

Análisis de las Medidas de Seguridad del Billete Argentino de \$500 con Diseño Yagüareté, Mediante el Empleo de Diversos Instrumentales Ópticos y Lumínicos

Enzo D. de J. Barrios¹

Gisela L. Forlín²

Cecilia M. Galindez³

Roxana M. Torres⁴

Emilia G. Bruquetas-Correa⁵

Tipo de artículo: Artículo de investigación

Recibido: 29 de marzo de 2025. Aprobado: 21 de junio de 2025

DOI: 10.53995/25390147.1992

¹ Licenciado en Criminalística. Docente del Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología y Becario de Posgrado en Investigación BEI Tipo 1 de la Secretaría General de Ciencia y Técnica - Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2167-4361>. enzo.barrios@comunidad.unne.edu.ar

² Magíster en Química Analítica. Docente Investigadora del Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2279-297X>. gisela.forlin@comunidad.unne.edu.ar

³ Licenciada en Ciencias Biológicas. Operaria técnica del Centro de Microscopía - Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1891-1649>

⁴ Licenciada en Criminalística. Perito oficial de la Unidad Fiscal de Investigaciones Estratégicas - Poder Judicial de la Provincia de Corrientes.

⁵ Magíster en Metodología de la Investigación. Docente Investigadora del Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5179-0418>. gabriela.bruquetas@comunidad.unne.edu.ar

Resumen

Los billetes argentinos son documentos públicos que constituyen un medio legal de pago, creados por el Estado nacional argentino, con curso legal y forzoso. Dichos billetes cuentan con medidas de seguridad intrínsecas y extrínsecas que brindan autenticidad y evitan su falsificación. El objetivo de este trabajo es analizar las medidas de seguridad mediante el uso de instrumentos ópticos de variada magnificación y lumínicos de diferentes longitudes de onda y ángulos de incidencia. En el mismo, se realiza la observación extrínseca e intrínseca del billete \$500 Yaguareté, lo que permite la caracterización pormenorizada de las medidas presentes en dicho billete. Asimismo, se valora la efectividad de los diversos dispositivos empleados, acorde con la medida estudiada. Las imágenes logradas y las descripciones realizadas contribuyen al conocimiento de las medidas de seguridad para futuros cotejos.

Palabras clave

Medio legal de pago, documento público, microscopio óptico de campo claro, video espectro comparador, microscopio digital.

Analysis of the Security Measures of the Argentine \$500 Bill with a Jaguar Design, Through the Use of Various Optical and Lighting Instruments

Abstract

Argentine banknotes are public documents that constitute a legal means of payment, created by the Argentine National Government, with legal and compulsory circulation. These banknotes have intrinsic and extrinsic security measures that ensure their authenticity

and prevent counterfeiting. The objective of this work is to analyze the security measures through the use of optical instruments of varying magnification and light sources of different wavelengths and angles of incidence. In this work, extrinsic and intrinsic observations of the \$500 Jaguar banknote are carried out, allowing for a detailed characterization of the measures present on said banknote. Likewise, the effectiveness of the various devices used is assessed, in accordance with the measure studied. The images obtained and the descriptions made contribute to the knowledge of security measures for future comparisons.

Keywords

Legal tender, public document, bright field optical microscope, video spectrum comparator, digital microscope.

Análise das Medidas de Segurança da Nota Argentina de 500 Pesos com Desenho de Onça-Pintada, Utilizando Diversos Instrumentos Ópticos e de Luminosos

Resumo

As notas argentinas são documentos públicos que constituem um meio legal de pagamento, criados pelo Estado Nacional Argentino, com curso legal e obrigatório. Essas notas possuem medidas de segurança intrínsecas e extrínsecas que garantem sua autenticidade e evitam sua falsificação. O objetivo deste trabalho é analisar as medidas de segurança por meio do uso de instrumentos ópticos de ampliação variada e luminosos de diferentes comprimentos de onda e ângulos de incidência. Nele, é realizada a observação extrínseca e intrínseca da nota de \$500 Onça-Pintada, o que permite a caracterização detalhada das medidas

presentes nessa nota. Da mesma forma, avalia-se a eficácia dos diversos dispositivos utilizados, de acordo com a medida estudada. As imagens obtidas e as descrições realizadas contribuem para o conhecimento das medidas de segurança para futuras comparações.

Palavras-chave

Meio legal de pagamento, documento público, microscópio óptico de campo claro, comparador de espectro de vídeo, microscópio digital.

Introducción

Los billetes argentinos son considerados documentos públicos en virtud de lo establecido en el Código Civil y Comercial de la Nación (CCCN) (2014), en su Artículo N°289, donde se menciona que son considerados instrumentos públicos, aquellos títulos emitidos por el Estado nacional, provincial o la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, conforme a las leyes que autorizan su emisión (Bruquetas Correa *et al.*, 2023).

Al mismo tiempo, constituyen un medio legal de pago creado por el Estado, con curso legal y forzoso, entendiéndose por el primer concepto la vinculación al [...] poder cancelatorio que se le reconoce a determinada moneda dentro de un país y cae dentro del ámbito privado" (Proyecto de Ley, 2009). Y respecto al segundo concepto, se debe entender como "[...] la imposibilidad de canjear esa moneda por reservas ante la autoridad emisora de la misma y sus derivaciones pertenecen al ámbito del derecho público" (Proyecto de ley, 2009). Cabe indicar que la importancia de este trabajo radica en el estudio de la seguridad documental presente en los billetes mediante la utilización de instrumentos ópticos de variada magnificación y lumínicos de diferentes longitudes de onda y ángulo de incidencia, y los aportes de este estudio a la fe pública de los mismos.

Se destaca que la falsificación de billetes afecta a la confianza en los instrumentos públicos, con un impacto negativo en el tráfico jurídico, a la vez que constituye un delito. Los documentos en papel moneda tienen características únicas respecto a las medidas de seguridad empleadas durante su confección, que los hacen difíciles de falsificar;

sin embargo, los falsificadores utilizan diversas técnicas para alterar los billetes genuinos (Guamo Quituisaca y Quezada Sarango, 2023).

La investigación de estas medidas se configuró sobre la base del examen físico del documento y la relevancia de este tipo de estudio a la hora de evitar los ensayos químicos que implican la destrucción de la muestra. En la *praxis* profesional, en situaciones de casos documentológicos de esta índole, es necesario llegar a conclusiones categóricas evitando la destrucción del documento dubitado.

La metodología del presente trabajo parte de una observación minuciosa del billete argentino, con el empleo, además, de la observación a simple vista de lupa cuentahílos de 8x y 10x, MO de campo claro y VSC. Ello permite la caracterización y comparación de las medidas de seguridad, mediante un estudio sistematizado extrínseco e intrínseco de los documentos analizados. La denominación abordada es de \$500 (Yaguaréte), perteneciente a la serie animales autóctonos en vigencia desde el año 2016. La investigación de estas medidas se realiza mediante un examen físico no destructivo del documento.

Observación y Descripción a Simple Vista

Se realiza un examen a simple vista con la finalidad de dejar asentado el estado de conservación del documento analizado, consistente en la observación y descripción del billete, de las características genéricas que conforman su apariencia externa (Cátedra Criminalística Documentológica I, s. f.a). Dicho proceso descriptivo se inicia de lo general a lo particular, analizando primero el anverso del billete, seguido de su reverso.

Se comienza con la determinación del tipo de documento, por ejemplo, Billete argentino denominación \$500, series Animales Autóctonos y su condición de original. Luego se procede a la descripción del soporte (tipo: papel moneda, color: blanco, dimensiones) y del fondo de seguridad (color, disposición y formato, peculiaridades internas y externas). Finalmente, especificando la modalidad y sentido descriptivo empleado se ubican y describen los diseños presentes (de izquierda a derecha, por cuadrantes, de arriba hacia abajo).

Lo explicado precedentemente aplica también para la descripción del reverso.

Observación y Descripción con Auxilio de Instrumental de Magnificación Mínima (Lupa Cuentahílos 8x y 10x)

Finalizada la descripción extrínseca del billete, se procede a describir las características particulares del mismo, en la búsqueda de peculiaridades del documento, con el auxilio de instrumentales ópticos y/o lumínicos adecuados (Criminalística Documentológica I, s. f.).

Para la realización de esta investigación, se recurre al empleo de elementos con magnificación mínima, lupas cuentahílos de 8x y de 10x. Se inicia la observación con el empleo de dichas lupas con luz natural. Luego, se procede a complementar con instrumentales lumínicos de radiación blanca y ultravioleta. La primera, aplicada en diferentes ángulos de incidencia, según lo que se pretende observar y describir. Así, para precisar la estructura superficial o morfológica de una medida de seguridad, se recurre a una iluminación al máximo, empleando luz perpendicular, denominada también refleja, respecto del billete. A fin de identificar la presencia o ausencia del brillo de la tinta de impresión y el relieve (altura y profundidad) de la impresión se utiliza luz rasante al billete. Para revelar medidas de seguridad visibles solo con luz transmitida (marca de agua, banda de seguridad continua y aventanillada, registro perfecto), se emplea luz por transparencia respecto del documento. Por último, para observar la nitidez de las impresiones se recurre a una luz oblicua.

Observación y Descripción con Auxilio de Instrumental de Magnificación Avanzado: Microscopio Óptico de Campo Claro (MO)

Con el objetivo de profundizar la descripción al detalle de las peculiaridades del billete analizado, se procede a la observación con el

microscopio con aumento de 4x y un paso de luz blanca de 10x, de 40x o de 150x dependiendo de la medida de seguridad estudiada.

Observación y Descripción con Auxilio de Video Espectro Comparador (VSC)

Terminada las etapas dos y tres, se procede al análisis del billete de manera simultánea con el empleo del VSC. Equipamiento que permite observar las imágenes y aumentarlas, ampliando la posibilidad de describir asertivamente. Además, tiene la particularidad de emitir diferentes longitudes de onda dentro del espectro visible al ojo humano sobre las muestras como luz blanca transmitida, rasante izquierda y rasante derecha, mancha transmitida, anti Stoke, visionadota OVD, coaxial para retro reflexión, luces Infrarroja (RG 590 al 925) y Ultravioleta (365, 312, 254 y 365) relevante para identificar las diferentes medidas de seguridad al mismo tiempo.

Observación y Descripción con Auxilio de Microscopio Digital Leira EMSPIRE 3

Como última etapa, se utiliza para la observación de la impresión serigráfica el empleo del microscopio digital, que permite comparar, medir y compartir imágenes de la muestra analizada. A través de un zoom óptico de 0,75x a 6x. Este instrumental tiene la particularidad que no posee oculares, sino que la imagen de la muestra se observa mediante un monitor sin PC.

En virtud de las características de diseño de los billetes argentinos pertenecientes a la serie Animales Autóctonos, con la irrupción novedosa de viñetas con la fauna de animales argentinos y la principal innovación de esta nueva línea respecto a la posición en que debe observarse el billete (Battilana y Madonna, 2024). La descripción general del anverso se lleva a cabo a través de una observación vertical. Mientras que la descripción del reverso se realiza mediante una observación horizontal.

El billete argentino vigente desde el año 2016, con la figura principal del Yaguareté y la denominación de \$500 (Casa de la Moneda, s. f.), se presenta en un soporte tipo papel moneda de fibras de algodón de 90 g/m² —gramos por metro cuadrado— (Battilana y Madonna, 2024) color blanco midiendo 155 mm de largo y 65 mm de ancho (Battilana y Madonna, 2024).

Anverso \$500 Yaguareté (Figura 1)

El diseño del mismo, se encuentra dispuesto en forma vertical con un fondo de seguridad predominantemente verde, formado por hojas de guayabí que evocan un entorno natural; y huellas del yaguareté en color rosa ubicadas en múltiples direcciones (Figura 1), representando la pluralidad (Banco Central de la República Argentina, 2021).

Figura 1

Anverso del billete \$500 Yaguareté, en escala 1:1 observado a simple vista



Nota. Elaboración propia.

En su límite superior se halla una franja rectangular en color verde pastel de aproximadamente 35 mm de ancho; y por debajo de esta, en el extremo superior izquierdo, se localiza el número romano D, representando la denominación del billete (500) en color violeta. A la derecha de este, se ubica la silueta de un Yaguareté caminando en el mismo color mencionado. Debajo de esta se encuentra un par

de gotas con sus vértices dispuestos hacia abajo, encontrándose de izquierda a derecha, la segunda por encima de la primera también en color violeta. Abajo de estas gotas, se visualiza nuevamente la denominación del billete expresado en números (500) y en letras imprenta mayúscula (quinientos pesos) en color verde brilloso. A la izquierda del valor del papel moneda, se sitúa una huella incompleta de Yaguareté cuya extensión es mayor respecto a las otras (que sí están completas) y en diferentes tonalidades de color verde.

En la parte media del anverso, se localizan tres rectángulos equidistantes de color verde brilloso y debajo de estos se encuentra la leyenda en mayúsculas Yaguareté Monumento Natural Nacional en color violeta dispuesta de manera horizontal de izquierda a derecha, continuado por el retrato de un Yaguareté en color verde que se encuentra acompañado en su extremo inferior derecho de flores de laurel en color naranja, encontrándose de izquierda a derecha, la segunda por encima de la primera y en el extremo inferior izquierdo, la cifra numérica 500 (que se visualiza encima de las flores antes mencionadas).

A la derecha del retrato del Yaguareté, se observa la leyenda en mayúsculas Banco Central de la República Argentina dispuesta en forma vertical de abajo hacia arriba. Debajo de esta, en el margen inferior derecho, se halla nuevamente la denominación del billete de manera vertical de abajo hacia arriba cuya dimensión coincide con el 500 verde brilloso descrito de manera previa.

Por último, se divisa en el extremo inferior del billete otra franja rectangular de color verde pastel.

Reverso \$500 Yaguareté (Figura 2)

El diseño del billete, se presenta de manera horizontal con un fondo de seguridad predominantemente verde con líneas y puntos que forman figuras concéntricas representando una recreación de suelo selvático. Dichas figuras contienen huellas completas del Yaguareté en color blanco distribuidas en múltiples direcciones (Figura 2) representando la pluralidad (Banco Central de la República Argentina, 2021).

En su extremo superior derecho, se aprecia un grupo de siluetas de Yaguareté (nueve completas y tres incompletas) de color verde y pequeña dimensión. Debajo de estos, se localiza una clave alfanumérica de tamaño variable en color rojo dispuesta en forma vertical de arriba hacia abajo.

A la derecha del grupo de yaguaretés mencionados, se halla el valor del billete 500 en color verde oliva. Como imagen principal, en el sector izquierdo del billete, se sitúa una viñeta con el hábitat natural del Yaguareté (la Selva de las Yungas), dicha imagen se presenta en color verde a su izquierda, en el centro en una coloración marrón y nuevamente en verde la parte derecha que presenta en su extremo inferior izquierdo la figura de un Yaguareté bebé sentado de frente y a su derecha la leyenda en imprenta mayúscula S.E. Casa de La Moneda. En el extremo superior derecho de la viñeta, y parte media del billete, se visualiza la leyenda República Argentina en imprenta mayúscula y en unión y libertad en imprenta minúscula.

A la derecha de la leyenda antes citada, se localizan cuatro cuadrados de color marrón y dimensión pequeña cuya distribución representan la Cruz del Sur. Debajo de este, en la zona media del billete, se divisa en mayor extensión el Mapa continental de la República Argentina en color verde con un sombreado de mayor tonalidad, donde aparecen las huellas del Yaguareté desde la zona central del mapa hacia el norte, indicando la zona donde habita actualmente el Yaguareté. Bordeando el sector inferior izquierdo del mapa y sector inferior derecho de la viñeta del hábitat natural se sitúa la leyenda Selva de Yungas en imprenta mayúscula y minúscula y dimensión pequeña y bordeando el sector medio y superior derecho del mapa, se lee de manera vertical de abajo hacia arriba en imprenta mayúscula con dimensión pequeña, aunque más grande que la anterior Parte Continental Argentina. Ambas leyendas se visualizan en color verde.

Debajo del mapa en su extremo inferior izquierdo se divisa la firma del presidente del Banco Central al momento de su emisión con la leyenda en imprenta mayúscula y dimensión pequeña y color verde presidente B.C.R.A. En su extremo inferior central, se observa la firma del presidente de la Cámara de Senadores Nacionales y la leyenda en imprenta mayúscula y dimensión pequeña presidente H.C. senadores.

En el extremo inferior derecho del mapa argentino, se localiza el mapa tanto continental como antártico dentro de un recuadro en color verde.

A la derecha del extremo superior del mapa argentino, se observa la Roseta Náutica, que junto con el sombreado del mapa antes mencionado y la viñeta selvática simbolizan la región Noreste del país donde habita el Yaguaréte. A la altura de la roseta, en la parte inferior del billete, se observa la huella parcial del Yaguaréte en mayor dimensión que el resto de las huellas en colores verde y rosa. A la derecha de este, se halla una flor de laurel en color rosa y hojas verdes, y arriba de ella la denominación del billete de 500. Arriba de este, en cercanías de la roseta, en el margen superior derecho, se encuentra el escudo nacional argentino en color verde y, por encima de este, flores y hojas de laurel en color rosa y verde respectivamente. Superpuesto, la clave numérica antes mencionada en color negro y de manera horizontal de izquierda a derecha y en tamaño creciente de izquierda a derecha.

Por último, a la derecha de este se aprecia un grupo de pequeños yaguarés, en cuanto a dimensión en igual cantidad y ubicación que el mismo grupo del extremo lateral contrario.

Figura 2

Reverso del billete \$500 Yaguaréte, en escala 1:1 observado a simple vista



Nota. Elaboración propia, obtenida con instrumental VSC.

Descripción de las Medidas de Seguridad

Los distintos elementos de seguridad que incorporan los billetes argentinos pueden encontrarse en su soporte (papel moneda) o en sus impresiones (Silveyra, 2009). Los mismos pueden clasificarse en función de su ubicación en la estructura del papel moneda o sobre ella; en medidas de seguridad intrínsecas, cuando son incorporados en el momento de la fabricación del papel, estando aún húmedos (Silveyra, 2009) y terminan formando parte de la estructura del soporte (Cátedra Criminalística Documentológica I, s. f.b). Y en medidas de seguridad extrínsecas, cuando refieren a aquellas que no forman parte de la estructura del papel, y son incorporadas durante la impresión (Cátedra Criminalística Documentológica I, s. f.b), cuando el soporte está seco, encontrándose entonces en las impresiones del mismo (Silveyra, 2009).

De tal manera, siguiendo a Silveyra (2009), los elementos de seguridad extrínsecos se incorporan al billete respetando un orden de impresión que consiste en tres etapas sucesivas, la impresión *offset*, la impresión calcográfica y la impresión tipográfica. En la actualidad, y con el objetivo de aumentar la seguridad documental de los billetes, se adiciona un cuarto sistema de impresión, denominado impresión serigráfica.

El abordaje realizado en el presente trabajo parte del estudio y descripción de las medidas de seguridad de lo general a lo particular. Por ello, se inicia con el estudio de las medidas intrínsecas y luego se analizan las extrínsecas. La descripción respeta el orden de estampación de las impresiones (*offset*, calcografía/serigrafía, tipografía).

Medidas de Seguridad Intrínsecas

Marca de Agua o Filigrana. Es una de las medidas más difíciles de reproducir y, por ende, de las más seguras que se encuentran en los billetes argentinos. Se produce por la presión realizada de un molde o rodillo que proyecta el diseño en relieve sobre el soporte aún húmedo (Gianetto, 2014). Lo que da por resultado una imagen o marca que se genera a partir de los diferentes grosores que adquiere el soporte,

logrando zonas con mayor debilitamiento de las fibras de algodón, producto de la presión efectuada (Silveyra, 2009).

Este elemento de seguridad se basa en el cambio físico que experimentan las fibras celulósicas (mayor o menor grosor en función de la presión ejercida sobre ellas), originando una variación en el paso de luz, respecto a los sectores del papel en el cual incide la matriz (Silveyra, 2009, p. 29). En los billetes argentinos de \$500 Yagureté, se presenta localizada, multitoneal, tridimensional (Figura 3) y sin fluorescencia ante la luz ultravioleta (Figura 4).

Marca de Agua en Electrotipo. Tipo de marca de agua que permite diseños o patrones —que se incrustan al papel al adelgazar las fibras celulósicas por la presión —que al trasluz se observan claros, nítidos y brillantes respecto a su entorno—. Normalmente se utilizan para iniciales o denominaciones numéricas (Tecan, s. f.).

El billete de \$500 Yagureté dispone de una marca de agua adicional, cuyo diseño representa la denominación del papel moneda (500). Dado el sistema de estampación, los guarismos presentan mayor precisión (que la marca de agua tradicional o filigrana), brillo, nitidez y claridad respecto a su entorno (Figura 5) (Tecan, s. f.).

Asimismo, la misma no fluoresce a la luz ultravioleta (Figura 4) y al observarla con el VSC y determinado aumento, se revela (Figura 6) con luz blanca rasante (particularidad que no ocurre con la Marca de tradicional).

Figura 3

Marca de agua tradicional o filigrana. Marca de agua en electrotipo. Registro perfecto observadas con luz blanca por transparencia y VSC



Nota. Elaboración propia, obtenida con Instrumental VSC.

El rostro del Yaguareté se revela de manera localizada en el extremo superior izquierdo del anverso, con un efecto tridimensional y multitonal. Sobre la base del rostro, se puede visualizar la denominación del billete en electrotipo con una mayor precisión, brillo, claridad y nitidez respecto a su entorno.

Figura 4

Ausencia de fluorescencia. Marca de agua tradicional o filigrana. Marca de agua en electrotipo. Fibrillas de seguridad. Banda de seguridad. Observadas con luz ultravioleta de 365 nm

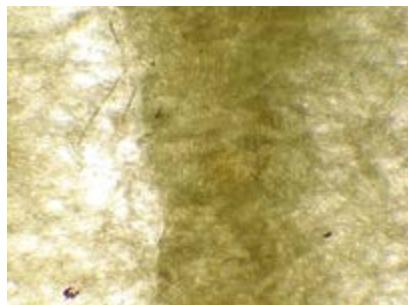


Nota. Elaboración propia, obtenida con Instrumental VSC.

La marca de agua o filigrana y la marca de agua en electrotipo, no fluorescen. Así mismo, las fibrillas de seguridad en el anverso imperceptibles a la luz blanca se revelan ante la luz ultravioleta en colores individuales rojo, azul y amarillo. Se encuentran distribuidas aleatoriamente en todo el anverso del soporte (se presentan de la misma manera en el reverso). La banda de seguridad aventanillada presenta microletras (\$500) que fluorescen en color amarillo. El papel moneda (soporte) no fluoresce, permitiendo que otras medidas de seguridad se visualicen de manera óptima al fluorescer.

Figura 5

Marca de agua en electrotipo. Observada al MO con luz blanca por transparencia, aumento 40x



Nota. Elaboración propia, obtenida con Instrumental MO.

Es posible advertir la claridad de la misma. También, el mayor paso de luz en el sector donde se ha moldeado por presión a las fibras (adelgazamiento) y el menor paso de luz donde no se ha moldeado (engrosamiento).

Figura 6

Marca de agua en electrotipo. Observada en el VSC con luz blanca rasante, aumento 17,49x



Nota. Elaboración propia.

Es posible advertir el surco (hundimiento) del diseño de la marca de agua en electrotipo (500) por el adelgazamiento de las fibras celulósicas.

Fibrillas o Filamentos de Seguridad. Según Silveyra (2009), se trata de pequeños filamentos o fibrillas sintéticas de nailon que se incorporan a la masa del sustrato e incluso se entrelazan con las fibras celulósicas de algodón. En los billetes de \$500 Yaguareté, se distribuyen de manera aleatoria en toda la superficie, tanto en el anverso como en el reverso. Se encuentran no visibles a simple vista y con iluminación blanca. Sin embargo, se pueden visualizar mediante la exposición a luz ultravioleta con fluorescencia azul, amarilla y roja (Figura 4).

Banda o Hilo de Seguridad. Silveyra (2009) indica que se trata de una delgada banda de polímero en el interior del billete, dispuesta en forma vertical de abajo hacia arriba. La misma contiene, además, microimpresiones, pudiendo consistir en números, letras e ilustraciones.

El billete de \$500 Yaguareté, en el anverso, presenta una banda de tipo aventanillada que se encuentra incorporada al soporte por tramos, presentando segmentos visibles a simple vista en color verde brillante (Figura 1), en su interior presenta microimpresiones (Figura 7). Al observar al trasluz el billete, se evidencia la continuidad de la misma. Los segmentos apreciables presentan un efecto dinámico y cambio de color verde a azul al variar el ángulo de observación o de iluminación blanca. Cabe destacar que dicha medida no se evidencia a simple vista en el reverso del billete.

Figura 7

Banda de seguridad observada al MO con luz blanca por transparencia, aumento 40x



Nota. Fuente de elaboración propia. .

Se revelan microletras: las siglas BCRA, el signo pesos (\$) y la denominación del billete (500).

Ausencia de Fluorescencia. En la fabricación del papel moneda no se agregan blanqueadores ópticos propios de los papeles comerciales. Estos otorgan al sustrato mayor blancura cuando se exponen a la luz blanca. Por ello, cuando los billetes de \$500 Yaguaré son sometidos a la luz ultravioleta, su soporte no fluoresce en su anverso (Figura 4) y reverso, debido a la ausencia de blanqueadores ópticos. Esta es una de las medidas de seguridad más eficaces para determinar la autenticidad del billete.

Medidas de Seguridad Extrínsecas

Para la observación y descripción de las medidas de seguridad extrínsecas se procede acorde lo indicado por Silveyra (2009) y López (2013). En tal sentido, se procede a determinar las características físicas de los sistemas de impresión respetando el orden de estampación de los mismos por:

Impresión Offset. Es un sistema de impresión indirecto que consiste en un copiado en una plancha por medio de un películado. A partir del empleo de esa plancha, se transfiere la imagen al soporte. La tinta empleada por este sistema de impresión se basa en el principio del rechazo de la grasa y el agua, lo que permite adaptarse con facilidad a diversos materiales y superficies (Fernández Reuter, 2005). Por ello, es utilizado para imprimir los fondos del anverso y el reverso en forma simultánea, logrando así los motivos coincidentes (Registro Perfecto) y el efecto de irisación, mediante el cual se van difundiendo suavemente los colores unos con otros. De esta manera, se logra un cambio gradual de color, contribuyendo así a la seguridad del billete (López, 2013). La Figura 8 lo describe.

Figura 8

Impresión offset. Registro perfecto. Anverso del billete. Obtenida con luz blanca refleja y lupa cuentahílos 10x



Nota. Elaboración propia.

Huella parcial del Yaguareté ubicado en el anverso del billete, en colores suaves verde y rosado. Bordes nítidos y definidos.

Impresión Calcográfica. Se trata de un procedimiento que utiliza una plancha en la que se graban las zonas portadoras de imagen, quedando estas en un primer nivel. El proceso completo obliga a llenar con tintas las cavidades, eliminando el sobrante de la superficie de la plancha y finalmente transferir bajo presión la tinta a un soporte de impresión.

El diseño a imprimir se divide en celdas, en la que cada una cuenta con la misma superficie, pero en distintas profundidades, lo que permite la obtención de tonalidades distintas. En tal sentido, a mayor profundidad de las celdas, más oscuras es la tonalidad impresa. El papel a imprimir pasa entre el cilindro grabado y el cilindro de impresión que se comprime mecánica e hidráulicamente contra el cilindro de grabado (Fernández Reuter, 2005).

Por sus particularidades y características, este sistema de impresión es utilizado en la mayoría de los billetes del mundo. En Argentina, los retratos y motivos principales del anverso y reverso son impresos con este sistema. Se trata de una impresión con colores intensos (López, 2013), motivos con relieve y bordes irregulares con efecto plumaje que se emplea para el diseño de motivos principales y medidas de seguridad puntuales y específicas, debido a su alto costo.

Figura 9

Impresión calcográfica. Observada con luz rasante blanca y lupa cuentahilos 10x



Nota. Elaboración propia.

Se observa bordes irregulares en el motivo calcográfico, correspondiente al efecto plumaje o hilos de tinta en sus bordes y el color intenso (morado) del diseño. Efecto de luz (donde incide la luz) y sombra (lado contrario a donde incide la luz). Asimismo, se aprecia el brillo de la tinta.

Impresión Serigráfica. Constituye una operación de estampación, mediante la cual se aplica en un solo procedimiento, un espesor de tinta mayor que con las demás técnicas de impresión. Se caracteriza por la densidad y espesor de la capa de tinta, brillo y por el tramo de trazo irregular (Registro Público de Documentos Auténticos de Identidad y de Viaje en RED. Prado, 2022), lo que brinda una apariencia de efecto granulado o micropigmentos (figuras 10 y 15).

Figura 10
Impresión serigráfica



Nota. Elaboración propia.

Con luz perpendicular blanca y aumento de 10,76x, se observa con VSC, un brillo en la impresión (serigrafía) y un aspecto granulado (sensación de purpurina) compactado, ambos de color verde. Asimismo, se observan bordes irregulares, a diferencia de los bordes regulares y definidos del diseño de hojas que se corresponden a la impresión *offset*. Al variar el ángulo de incidencia de luz, se observa con lupa cuentahílos 10x el efecto dinámico sobre la impresión, consistente en una franja de luz que resalta (que se observa en los ceros). Al observar con VSC y luz blanca refleja y un espejo, se aprecia el cambio o "viraje" de color de esta medida de seguridad (de verde a azul).

Impresión Tipográfica. Es un proceso basado en la impresión con matriz en relieve. Esto implica que el esquema impreso se efectúa en bajo relieve respecto a las zonas no impresas. Los diseños, tanto de textos como de figuras son realizados en sentido inverso para poder obtener la imagen en sobrerelieve (Fernández Reuter, 2005). Por medio de este sistema de impresión, se imprimen los números de serie en los billetes de Argentina, por ser estos elementos muy cambiantes. En el caso particular de los billetes de \$500 Yaguareté, es empleada para la estampación del número de serie del billete; se caracteriza por presentar bordes con acumulos de tinta y blancos o *ductus documental* (espacios del soporte en blanco o sin entintar) en su interior.

Figura 11

Impresión tipográfica. Número de serie horizontal ubicada en el reverso del billete. Observada con luz refleja blanca y lupa cuentahílos 10x



Nota. Elaboración propia.

Se aprecian los blancos o *ductus documental* en el interior del diseño como así también, el acumulo de tinta en los bordes.

A continuación, se procede con la individualización y descripción de las medidas de seguridad extrínsecas, respetando el orden de estampación de los sistemas de impresión.

Fondo de Seguridad. Se trata de un diseño o patrón visible como fondo de la imagen principal del billete, tanto en el anverso como en el reverso. Se imprimen en tintas suaves y en colores en degradé. Este fondo es realizado en impresión *offset* (Figura 12).

Figura 12

Fondo de seguridad del anverso del billete. Observado en escala 1:1 y luz refleja blanca



Nota. Elaboración propia.

Miniletras. Se conforman por leyendas o escritos que se observan a simple vista, sin la necesidad de recurrir al auxilio de instrumentales de aumento. Se presentan en mayor dimensión que las microimpresiones. Esta medida de seguridad es confeccionada mediante sistema de impresión *offset*.

Registro Perfecto o Tercera Imagen. Medida realizada por sistema *offset*, cuyos diseños son coincidentes en ambas caras del documento, de forma tal que al ser observados por transparencia se combinan, conformando un nuevo diseño. Se trata de una medida muy difícil de reproducir, dado que se imprime simultáneamente en el anverso y el reverso.

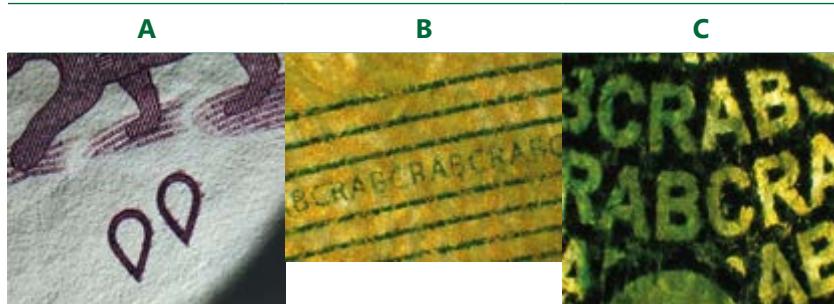
En el billete de \$500 Yaguareté, el diseño de la huella del Yaguareté al ser observada con luz perpendicular, es apreciado en forma parcial impresa en colores suaves en colores verde y rosa —en anverso— (Figura 8). Sin embargo, a trasluz se complementa en forma perfecta

con otra huella parcial, ubicada en el reverso (Figura 3), produciendo un diseño totalmente completo y nuevo.

Microimpresiones. Son leyendas o escritos que, a simple vista, se observan como líneas uniformes. Solo pueden observarse con el auxilio de instrumentales de aumento (lupas, microscopios). Se trata de diseños con gran definición, sin empastamientos ni fracturas.

Al pie de la silueta del Yaguareté caminando, en lo que constituiría el suelo, se observa de manera continua y repetitiva las siglas, signo y números \$500BCRA (Figura 13 A). Asimismo, esta medida se encuentra en el interior de la denominación 500 de ayuda visual para personas con capacidad visual reducida, con las siglas BCRA en forma continua y repetitiva (Figura 13 B). Por último, en el horizonte de la viñeta del reverso (hábitat natural del Yaguareté) se lee \$500BCRA de manera continua y repetitiva (Figura 13 C).

Figura 13
Microimpresiones



Nota. Elaboración propia.

Microletras BCRA y \$500 observadas de manera continua y repetitiva con luz blanca refleja y lupa cuentahílos de 10x. Microletras BCRA y \$500 observadas con MO, de manera continua y repetitiva con luz blanca transmitida y aumento de 40x. Microletras BCRA y \$500 observadas con MO, de manera continua y repetitiva con luz blanca transmitida y aumento de 40x.

Identificación para Ciegos. Esta medida impresa en calcografía se encuentra presente en el valor del billete en número romano D (Figura 9) y en el código en forma de gota ubicado en el anverso debajo del Yaguareté caminando (Figura 13 A).

Además, cuenta con una determinada cantidad de signos geométricos, (rombo, círculo, etc.) o figuras ornamentales en relieve que indican el valor del billete. En el billete de \$500, se ubican en el sector superior derecho, a la derecha de la marca de agua, y debajo de la imagen del Yaguareté caminando, unas figuras ornamentales (dos gotas).

Ayuda Visual para Personas con Visión Reducida. Ubicada en el sector izquierdo superior reverso, en la denominación del billete de mayor tamaño en color verde.

Imagen Latente. Se encuentra conformada por un diseño calcográfico que implica básicamente un conjunto de líneas paralelas en sentido vertical y horizontal que no se contactan entre sí, y no se empastan. Para su visualización puede colocarse el documento en forma oblicua —respecto al ojo del observador—. Asimismo, se puede revelar aplicando una fuente de luz blanca en forma rasante al papel. La imagen que se encuentra en forma latente se trata de un diseño encubierto en otro, está conformado por líneas cuya disposición es contraria a las líneas del diseño que la contiene (Figura 14).

Figura 14
Imagen latente. Impresión calcográfica



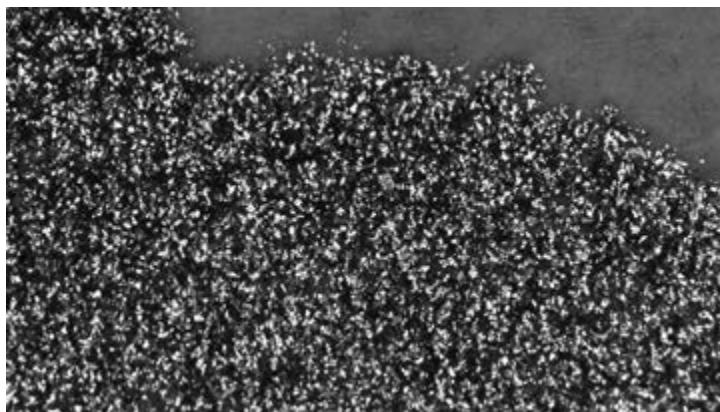
Nota. Elaboración propia.

Al observar con luz blanca rasante y lupa cuentahílos de 10x, se revelan las siglas RA en el interior del Yaguaré caminando, advirtiendo que se presenta con un diseño de líneas horizontales y paralelas entre sí; mientras que la figura que las contiene, se describe con líneas verticales y paralelas entre sí. Al observar la medida en el MO, con aumento de 40x, se aprecia el cambio del sentido o la disposición de las líneas que conforman el diseño de esta medida de seguridad.

Tinta Spark o Tinta Magnética Ópticamente Variable con Efecto Dinámico. Se trata de un elemento de seguridad visible a simple vista, dinámica, brillante y fácil de detectar. El concepto de dinámico refiere al movimiento ascendente y descendente de una barra de luz que se desplaza dentro de la denominación del billete y el de variable a un progresivo cambio del color verde al azul cuando se inclina el documento. Esta tinta, en el billete de \$500, se emplea en la denominación del billete impresa con serigrafía (Figura 10), ubicada en la zona superior derecha, debajo de la medida de identificación para ciegos. En este tipo de impresiones, esta tinta presenta un granulado conformado por micropartículas de tinta brillosa de color verde y azul, bordes irregulares y *ductus documental*.

Figura 15

Tinta Spark. Impresión serigráfica. Observada con MD aumento 6x



Nota. Elaboración propia.

Granulado conformado por micropartículas de tinta brillosa de color verde y azul. Bordes irregulares. *Ductus* documental (espacios del soporte en blanco o sin entintar).

Numeraciones Especiales. Se trata de fórmulas alfanuméricas. Consiste en una clave constituida por números y letras de tamaño creciente, impreso en tipografía (Figura 11).

La observación del billete de \$500 Yaguareté en el VSC con luz infrarroja, muestra una variación en las medidas de seguridad al ser analizadas con diferentes longitudes de onda. A continuación, se describen las reacciones de las diferentes medidas presentes en el anverso y en el reverso, respectivamente (Figura 16).

Figura 16

Anverso del billete, observada con VSC y luz infrarroja



Nota. Elaboración propia.

A 590 nm, se puede observar que el interior de las flores que componen la base del motivo principal se torna no visible respecto a todos los diseños presentes en el anverso. Asimismo, se aprecia que la banda de seguridad aventanillada, empieza a revelar sus segmentos ocultos al ojo humano y a la luz blanca refleja (Figura 17).

Figura 17

Reverso del billete. Observado con VSC y luz infrarroja



Nota. Elaboración propia.

La observación del reverso, a 590 nm, permite apreciar que el fondo de seguridad (offset) del sector izquierdo del billete y el número de serie con diseño vertical (tipografía), y parte de la viñeta del motivo principal (calcografía), reaccionan y desaparecen por completo.

El resto de los diseños pierden definición a excepción del mapa de la República Argentina en sus dos variantes (continental y bicontinental). Asimismo, se revela la banda de seguridad de manera continua.

Marco de Referencia para la Autenticación del Billete de \$500 Yaguaré

Los hallazgos de este estudio revelan que el billete de \$500 Yaguaré incorpora una combinación de medidas de seguridad intrínsecas y extrínsecas. La marca de agua (filigrana y electrotipo) y las fibrillas de seguridad representan barreras significativas a la falsificación debido a su integración durante el proceso de fabricación del papel moneda, haciendo su reproducción altamente compleja (Silveyra, 2009; Gianiello, 2014). La observación de la marca de agua en electrotipo bajo luz rasante, que revela el "surco" por adelgazamiento de las fibras, es un hallazgo que destaca la utilidad de esta técnica lumínica con el VSC,

para la verificación de detalles estructurales que no son evidentes con luz transmitida tradicional.

Las medidas extrínsecas, resultado de sistemas de impresión como *offset*, calcográfico, serigráfico y tipográfico, complementan a la seguridad intrínseca. La precisión de la impresión calcográfica, evidenciada por el relieve y el efecto plumaje, sumada al viraje de color de la impresión serigráfica, son indicadores clave de autenticidad. La ausencia de blanqueadores ópticos en el papel, confirmada por la falta de fluorescencia bajo luz UV, es una medida de interés documentológica, ya que los papeles comerciales comunes sí los contienen, lo que facilita la detección de falsificaciones (López, 2013).

Estos resultados responden directamente a la pregunta de investigación sobre la caracterización pormenorizada de las medidas de seguridad del billete de \$500 Yaguareté. La descripción detallada de cada medida, desde su formación hasta sus características visuales bajo diferentes iluminaciones y magnificaciones, provee un marco de referencia para su autenticación.

Si bien existen trabajos en vínculo con la seguridad documental, centrados, por ejemplo, en aspectos legales o generales de la documentación (Bruquetas Correa *et al.*, 2023). Mientras que otros se enfocan en la seguridad de billetes en general, tal lo indagado por Guamo Quítisaca y Quezada Sarango (2023), quienes rescatan ciertas técnicas de falsificación. Estos refieren a rasgos o propiedades genéricas de las medidas de seguridad.

Se han estudiado también las características detectadas mediante el empleo de máquinas automáticas de autoservicio, como los cajeros automáticos, los contadores de billetes y monedas y las máquinas expendedoras automáticas. En tal sentido, Lee *et al.* (2017) se refieren a las funciones esenciales con las que deben contar los dispositivos, tales como: reconocimiento de billetes, detección de billetes falsos, reconocimiento de números de serie y clasificación de aptitudes.

Queda, sin embargo, un área de vacancia respecto a estudios específicos que detallan las medidas de seguridad de la moneda argentina con el nivel de instrumentalización y análisis aquí presentado. El vacío que este artículo despeja reside en la caracterización empírica y

detallada de las medidas de seguridad del billete de \$500 Yaguaré, utilizando una gama diversificada de tecnologías ópticas y lumínicas.

Nuestra contribución original radica en la demostración práctica de la efectividad de diversos instrumentos (lupas, MO, VSC, MD) para la identificación y análisis de cada medida. Por ejemplo, la capacidad del VSC para revelar la marca de agua en electrotipo con luz rasante y su funcionalidad para observar el viraje de color en la serigrafía en tiempo real, son ejemplos concretos que enriquecen el conocimiento forense documental. La combinación sistemática de estos enfoques metodológicos permite una verificación más exhaustiva y fiable que la observación a simple vista o con herramientas básicas. La descripción del *ductus documental* en la impresión tipográfica con lupa cuentahílos es otro detalle crucial que, aunque conocido en documentología, aquí se aplica y describe explícitamente para este billete específico.

Si bien podría indicarse que muchas de estas medidas de seguridad son de conocimiento público general, difundidas por el propio Banco Central, la profundidad del análisis presentado va más allá de la mera enumeración. Este estudio desglosa diversos aspectos de cada medida bajo condiciones controladas y con instrumentales específicos, describiendo cómo se manifiestan y por qué son seguras. Por ejemplo, mientras se sabe que la marca de agua es un elemento de seguridad, este trabajo expone su origen por adelgazamiento o engrosamiento de fibras y cómo se ve afectado el paso de la luz, así como la distinción entre la filigrana tradicional y el electrotipo. Esto permite identificar la medida y la comprensión del mecanismo de producción de la misma.

Respecto a la accesibilidad de los equipos utilizados, si bien el VSC y el MD no son herramientas de uso cotidiano, el presente trabajo rescata la utilidad de lupas cuentahílos y microscopios ópticos básicos, dispositivos más asequibles, que también permiten la verificación de numerosas características clave.

Conclusiones

El riguroso análisis de las medidas de seguridad del billete argentino de \$500 Yaguaré, realizado mediante el empleo de diversos

instrumentales ópticos y lumínicos, permitió una caracterización pormenorizada y sin precedentes de cada característica de autenticación. Este estudio detalla las medidas de seguridad intrínsecas y extrínsecas según su orden de impresión (*offset, calcografía/serigrafía, tipografía*), mediante una descripción exhaustiva y un registro visual que acompaña este trabajo.

Si bien existen medidas de seguridad observables a simple vista, la utilización de estos dispositivos potencia significativamente la observación de las características físicas, incrementando la efectividad del análisis en la determinación de la autenticidad del billete. Instrumentales como el microscopio óptico de campo claro (MO), el video espectro comparador (VSC) y el microscopio digital sin oculares (MD) demostraron ser herramientas fundamentales para un estudio forense integral, preservando la integridad de las muestras. Es crucial destacar que, si bien el MO, VSC y MD son equipos de alto costo que requieren mantenimiento y capacitación especializada, resultan necesarios para el estudio exhaustivo de documentos en laboratorios forenses.

No obstante, en el presente trabajo se resalta la eficacia y la accesibilidad de la lupa cuentahílos (8x y 10x) y la luz ultravioleta (365 nm), dispositivos estos, de fácil acceso y portabilidad, que se configuran como herramientas esenciales para la *praxis* documentológica inicial y la verificación rápida en puntos de control masivo, optimizando los recursos en situaciones de la práctica documentológica.

Este trabajo provee una guía detallada y un protocolo para el análisis del billete de \$500 Yaguareté, a la vez que aporta a la construcción del conocimiento en el campo de las ciencias forenses y la Documentología. Al fortalecer los saberes sobre las medidas de seguridad, se potencia la identificación de falsificaciones en papel moneda, contribuyendo a la seguridad documental y económica, tanto en Argentina como en los países del Mercosur. El protocolo descrito plantea el seguimiento de técnicas y el empleo de dispositivos para el estudio de medidas de seguridad de documentos, que bien podría ser utilizado en laboratorios forenses a fin de incrementar la validez de los hallazgos realizados. Futuras líneas de investigación podrían expandir este análisis a otros billetes vigentes de la región, así como evaluar la persistencia de estas medidas de seguridad ante nuevas técnicas de falsificación.

Referencias

Banco Central de la República Argentina. Medios de pago. Billetes y monedas. Emisiones Vigentes. (2021). *Billetes \$500 Yaguaréte. Medios de pago*. https://www.bcra.gob.ar/MediosPago/500_Pesos.asp

Battilana, L., y Madonna, J. (2024). *Ensayos de catalogación Billetes Argentinos*. <https://drive.google.com/file/d/1CPWAMYE5xidSyhHS-H9apJlVNhhcAx4Jw/view?usp=drivesdk>

Bruquetas Correa, E., Gómez, S., y Garay Broggi, J. (2023). *Construcción del dato documentológico en el estudio de la grafía*. (1a Edición para el alumno). Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE.

Casa de la Moneda (s. f.). Línea de tiempo. <https://www.argentina.gob.ar/casademoneda/lineadetiempo>

Cátedra Criminalística Documentológica I. (s. f.a). *Examen físico del documento. Unidad temática 4*. <https://drive.google.com/file/d/17VUM9paWs3L7BdteNOruDqi-0v-1O1xt/view?usp=drivesdk>

Cátedra Criminalística Documentológica I. (s. f.b). Seguridad Documental. *Unidad temática 5*. [Archivo PDF]. https://drive.google.com/file/d/17Si2dWMfXP_8s70eTacwxNaUwPDgxOl/view?usp=drivesdk

Código Civil y Comercial de la Nación. Ley N°26994. Art. 289. (2014). InfoLEG. Ministerio de Justicia de la Nación. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/235975/texact.htm>

Consejo de la Unión Europea. Secretaría General. (2022). *Glosario. Términos técnicos relacionados con las medidas de seguridad y los documentos de seguridad en general (por orden alfabético)*. Registro Público de Documentos Auténticos de Identidad y de Viaje en Red. Prado. <https://drive.google.com/file/d/1CCtdAfnb-bHndVn7mBJTRj83JIU5C2B7a/view?usp=drivesdk>

Fernández Reuter, R. (2005). *Diseño de billetes de banco de la República Argentina. Manual de Consulta*. DGR. <https://drive.google.com/file/d/1CK28qhwCo57HqptMimH3dHMEsBvLosX/view?usp=drivesdk>

Gianetto, M. (2014). *Seguridad Documental: Blog de divulgación técnica, científica e histórica sobre la producción de papel moneda*. <https://seguridaddocumental.blogspot.com/2009/04/marcas-de-agua.html>

Guamo Quituisaca, J., y Quezada Sarango, J. (2023). *Análisis químico forense de alteración de documentos en papel moneda basados en los casos del mercado central de Machala*. Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud. Universidad Técnica de Machala.

Lee, J., Hong, H., Kim, K., & Park, K. (2017). A Survey on Banknote Recognition Methods by Various Sensors. *Sensors*, 17(2), 313. <https://doi.org/10.3390/s17020313>

López, H. (2013). *Seguridad Documental. Billetes de Polímeros del MERCOSUR*. TEMA'S. Revista Digital de Criminología y Seguridad. <http://revista-temas.blogspot.com.ar>

Proyecto de Ley. Expediente: 1633-D-2009. Sumario: Código Penal. Incorporación de los artículos 287 Bis y 287 Ter, sobre Comercialización y Acopio de Moneda Argentina y Acopio de Moneda Argentina en su versión metálica de curso legal. (15 de abril de 2009). Diputados Argentina. Publicado en: Trámite Parlamentario N° 28. <https://www.diputados.gob.ar/comisiones/permanentes/cfinanzas/proyecto.html?exp=1633-D-2009>

Silveyra, O. (2009). *Falsificación de moneda*. Edición La Roca.

Tecan. (s. f.). *Marcas de agua de seguridad*. <https://tecan.co.uk/es/marcas-de-agua-de-seguridad/#:~:text=A%20diferencia%20de%20las%20marcas,como%20billetes%2C%20pasaportes%20y%20certificados>.