcas de agua.....	5
1.4.4 Hilo de seguridad.....	6
1.4.5 Microimpresiones.....	6
1.4.6 Relieves y texturas.....	6
1.4.7 Tintas que cambian de color.....	6
1.4.8 Hologramas.....	6
1.4.9 Tintas fluorescentes o fosforescentes.....	6
Valor histórico y legal de los documentos en papel moneda.....	6
1.5.1 Valor histórico.....	6
1.5.2 Valor legal	6
1.5.2.1 Medio de pago.....	6
1.5.2.2 Reserva de valor.....	7
1.5.2.3 Instrumento contra la inflación.....	7
1.5.2.4 Protección contra falsificación.....	7
Tipos de alteraciones y falsificaciones comunes en papel moneda	7
Análisis de casos y aplicaciones en química forense para la detección de alteraciones en papel moneda.....	8
1.7.1 Caso del "supernote".....	8
1.7.2 Caso del "euro falso" en Italia.....	8
1.7.3 Caso de la "operación Bernhard".....	8
1.7.4 Caso "dólares falsos de Perú".....	8
1.7.5 Caso "billetes de 1000 pesos argentinos".....	8

Consideraciones éticas en el peritaje químico forense	9
1.8.1 Preservación de la Evidencia.	9
1.8.2 Documentación Detallada.	9
1.8.3 Comunicación Clara.	9
1.8.3.1 Integridad y Objetividad.	9
1.8.3.2 Confidencialidad.	9
1.8.3.3 Competencia.	9
1.8.3.4 Testimonio Fiable.	10
1.8.4 Métodos analíticos utilizados en el peritaje químico forense	10
1.8.4.1 Análisis Visual.	10
1.8.4.2 Color y textura.	10
1.8.4.3 Marca de agua e hilo de seguridad.	10
1.8.4.4 Hologramas y características de seguridad.	10
1.8.4.5 Tamaño y detalles de diseño.	10
1.8.4.6 Análisis Microscópico.	10
Microscopio óptico.	10
1.8.4.7 MEB (Microscopio electrónico de barrido).	10
Espectroscopia y espectrometría aplicadas al análisis de documentos en papel moneda.....	10
1.9.1 Espectroscopia infrarroja (FTIR).	11
1.9.2 Espectroscopia Rama.	11
1.9.3 Espectrometría de masas (MS).	11
1.9.4 Espectroscopia UV-Visible.	11
1.9.5 Espectroscopia de fluorescencia.	11
Cromatografía y técnicas separativas en la identificación de sustancias en papel moneda	11
1.10.1 Cromatografía en capa fina (TLC).	12
1.10.2 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).	12
1.10.3 Espectrometría de masas (MS).	12
Microscopía y técnicas de imagen.	12
Métodos Químicos.....	12
1.11.1 Detección de billetes falsos por yodo.	12
1.11.2 Detección de billetes falsos por saliva.	12
1.11.3 Rotuladores químicos para billetes.	12
1.11.4 Prueba del cloruro férrico.	13
1.11.5 Reactivo de dinitrofenilhidrazina (DNPH).	13
Reactivos de fluorescencia.	13
1.11.6 Reactivo de plata nitrato.	13

1.11.7 Reactivo de ninhidrina	13
1.11.8 Reactivo de permanganato de potasio.	13
1.11.9 Método de Infrarrojo Cercano.	13
2. METODOLOGÍA	14
Tipo de estudio	14
Unidad de análisis	14
Materiales y métodos	14
2.3.1 Método de Recolección de datos en el mercado central de Machala.....	14
2.3.2 Métodos físicos.....	14
2.3.2.1 Observación macroscópica.	14
2.3.3 Métodos químicos.....	15
2.3.3.1 Ensayos de la gota.....	15
2.3.3.2 Método de Yodación.....	15
2.3.3.3 Método del alcohol.	15
2.3.3.4 Método con Agua.....	15
2.3.4 Métodos instrumentales.....	15
2.3.4.1 Método a través de la Microscopía.....	15
2.3.4.2 Método con Luz U-V (Ultravioleta).....	16
2.3.4.3 Método Infra rojo cercano (NIR).	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
Resultados del nivel de afectación en los comerciantes del mercado central de Machala.....	18
3.1.1 El coeficiente Alfa de Cronbach.....	23
Resultados de la aplicación de los métodos físicos (observación macroscópica).....	23
3.2.1 Gramaje o Masa Base (Peso).....	23
3.2.2 Espesor o Calibre (Dimensiones).....	24
3.2.3 Textura superficial de papel y Rigidez del papel moneda	26
Resultados de la aplicación de los métodos químicos (Ensayos de la Gota).	27
Método de Yodación.....	27
Método de alcohol.....	30
Método del agua.....	33
Resultados de la aplicación de los métodos instrumentales.....	35
Método a través de la Microscopía.....	36
Método con luz U-V (ultravioleta).....	39
Método Infra rojo cercano (NIR).....	42
4. CONCLUSIONES.....	48
5. RECOMENDACIONES.....	49

BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS.....	55

Índice de tablas

Tabla 1 Datos demográficos de los participantes.....	18
Tabla 2 Denominaciones de Billetes Falsos Recibidos.....	19
Tabla 3 Frecuencia de recepción de billetes falsificados y pérdidas económicas.....	19
Tabla 4 Métodos aplica para identificar billetes falsos en su negocio	20
Tabla 5 Asistencia a Capacitaciones y Víctimas de engaño	21
Tabla 6 Estadísticos de fiabilidad.....	23
Tabla 7 ANOVA de un factor para la variable Peso	23
Tabla 8 Estadísticas descriptivas de la variable Peso	24
Tabla 9 Estadísticos descriptivos de las dimensiones	24
Tabla 10 MANOVA de la interacción entre las dimensiones del billete y la autenticidad	25
Tabla 11 Características de la textura y Rigidez del papel moneda.....	26
Tabla 12 Método a través de la Yodación a nivel macroscópico en billete americano de \$5.00	27
Tabla 13 Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$5.00	28
Tabla 14 Método a través de la Yodación a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00	28
Tabla 15 Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$10.00	29
Tabla 16 Método a través de la Yodación a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00	29
Tabla 17 Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$20.00	30
Tabla 18 Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$5.00..30	
Tabla 19 Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$5.00..30	
Tabla 20 Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00	31
Tabla 21 Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$10.00	31
Tabla 22 Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00	32
Tabla 23 Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$20.00	32
Tabla 24 Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$5.00	33
Tabla 25 Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$5.00	33
Tabla 26 Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00..34	
Tabla 27 Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$10.00 ..34	
Tabla 28 Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00 ..35	
Tabla 29 Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$20.00 ...35	
Tabla 30 Método a través de la Microscopía en billete americano de \$5.00.....	36
Tabla 31 Método a través de la Microscopía en billete americano de \$10.00.....	37
Tabla 32 Método a través de la Microscopía en billete americano de \$20.00.....	38
Tabla 33 Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$5.00	39
Tabla 34 Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$10.00	40
Tabla 35 Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$20.00	41

Tabla 36	INR de un billete Verdadero Americano de \$5.00.....	42
Tabla 37	INR de un billete Verdadero Americano de \$10.00.....	42
Tabla 38	INR de un billete Verdadero Americano de \$20.00.....	43
Tabla 39	INR de un billete Falso Americano de \$5.00.....	44
Tabla 40	INR de un billete Falso Americano de \$10.00.....	44
Tabla 41	INR de un billete Falso Americano de \$20.00.....	45
Tabla 42	Variación de los niveles de reflectancia	46

Índice de Figuras

Figura 1	INR de un billete Verdadero Americano de \$5.00	42
Figura 2	INR de un billete Verdadero Americano de \$10.00	43
Figura 3	INR de un billete Verdadero Americano de \$20.00	43
Figura 4	INR de un billete Falso Americano de \$5.00	44
Figura 5	INR de un billete Falso Americano de \$10.00	45
Figura 6	INR de un billete Falso Americano de \$20.00	45

INTRODUCCIÓN

La integridad de los documentos en papel moneda es esencial para el funcionamiento eficiente y confiable de los sistemas financieros y económicos a nivel mundial. La seguridad de estos documentos se ve amenazada por diversas formas de alterar desde simples modificaciones hasta sofisticadas técnicas de falsificación. En este contexto, el análisis químico forense emerge como una herramienta indispensable para abordar y comprender las complejidades asociadas con las alteraciones de billetes. La relevancia de este estudio reside en la necesidad de proteger la integridad y la legitimidad de los billetes que están en circulación (Forero y Sanchez, 2020).

Las alteraciones del papel moneda no solo impactan la estabilidad financiera, sino que también socava la confianza pública en los sistemas monetarios. El análisis químico forense se erige como un pilar esencial para comprender y combatir las diversas formas de manipulación, proporcionando a las autoridades la capacidad de identificar, rastrear y prevenir actividades fraudulentas. Los billetes bancarios vieron su primera emisión en China durante la dinastía Tang en el séptimo siglo, pero la introducción generalizada de papel moneda ocurrió más tarde en varias partes del mundo. En Europa, los primeros bancos emitieron billetes en el siglo XVII. Desde entonces, ha habido registros históricos de intentos de falsificación y alteraciones de estos billetes. Los antecedentes teóricos se remontan a los primeros intentos de proteger los billetes mediante elementos de seguridad física (Arroyo Waldhaus, 2023).

Sin embargo, con la evolución de las tecnologías de impresión y la sofisticación de las técnicas de falsificación, el análisis químico se ha convertido en un componente esencial para desentrañar las complejidades de las alteraciones (Arroyo Waldhaus, 2023). La intersección de la química y la criminalística ha dado lugar a métodos avanzados que permiten la identificación precisa de sustancias utilizadas en la alteración, brindando así una comprensión más profunda de las estrategias empleadas por los falsificadores.

Según Cozzolino et al. (2003), la espectroscopía de infrarrojo cercano representa un método de diagnóstico no invasivo que se fundamenta en principios ópticos. Este procedimiento aprovecha la absorción o reflexión de una longitud de onda específica generada por los diversos grupos funcionales presentes en los tejidos. En este enfoque, se emplea un haz de luz que interactúa con el material biológico, generando radiación electromagnética en forma de ondas dentro del rango de 750 a 2.600 nm, situado en el espectro cercano al infrarrojo. Esta capacidad permite que la luz penetre en la muestra y sea absorbida o reflejada durante el proceso. Posteriormente, la onda reflejada se somete a un análisis que proporciona información detallada sobre la geometría del objeto, su tamaño, distribución y composición. El microscopio es un dispositivo óptico que emplea la capacidad de ampliación de la imagen

mediante lentes para aumentar el tamaño aparente de objetos diminutos, permitiendo el estudio detallado de estruc

turas que no serían fácilmente observables de otra manera. De acuerdo a (Calderón, 2020) la importancia del microscopio radica en su capacidad para examinar minuciosamente las características de seguridad incorporadas en los billetes auténticos, el microscopio permite examinar la calidad de la impresión, incluyendo líneas finas, hilos de seguridad, marcas de agua texto microscópico y patrones intrincados, para identificar posibles inconsistencias o irregularidades.

Según el estudio de (Reyes Gasga, 2020) algunos billetes incorporan microimpresiones y detalles microscópicos que son casi imposibles de duplicar sin tecnología especializada. El microscopio permite analizar las tintas y materiales utilizados en la fabricación de billetes genuinos. Puede revelar propiedades específicas, como fluorescencia en ciertas tintas o características particulares en el papel, que son difíciles de imitar como áreas borradas, manipuladas o añadidas.

Los alcances de estas investigaciones se centran en la aplicación práctica del análisis químico en casos reales de alteraciones de papel moneda. Sin embargo, se reconocen las limitaciones inherentes, como la necesidad de acceso a tecnologías especializadas y la constante evolución de las tácticas de los falsificadores, lo que puede presentar desafíos en la recopilación de datos exhaustivos (Interpol, 2019). La metodología abarca técnicas analíticas avanzadas, incluyendo cromatografía y espectroscopía, para identificar y cuantificar las sustancias químicas presentes en billetes alterados. Se realizan estudios comparativos con billetes auténticos, permitiendo la diferenciación precisa entre alteraciones y características genuinas del papel moneda.

La información generada será valiosa para las instituciones financieras, autoridades gubernamentales y diseñadores de sistemas de seguridad, fortaleciendo la resistencia de los billetes frente a la constante amenaza de manipulación (Gola et al., 2020). Es crucial destacar que la investigación sobre la falsificación de papel moneda es sumamente escasa y no se ha observado un interés evidente en el ámbito académico para llevar a cabo este tipo de estudios. Por lo expuesto en los acápites anteriores, surge el siguiente problema de investigación: la carencia de estudios que aborda la realización de un análisis químico forense en la alteración de documentos en papel moneda.

Con el fin de abordar este problema científico, se formula la siguiente hipótesis:

HIPÓTESIS

Considerando el problema y los objetivos establecidos en relación con el conocimiento acerca de los métodos analíticos aplicados en el peritaje químico forense mediante análisis experimental, para la determinación de alteraciones de documentos en papel moneda, se formula las siguientes hipótesis:

- Los métodos analíticos aplicados en el peritaje químico forense permiten determinar efectivamente alteraciones de documentos en papel moneda.
- Existe un alto nivel de afectación de la circulación de billetes falsos, en los comerciantes del mercado central de Machala.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar los métodos analíticos aplicados en el peritaje químico forense mediante análisis experimental, para la determinación de alteraciones de documentos en papel moneda.

Objetivos Específicos

- Identificar el nivel de afectación en los comerciantes del mercado central de Machala.
- Aplicar los métodos físicos-químicos e instrumentales para la identificación de documentos alterados de papel moneda en sus distintas denominaciones.
- Comparar experimentalmente, métodos y técnicas mayormente empleadas en un peritaje químico forense.

1. MARCO TEÓRICO

Falsificación y estafa

Según lo manifiesta Galeano (2021) la falsificación se refiere al acto deliberado de producir o modificar algo de manera fraudulenta para hacer que se asemeje a una versión auténtica, con la intención de engañar o defraudar a otros. Este término se aplica a una amplia gama de objetos, incluyendo documentos, obras de arte, productos y moneda, en los que se imitan detalles esenciales para hacer que la copia sea difícil de distinguir de la original, con el propósito de obtener beneficios ilícitos o engañar a individuos o instituciones.

La estafa representa una actividad engañosa en la que una persona deliberadamente induce a otra a realizar acciones o tomar decisiones perjudiciales basadas en información falsa, con el objetivo de obtener beneficios financieros o ventajas personales de manera injusta. Esto puede involucrar la manipulación de hechos, promesas falsas o representaciones engañosas para obtener la confianza de la víctima y persuadirla a entregar dinero, propiedades u otros recursos de valor. La estafa implica una violación de la confianza y es una forma de conducta fraudulenta que puede tener implicaciones legales y sociales significativas (Cevallos et al., 2020).

Normativas

1.2.1. Constitución de la república del Ecuador. La constitución es la carta legal de mayor jerarquía en el estado ecuatoriano, y en ella se contempla el código orgánico integral penal, donde se conceptualiza y se establecen normas que regulan las actividades realizadas con el papel moneda, castigando cualquier delito de estafa al respecto. De acuerdo al (Código Orgánico Integral Penal, 2021) dispuesto en el artículo 328 sobre la falsificación y uso de documento falso, aquella persona que cometa la acción de falsificar, destruir o alterar con el fin de cambiar el contenido o propósito de documentos, ya sean de carácter público o privado, así como los timbres o sellos nacionales que la Ley establece para registrar adecuadamente actos de importancia legal, se verá sujeta a una condena de prisión que oscilará entre cinco y siete años. Si se trata de documentos de carácter privado, la pena oscilará entre tres y cinco años. En lo que respecta al uso de estos documentos falsificados, las sanciones serán idénticas a las mencionadas anteriormente en cada caso. La legislación es uniforme para todos los individuos, por lo que todos sus derechos están asegurados y protegidos por la Constitución. “Art. 82 El derecho a la seguridad jurídica se fundamenta en el respecto a la Constitución y en la existencia de normas jurídicas previas, claras, públicas y aplicadas por las autoridades competentes” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 38). En este contexto, es responsabilidad del Estado garantizarnos, a través del derecho, la capacidad de anticipar los efectos y repercusiones de nuestras acciones o la celebración de contratos, de modo que podamos llevarlos a cabo según lo establecido en la normativa,

asegurando así que se produzcan. los resultados deseados. Asimismo, se espera que tomemos las medidas pertinentes para evitar las consecuencias no deseadas que puedan surgir según lo dispuesto por la ley.

Organismos reguladores.

El Banco Central del Ecuador (BCE) es una institución perteneciente a la Función Ejecutiva cuyo objetivo principal es fortalecer la estabilidad del sistema de dolarización, garantizar su autonomía técnica y brindar servicios a la ciudadanía. Su responsabilidad principal es emitir y supervisar la moneda nacional en Ecuador, desempeñando un papel fundamental en la prevención de la falsificación de billetes y colaborando con otras instituciones para preservar la integridad de la moneda en circulación (Banco Central del Ecuador , 2021).

La Unidad de Análisis Financiero y Económico (UAFE) es un organismo estatal responsable de la prevención y la lucha contra operaciones vinculadas al lavado de dinero y al financiamiento del terrorismo en el territorio ecuatoriano. Aunque su enfoque principal es el análisis de actividades financieras, también puede estar involucrada en investigaciones relacionadas con la falsificación de dinero (Ortiz et al., 2021).

Policía Nacional del Ecuador. Es responsable de mantener la seguridad y el orden en el país. En el contexto de la falsificación de papel moneda, la Dirección Nacional de Policía Judicial, a través de su unidad especializada en delitos contra la propiedad, puede llevar a cabo investigaciones y operativos para combatir la falsificación de dinero (Bernal, 2019).

Fiscalía General del Estado. Tiene la responsabilidad de investigar y perseguir los delitos en Ecuador. En el caso de la falsificación de papel moneda, la Fiscalía puede estar involucrada en el proceso de investigar y llevar a juicio a los responsables (Fiscalía General del Estado, 2014).

Documentos en papel moneda y su importancia forense

Las características y componentes de los documentos en papel moneda, de acuerdo a Gavilán y López (2020), tienen importantes particularidades que lo distinguen.

1.4.1 Alta calidad y durabilidad. Este papel suele contener fibras especiales, filamentos de seguridad y marcas de agua que ayudan a autenticar el billete.

1.4.2 Tinta de seguridad. Se utilizan tintas especiales, como tintas magnéticas o fluorescentes, que son difíciles de falsificar y permiten detectar alteraciones mediante pruebas químicas.

1.4.3 Marcas de agua. Son imágenes o patrones que se encuentran en el papel y que son visibles al sostener el billete contra la luz. Estas marcas de agua son difíciles de replicar y son un rasgo distintivo de autenticidad

1.4.4 Hilo de seguridad. Algunos billetes incluyen un hilo metálico o plástico incrustado en el papel que es visible como una línea continua o intermitente. Este hilo de seguridad es detectable por máquinas y sirve para prevenir la falsificación.

1.4.5 Microimpresiones. Los billetes a menudo contienen microtextos o microimpresiones que son invisibles a simple vista y requieren de lupa o tecnología para ser detectadas. Estos detalles finos son difíciles de replicar en copias fraudulentas.

1.4.6 Relieves y texturas. Al tacto, los billetes pueden tener áreas con relieves o texturas especiales que son difíciles de imitar mediante técnicas de falsificación convencionales.

1.4.7 Tintas que cambian de color. Al inclinar el billete, algunas áreas pueden mostrar cambios de color debido a la utilización de tintas que responden a la luz o el ángulo de visión.

1.4.8 Hologramas. Algunos billetes incluyen elementos holográficos que ofrecen un alto grado de seguridad contra la falsificación.

1.4.9 Tintas fluorescentes o fosforescentes. Estas tintas brillan bajo la luz ultravioleta y ayudan a detectar alteraciones y falsificaciones.

Valor histórico y legal de los documentos en papel moneda.

1.5.1 Valor histórico. Los primeros registros del uso de billetes se remontan a la dinastía Tang en China durante el siglo VII, pero fue durante la dinastía Yuan (siglo XIII) cuando los billetes comenzaron a emitirse a gran escala. Desde entonces, su uso se ha extendido por todo el mundo. La adopción generalizada de papel moneda representó una revolución en la historia de la moneda, ya que permitió la emisión de billetes respaldados por una entidad emisora, como un gobierno o un banco central, en lugar de depender del valor intrínseco de los metales preciosos (Cruz et al., 2020).

A lo largo de los siglos, los billetes han experimentado cambios en su diseño y características de seguridad para evitar falsificaciones. Algunos billetes históricos tienen un gran valor en el mercado de coleccionistas debido a su rareza y antigüedad. Los billetes a menudo llevan imágenes de líderes políticos, eventos históricos, monumentos o símbolos culturales, lo que los convierte en una forma de preservar y conmemorar la historia de una nación (Castro Madriz, 2022).

1.5.2 Valor legal

1.5.2.1 Medio de pago. En la mayoría de los países, los billetes de papel moneda son reconocidos como un medio de pago legal. Esto significa que los comercios y ciudadanos están obligados a aceptarlos como pago de deudas, salvo excepciones específicas establecidas por la ley (Lechuga Montenegro, 2019).

1.5.2.2 Reserva de valor. Los billetes, al ser emitidos y respaldados por una entidad gubernamental o una autoridad monetaria, se consideran como una reserva de valor que puede utilizarse para realizar transacciones y preservar el poder adquisitivo en el tiempo (Boundi, 2018).

1.5.2.3 Instrumento contra la inflación. Los bancos centrales tienen la capacidad de emplear la emisión y el control del papel moneda como una estrategia para gestionar la inflación y mantener la estabilidad económica de una nación (Rodríguez Cairo, 2020).

1.5.2.4 Protección contra falsificación. Los billetes modernos están equipados con diversas características de seguridad, como hologramas, tintas especiales, marcas de agua y microimpresiones, para evitar su falsificación y proteger la integridad del sistema financiero (Fernández y Ramírez, 2020).

Tipos de alteraciones y falsificaciones comunes en papel moneda

Según lo manifiesta (Rodríguez Montoro, 2020) el borrado químico es una técnica en la que se utiliza un agente químico para borrar o eliminar ciertas áreas del papel moneda, generalmente con el fin de cambiar la denominación o alterar algún detalle del diseño. El análisis químico puede revelar residuos de sustancias utilizadas en el proceso de borrado, lo que ayudará a identificar esta alteración. Según Martínez et al. (2020) el lavado de billetes es un método que se utiliza un solvente para eliminar la tinta de un billete original y luego se imprime una nueva denominación en el papel tratado. Los análisis químicos pueden detectar diferencias en la composición química del papel y la tinta, lo que permitiría identificar el lavado del billete.

De acuerdo a (Miguel Salas, 2016) la reimpresión consiste en imprimir un nuevo diseño o información sobre un billete genuino, con la intención de cambiar su valor o aspecto. Los análisis químicos pueden identificar tintas y compuestos utilizados en la impresión, lo que ayudaría a determinar si se ha producido una reimpresión fraudulenta. El uso de tintas y papeles falsificados, a menudo intentan replicar los billetes originales utilizando tintas y papeles similares. Sin embargo, los análisis químicos pueden detectar diferencias sutiles en la composición de tintas y papel entre billetes genuinos y falsificados (Pereyra y Ludeña, 2021).

Según lo expresa Ramírez y Guerrero (2020) la alteración de números de serie es otra de las relevantes modificaciones comunes practicadas, en este caso se modifica el número de serie de un billete siendo otra técnica de falsificación. El análisis químico puede ayudar a determinar si el número de serie ha sido alterado y si hay signos de enmascaramiento.

La inclusión de fibras o microplásticos y elementos de seguridad, algunos falsificadores intentan agregar fibras y elementos de seguridad a los billetes falsificados para hacerlos más

auténticos. Estos elementos pueden ser analizados para verificar su autenticidad. Finalmente, como lo manifiesta la (Interpol, 2019) la imitación de marcas de agua y hologramas, son otro tipo de alteraciones comunes, en este caso los billetes genuinos a menudo tienen marcas de agua y hologramas como medidas de seguridad, la falsificación de estos elementos también es común y puede ser objeto de análisis químico para su detección.

Análisis de casos y aplicaciones en química forense para la detección de alteraciones en papel moneda.

1.7.1 Caso del "supernote". Durante la década de 1990 y principios de 2000, se descubrieron varios casos de billetes falsificados de alta calidad conocidos como "Supernotes" o "Superdólares". Estos billetes eran tan similares a los billetes de dólar estadounidense genuinos que resultaba extremadamente difícil distinguirlos. Se cree que estos billetes falsos estaban siendo producidos por un gobierno extranjero, lo que generó preocupaciones sobre la seguridad de la moneda (BBC News Mundo, 2021).

1.7.2 Caso del "euro falso" en Italia. En 2002, justo después de la implementación del euro como moneda única en varios estados miembros de la Unión Europea, se descubrió un sofisticado anillo de falsificación en Italia. El grupo estaba produciendo euros falsos de alta calidad y los estaba introduciendo en el sistema financiero. Este caso resaltó los desafíos que enfrentaban las autoridades en la lucha contra la falsificación de la nueva moneda (Iñiguez, 2018).

1.7.3 Caso de la "operación Bernhard". Durante la Segunda Guerra Mundial, la Alemania nazi llevó a cabo la Operación Bernhard, un esfuerzo masivo de falsificación de libras esterlinas británicas con el objetivo de colapsar la economía británica. Se produjeron millones de billetes falsos que fueron introducidos en la economía, generando preocupaciones y desafíos significativos para las autoridades británicas (Melena Ruiz, 2018).

1.7.4 Caso "dólares falsos de Perú". En 2015, se descubrió una operación de falsificación de dólares en Perú. El grupo criminal detrás de la operación estaba produciendo billetes falsos de dólar estadounidense de alta calidad utilizando equipos y técnicas avanzadas. Los billetes falsificados eran tan realistas que incluso expertos tenían dificultades para detectarlos a simple vista (El Universo, 2017).

1.7.5 Caso "billetes de 1000 pesos argentinos". En Argentina, se han registrado varios casos de falsificación de billetes de alta denominación, como los billetes de 1000 pesos argentinos. Estos billetes falsos han circulado en la economía, lo que ha llevado a las autoridades a tomar medidas para mejorar la seguridad de los billetes y aumentar la conciencia pública sobre cómo detectar billetes falsos (Londero, 2022).

Consideraciones éticas en el peritaje químico forense

El perito químico forense desempeña un papel crucial en el análisis de documentos en casos de alteración, falsificación o fraude. Sus responsabilidades y ética profesional son fundamentales para garantizar la integridad de la investigación y la justicia en el sistema legal. A continuación, se describen las principales responsabilidades y aspectos éticos del perito químico forense en el análisis de documentos (Sosa Reyes, 2017).

El perito químico forense debe realizar análisis científicos precisos y rigurosos para identificar las alteraciones químicas y físicas presentes en los documentos en papel moneda. Esto implica el uso de técnicas y equipos especializados para examinar y caracterizar las sustancias químicas utilizadas en las alteraciones.

Según (Dávila Rodríguez, 2018) el perito cumple un rol esencial en este proceso que detalla a continuación.

1.8.1 Preservación de la Evidencia. Es responsabilidad del perito asegurarse de que todas las muestras y evidencias recolectadas se preserven adecuadamente para evitar la contaminación y el deterioro. La cadena de custodia debe ser mantenida de manera estricta para garantizar la integridad de las pruebas.

1.8.2 Documentación Detallada. El perito debe documentar de manera detallada todos los procedimientos, observaciones y resultados obtenidos durante el análisis. Esta documentación es esencial para respaldar los hallazgos en un contexto legal y para permitir la revisión y validación de los resultados por otros expertos si es necesario.

1.8.3 Comunicación Clara. El perito debe ser capaz de comunicar de manera clara y comprensible tanto en informes escritos como en testimonios orales en un tribunal. Debe explicar los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones de manera que los no expertos puedan entender el proceso y los hallazgos. Según Barros et al. (2021) en su artículo Ciencias forenses: principios éticos y sesgos., establece 5 características elementales que debe cumplir el perito forense en el marco de la ética profesional, dichas características se detallan a continuación:

1.8.3.1 Integridad y Objetividad. La ética profesional exige que el perito actúe con integridad y objetividad en todas las etapas del análisis. Debe ser imparcial y no dejar que prejuicios personales o presiones externas influyan en sus conclusiones.

1.8.3.2 Confidencialidad. El perito debe respetar la confidencialidad de la información y las pruebas relacionadas con el caso. Debe garantizar que la información sensible no sea divulgada a terceros no autorizados.

1.8.3.3 Competencia. El perito debe mantenerse actualizado con los avances en las técnicas analíticas y la jurisprudencia relevante. Debe poseer la competencia necesaria para realizar análisis precisos y confiables.

1.8.3.4 Testimonio Fiable. En el caso de que el perito sea llamado a declarar en un tribunal, su testimonio debe ser confiable y basado en pruebas científicas sólidas. No debe exagerar ni distorsionar los resultados para favorecer ninguna de las partes involucradas en el caso. Colaboración y Comunicación Abierta. El perito debe colaborar con otros expertos y profesionales involucrados en el caso, compartiendo información relevante de manera abierta y transparente.

1.8.4 Métodos analíticos utilizados en el peritaje químico forense

1.8.4.1 Análisis Visual. El análisis visual es la primera etapa del peritaje forense de documentos en papel moneda. Se examina detenidamente el billete utilizando técnicas de iluminación adecuadas y lentes de aumento para detectar signos de alteración. Según Escobar y de Los Angeles (2022) algunos de los aspectos en este análisis incluyen:

1.8.4.2 Color y textura. Se comparan los colores y las texturas del billete con los de una muestra auténtica para identificar posibles diferencias.

1.8.4.3 Marca de agua e hilo de seguridad. Estos elementos de seguridad incorporados en la fabricación de billetes son examinados para asegurar que estén presentes y correctamente ubicados.

1.8.4.4 Hologramas y características de seguridad. Se verifica la autenticidad de cualquier holograma o características de seguridad especiales que pueda tener el billete.

1.8.4.5 Tamaño y detalles de diseño. Cualquier discrepancia en el tamaño del billete o en los detalles de diseño puede indicar una posible falsificación.

1.8.4.6 Análisis Microscópico. El análisis microscópico permite un examen más cercano y detallado del papel moneda, lo que permite identificar características microscópicas específicas que podrían no ser visibles a simple vista. De acuerdo a Galeano (2019) se utilizan varios tipos de microscopios para este propósito.

Microscopio óptico. Utilizado generalmente para hacer detecciones de alteraciones en cuanto a textura, modificaciones en su impresión y adición de otros elementos ajenos al patrón original.

1.8.4.7 MEB (Microscopio electrónico de barrido). Proporciona imágenes de alta resolución de la superficie del papel moneda. Esto permite a los expertos identificar diferencias en la composición química y morfología de las fibras del papel o cualquier modificación realizada en el billete.

Espectroscopia y espectrometría aplicadas al análisis de documentos en papel

moneda

La espectroscopia y espectrometría son técnicas analíticas fundamentales en el campo del análisis químico forense, y son ampliamente utilizadas para la identificación y determinación de alteraciones en documentos en papel moneda. Estos métodos posibilitan la investigación

de la composición química y las características físicas de las muestras de papel moneda. de una manera no destructiva o mínimamente invasiva, lo que es esencial para la preservación de la evidencia (Camelino et al., 2018).

1.9.1 Espectroscopia infrarroja (FTIR). Es una técnica muy utilizada en el análisis de documentaciones, y por tanto también de papel moneda. Esta técnica basa su principio en la interacción radiación-moléculas, lo que arroja información sobre los químicos presentes en la muestra analizada. Además, Permite identificar componentes, tintas, adhesivos y otros materiales utilizados en la fabricación de papel moneda. También puede revelar alteraciones o adiciones en el papel, como sustancias extrañas o cambios en la composición debido a procesos de envejecimiento o adulteración (Aldana et al., 2018).

1.9.2 Espectroscopia Rama. Este procedimiento se fundamenta en la dispersión inelástica de la luz láser, lo que posibilita la identificación de las moléculas y los materiales que se encuentran en la muestra. La espectroscopia Raman puede detectar y distinguir tintas, pigmentos y otros componentes que se hayan utilizado para modificar o alterar el papel moneda. Además, es útil para analizar y comparar diferentes áreas del documento en busca de irregularidades o diferencias (Aguirre et al., 2023).

1.9.3 Espectrometría de masas (MS). La espectrometría de masas es un método utilizado para detectar y medir los componentes químicos presentes en una muestra. En el análisis de documentos en papel moneda, la MS puede ser empleada para determinar la presencia de tintas, aditivos y otras sustancias que podrían indicar manipulación o alteraciones fraudulentas (Benito et al., 2022).

1.9.4 Espectroscopia UV-Visible. Esta metodología se emplea para examinar cómo las muestras absorben la luz ultravioleta y visible. En el análisis de papel moneda, puede ser útil para detectar diferencias en las tintas o pigmentos utilizados en diferentes áreas del documento (Tom, 2021).

1.9.5 Espectroscopia de fluorescencia. Esta técnica analiza la emisión de luz fluorescente por parte de las muestras cuando son excitadas con radiación de una longitud de onda específica. En el caso del papel moneda, la fluorescencia puede utilizarse para identificar marcas de seguridad y otras características que son visibles bajo luz ultravioleta (Raja y Barron, 2022).

Cromatografía y técnicas separativas en la identificación de sustancias en papel moneda

Según lo menciona Gola et al. (2020) la cromatografía y las técnicas separativas son herramientas fundamentales en el análisis químico forense para identificar sustancias y determinar la alteración de documentos en papel moneda. La cromatografía es un procedimiento analítico empleado para separar y examinar los distintos componentes que conforman una mezcla. En el análisis químico forense del papel moneda, dos de las técnicas

de cromatografía más utilizadas son la cromatografía en capa fina (TLC) y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

1.10.1 Cromatografía en capa fina (TLC). Según Mennickent et al. (2020), esta técnica posibilita la separación de los componentes de una muestra mediante una fase estacionaria (sólida) y una fase móvil (líquida). En el caso del papel moneda, se pueden analizar tintas, aditivos o cualquier sustancia que pueda haber sido añadida o alterada en el billete. Esta es una técnica rápida y económica, lo que la hace adecuada para análisis forenses.

1.10.2 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Es una técnica más sofisticada que la TLC y se emplea para la separación, identificación y cuantificación de los componentes presentes en una muestra. La HPLC es especialmente útil para analizar compuestos presentes en pequeñas cantidades, lo que podría ser relevante cuando se busca identificar sustancias adulterantes en papel moneda.

1.10.3 Espectrometría de masas (MS). La espectrometría de masas es otra herramienta crucial en el análisis químico forense. Puede combinarse con técnicas cromatográficas, como la HPLC, para identificar las sustancias separadas en la muestra. La MS contribuye a determinar la composición química y la estructura molecular de los compuestos, lo que puede ser útil para confirmar la presencia de sustancias específicas en el papel moneda.

Microscopía y técnicas de imagen. Las técnicas de microscopía y análisis de imágenes también pueden ser valiosas para el análisis de papel moneda. Por ejemplo, la microscopía óptica y electrónica pueden ayudar a observar las características físicas y morfológicas de los billetes, lo que podría indicar posibles alteraciones o falsificaciones.

Métodos Químicos

1.11.1 Detección de billetes falsos por yodo. El método de detección de billetes falsos utilizando yodo se basa en la reacción química entre el yodo y el almidón presente en el papel moneda legítimo. El papel moneda auténtico contiene pequeñas cantidades de almidón que se utilizan en su fabricación. El yodo, al entrar en contacto con el almidón, produce un cambio de color característico (Arroyo Waldhaus, 2023).

1.11.2 Detección de billetes falsos por saliva. El método de detección de billetes falsos utilizando saliva se basa en la suposición de que la saliva humana puede reaccionar con ciertos productos químicos utilizados en la fabricación de billetes falsos y provocar cambios en el papel (El Comercio, 2022).

1.11.3 Rotuladores químicos para billetes. Estos rotuladores contienen una solución química que reacciona a ciertas características presentes en los billetes genuinos. Por ejemplo, algunos rotuladores están diseñados para detectar el almidón presente en el papel utilizado en billetes legítimos. Si se aplica el rotulador en un billete auténtico, el resultado es

generalmente una marca clara o incolora. Sin embargo, si se aplica a un billete falso, el resultado puede ser una mancha oscura o un trazo visible (Lugo Suarez, 2022).

1.11.4 Prueba del cloruro férrico. Esta prueba se utiliza para detectar la presencia de lignina, un compuesto presente en la madera y que también se encuentra en el papel. Las alteraciones pueden implicar el reemplazo de ciertas áreas del papel. Al tratar el papel moneda con una solución de cloruro férrico, se desarrolla un color azul o violeta si hay lignina presente (Muñoz Pinto, 2016)

1.11.5 Reactivo de dinitrofenilhidrazina (DNPH). Este reactivo se usa para detectar grupos carbonilos en sustancias. Puede ayudar a identificar posibles tintas o colorantes utilizados en billetes falsos (Ercilia Allegretti, 2022).

Reactivos de fluorescencia. Algunos billetes genuinos tienen marcas de seguridad fluorescentes. Los reactivos de fluorescencia emiten luz cuando se exponen a la radiación ultravioleta, lo que permite verificar la autenticidad de estas marcas en los billetes (Franco Cardoza, 2018).

1.11.6 Reactivo de plata nitrato. Es utilizado para detectar cloruros presentes en ciertos blanqueadores utilizados para modificar la apariencia de billetes (Aguilar y Rodríguez, 2020).

1.11.7 Reactivo de ninhidrina. Se utiliza para detectar la presencia de aminoácidos, como los que pueden estar presentes en los residuos de sudor dejados por el contacto humano en billetes manipulados (Valencia et al., 2020)

1.11.8 Reactivo de permanganato de potasio. Ayuda a detectar la presencia de ciertos compuestos orgánicos o tintas que no deben estar presentes en billetes genuinos (Escrura et al., 2021).

1.11.9 Método de Infrarrojo Cercano. (NIR, por sus siglas en inglés) es un método analítico empleado para la detección de billetes falsificados dentro del campo del análisis químico forense. Su funcionamiento se fundamenta en la premisa de que los distintos elementos que componen el papel moneda, como las tintas, el espectro infrarrojo cercano abarca longitudes de onda entre aproximadamente 700 y 2500 nanómetros, y es ideal para analizar compuestos orgánicos, ya que muchas sustancias presentan vibraciones moleculares específicas en esta región espectral (Forero y Sanchez, 2020).

2. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El enfoque descriptivo se ha seleccionado con el propósito de profundizar en la comprensión detallada de los procesos químicos y las alteraciones físicas que experimentan los documentos de papel moneda bajo manipulación fraudulenta. Asimismo, se ha adoptado un diseño de investigación transversal con el objetivo de recopilar datos en un único momento temporal. Este enfoque permitirá examinar y comparar la presencia de alteraciones químicas en una amplia variedad de muestras de papel moneda, ofreciendo una visión holística de los efectos de la manipulación fraudulenta en este tipo de documentos (Guevara et al., 2020).

Unidad de análisis

Para llevar a cabo el análisis del papel moneda, se procedió a la recopilación de billetes, abarcando tanto aquellos que son falsos como auténticos, en denominaciones de 5, 10 y 20 dólares. Los billetes falsos fueron gentilmente proporcionados por comerciantes colaboradores, mientras que los billetes auténticos formaron parte de la colección personal de los autores de la investigación.

Materiales y métodos

2.3.1 Método de Recolección de datos en el mercado central de Machala. Con el propósito de obtener información detallada sobre el impacto de la circulación de billetes falsos, se implementó un método de recolección de datos en el mercado central de la ciudad de Machala, ubicado en las calles 9 de mayo entre Sucre y Olmedo. Para ello, se administraron formularios a los comerciantes del lugar. La información recopilada se sometió a un análisis exhaustivo mediante el programa estadístico SPSS, generando gráficos de barras que se expresaron en porcentajes para facilitar su interpretación. Además, la recopilación de datos se complementó con información proveniente de diversas fuentes académicas. Esta última se obtuvo a través de una revisión bibliográfica que abarcó métodos físico-químicos destinados a la identificación de alteraciones en documentos de papel moneda en sus diversas denominaciones.

2.3.2 Métodos físicos

2.3.2.1 Observación macroscópica. Este tipo de método se basa en las características que se pueden apreciar de manera visual sin ayuda del microscopio (ver anexo B), para así considerar los aspectos y características fenotípicas. Se tomó en cuenta los siguientes aspectos: rigidez, suavidad, textura superficial de papel, gramaje o masa base, espesor o calibre (dimensiones)

3.2.3 Métodos químicos

3.2.3.1 *Ensayos de la gota.* Este tipo de ensayo denominado de la "gota" se refiere a la adición controlada de una pequeña cantidad de reactivo o sustancia a una muestra para realizar una prueba específica. En este caso se empleará el yodo, alcohol y agua.

3.2.3.2 *Método de Yodación.* El proceso de Yodación implica los siguientes pasos: Se toma una pequeña muestra del papel moneda sospechoso de alteración para su respectivo análisis. Se aplicó 10µL de disolución de yodo (yodo metálico 1%, yoduro de potasio 1%, alcohol 60%, agua 38%). Se observó el color azul oscuro o púrpura.

3.2.3.3 *Método del alcohol.* Este proceso implica los siguientes pasos, los cuales son: Para la preparación de la muestra se escogió una esquina o borde del billete para realizar el respectivo análisis. Se aplicó 100µL de alcohol antiséptico (Alcohol etílico al 96° - 72.92ml, agua purificada 27.08ml) en la zona seleccionada del billete con el hisopo se humedecido con el alcohol y se evitó frotar con fuerza para no dañar el billete.

3.2.3.4 *Método con Agua.* El proceso del método con agua incluye lo siguiente: Se humedeció una parte del papel moneda sospechoso con 50µL de agua y se observó los resultados.

3.2.4 Métodos instrumentales

3.2.4.1 *Método a través de la Microscopía.* A continuación, se describe el proceso paso a paso para utilizar el microscopio como método de detección de billetes falsos.

Paso 1: Preparación del microscopio

- Se utilizó un microscopio (Zeiss Primo Star 415500-0051-000) con capacidades de aumento ajustables para examinar diferentes niveles de detalle.
- Se Limpiaron los lentes hasta asegurar la visión clara y nítida.
- Se Ajustaron la iluminación del microscopio para obtener una luz adecuada para el análisis.

Paso 2: Preparación del billete

- Se colocó el billete sobre una superficie plana y asegurar que estuviese libre de contaminantes, como polvo o suciedad.
- Se utilizó cinta adhesiva suave (Scott) para fijar el billete en un portaobjetos, asegurando que la parte que se desee analizar estuviera visible.

Paso 3: Examen visual inicial

- Se realizó un examen visual inicial del billete. Se observaron cuidadosamente los detalles de impresión, las marcas de seguridad y otros elementos de seguridad presentes en el billete.

Paso 4: Colocación del billete en el microscopio

- Con el billete preparado y listo para su análisis, se colocó sobre la platina del microscopio y asegurándolo con el sujetador correspondiente si fuese necesario.

Paso 5: Ajuste del aumento

- Se comenzó con el aumento más bajo del microscopio y se ajustó gradualmente el aumento hasta alcanzar la ampliación adecuada para el análisis detallado de las características del billete.

Paso 6: Examinar las características del billete

- Se observó cuidadosamente las características microscópicas del billete, como los detalles de impresión, las fibras del papel, las marcas de agua, la presencia de tintas fluorescentes y otras características de seguridad específicas del billete.

Paso 7: Comparación con características genuinas

- Se colocaron billetes auténticos y sospechosos y se realizaron las comparaciones visuales respectivas.

Paso 8: Documentación

- Se tomaron fotografías de alta resolución de las áreas clave del billete, especialmente aquellas que mostraron posibles alteraciones o características sospechosas.

Paso 9: Conclusiones y análisis

- Luego de realizar el análisis, evaluar los resultados se concluyó si el billete muestra alteraciones o si es auténtico. Si se detectan alteraciones, documentar los métodos y detalles encontrados en el billete falsificado para incluirlos en el informe.

3.2.4.2 *Método con Luz U-V (Ultravioleta)*. El proceso del método con la luz UV comprende lo siguiente:

- Exposición a la luz U-V: El papel moneda sospechoso se expone a una fuente de luz ultravioleta.
- Observación de fluorescencia: Una vez Bajo la luz U-V, identificar características especiales, marcas de seguridad o posibles alteraciones que no son visibles en luz visible. El equipo utilizado en la investigación fué Counterfeit Money Detector que posee una lámpara de 15W, sensor magnético de detección de tinta, luz fluorescente para verificación de marcas de agua. La fuente de alimentación de la máquina es de: 220V 50-60Hz y 110V 50-60Hz. Tiene un tamaño de 190x130x140mm.

3.2.4.3 *Método Infra rojo cercano (NIR)*. El método de Infrarrojo Cercano IR, es un método analítico empleado para detectar billetes falsificados en el campo del análisis químico forense. Se basa en el principio de que los diferentes componentes presentes en el papel moneda, como tintas, fibras y otros materiales, absorben y reflejan la radiación infrarroja de manera única.

Paso 1: Preparación del equipo y muestra

- Calibrar correctamente siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Preparar las muestras de billetes en papel moneda, tanto los billetes auténticos como los sospechosos de ser falsos.

Paso 2: Recopilación de espectros de referencia

- Obtener un conjunto de billetes auténticos para crear un espectro de referencia.
- Escanear los billetes auténticos con el espectrofotómetro NIR y registra los espectros resultantes.

Paso 3: Adquisición de espectros de billetes sospechosos

- Escanear los billetes sospechosos de ser falsos con el mismo espectrofotómetro NIR y registra los espectros resultantes.

Paso 4: Análisis comparativo

- Comparar los espectros obtenidos de los billetes sospechosos con los espectros de referencia de los billetes auténticos.
- Analizar a las diferencias significativas entre los espectros, los picos o valles distintivos que puedan indicar alteraciones químicas.

Paso 5: Interpretación de resultados

- Evaluar las diferencias encontradas en los espectros y analiza si pueden atribuirse a alteraciones en los billetes falsos.
- Si se encuentran discrepancias significativas en los espectros, esto puede ser una indicación de que los billetes sospechosos son falsos o han sido alterados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del nivel de afectación en los comerciantes del mercado central de

Machala

La encuesta realizada en el mercado central de Machala (ver anexo A) fue meticulosa y estructurada, utilizando un cuestionario que abordaba la identificación de billetes alterados, su frecuencia y el impacto en transacciones comerciales. Se seleccionó una muestra representativa de 30 comerciantes de diversos sectores, abordándolos aleatoriamente para asegurar diversas perspectivas, para comprender la magnitud del problema y evaluar su impacto económico. Los datos presentados en la Tabla 1 ilustran algunos de los resultados derivados del análisis de las encuestas.

Tabla 1

Datos demográficos de los participantes

Edad	Frecuencia	Porcentaje
21-40 años	12	40,00 %
41-60 años	11	36,70 %
61-80 años	7	23,30 %
Total	30	100,00 %
Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	15	50,00 %
Mujer	15	50,00 %
Total	30	100,00 %
Formación académica	Frecuencia	Porcentaje
Primaria	14	46,70 %
Secundaria	16	53,30 %
Total	30	100,00 %

La tabla 1 evidencia que la muestra se encuentra equilibrada en términos de género, mientras que la distribución por grupos de edad indica una presencia ligeramente mayor de individuos en el rango de 21-40 años. Por otro lado, la distribución es relativamente equitativa entre los niveles educativos de primaria y secundaria, lo cual indica una diversidad en la formación académica de la muestra encuestada. Estos resultados son útiles para comprender integralmente la demografía de la población encuestada.

Otra pregunta realizada estaba relacionada con la actividad económica que desarrolla el encuestado: agricultor, comerciante o artesano. El 100% de los 30 encuestados reveló que su actividad económica principal y actual era la de comerciante, lo que constituye un resultado notable y uniforme en la muestra. Este dato refleja la importancia del comercio como una actividad económica predominante en el grupo encuestado.

Las respuestas de la pregunta ¿Qué denominaciones de billetes falsos ha recibido?, se encuentra tabuladas en a tabla 2.

Tabla 2

Denominaciones de Billetes Falsos Recibidos

Denominación de Billetes Falsos Recibidos ^a	Respuestas	
	Nº	Porcentaje
5 (USD)	17	27,90 %
10 (USD)	21	34,40 %
20 (USD)	22	36,10 %
100 (USD)	1	1,60 %
Total	61	100,00 %

La prevalencia de billetes falsos en denominaciones más bajas (5, 10, y 20 dólares) es considerablemente mayor que en la denominación de 100 dólares. La denominación de 20 dólares es la más frecuente, lo que podría sugerir que los billetes falsos en esta denominación son más comunes o más difíciles de detectar. Dado que las denominaciones más bajas son más frecuentes en casos de billetes falsos, los comerciantes y las instituciones financieras pueden enfocarse en medidas preventivas específicas para estas denominaciones al capacitar a su personal en la detección de falsificaciones (Banco de la Republica de Colombia, 2022).

Asimismo, la rareza de los billetes falsos de 100 dólares puede indicar la presencia de medidas de seguridad más efectivas en esta denominación.

Respecto a la incidencia y frecuencia en la recepción de billetes falsos, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Frecuencia de recepción de billetes falsificados y pérdidas económicas

Frecuencia de recepción	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	5	16,70%
Casi siempre	8	26,70%
Rara vez	17	56,70%
Total	30	100,00%
Pérdidas económicas	Frecuencia	Porcentaje
Si	30	100,00%
Total	30	100,00%

La tabla 3, revela patrones significativos en relación con la frecuencia de recepción de billetes falsificados y las pérdidas económicas experimentadas. Un aspecto destacado es que un 56,70% de los comerciantes informa recibir billetes falsificados rara vez, indicando cierto grado de efectividad en las medidas de seguridad existentes. Sin embargo, resulta preocupante que un 43,30% de los encuestados (sumando los que siempre y casi siempre los reciben) enfrenta este problema con regularidad. Además, la totalidad de los comerciantes encuestados informa pérdidas económicas, sugiriendo la necesidad de estrategias más amplias para abordar este aspecto. Este análisis, corrobora las observaciones que como menciona (Interpol, 2019) donde subraya la importancia de fortalecer las medidas preventivas contra la recepción de billetes falsos y desarrollar estrategias para mitigar las pérdidas económicas, promoviendo así un entorno comercial más seguro y sostenible en el mercado central de Machala.

Tabla 4

Métodos aplica para identificar billetes falsos en su negocio

Método de comprobación ^a	Respuestas	
	N.º	Porcentaje
Métodos manuales	41	58,50%
Textura al tacto	24	34,30%
Hilo de seguridad	5	7,10%
Verificación del número de serie	12	17,10%
Métodos químicos	29	41,30%
Uso de rotuladores	5	7,10%
Calidad de papel en agua	19	27,10%
Aplicación de Yodo	5	7,10%
	70	100,00%

Nota. a. Agrupación de dicotomías. Tabulado el valor 1.

Los métodos más utilizados por comerciantes en el mercado central de Machala se muestran en la tabla 4. Aquí se presentan hallazgos notables en relación con los métodos utilizados para verificar la autenticidad de billetes en sus negocios. La mayoría de los comerciantes, un 58,50%, emplea métodos manuales, evidenciando la textura al tacto como la técnica más comúnmente empleada, siendo mencionada por el 34,30% de los encuestados. En comparación, los métodos químicos son utilizados por el 41,30% de los comerciantes, con la

calidad del papel en agua como el método más frecuentemente aplicado (27,10%). En relación con el estudio de (Arroyo Waldhaus, 2023) estos resultados sugieren una diversidad de enfoques entre los comerciantes para la verificación de billetes, combinando métodos manuales y químicos para fortalecer sus medidas de seguridad. La agrupación de dicotomías subraya la necesidad de una aproximación integral en la capacitación y prácticas comerciales para abordar eficazmente la detección de billetes falsos en el mercado central de Machala.

La información sobre la asistencia a capacitaciones y si fueron víctimas o no de engaño se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Asistencia a Capacitaciones y Víctimas de engaño

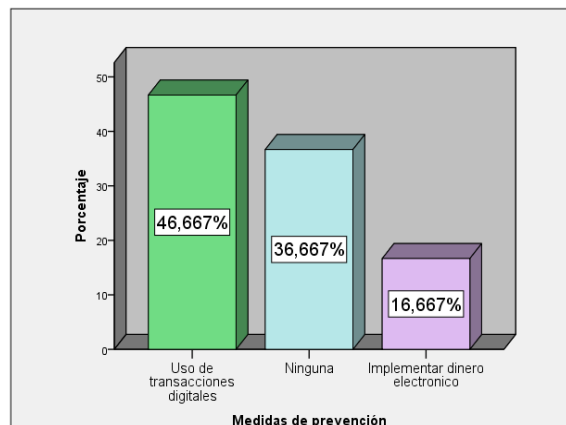
Capacitaciones	Frecuencia	Porcentaje
No	30	100%
Total	30	100%
Víctimas de engaño	Frecuencia	Porcentaje
Si	30	100%
Total	30	100%

La tabla 5 indica hallazgos sorprendentes en cuanto a la asistencia a capacitaciones y la incidencia de víctimas de engaño. En ambas categorías, la totalidad de los comerciantes encuestados, representando el 100% en cada caso, reportó no haber asistido a capacitaciones y haber sido víctima de engaño. En alineación con el análisis de (El Comercio, 2022) también se plantea interrogantes sobre la disponibilidad o efectividad de programas de capacitación en la identificación de billetes falsificados o la prevención de fraudes, sugiriendo la necesidad de evaluar y fortalecer las iniciativas de formación existentes en el mercado central de Machala. La ausencia universal de asistencia a capacitaciones y la incidencia del 100% de víctimas de engaño subrayan la urgencia de implementar medidas educativas y preventivas para mejorar la resiliencia de los comerciantes frente a posibles fraudes y pérdidas económicas.

En las ilustraciones 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos a las preguntas: ¿Qué medidas adicionales cree que se deberían tomar en cuenta para prevenir la Circulación de billetes falsos? Y ¿Qué realizaría usted en caso de aceptar un billete falso?, respectivamente.

Figura 1

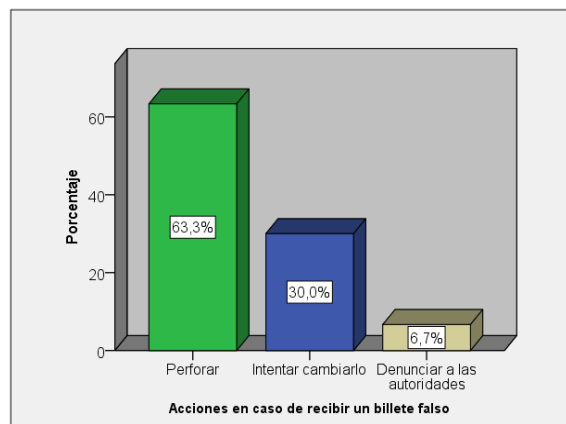
Medidas adicionales a para prevenir la Circulación de billetes falsos



La ilustración 2 revela que un significativo 46,7% de los comerciantes abogan por el uso de transacciones digitales, destacando una creciente aceptación y confianza en las tecnologías financieras para fortalecer la seguridad en las transacciones comerciales. Además, un 16,7% respalda la implementación de dinero electrónico, indicando la disposición a adoptar soluciones más innovadoras. Por otro lado, un 36,7% de los encuestados considera que no se necesitan medidas adicionales. Esta diversidad de opiniones subraya la importancia de abordar las necesidades específicas de los comerciantes y la comunidad en general.

Figura 2

Acciones en caso de recibir un billete falso



La ilustración 3 revela que un significativo 63,6% de los comerciantes opta por perforar los billetes falsos, sugiriendo una medida drástica para invalidar su circulación y evitar pérdidas adicionales. Por otro lado, un 27,3% indica que intenta cambiar los billetes falsos, probablemente buscando minimizar las pérdidas mediante transacciones posteriores. Sin embargo, solo un 9,1% menciona la denuncia a las autoridades como una acción tomada. Este dato podría indicar posiblemente una falta de confianza en los canales formales de

denuncia o la percepción de que otras medidas son más efectivas (Fernández y Ramírez, 2020).

3.1.1 El coeficiente Alfa de Cronbach

Tabla 6

Estadísticos de fiabilidad

<i>Alfa de Cronbach</i>	<i>N de elementos</i>
0,701	12

El coeficiente Alfa de Cronbach es una métrica de confiabilidad que examina la consistencia interna de una escala o grupo de elementos en un cuestionario. Un coeficiente de Alfa de se considera aceptable cuando está por encima del umbral comúnmente establecido de 0,70. Este valor sugiere que existe una consistencia moderada entre los elementos de la encuesta utilizados para evaluar la fiabilidad. En la ilustración 4, se ha calculado un valor de 0,701 para la encuesta aplicada a comerciantes del mercado central de Machala con un total de 12 elementos.

Resultados de la aplicación de los métodos físicos (observación macroscópica).

A continuación, se realiza un análisis de la prueba por triplicado de los resultados de la observación macroscópica para la identificación de documentos alterados de papel moneda en sus distintas denominaciones (entre los billetes de \$5, \$10 y \$20) para evaluar la significancia de las diferencias observadas entre grupos, utilizando pruebas estadísticas descriptivas y pruebas como el ANOVA (Análisis de Varianza). Los aspectos que se consideraron fueron los siguientes: Gramaje o Masa Base (Peso), el Espesor o Calibre (Dimensiones), Textura Superficial de Papel y Rigidez.

3.2.1 Gramaje o Masa Base (Peso)

Tabla 7

ANOVA de un factor para la variable Peso

Peso	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,079	1	,079	86,128	,000
Intra-grupos	,015	16	,001		
Total	,094	17			

Tabla 8*Estadísticas descriptivas de la variable Peso*

Peso	N	Media	Desviación típica
Verdadero	9	1,011978	,0202767
Falso	9	1,144356	,0376832
Total	18	1,078167	,0741647

La tabla 7 y 8, muestra el análisis de varianza (ANOVA) y los resultados descriptivos que proporcionan información valiosa sobre la variable de peso en relación con la autenticidad de los billetes (verdaderos o falsos). Según los datos descriptivos, la media de peso para los billetes verdaderos es de 1.011978, con una desviación típica de 0.0202767, mientras que, para los billetes falsos, la media es de 1.144356 con una desviación típica de 0.0376832. El análisis ANOVA revela una diferencia significativa en el peso entre los grupos, con una estadística F de 86.128 y un valor p de 0.000.

Esto indica que existe una variación significativa en el peso entre los billetes verdaderos y falsos. Además, los intervalos de confianza al 95% para las medias de peso no se superponen entre los grupos, respaldando la conclusión de que hay diferencias significativas. La mayor media de peso en los billetes falsos sugiere que este atributo podría ser una característica distintiva entre las dos categorías. En consonancia con el estudio previo sobre el reconocimiento de billetes falsos previos de (Arroyo Waldhaus, 2023), los resultados indican que el peso es un factor que varía de manera significativa entre los billetes verdaderos y falsos, lo que es relevante en la identificación y autenticación de billetes.

3.2.2 Espesor o Calibre (Dimensiones)

Tabla 9*Estadísticos descriptivos de las dimensiones*

Estadísticos descriptivos				
Dimensiones*Autenticidad		Media	Desviación típica	N
Altura (cm)	Verdadero	6,5667	,05000	9
	Falso	6,5533	,12073	9
	Total	6,5600	,08990	18
Largo (cm)	Verdadero	15,5600	,08000	9
	Falso	15,5744	,11928	9

	Total	15,5672	,09880	18
	Verdadero	,3000	0,00000	9
Grosor (mm)	Falso	,4167	,02500	9
	Total	,3583	,06243	18

La Tabla 9 presenta estadísticas descriptivas de las dimensiones de los billetes clasificadas por autenticidad 'Verdadero' o 'Falso'. En términos de altura, los billetes Verdaderos tienen una media ligeramente mayor (6,5667 cm) en comparación con los Falsos (6,5533 cm), con una desviación típica baja, indicando consistencia en las medidas. En cuanto al largo, los billetes Verdaderos muestran una longitud promedio ligeramente menor (15,5600 cm) en comparación con los Falsos (15,5744 cm), también con baja variabilidad. La diferencia más notable se observa en el grosor, donde los billetes Verdaderos tienen una media significativamente menor (0,3000 mm) que los Falsos (0,4167 mm). En general, estas estadísticas están alineadas con el estudio sobre la enseñanza de la validación de métodos analíticos de Gavilán y López (2020), en el que se sugieren ciertas diferencias en las dimensiones entre los billetes Verdaderos y Falsos, destacando el grosor como una posible característica distintiva en la autenticidad. Para una evaluación más robusta, se realiza la prueba estadística MANOVA, para confirmar la significancia de estas diferencias y respaldar las conclusiones del análisis multivariante.

Tabla 10

MANOVA de la interacción entre las dimensiones del billete y la autenticidad

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Dimensiones_billetes	<i>Traza de Pillai</i>	1,000	250971,221 ^b	2,000	15,000	,000
	<i>Lambda de Wilks</i>	,000	250971,221 ^b	2,000	15,000	,000
	<i>Traza de Hotelling</i>	33462,829	250971,221 ^b	2,000	15,000	,000
	<i>Raíz mayor de Roy</i>	33462,829	250971,221 ^b	2,000	15,000	,000
Dimensiones_billetes* Verdadero_Falso	<i>Traza de Pillai</i>	,498	7,442 ^b	2,000	15,000	,006
	<i>Lambda de Wilks</i>	,502	7,442 ^b	2,000	15,000	,006
	<i>Traza de Hotelling</i>	,992	7,442 ^b	2,000	15,000	,006
	<i>Raíz mayor de Roy</i>	,992	7,442 ^b	2,000	15,000	,006

Nota. Contrastes multivariados ^a

La tabla 10 muestra los resultados de la prueba estadística MANOVA de la interacción entre las dimensiones del billete y la autenticidad (Verdadero o Falso) y revela resultados significativos. La prueba MANOVA indica diferencias estadísticamente significativas en la combinación de dimensiones y autenticidad, con valores de Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace y Raíz mayor de Roy todos mostrando una significancia conjunta ($p = 0,006$). Este resultado

indica que hay una asociación estadísticamente relevante entre las características del billete y su legitimidad. El diseño intra-sujetos y la inclusión de la intersección y la variable de autenticidad en el modelo fortalecen la robustez del análisis. Estos resultados respaldan la conclusión de que las dimensiones del billete, en conjunto, pueden ser consideradas como indicadores significativos de su autenticidad (Cozzolino et al., 2003). Es importante destacar que estos resultados proporcionan una visión integral de cómo las dimensiones del billete contribuyen a la autenticidad y subrayan la importancia de un análisis multivariante en la evaluación de datos complejos y relacionados.

3.2.3 Textura superficial de papel y Rigidez del papel moneda

Tabla 11

Características de la textura y Rigidez del papel moneda

Billetes Americanos Verdaderos				
	\$5.00	\$10.00	\$20.00	
Color	Purpura, Claro, Gris	Naranja, Amarillo, Rojo	Verde, Durazno	
Textura	Áspero	Áspero	Áspero	
Sonido Al Estirar	Metálico	Metálico	Metálico	
Fibrillas	Positivo	Positivo	Positivo	
Rigidez	Resistente	Resistente	Resistente	
Billetes Americanos Falsos				
Color	Purpura, Claro, Gris, Opaco	Naranja, Amarillo, Rojo, opaco	Verde, Durazno, Opaco	
Textura	Liso	Liso	Liso	
Sonido Al Estirar	Agudo	Agudo	Agudo	
Fibrillas	Negativo	Negativo	Negativo	
Rigidez	Frágil	Frágil	Frágil	

La tabla 11, revela características notables que distinguen entre billetes americanos verdaderos y falsos en diversas denominaciones. En los billetes verdaderos de \$5.00, \$10.00 y \$20.00, se destaca un patrón coherente de colores púrpura claro y gris, naranja, amarillo y rojo, y verde y durazno, respectivamente. Además, la textura de los billetes verdaderos se identifica como áspera, el sonido al estirar es metálico, y las fibrillas presentan una orientación positiva. En contraste, los billetes falsos de las mismas denominaciones exhiben colores púrpuras claro y gris opaco, naranja, amarillo y rojo opaco, y verde y durazno opaco. La textura de estos billetes es lisa, el sonido al estirar se caracteriza por ser agudo, y las fibrillas

muestran una orientación negativa. Estas discrepancias subrayan las características únicas incorporadas en el diseño de los billetes para mitigar posibles intentos de falsificación, resaltando la importancia crucial de la textura, el sonido y las fibrillas como medidas efectivas de seguridad. En contraste con los resultados del estudio de Ramírez y Guerrero (2020) de su estudio sobre las características de Seguridad en el Papel Moneda Mexicano, los billetes falsos exhiben una rigidez frágil, mientras que los verdaderos muestran una rigidez resistente, añadiendo un elemento significativo a la diferenciación entre ambas categorías.

Resultados de la aplicación de los métodos químicos (Ensayos de la Gota).

A continuación, se efectúa un estudio de los hallazgos de la aplicación de los métodos químicos para la identificación de documentos alterados de papel moneda en sus distintas denominaciones (entre los billetes de \$5, \$10 y \$20), para conocer cómo estas sustancias reaccionan de manera característica con ciertos componentes de la tinta o el papel. Los métodos químicos que se consideraron fueron los siguientes: Método de Yodación, Método de Alcohol y Método del Agua.

Método de Yodación

Tabla 12

Método a través de la Yodación a nivel macroscópico en billete americano de \$5.00

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PL 07943297 D	(+)	NF 29300507 A
Protección del papel ante el yodo	(+)		(-) Se deterioró el papel	
Coloración	(+) Color Mostaza		(+) Marrón oscuro	

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PL 07943297 D ", a través del Método de Yodación se mostró una adecuada protección del papel ante el yodo, lo que implica que el papel utilizado tiene propiedades específicas que evitaron o limitaron la reacción de manera no deseada, además la coloración se tornó mostaza. Al examinar las características Macroscópicas del billete falso, con serie "NF 29300507 A", a través del Método de Yodación se mostró una protección ausente puesto que se deterioró el papel y el color se tornó color Marrón oscuro (Aldana et al., 2018).

Tabla 13



Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$5.00

Características	Verdadero	Falso
Coloración		

A nivel microscópico, en el billete auténtico se puede apreciar la integridad de las fibras y la estructura general del papel. En el billete falso se observan cambios notables en la coloración, sugiriendo una reacción química anómala.

Tabla 14

Método a través de la Yodación a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00

Caracte- rísticas		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PE 81014846 A	(+)	MF 89815753 D
Protección del papel ante el yodo	(+)		(-) Se deterioró el papel	
Coloración	(+) Color Mostaza		(+) Color negro	



Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PL 07943297 D ", a través del Método de Yodación, se mostró una adecuada protección del papel ante el yodo y presentó una coloración mostaza. Al examinar las características Macroscópicas del billete falso, con serie " MF 89815753 D", a través del Método de Yodación se mostró una protección ausente del papel, puesto que se descompuso el y el color se tornó negro (Mennickent et al., 2020).

Tabla 15*Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$10.00*

Características	Verdadero	Falso
Coloración		

A nivel microscópico, en el billete genuino se observa la composición de las fibras del papel. En el billete falso se observan cambios notables en la coloración, sugiriendo una reacción química anómala

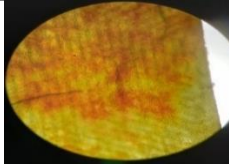
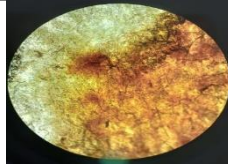
Tabla 16*Método a través de la Yodación a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00*

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PJ 12796381 C	(+)	ID 74378228 B
Protección del papel ante el yodo	(+)		(-) El papel se deterioró	
Coloración	(+)	Mostaza	(+)	Marrón oscuro

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, a través del Método de Yodación con serie " PJ 12796381 C ", se mostró una adecuada protección del papel ante el yodo con una coloración mostaza, como una reacción química específica que confirma la autenticidad del papel. Al examinar las características Macroscópicas del billete falso, con serie " ID 74378228 B ", a través del Método de Yodación se mostró una protección deficiente del papel ante el yodo, puesto que le proporciono una ligera protección y coloración marrón oscuro (Galeano, 2019).

Tabla 17

Método a través de la Yodación a nivel microscópico en billete americano de \$20.00



Características	Verdadero	Falso
Coloración		

A nivel microscópico, en el billete genuino se observa la integridad de las fibras y la matriz del papel. En el billete falso se observan cambios notables en la coloración, sugiriendo una reacción química anómala.

Método de alcohol

Tabla 18

Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$5.00

Características	Verdadero	Falso
Serie	(+) PL 07943297 D	(-) NF 29300507 A
Resistencia a la tinta	(+) 	(-) Corrimiento de tinta 

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PL 07943297 D ", a través del Método del alcohol se mostró una resistencia adecuada a la acción del alcohol sobre la tinta impresa, puesto que el billete mantiene su integridad y no se disuelve ni corre excesivamente (Iñiguez, 2018). Al examinar las características Macroscópicas de Resistencia a la tinta del billete falso, con serie " NF 29300507 A " a través del Método del alcohol se corrió la tinta del billete de manera anormal.

Tabla 19

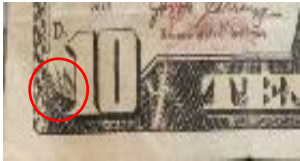

Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$5.00

Características	Verdadero	Falso
Resistencia a la tinta		

A nivel microscópico, en el billete genuino, las fibras de la tinta permanecieron firmemente adheridas al papel. En el billete falso, se evidencian cambios en la estructura de la tinta y las fibras mostraron signos de desprendimiento o deformación.

Tabla 20

Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00

Características	Verdadero	Falso
Serie	PE 81014846 A	(+) MF 89815753 D
Resistencia a la tinta	(+) 	(-) Corrimiento de tinta 

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PE81014846 A ", a través del método del alcohol se mostró una resistencia adecuada sobre la tinta impresa, puesto que el billete mantuvo su integridad y no se disolvió ni se corrió excesivamente. Al examinar las características Macroscópicas de Resistencia a la tinta del billete falso, con serie " MF 89815753 D " a través del método del alcohol esta se corrió de manera anormal cuando se sometió al método del alcohol (Cruz et al., 2020).

Tabla 21

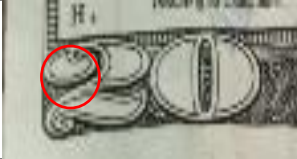
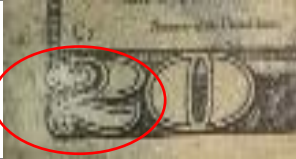
Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$10.00

Características	Verdadero	Falso
Resistencia a la tinta		

A nivel microscópico, en el billete genuino se evidencia la integridad de los detalles impresos, las fibras de la tinta permanecieron firmemente adheridas al papel. En el billete falso, se evidenciaron cambios en la estructura de la tinta y las fibras mostraron signos de desprendimiento y deformación.

Tabla 22

Método a través del alcohol a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00

Características	Verdadero	Falso
Serie (+)	PJ 12796381 C	ID 74378228 B
Resistencia a la tinta (+)		(-) Corrimiento de tinta 

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PJ 12796381 C ", a través del método del alcohol se mostró una resistencia adecuada a la acción del alcohol sobre la tinta impresa, puesto que el billete mantuvo su integridad y no se disolvió ni se corrió excesivamente. Al examinar las características Macroscópicas de Resistencia a la tinta del billete falso, con serie " ID 74378228 B ", a través del método del alcohol esta se corrió de manera anormal cuando se sometió al método del alcohol (Salas et al., 2017).

Tabla 23

Método a través del alcohol a nivel Microscópico en billete americano de \$20.00



Características	Verdadero	Falso
Resistencia a la tinta		

A nivel microscópico, en el billete genuino se evidenció que las fibras de la tinta permanecieron firmemente adheridas al papel, mostrando una mínima alteración en su estructura microscópica. En el billete falso, se evidencian cambios en la estructura de la tinta y las fibras mostraron signos de desprendimiento y deformación (Escurra et al., 2021).

Método del agua

Tabla 24

Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$5.00

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PL 07943297 D	(+)	NF 29300507 A
Descomposición del papel	(-)		(+) Al rasgar se descompuso	

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PL 07943297 D ", a través del Método con agua, el papel mostró resistencia a la descomposición del papel, se mantuvo estructuralmente intacto y no experimentó una desintegración significativa al exponerse al agua. Al examinar las características Macroscópicas, del billete falso con serie "NF 29300507 A" a través del Método con agua, se manifestó que la estructura del papel se desintegró rápidamente al someterse al agua (Boundi, 2018).



Tabla 25

Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$5.00

Características	Verdadero	Falso
Descomposición del papel		

En el billete genuino se observó que las fibras individuales del papel conservaron su estructura intacta con mínimas deformaciones, la matriz del papel presenta cohesión y resistencia, sin indicios significativos de descomposición (Cozzolino et al., 2003). En el billete falso, se observó una separación más marcada entre las fibras individuales, las fibras presentan deformaciones y desgaste más evidente. También se identificó la existencia de partículas suspendidas en el agua.

Tabla 26*Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$10.00*

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PE 81014846 A	(+)	MF 89815753 D
Descomposición del papel	(-)		(+) Al rasgar se descompuso	

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PE 81014846 A", a través del Método con agua el papel mostró resistencia a la descomposición del papel, se mantuvo estructuralmente intacto y no experimentó una desintegración significativa al exponerse al agua. Al examinar las características Macroscópicas, del billete falso con serie " MF 89815753 D" a través del Método con agua se evidencio que la estructura del papel se desintegró rápidamente al someterse al agua (Aguirre et al., 2023).



Tabla 27*Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$10.00*

Características	Verdadero	Falso
Descomposición del papel		

En el billete genuino se observa una mínima alteración en la estructura microscópica, los componentes del papel, como las fibras y la celulosa, permanecieron relativamente intactos, no se apreciaron deformaciones significativas, y la integridad de las fibras individuales se mantuvieron. En el billete falso, se observó una separación más pronunciada entre las fibras, indicando una pérdida de cohesión estructural, las fibras individuales mostraron signos de desgaste y deformación, también se identificó la existencia de partículas suspendidas en el agua, lo que sugiere una desintegración más significativa de la matriz del papel (Galeano, 2019).

Tabla 28

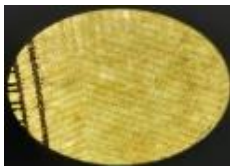

Método a través del agua a nivel Macroscópico en billete americano de \$20.00

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PJ 12796381 C	(+)	ID 74378228 B
Descomposición del papel	(-)		(+) Al rasgar se descompuso	

Al examinar las características Macroscópicas del billete genuino, con serie " PJ 12796381 C ", a través del Método con agua el papel mostró resistencia a la descomposición del papel, se mantuvo estructuralmente intacto y no experimentó una desintegración significativa al exponerse al agua. Al examinar las características Macroscópicas, del billete falso con serie " ID 74378228 B" a través del Método con agua, la estructura del papel se desintegró rápidamente (Castro Madriz, 2022).

Tabla 29

Método a través del agua a nivel Microscópico en billete americano de \$20.00

Características	Verdadero	Falso
Descomposición del papel		

En el billete genuino se observó una mínima alteración en la estructura microscópica, los componentes del papel, como las fibras y la celulosa, permanecieron relativamente intactos, no se apreciaron deformaciones significativas (Muñoz Pinto, 2016). En el billete falso, se observó una separación más pronunciada entre las fibras, indicando una pérdida de cohesión estructural, las fibras individuales mostraron signos de desgaste y deformación y se observó una notable existencia de partículas diluidas en el agua.

Resultados de la aplicación de los métodos instrumentales


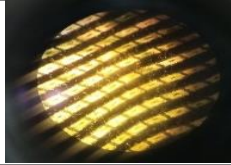




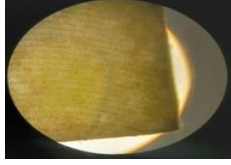
A continuación, se lleva a cabo un análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de métodos instrumentales para la detección de documentos alterados de papel moneda en sus distintas denominaciones (entre los billetes de \$5, \$10 y \$20), para una evaluación más completa y detallada de la autenticidad de los billetes. Los métodos instrumentales que se

consideraron fueron los siguientes: Microscopía, Luz Ultravioleta (UV) e infrarrojo cercano (NIR).

Método a través de la Microscopía

Tabla 30

Método a través de la Microscopía en billete americano de \$5.00

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PL 07943297 D	(+)	NF 29300507 A
Líneas finas	(+) Nítido		(-)	No Presenta
Detalles de grabado	(+) Nítido		(+) Opaco	
Microtexto	(+) Nítido		(-)	No Presenta
Características de relieve	(+) Nítido		(+) Opaco	
Fibrillas	(+) Color azul		(-)	No Presenta
Brillo	(+)	No Presenta	(-)	No Presenta


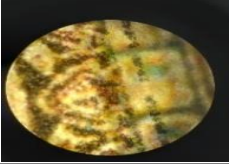

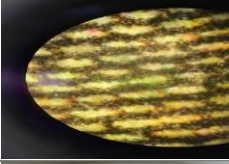




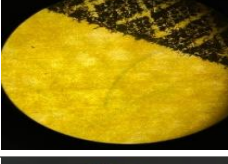
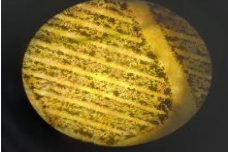
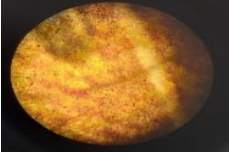
Al examinar las características del billete genuino con la serie " PL 07943297 D ", a través de la Microscopía se observaron líneas finas nítidas en el diseño del billete, presentó detalles de grabado visibles bajo el microscopio, en este caso patrones o texturas que son de alta calidad; se identificó microtexto en áreas específicas del billete (extremadamente pequeño y difícil de replicar), además mostró relieves que son una capa adicional de seguridad perceptibles al tacto y al examen visual, se observaron pequeñas fibras incrustadas en el papel y finalmente, se evidenció ausencia de brillo.

Al examinar las características del billete falso con la serie "NF 29300507 A", a través de la Microscopía no se observaron líneas finas en el diseño, los detalles de grabado se

manifestaron menos definidos y carentes de la calidad, además el microtexto se evidenció ausente, el relieve poco perceptible al tacto, menos detallada y opaca, finalmente presentó fibrillas y brillo.

Tabla 31

Método a través de la Microscopía en billete americano de \$10.00

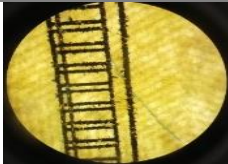
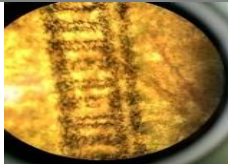
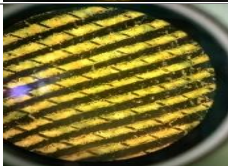
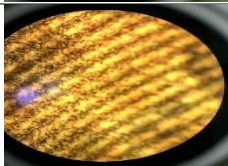
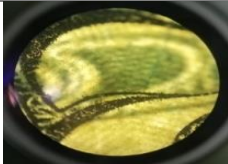
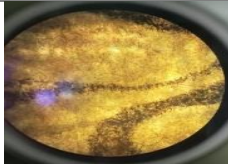
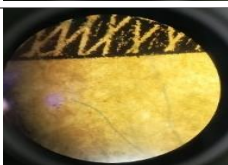


Características		Verdadero		Falso	
Serie	(+)	PE 81014846 A	(+)	MF 89815753 D	
Líneas finas	(+) Claras		(-) No presentan		
Detalles de grabado	(+) Nítido		(+) Opaco		
Microtexto	(+) Visible		(+) Difuso		
Características de relieve	(+) Nítido		(+) Opaco		
Fibrillas	(+) Color azul		(-) No presenta		
Brillo	(+)		(-)		

Al examinar las características del billete genuino con la serie " PE 81014846 A ", a través de la Microscopía se observaron líneas finas nítidas y claras en el diseño del billete, presentó detalles de grabado visibles bajo el microscopio con calidad alta en el proceso de impresión, se identificó microtextos visibles en áreas específicas del billete, además mostró relieves nítidos que son una capa adicional de seguridad perceptibles, se observaron pequeñas fibrillas de color azul incrustadas en el papel, y finalmente presentó brillo.

Al examinar las características del billete falso con la serie " MF 89815753 D ", a través de la Microscopía no se observaron líneas finas en el diseño, los detalles de grabado se manifestaron menos definidos, opacos y carentes de calidad, además el microtexto se presentó de forma difusa, el relieve se identificó poco perceptible al tacto, menos detallada y opaca y finalmente no presentó fibrillas ni brillo.

Tabla 32

Método a través de la Microscopía en billete americano de \$20.00

Características	Verdadero		Falso	
Serie	(+)	PJ 12796381 C	(+)	ID 74378228 B
Líneas finas	(+) Nítido		(+) Opaco	
Detalles de grabado	(+) Nítido		(-) Opaco	
Microtexto	(-)	No Presenta	(-)	No Presenta
Características de relieve	(+) Nítido		(+) Difuso	
Fibrillas	(+)		(-)	No Presenta
Brillo	(+)		(-)	







Al examinar las características del billete genuino con la serie " PJ 12796381 C " a través de la Microscopía se observaron líneas finas nítidas y claras en el diseño del billete, presentó detalles de grabado visibles bajo el microscopio con calidad alta en el proceso de impresión, no se identificó microtextos visibles en las áreas del billete, además mostró relieves nítidos que son una capa adicional de seguridad perceptibles, se observaron fibrillas incrustadas en el papel, y finalmente presentó brillo.

Al examinar las características del billete falso con la serie "ID 74378228 B", a través de la microscopia se observaron líneas finas opacas en el diseño, los detalles de grabado menos definidos, opacos y carecen de la calidad, además no presentó microtexto, el relieve se evidenció menos detallado y difuso, y finalmente no presentó las fibrillas y el brillo (Aguilar y Rodríguez, 2020).

Método con luz U-V (ultravioleta)

Tabla 33

Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$5.00

Características		Verdadero	Falso
Serie	(+)	PL 07943297 D	(+) NF 29300507 A
Marca de agua	(+) Nítido		(+) La tinta es clara y la forma incorrecta. 
Hilos de seguridad	(+) Posee fluorescencia		(-) No Presenta
Elementos fluorescentes	(+)		(-) No Presenta
Sellos especiales	(+) Nítido		(+) Opaco 









Al examinar las características del billete genuino con la serie " PL 07943297 D ", la marca de agua exhibió una nitidez positiva dado que se apreció una imagen incorporada en el papel de manera transparente y los hilos de seguridad fueron visibles al ser expuestos a la luz ultravioleta este presentó fluorescencia con elementos fluorescentes (patrones o marcas) que resplandecen bajo esta luz especial (Mennickent et al., 2020). Los sellos especiales presentes (detalles únicos, hologramas y marcas distintivas) fueron nítidos y claros, proporcionando una capa adicional de seguridad y autenticación.

Al examinar las características del billete falso con la serie "NF 29300507 A", se identificaron discrepancias significativas. Puesto que la marca de agua se observó defectuosa y mal definida, marcada con una tinta muy clara, además, se constató la ausencia por completo de

hilos de seguridad y elementos fluorescentes. Por otro lado, los sellos especiales se mostraban opacos, mal impresos y con inconsistencia en los detalles.

Tabla 34

Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$10.00








Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PE 81014846 A	(+)	MF 89815753 D
Marca de agua	(+) Nítido		(+) La tinta es clara y la forma incorrecta.	
Hilos de seguridad	(+) Posee fluorescencia.		(+) Pero se observa una línea de tinta negra.	
Elementos fluorescentes	(+)		(+)	
Sellos especiales	(+) Nítido		(+) Opaco	

Al examinar las características del billete genuino con la serie " PE 81014846 A ", la marca de agua incrustada en el papel exhibió una nitidez clara, nítida y transparente de la imagen del personaje histórico del retrato de Alexander Hamilton, los hilos de seguridad son visibles y presentan fluorescencia con elementos fluorescentes específicos (patrones y marcas), los sellos especiales presentes (detalles únicos, hologramas, marcas) son nítidos y claros, proporcionando una capa adicional de seguridad y autenticación (Aguirre et al., 2023).

Al examinar las características del billete falso con la serie "MF 89815753 D", se identificaron discrepancias significativas a causa de que la marca de agua se observó simple, defectuosa y mal definida marcada con una tinta muy clara, además, se constató la presencia de una línea de tinta inapropiada en su diseño como hilos de seguridad, se mostró también fluorescencia, pero de manera inadecuada bajo luz ultravioleta, del mismo modo los sellos especiales se mostraban opacos, mal impresos y con detalles inconsistentes.

Tabla 35

Método con Luz U-V (Ultravioleta) en billete americano de \$20.00

Características		Verdadero		Falso
Serie	(+)	PJ 12796381 C	(+)	ID 74378228 B
Marca de agua	(+) Nítido		(+) Su forma no es la correcta	
Hilos de seguridad	(+) Posee fluorescencia		(-)	No Presenta
Elementos fluorescentes	(+)		(+)	
Sellos especiales	(+) Nítido		(+) Opaco	

Al examinar las características del billete genuino con la serie " PJ 12796381 C ", la marca de agua incrustada en el papel exhibió una nitidez claramente visible y nítida de la imagen del personaje histórico del retrato de Andrew Jackson, los hilos de seguridad fueron visibles y presentaron fluorescencia con elementos fluorescentes específicos (patrones y marcas) que resplandecen bajo la luz ultravioleta, los sellos especiales se encontraron presentes (detalles únicos, hologramas, marcas distintivas) de forma nítida y clara; proporcionando una capa adicional de seguridad y autenticación (Cevallos et al., 2020).

Al examinar las características del billete falso con la serie " ID 74378228 B ", se revelaron discrepancias significativas, dado que la marca de agua fue defectuosa, mal definida y casi inexistente, además, se constató la ausencia de hilos de seguridad, aunque si se evidenciaron algunos elementos fluorescentes, además de eso, los sellos especiales se mostraban opacos, mal impresos y con detalles inconsistentes.

Método Infra rojo cercano (NIR)

Tabla 36

NIR de un billete Verdadero Americano de \$5.00

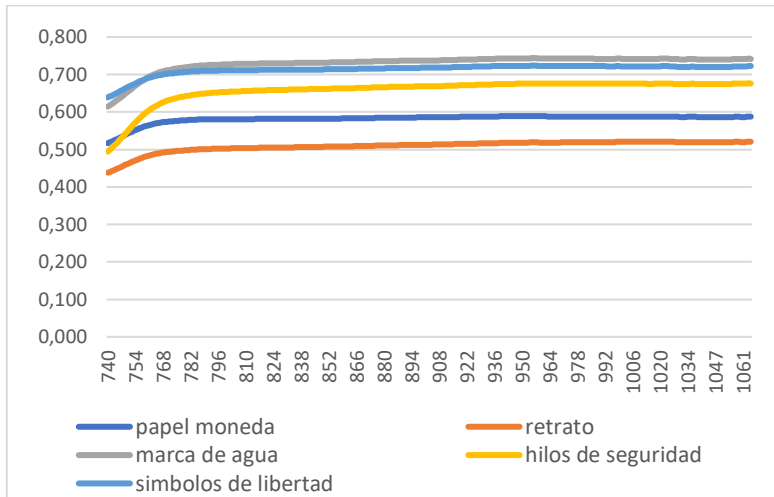


Figura 1

NIR de un billete Verdadero Americano de \$5.00



Tabla 37

NIR de un billete Verdadero Americano de \$10.00

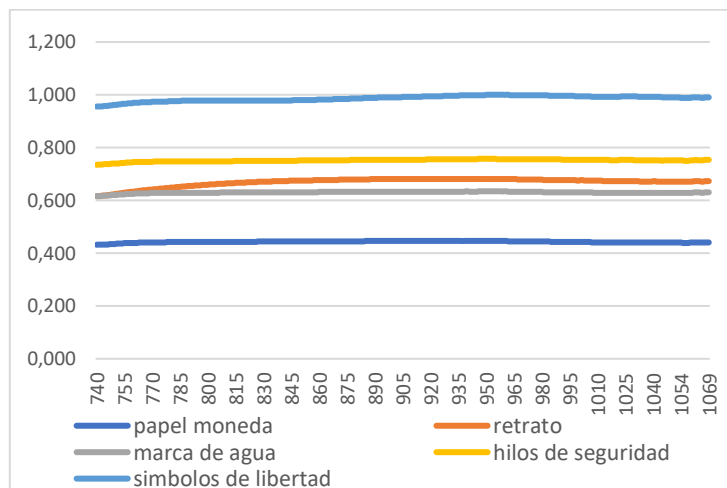


Figura 2

NIR de un billete Verdadero Americano de \$10.00



Tabla 38

NIR de un billete Verdadero Americano de \$20.00

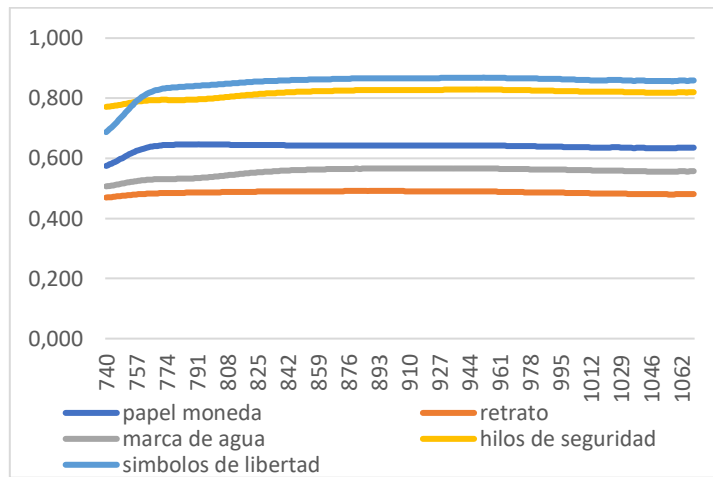


Figura 3

NIR de un billete Verdadero Americano de \$20.00

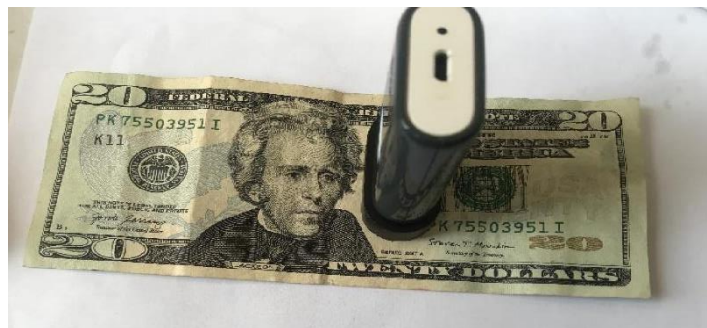


Tabla 39

NIR de un billete Falso Americano de \$5.00

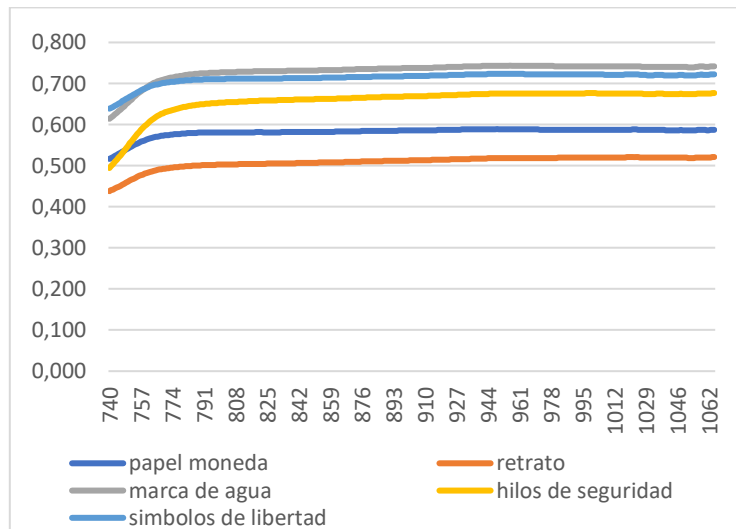


Figura 4

NIR de un billete Falso Americano de \$5.00

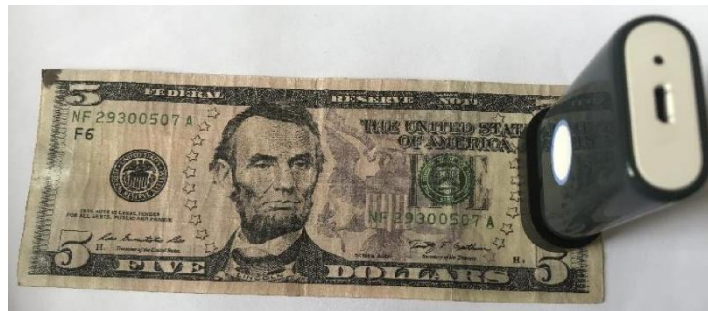


Tabla 40

NIR de un billete Falso Americano de \$10.00

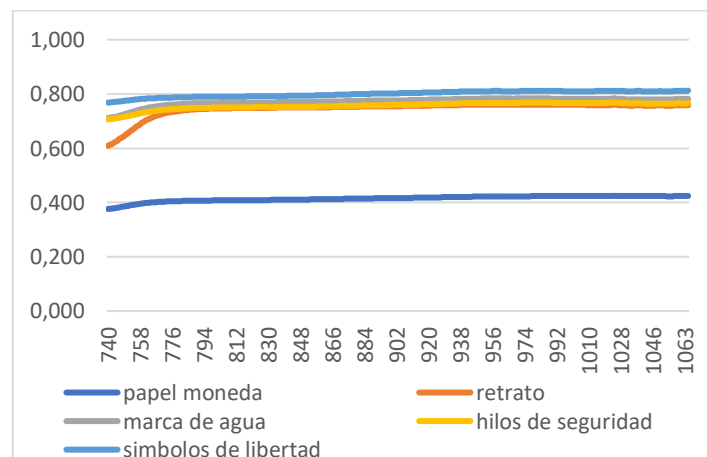


Figura 5

NIR de un billete Falso Americano de \$10.00



Tabla 41

NIR de un billete Falso Americano de \$20.00

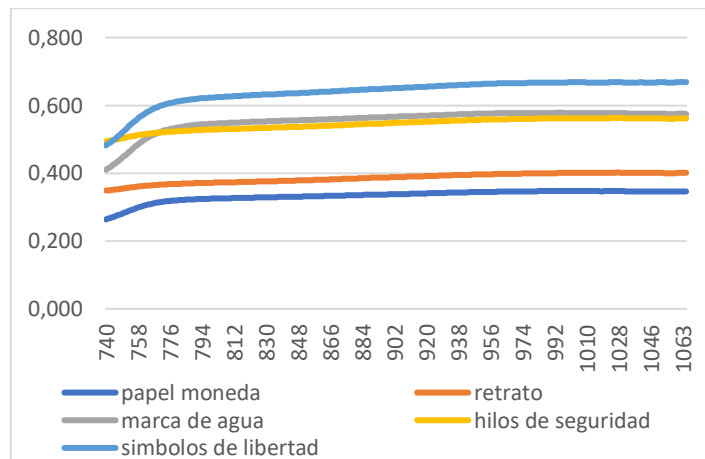


Figura 6

NIR de un billete Falso Americano de \$20.00



Tabla 42

Variación de los niveles de reflectancia

Característica de seguridad	Descripción	Verdaderos			Falsos		
		\$5,00 Abs	\$10,00 Abs	\$20,00 Abs	\$5,00 Abs	\$10,00 Abs	\$20,00 Abs
Papel moneda	Sección impresa en papel estándar	0,435	0,970	0,595	0,430	0,390	0,230
Retrato	Imagen histórica en el billete	0,450	0,615	0,440	0,440	0,600	0,370
Marca de agua	Seguridad al contraluz	0,565	0,610	0,460	0,610	0,760	0,405
Hilos de seguridad	Hilos incrustados visibles	0,650	0,760	0,785	0,495	0,755	0,500
Símbolos de libertad	Símbolos en billetes recientes	0, 810	0,610	0,700	0,640	0,780	0,490

La tabla 42, revela que, En general, parece haber una tendencia de que los billetes verdaderos tienden a tener promedios de reflectancia más altos en comparación con los billetes falsos. Sin embargo, esta tendencia no es uniforme en todas las características de seguridad. Por ejemplo, en el caso de la "Marca de agua", los billetes falsos tienen un promedio de reflectancia más altos que los billetes verdaderos en las denominaciones de \$5 y \$10. En algunas características de seguridad, como "Hilos de seguridad" y "Símbolos de libertad", los billetes verdaderos tienden a tener promedios de reflectancia más altos en todas las denominaciones en comparación con los billetes falsos.

Estas tendencias sugieren que las características de seguridad pueden ser más efectivas para distinguir entre billetes verdaderos y falsos en ciertas denominaciones y características específicas.

4. CONCLUSIONES

- La investigación reveló una prevalencia significativa de billetes falsos en denominaciones más bajas (5, 10 y 20 dólares), destacando la necesidad de medidas específicas para abordar la detección de falsificaciones en estas denominaciones, constatando la necesidad de estrategias más amplias para mitigar las pérdidas económicas y fortalecer las medidas preventivas.
- La aplicación de métodos físicos, como la observación macroscópica y el análisis estadístico ANOVA, reveló una diferencia significativa en el peso entre billetes verdaderos y falsos, el grosor se destaca como una característica distintiva clave, ya que los billetes verdaderos muestran un grosor significativamente menor en comparación con los falsos, la textura áspera y la rigidez resistente son consistentes en los billetes verdaderos, mientras que los falsos muestran textura lisa y rigidez frágil.
- La aplicación de métodos químicos se destacó como herramientas eficaces para diferenciar billetes auténticos de falsos. El método de yodación proporcionó indicadores distintivos mediante la protección del papel ante el yodo y la coloración característica, tanto a nivel macroscópico como microscópico. El método del alcohol resaltó por la resistencia adecuada de la tinta en billetes genuinos, contrastando con el corrimiento anormal en billetes falsos, en ambas escalas de observación, mientras que el método del agua evaluó la descomposición del papel, revelando diferencias significativas entre billetes, tanto en la resistencia macroscópica como en las alteraciones microscópicas.
- Se concluye de la aplicación de los métodos instrumentales, a través de la microscopía, se observaron consistentes diferencias entre los billetes auténticos y falsos en términos de líneas finas, detalles de grabado, microtexto, características de relieve, fibrillas y brillo. El Método con luz U-V demostró ser eficaz en la identificación de billetes auténticos mediante la nitidez de la marca de agua, la fluorescencia de hilos de seguridad, elementos fluorescentes y sellos especiales, mientras que los billetes falsos presentaron discrepancias notables en estas características. Finalmente, el método de infrarrojo cercano (NIR) como técnica de espectroscopia se pudo obtener información sobre la composición y las propiedades de los billetes, en general, los billetes verdaderos tienden a tener promedios de reflectancia más altos que los billetes falsos, aunque esta tendencia varía según la característica de seguridad y la denominación del billete.

5. RECOMENDACIONES

- Ejecutar programas de formación periódica dirigidos a los comerciantes sobre la identificación de billetes falsificados y la prevención de fraudes.
- Fomentar la adopción de transacciones digitales entre los comerciantes como una medida adicional de seguridad.
- Sensibilizar a los comerciantes sobre la importancia de denunciar casos de billetes falsos a las autoridades competentes.
- Se recomienda adoptar un enfoque integral para la autenticación de billetes.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D., & Rodríguez, J. L. (2020). Efecto de nitrato de plata en la germinación in vitro de *Euphorbia nutans* Lag. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 338 - 350.
<https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-8014-4167>
- Aguirre, C. A., Martins, Q., & Barba, J. J. (2023). Breve introducción al estudio Raman de partículas cargadas. *Revista Ingenio*, 20(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/2011642X.3308>
- Aldana, K., Comesaña, Y., Ochoa, F. A., Oropesa, R., & Dago, Á. (2018). Aplicación de la espectroscopia infrarroja y técnicas de reconocimiento de patrones en la caracterización de aditivos de la industria del petróleo. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 49(1), 1-13.
<https://www.redalyc.org/journal/1816/181661081005/html/>
- Arroyo Waldhaus, A. (5 de julio de 2023). *Reconocimiento de billetes falsos*.
<https://www.signe.es/reconocimiento-de-billetes-falsos/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Lexis.
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2021). *Código Orgánico Integral Penal*. LexisFinder.
https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
- Banco Central del Ecuador . (2021). *FUNCIONES DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR*.
<https://www.bce.fin.ec/funciones-del-banco-central#:~:text=El%20BCE%20custodia%20las%20reservas,y%20monedas%20en%20el%20pa%C3%ADs.>
- Banco de la Republica de Colombia. (2022). *Capacitación para reconocer los elementos de seguridad de la nueva familia de billetes colombianos*. <https://www.banrep.gov.co/es/billetes-monedas/capacitacion-elementos-de-seguridad>
- Barros, F., Kuhnen, B., Da Costa, M., & Da Silva, C. (2021). Ciências forenses: princípios éticos e vieses. *Revista Bioética*, 29(1), 55-65 . <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422021291446>
- BBC News Mundo. (21 de mayo de 2021). *Los falsos "superdólares" que engañaron al mundo durante dos décadas*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-57203794>
- Benito, S. M., Pérez, A., Arregui, C., Ormazabal, M., de la Cruz, M., & Salas, M. (2022). Maldí y espectrofotometría de masas para tipificación e identificación de patógenos. *Revista Sanitaria de Investigacion*, 3(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8298579>
- Bernal, M. J. (2019). La función policial desde la perspectiva de los derechos humanos y la ética pública. *Revista IUS*, 13(44), 251-279.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35487/rius.v13i44.2019.441>
- Boundi, F. (2018). Valor y dinero en Marx. *Revista de Economía Institucional*, 20(38), 97-127.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18601/01245996.v20n38.05>

- Calderón, H. A. (2020). Microscopía electrónica de transmisión para observar átomos: principios y desarrollo. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 13(25). <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.25.69649>
- Camelino, S. O., Minchiotti, M., Bariles, R., López, R., & Colazo, J. (2018). Optimización de un procedimiento para la determinación de oro mediante espectrofotometría UV/Vis. 2018, 23(2), 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1517-707620180002.0342>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A., Nacaratte, F., & Manzano, C. (2020). MICROPLÁSTICOS: UN CONTAMINANTE QUE CRECE EN TODAS LAS ESFERAS AMBIENTALES, SUS CARACTERÍSTICAS Y POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA POR EXPOSICIÓN. *REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA*, 37(3), 160-175. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>
- Castro Madriz, J. M. (2022). Procedimientos técnicos, semióticos y artísticos del papel moneda desde el diseño numismático. *El Artista*(19), 1-17. <https://www.redalyc.org/journal/874/87470125007/html/>
- Cevallos, Y., Pupo, A., Calderon, M., & Ponce, D. (2020). La interpretación extensiva y la analogía en los delitos de estafa con documentos bancarios. *RECIAMUC*, 4(1), 4-12. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(1\).esp.marzo.2020.4-12](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(1).esp.marzo.2020.4-12)
- Cozzolino, D., Fassio, A., & Fernández, E. (2003). USO DE LA ESPECTROSCOPÍA DE REFLECTANCIA EN EL INFRARROJO CERCANO PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENSILAJE DE MAÍZ. *Agricultura Técnica*, 63(4). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000400007>
- Cruz, E., Parejo, F., & Rangel, J. (2020). El dinero moderno y el enfoque cartalista institucional. *Revista de Economía Institucional*, 22(43), 57-78. <https://doi.org/https://doi.org/10.18601/01245996.v22n43.04>
- Dávila Rodríguez, A. A. (2018). ¿Hay responsabilidad pericial? *HISTORIA, ÉTICA Y FILOSOFÍA*, 40(3), 206-215. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cg/v40n3/1405-0099-cg-40-03-206.pdf>
- El Comercio. (2 de abril de 2022). Ya no más billetes falsos en sus manos. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ya-no-mas-billetes-falsos.html>
- El Universo. (30 de noviembre de 2017). Dólares falsos que se fabrican en Perú, los más complejos de detectar. *Expertos en el tema dicen que el método de transportación de los billetes falsos es a través de cerámicas, calzados y ropa que se los cruza por las fronteras*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/11/30/nota/6505486/dolares-falsos-fabricados-peru-mas-complejos-detectar/>
- Ercilia Allegretti, P. (2022). *Química orgánica II*. Edulp. <https://doi.org/978-950-34-2129-1>
- Escobar, S. M., & De Los Angeles, E. (2022). ANALISIS FORENSE PARA DETERMINAR LA ALTERACION EN DOCUMENTO UNICO DE IDENTIDAD, CHEQUES BANCARIOS Y PAPEL MONEDA. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*, 1-92. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/30810/1/An%C3%A1lisis%20forense%20para%20determinar%20la%20alteraci%C3%B3n%20en%20documento%20unico%20de%20identidad%2C%20cheques%20bancarios%20y%20papel%20moneda.pdf>
- Escurra, J., Nosedá, D., & Ferreira, F. (2021). Validación de un método de cuantificación de etanol utilizando el reactivo permanganato de potasio. *Reportes científicos de la FACEN*, 12(2), 74-82. <https://doi.org/https://doi.org/10.18004/rcfacen.2021.12.2.74>

- Fernández, A. E., & Ramírez, L. J. (2020). *Estrategia formativa en defensa digital para adolescentes: Desafíos políticos, sociales y económicos para la seguridad y defensa*.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21830/19006586.579>
- Fiscalía General del Estado. (2014). *Instructivo para el manejo de papel moneda*.
<https://www.cienciasforenses.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/registro-oficial-318-MANUALES-PROTOCOLOS.pdf>
- Forero, N., & Sanchez, C. (2020). Espectroscopia de Infrarrojo Cercano como herramienta de clasificación para agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). *DYNA*, 87(213), 17-21.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v87n213.82284>.
- Franco Cardoza, Y. (2018). LA MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA Y SU APLICACIÓN. *Fitosanidad*, 9(3), 65-68. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116189013.pdf>
- Galeano, D. (2019). "ESE DERRAME EXTRAORDINARIO": DETECTIVES POLICIALES, PERIODISTAS Y FALSIFICADORES DE DINERO EN AMÉRICA DEL SUR (AÑOS 1910). *Diálogo andino*, 1(60), 71-83. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812019000300071>
- Galeano, D. (2021). El clan Chiarini: migración y falsificación de dinero en América del Sur, 1890-1910. *Historia mexicana*, LXX(3), 1281-1326. <https://doi.org/10.24201/hm.v70i3.4184>
- Gavilán, I., & López, N. (2020). Enseñanza de la validación de métodos analíticos: protocolos. *Educación Química*, 31(2), 81-90. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.71678>
- Gola, A. F., Cordoví, J. M., Benítez, N., & Fernández, M. (2020). Desarrollo y validación de un método de cromatografía gaseosa para la determinación de mentol, salicilato de metilo, timol y ácido benzoico en solución antiséptica. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 49(2), 306-328.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n2.89484>
- Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Interpol. (2019). *Falsificación de moneda*.
- Interpol. (04 de septiembre de 2019). *La lucha contra la falsificación de moneda, tema de una conferencia de INTERPOL*. <https://www.interpol.int/es/Noticias-y-acontecimientos/Noticias/2019/La-lucha-contr-la-falsificacion-de-moneda-tema-de-una-conferencia-de-INTERPOL>
- Iñiguez, A. (2018). *La mayor parte de los billetes de euro falsos procede del sur de Italia*.
https://www.elconfidencial.com/amp/ultima-hora-en-vivo/2015-05-09/la-mayor-parte-de-los-billetes-de-euro-falsos-procede-del-sur-de-italia_572960/
- Largo, A. (2023). *AVANCES DE LA GRAFOQUÍMICA EN EL ANÁLISIS DE DOCUMENTOS DUBITADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FALSIFICACIÓN DE FIRMAS CON FINES FORENSES*.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20802/1/E-13208_LARGO%20PALADINES%20ADRIANA%20MARIVY.pdf
- Lechuga Montenegro, J. (2019). Ensayos de Economía. *Dinero y capital ficticio. Retrospectiva y reflexión actual*, 29(54), 159-180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/ede.v29n54.74895>

- Londero, A. (28 de junio de 2022). Cómo son los billetes de 1000 que se venden hasta en 20.000 pesos. <https://suquia.ar/noticias/economia/como-son-los-billetes-de-1000-que-se-venden-hasta-en-20-000-pesos>
- Lugo Suarez, N. (13 de octubre de 2022). *Los mejores detectores de billetes falsos: ¿Cuál es la mejor elección?*
<https://www.lavanguardia.com/comprar/tecnologia/20220715/8409201/detector-billetes-falsos-2-1-cual-mejor-eleccion-isw.html>
- Martínez, J. F., Martínez, A., & Pérez, G. (2020). Metodología de evaluación de riesgos en materia de prevención de lavado de dinero (PLD) y financiamiento al terrorismo (FT). *Panorama económico (Ciudad de México)*, 15(30), 143- 167.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29201/pe-ipn.v15i30.256>
- Melena Ruiz, D. (2018). *Economipedia*. Operación Bernhard, falsificación masiva de billetes en la Segunda Guerra Mundial: Operación Bernhard, falsificación masiva de billetes en la Segunda Guerra Mundial
- Mennickent, s., Vega, M., Godoy, C., & Yates, T. (2020). DESARROLLO DE UN METODO POR CROMATOGRAFIA EN CAPA. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, 45(4).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0366-16442000000400015>
- Miguel Salas, I. (2016). El análisis de los documentos y la perspectiva criminológica. *Euskal Herriko Unibertzitatea*, 1-88.
<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/19007/Miguel%20Salas%2C%20Iraia%201.pdf>
- Muñoz Pinto, F. (2016). *LABORATORIO DE QUÍMICA*.
<http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/fidelmun/practica8aa.pdf>
- Ortiz, M., Flores, J., Leones, W., & Ordoñez, M. (2021). Prevención del riesgo de lavado de activos. Caso Colombia y Ecuador. *REVISTA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*, 133(2), 1-15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.53591/rug.v133i2.1391>
- Pereyra, E., & Ludeña, G. F. (2021). Delitos monetarios de falsificación y tráfico de billetes en Perú, vinculados a organizaciones criminales. *Revista de Investigación en ciencias jurídicas*, 4(14), 428 - 436. <https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistalex.v4i14.100>
- Raja, P., & Barron, A. (30 de octubre de 2022). *spectroscopia de Fluorescencia*.
[https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/M%C3%A9todos_F%C3%ADsicos_en_Qu%C3%ADmica_y_Nano_Ciencia_\(Barron\)/01%3A_An%C3%A1lisis_Elemental/1.11%3A_Espectroscopia_de_Fluorescencia](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/M%C3%A9todos_F%C3%ADsicos_en_Qu%C3%ADmica_y_Nano_Ciencia_(Barron)/01%3A_An%C3%A1lisis_Elemental/1.11%3A_Espectroscopia_de_Fluorescencia)
- Ramírez, L. G., & Guerrero, R. L. (2020). Características de Seguridad en el Papel Moneda Mexicano. *1 Revista Skopein - Criminalística y Ciencias Forenses*, 21.
- Reyes Gasga, J. (2020). Breve reseña histórica de la microscopía electrónica en México y el mundo. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 13(25).
<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2020.25.69610>
- Rodriguez Cairo, V. (2020). Régimen constitucional de la moneda y estabilidad del nivel general de precios en Perú. *Derecho PUCP*, 85, 277-320.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.202002.009>

- Rodríguez Montoro, Ó. (2020). La presencia de la Química en los billetes bancarios. *Anales de química*, 116(4), 241-252.
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1340>
- Salas, G., Restrepo, O., Cockrell, B., Ramírez, J., & Noguez, E. (2017). La química y la ciencia e ingeniería de los materiales. *Redalyc*, 50-56.
<https://www.redalyc.org/pdf/496/49624956011.pdf>
- Sosa Reyes, A. M. (2017). Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense. *Educación Química*, 1(28), 238---245.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2017.09.001>
- Tom, J. (30 de junio de 2021). *Espectroscopía UV-Vis: principio, fortalezas y limitaciones y aplicaciones*. Analisis y separaciones: <https://www.news-courier.com/analysis/articles/uv-vis-spectroscopy-principle-strengths-and-limitations-and-applications-349865>
- Valencia, D., Rueda, E., Leyva, M., Mazón, S. R., & Ortega, J. (2020). Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis spp*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 7(1), 50-59.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37527/2020.70.1.006>

ANEXOS

Anexo 1 Modelo de Encuesta aplicado

Objetivo de la encuesta: Analizar el nivel de afectación de la circulación de billetes falsos en comerciantes del mercado central de Machala.

Datos demográficos

1. Edad

- a) 21-40 años
- b) 41-60 años
- c) 61-80 años

2. Sexo

- a) Hombre
- b) Mujer

3. Formación Académica

- a) Primaria
- b) Secundaria
- c) Superior

Datos de estudio

4. Actividad económica

- a) Comerciante
- b) Artesano
- c) Agricultor

5. ¿Qué denominaciones de billetes falsos ha recibido?

- a) \$5.00
- b) \$10.00
- c) \$20.00
- d) \$50.00
- e) \$100.00
- f) Ninguno

6. ¿Con que frecuencia se encuentra con billetes falsificados?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) Rara vez
- d) Nunca

7. ¿Ha tenido Pérdidas económicas por aceptar billetes falsos en su negocio?

- a) Si

b) No

8. ¿Ha sido participe sobre algún tipo de capacitación sobre la identificación de billetes falsos?

a) Si

b) No

9. ¿Qué métodos aplica para identificar billetes falsos en su negocio?

Comprobación manual

a) Textura de tacto

b) Hilo de seguridad

c) Verificación de número de serie

Comprobación química

a) Uso de rotuladores

b) Calidad de papel en agua

c) Colocación de yodo en el papel

10. ¿Ha conocido a otros comerciantes o clientes que han sido víctimas de engaño con billetes falsos?

a) Si

b) No

11. ¿Qué medidas adicionales cree que se deberían tomar en cuenta para prevenir la Circulación de billetes falsos?

a) Implementar dinero electrónico

b) Uso de transacciones digitales

c) Ninguna

12. ¿Que realizaría usted en caso de aceptar un billete falso?

a) Denunciar a las autoridades

b) Intentar cambiarlo

c) Perforar

d) Ninguna de las anteriores

Anexo 2 Estudiantes encuestando en el mercado central de Machala



Encuestando en una tienda de Abarrotes



Encuestando a comerciantes del Mercado



Mercado Central de Machala



Medición del gramaje con Balanza de Precisión



Observando características Microscópicas



Medición con el calibrador de dimensiones



Análisis de Billetes con Luz UV

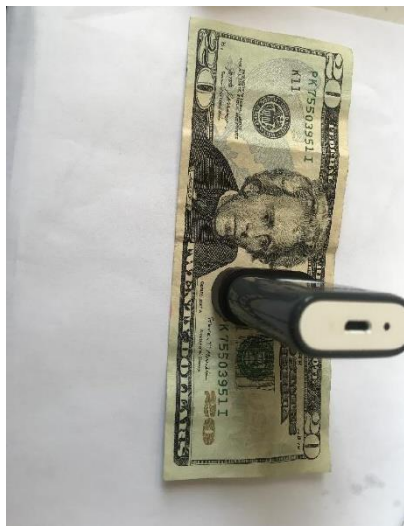


Balanza de Precisión

Anexo 3 NIR de billetes Falsos Americanos



Anexo 4 NIR de billetes verdaderos americanos




Anexo 5 Resultados INR de billetes Verdaderos y Falsos Americanos de \$5.00 \$10.00

\$20.00

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cXdWSWfNTu-o4hdUDIRY77rEt82BWgKc/edit#gid=1195694760>

Anexo 6 Validación de encuesta

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**
Calidad, Calidez y Pertinencia
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

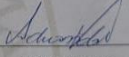
CERTIFICADO DE VALIDACIÓN


Machala, 29 de agosto de 2023

Quien suscribe, **Bioq. Farm. LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES, Mgs.** mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del proyecto de Titulación titulado: **"Análisis químico forense en la alteración de documentos en papel moneda"**, elaborado por: **JOSUE ELIAS GUAMO QUITUISACA Y JEAN ALEXANDER QUEZADA SARANGO** estudiantes de la UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA, de la carrera de BIOQUÍMICA Y FARMACIA.

En consecuencia, manifiesto que una vez ajustadas las observaciones realizadas por mí, el instrumento reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiable, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantearon en la investigación.

Atentamente


Validado por:
Bioq. Farm. Lam Vivanco Adriana Mercedes, Mgs

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**
Calidad, Calidez y Pertinencia
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD


CERTIFICADO DE VALIDACIÓN

Machala, 29 de agosto de 2023

Quien suscribe, **Bioq. Farm. SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE, Mgs.** mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del proyecto de Titulación titulado: **"Análisis químico forense en la alteración de documentos en papel moneda"**, elaborado por: **JOSUE ELIAS GUAMO QUITUISACA Y JEAN ALEXANDER QUEZADA SARANGO** estudiantes de la UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA, de la carrera de BIOQUÍMICA Y FARMACIA.

En consecuencia, manifiesto que una vez ajustadas las observaciones realizadas por mí, el instrumento reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiable, y, por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantearon en la investigación.

Atentamente


Validado por:
Bioq. Farm. SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE, Mgs.