

CIENCIAS APLICADAS

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 3, julio-septiembre 2026
<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.03.apl.03>
e0403APL03

Préstamos relámpago: la ingeniería

financiera detrás del arbitraje cripto

César Cañez Sánchez¹
Victor Morales Rocha²



- 1 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
al234525@alumnos.uacj.mx
- 2 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0001-8213-400X>



INICIO



¿Y QUÉ OPINA
LA CIENCIA?



CIENCIAS
APLICADAS



CIENCIAS
BÁSICAS



CIENCIAS
DE LA SALUD



CIENCIAS
SOCIALES



DIMENSIONES
ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

El arbitraje de criptomonedas consiste en aprovechar las diferencias de precio de un mismo activo digital entre distintas plataformas. En las finanzas descentralizadas (DeFi), este proceso puede realizarse mediante préstamos relámpago (flash loans), que permiten solicitar y devolver criptomonedas dentro de una sola transacción, sin las garantías tradicionales de un préstamo bancario. Este artículo explica de manera accesible las tecnologías que hacen posible este mecanismo, como la cadena de bloques (blockchain) y los contratos inteligentes, programas que ejecutan automáticamente una operación cuando se cumplen ciertas condiciones. También presenta un sistema automatizado capaz de identificar oportunidades de arbitraje y realizar operaciones mediante préstamos relámpago. A partir de pruebas reales en la red Ethereum, se analizan sus posibilidades, riesgos y retos regulatorios, así como su posible aplicación en el contexto financiero mexicano. Estos mecanismos muestran cómo la automatización y las nuevas tecnologías digitales pueden transformar algunas operaciones financieras y plantear nuevas oportunidades y desafíos para instituciones, reguladores y usuarios.

Introducción

Imagine que una casa de cambio vende dólares a 16.5 pesos y justo cruzando la calle hay otra en la que compran dólares a 17.5 pesos. Si alguien los compra en la primera y los vende en la segunda al instante, gana 1 peso por cada dólar. Esa idea sencilla, llamada arbitraje, existe desde hace mucho tiempo en los mercados financieros.

Lo nuevo es lo que ocurre cuando esa misma idea se traslada al mundo de las criptomonedas. En este mercado, los precios cambian en milisegundos, las plataformas operan las 24 horas y no existen las cámaras de compensación que se utilizan en las bolsas tradicionales para procesar y liquidar operaciones. En ese entorno apareció una herramienta innovadora: los préstamos relámpago (flash loans), que permiten a una persona pedir prestadas criptomonedas sin garantía alguna, utilizarlas durante una fracción de segundo y devolverlas en la misma operación. Si no puede devolverlas, la operación se cancela como si nunca hubiera ocurrido.

¿Cómo funciona algo así? ¿Por qué es seguro para quien presta el dinero? ¿Y para qué sirve, además de ser una curiosidad técnica? Este artículo explica el mecanismo de los préstamos relámpago, describe un sistema real que los utiliza para realizar arbitraje de manera automatizada y reflexiona sobre sus posibles aplicaciones en el sistema financiero mexicano.

¿Qué es la blockchain?

Antes de entrar al tema central, conviene entender la tecnología que lo hace posible. Una blockchain, o cadena de bloques, es una tecnología descentralizada para gestionar transacciones y datos cuya integridad es mantenida colectivamente por una red de computadoras, llamadas nodos, sin depender de una sola entidad [1]. Funciona como un libro contable digital que se mantiene de forma colectiva entre miles de computadoras alrededor del mundo. Cada vez que alguien realiza una transacción, esta se agrupa con otras dentro de un “bloque”, y cada bloque queda enlazado al anterior mediante una huella digital única llamada hash, un código generado matemáticamente que permite identificar la información. Modificar una transacción pasada exigiría alterar los bloques posteriores y modificar los registros distribuidos en la red. De ahí una de las características más importantes de la blockchain: los registros confirmados están diseñados para ser resistentes a modificaciones posteriores.

Las criptomonedas son activos digitales que funcionan dentro de estas redes. La más conocida, Bitcoin, surgió en 2008 como una alternativa electrónica al dinero tradicional [2], pero



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

el ecosistema actual incluye miles de criptomonedas distintas y, según datos recopilados en [3], durante 2024 alcanzó una capitalización de mercado de entre 1.7 y 3.4 billones de dólares.

En 2015, una nueva blockchain llamada Ethereum amplió las posibilidades del concepto. Mientras que Bitcoin fue diseñado principalmente como un sistema de dinero electrónico, Ethereum permite ejecutar programas dentro de la red. Estos programas se llaman contratos inteligentes (smart contracts) y son, en palabras simples, programas autoejecutables: el código verifica que se cumplan determinadas condiciones y, cuando esto sucede, ejecuta automáticamente la operación sin necesidad de un intermediario [4].

Las finanzas descentralizadas: bancos sin bancos

Sobre la base de Ethereum y otras blockchains similares surgió un movimiento llamado finanzas descentralizadas o DeFi, por sus siglas en inglés (decentralized finance). Según [5], se trata de aplicaciones, como Uniswap y SushiSwap, que ofrecen servicios similares a algunos de los proporcionados por instituciones financieras —como préstamos, intercambios de activos, depósitos y otros productos—, pero sin que exista un banco como intermediario. Las operaciones se ejecutan mediante contratos inteligentes y, en muchos casos, los fondos provienen de usuarios que depositan sus activos en fondos comunes que pueden utilizarse de acuerdo con reglas previamente establecidas [6].

Una persona en cualquier parte del mundo, con conexión a internet y una cartera digital compatible, puede solicitar determinados préstamos, intercambiar activos o invertir en cuestión de segundos, sin recurrir necesariamente a una institución financiera tradicional. Este modelo aporta tres rasgos distintivos: las distintas aplicaciones pueden conectarse entre sí como piezas de Lego, las operaciones quedan registradas públicamente en la blockchain y algunos protocolos permiten que sus usuarios participen en determinadas decisiones mediante mecanismos de gobernanza digital. La contraparte, según [7], es que esa misma libertad expone a los usuarios a riesgos técnicos y a una protección regulatoria distinta o, en algunos casos, menor que la existente en los mercados financieros tradicionales.

El arbitraje y por qué es difícil

Como se mencionó al inicio, el arbitraje consiste en aprovechar diferencias de precio entre mercados. En la teoría económica clásica, [8] explicó que estas oportunidades, en mercados eficientes, deberían desaparecer rápidamente: en cuanto alguien las descubre y las aprovecha, los precios tienden a igualarse. Sin embargo, en mercados emergentes y muy volátiles como los de criptomonedas, estas diferencias pueden persistir, como muestran los estudios recogidos en [9] y [10].

Tradicionalmente, hacer arbitraje implicaba tres barreras importantes. La primera es el capital: para que el negocio valga la pena, hay que mover montos grandes, ya que una diferencia del 0.5 % solo deja ganancias notables si se opera con cientos de miles de pesos. La segunda es la velocidad: en las criptomonedas, los precios cambian en fracciones de segundo y los participantes humanos no pueden competir con sistemas automatizados [11], [12]. La tercera es la competencia: existen bots, es decir, programas automáticos, que vigilan continuamente las operaciones de otros y, si detectan alguna pendiente de ejecutarse, pueden intentar anticiparse o modificar el orden de las transacciones para apropiarse de parte de la ganancia. Este fenómeno forma parte de lo que se conoce como MEV (Maximal Extractable Value o valor máximo extraíble) y se documenta en [13].

Estas tres barreras parecían cerrar la puerta del arbitraje a quien no tuviera capital ni infraestructura. Hasta que apareció un mecanismo que las redefinió por completo.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA
LA CIENCIA?



CIENCIAS
APLICADAS



CIENCIAS
BÁSICAS



CIENCIAS
DE LA SALUD



CIENCIAS
SOCIALES



DIMENSIONES
ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Los préstamos relámpago

Un préstamo relámpago (flash loan) es un préstamo de criptomonedas que se solicita, se utiliza y se devuelve dentro de una sola transacción, en cuestión de fracciones de segundo [14]. Para entenderlo, una analogía cotidiana puede ayudar. Imagine que alguien le presta dinero justo en el momento en que usted ve un objeto en una subasta que puede comprar barato y revender más caro en la tienda de al lado. Usted realiza la operación completa, devuelve el dinero con la comisión correspondiente y se queda con la ganancia. Si la reventa no sale como esperaba, la transacción entera se deshace: ni compró, ni vendió, ni recibió finalmente el préstamo.

Esa propiedad se llama atomicidad. Una transacción atómica en la blockchain se ejecuta por completo o no se ejecuta. Si en cualquiera de sus pasos algo falla, todo el proceso se cancela y el sistema regresa al estado anterior, como si la operación nunca hubiera comenzado (Figura 1).

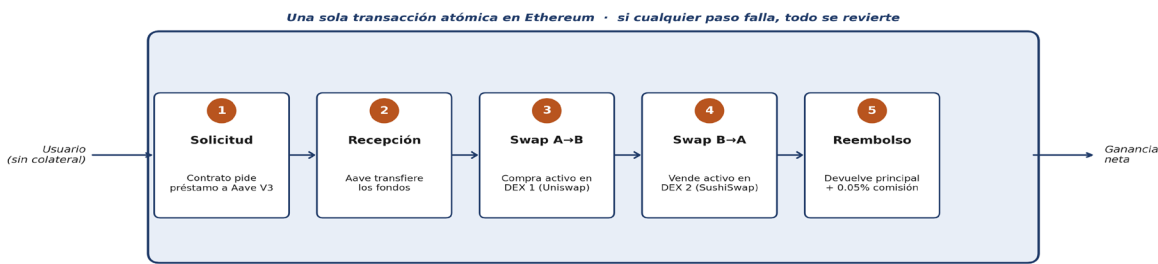


Figura 1. Secuencia de un préstamo flash en una transacción atómica.

Figura 1. Secuencia de un préstamo relámpago en una transacción atómica.

Fuente: adaptado de [15], [16].

¿Cómo puede el sistema confiar en alguien sin garantías? La respuesta está justamente en la atomicidad: si el préstamo no se devuelve, la transacción completa se anula, incluido el préstamo mismo. El protocolo no necesita confiar en el solicitante porque el préstamo solo queda confirmado si los fondos son devueltos dentro de la misma transacción.

El mecanismo elimina de un solo golpe la barrera del capital. Una persona sin utilizar recursos propios puede solicitar temporalmente un volumen considerable de activos, realizar una operación de arbitraje entre dos plataformas y devolver el préstamo, quedándose con la diferencia después de cubrir las comisiones y los costos de la operación, todo en cuestión de segundos. El primer estudio sistemático sobre este tipo de préstamos, documentado en [17], menciona que el arbitraje es uno de sus usos más frecuentes, aunque también advierte que la misma capacidad ha sido utilizada en ataques y manipulaciones de precios en algunos protocolos [18].

Las plataformas que ofrecen préstamos relámpago

Entre las plataformas que han ofrecido préstamos relámpago en el ecosistema de Ethereum se encuentran Aave y dYdX. Estos protocolos funcionan mediante fondos de liquidez: usuarios depositan criptomonedas en fondos comunes y esos recursos pueden utilizarse automáticamente bajo las reglas establecidas en contratos inteligentes. No hay ejecutivos, sucursales ni horarios de atención involucrados en la ejecución de estas operaciones.

Aave, descrita en detalle en [16], es uno de los protocolos más conocidos por ofrecer este tipo de operaciones y establece una comisión por el uso de préstamos relámpago. dYdX, por su parte, ofreció en su momento mecanismos de préstamo con características distintas y un número más limitado de activos. Lo importante para esta exposición es que ambos ejemplos comparten un principio observado en [19]: los préstamos relámpago no son dinero nuevo crea-



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

do de la nada, sino el aprovechamiento temporal de fondos disponibles dentro de protocolos descentralizados, mediante una transacción que garantiza que se cumplan las condiciones establecidas antes de quedar confirmada.

Un sistema real construido sobre estas ideas

Para mostrar cómo se conectan estos conceptos en la práctica, se desarrolló un sistema que detecta diferencias de precio entre plataformas de intercambio descentralizado, solicita un préstamo relámpago, ejecuta la operación de arbitraje y devuelve el préstamo con su comisión, todo de manera automatizada (Figura 2).

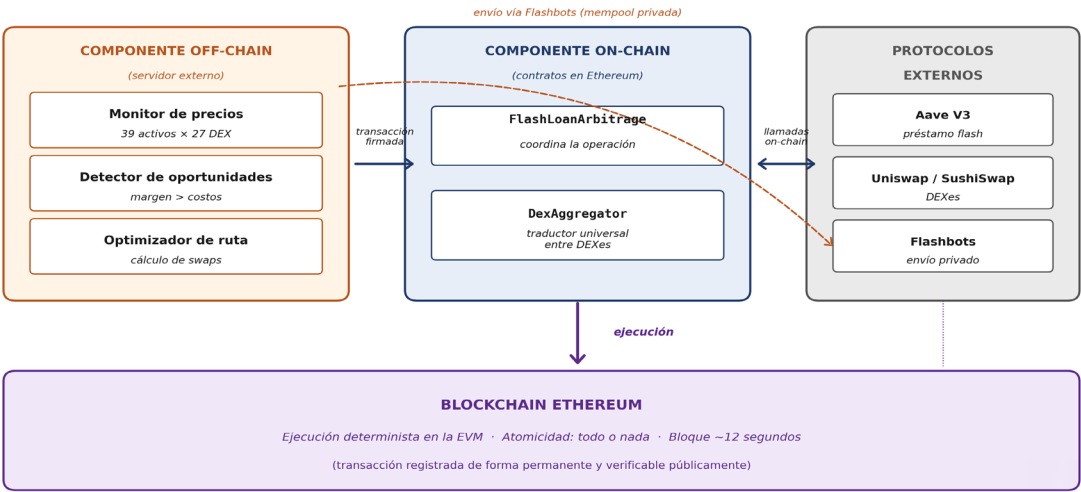


Figura 2. Arquitectura del sistema de arbitraje automatizado. Componente fuera de la cadena (off-chain) para monitoreo y toma de decisiones y componente dentro de la cadena (on-chain) para la ejecución, conectados a protocolos sobre Ethereum.

Fuente: elaboración propia.

El sistema consta de dos partes que trabajan en conjunto. Una vive fuera de la blockchain (off-chain): un programa que vigila continuamente los precios de 39 monedas digitales en 27 plataformas distintas. Cuando detecta una diferencia lo suficientemente grande como para que la ganancia supere los costos de la operación, calcula la mejor ruta de intercambio y prepara una propuesta. La otra vive dentro de la blockchain (on-chain): dos contratos inteligentes que reciben la propuesta, solicitan el préstamo, ejecutan los intercambios y devuelven los fondos. Si en cualquier momento la diferencia de precio desaparece o algo falla, la transacción se cancela automáticamente y el sistema solo asume el costo computacional asociado al intento.

El sistema incorpora además una protección frente a los bots que vigilan las operaciones para anticiparse a ellas. En vez de enviar la transacción a la cola pública, donde puede ser observada antes de su ejecución, la envía mediante Flashbots, una infraestructura que permite transmitir transacciones de manera privada para reducir su exposición antes de que sean incluidas en un bloque.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

Resultados

Durante la fase de pruebas se documentaron escenarios reales de operación. En el primero, el sistema detectó una oportunidad entre dos plataformas, validó la rentabilidad, solicitó el préstamo, ejecutó los intercambios y devolvió el capital en una sola transacción. La ganancia neta fue modesta, de aproximadamente medio dólar, pero la operación quedó registrada de forma permanente en el bloque número 22,584,625 de la blockchain de Ethereum, donde cualquier persona puede consultarla. La prueba demuestra, en condiciones reales de mercado, que un sistema sin utilizar capital propio para financiar la operación y sin intervención humana durante su ejecución puede obtener ganancias mediante arbitraje.

Enlace de consulta en Etherscan:

<https://etherscan.io/tx/0x2835d38ddbfb25abaaf54a8897b4601167adec9716239d2013b5ce82d005d303>

En otros escenarios, el sistema decidió no ejecutar operaciones porque los costos superaban la ganancia esperada o reaccionó adecuadamente cuando la oportunidad desapareció antes de poder aprovecharla. En estos casos, la operación no llegó a completarse, de acuerdo con el principio de atomicidad.

¿Por qué debería importar?

Más allá de la curiosidad técnica, los préstamos relámpago tienen tres implicaciones que conviene considerar.

La primera es conceptual. En el sistema bancario tradicional, prestar dinero exige evaluar la solvencia de quien lo recibe, exigir garantías y cubrir el riesgo de impago mediante intereses y otros mecanismos. Los préstamos relámpago demuestran que, en ciertos contextos muy específicos, parte de esa función puede sustituirse por una propiedad técnica del medio. Es un cambio de paradigma limitado pero significativo: la confianza en el solicitante se reemplaza por las reglas de ejecución de una transacción atómica.

La segunda es financiera. En el sector mexicano, estas tecnologías plantean preguntas concretas. De acuerdo con el informe trimestral de la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR) al H. Congreso de la Unión, correspondiente al primer trimestre de 2025, los activos netos del Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) alcanzaron 7.2 billones de pesos, con una concentración del 51.6 % en deuda gubernamental nacional [20] (Figura 3). Estrategias automatizadas como las descritas, sujetas a una evaluación rigurosa de sus riesgos, supervisión regulatoria y custodia institucional, podrían estudiarse como posibles complementos marginales de los instrumentos tradicionales de las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORES). Falta, sin embargo, un marco normativo claro y prácticas de auditoría comparables a las que rigen otros instrumentos del sistema de pensiones. Sin esas condiciones, el potencial técnico difícilmente podría traducirse en beneficios para los ahorradores.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

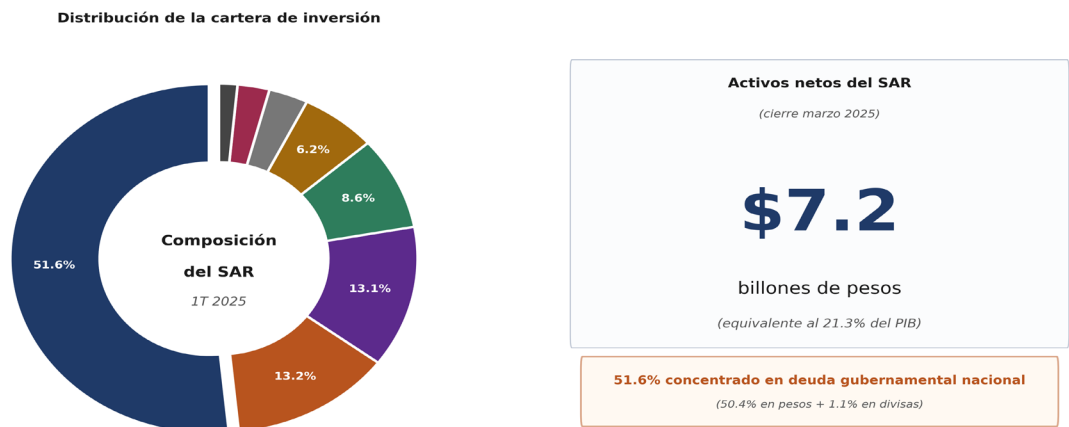


Figura 3. Composición de los activos netos del Sistema de Ahorro para el Retiro al cierre del primer trimestre de 2025.
Fuente: elaboración propia con datos del Cuadro 3-5 del Informe CONSAR al H. Congreso de la Unión, 1T 2025 [21].

Figura 3. Composición de los activos del SAR durante el primer trimestre de 2025.

Fuente: CONSAR [20], Cuadro 3-5.

La tercera es regulatoria. Los contratos inteligentes no necesariamente constituyen contratos legales en sentido estricto [21], pero se ejecutan automáticamente mediante código. Esta diferencia entre ejecución tecnológica y reconocimiento jurídico exige construir marcos normativos que consideren la naturaleza técnica del instrumento sin dejar vacíos de supervisión.

Conclusión

Los préstamos relámpago son un ejemplo concreto de cómo una propiedad técnica de la blockchain, la atomicidad, permite realizar una operación financiera que no tiene un equivalente directo en la banca tradicional. El sistema descrito demuestra que esta tecnología puede funcionar, producir resultados verificables y abrir un camino hacia aplicaciones de mayor escala. Persisten, sin embargo, limitaciones operativas relevantes: congestión de la red, costos variables, dependencia de infraestructura externa y la necesidad de un marco regulatorio aún en construcción.

La evidencia disponible justifica avanzar hacia preguntas más específicas sobre cómo evaluar, supervisar e integrar este tipo de mecanismos en infraestructuras financieras de uso público. ¿Es la atomicidad una propiedad lo suficientemente robusta para sostener instrumentos financieros utilizados por millones de personas? La respuesta corresponde parcialmente a la investigación técnica, pero también al diseño de la regulación y, en última instancia, a la disposición de las instituciones para explorar soluciones provenientes de un terreno aún poco conocido.

Referencias

[1] J. Yli-Huumo, D. Ko, S. Choi, S. Park y K. Smolander, “Where is current research on blockchain technology? — A systematic review,” PLoS ONE, vol. 11, no. 10, p. e0163477, oct. 2016, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>.

[2] S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,” 2008. [En línea]. Disponible: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

[3] CoinMarketCap, “Top cryptocurrencies by market capitalization,” 2024. [En línea]. Disponible: <https://coinmarketcap.com>

[4] V. Buterin, “Ethereum white paper: A next-generation smart contract and decentralized



INICIO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

application platform,” 2014. [En línea]. Disponible: <https://ethereum.org/whitepaper>

[5] F. Schär, “Decentralized finance: On blockchain- and smart contract-based financial markets,” *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, vol. 103, no. 2, pp. 153–174, abr. 2021, doi: <https://doi.org/10.20955/r.103.153-74>.

[6] D. A. Zetsche, D. W. Arner y R. P. Buckley, “Decentralized finance,” *Journal of Financial Regulation*, vol. 6, no. 2, pp. 172–203, sep. 2020, doi: <https://doi.org/10.1093/jfr/fjaa010>.

[7] J. Castillo León y A. Lehar, “What data have told us about decentralized finance,” *Journal of Corporate Finance*, vol. 96, p. 102916, ene. 2026, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2025.102916>.

[8] H. R. Varian, “The arbitrage principle in financial economics,” *Journal of Economic Perspectives*, vol. 1, no. 2, pp. 55–72, nov. 1987, doi: <https://doi.org/10.1257/jep.1.2.55>.

[9] K. Duan, Z. Li, A. Urquhart y J. Ye, “Dynamic efficiency and arbitrage potential in Bitcoin: A long-memory approach,” *International Review of Financial Analysis*, vol. 75, p. 101725, may. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101725>.

[10] I. Makarov y A. Schoar, “Trading and arbitrage in cryptocurrency markets,” *Journal of Financial Economics*, vol. 135, no. 2, pp. 293–319, feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.07.001>.

[11] A. Sari, M. A. Gavcar, S. Aplay y A. Ozsoy, “Automated trading in cryptocurrency markets: Strategies, impacts, and future directions,” en *2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, ene. 2025, pp. 1–6, doi: <https://doi.org/10.1109/ICCE63647.2025.10930129>.

[12] A. Alexander, “Latency arbitrage in cryptocurrency markets: Analyzing execution speeds & liquidity dynamics,” *SSRN*, 2025, doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.5143158>.

[13] P. Daian et al., “Flash boys 2.0: Frontrunning, transaction reordering, and consensus instability in decentralized exchanges,” *arXiv:1904.05234*, abr. 2019, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.05234>.

[14] R. Kanojia, “Flash loan arbitrage bot,” *SSRN Journal*, 2023, doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4447220>.

[15] Y. Cao, C. Zou y X. Cheng, “Flashot: A snapshot of flash loan attack on DeFi ecosystem,” *arXiv:2102.00626*, feb. 2021, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.00626>.

[16] E. Frangella y L. Herskind, *Aave V3 Technical Paper*, ene. 2022. [En línea]. Disponible: https://github.com/aave/aave-v3-core/blob/master/techpaper/Aave_V3_Technical_Paper.pdf

[17] D. Wang et al., “Towards a first step to understand flash loan and its applications in DeFi ecosystem,” en *Proc. 9th Int. Workshop on Security in Blockchain and Cloud Computing*, may. 2021, pp. 23–28, doi: <https://doi.org/10.1145/3457977.3460301>.

[18] K. Qin, L. Zhou, B. Livshits y A. Gervais, “Attacking the DeFi ecosystem with flash loans for fun and profit,” en *Financial Cryptography and Data Security, LNCS 12674*, Springer, 2021, pp. 3–32, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-662-64331-0_1.

[19] S. Werner, D. Perez, L. Gudgeon, A. Klages-Mundt, D. Harz y W. Knottenbelt, “SoK: Decentralized finance (DeFi),” en *Proc. 4th ACM Conf. on Advances in Financial Technologies*, sep. 2022, pp. 30–46, doi: <https://doi.org/10.1145/3558535.3559780>.

[20] Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR), *Informe al Congreso – 1er Trimestre 2025*, Ciudad de México, México, may. 2025. [En línea]. Disponible: https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2025/05/asun_4901802_20250527_1748357535.pdf

[21] P. De Filippi y A. Wright, *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, cap. 4, “Smart Contracts as Legal Contracts,” Cambridge, MA: Harvard University Press, 2018, pp. 72–88, doi: <https://doi.org/10.4159/9780674985933-005>.



INICIO



¿Y QUÉ OPINA
LA CIENCIA?



CIENCIAS
APLICADAS



CIENCIAS
BÁSICAS



CIENCIAS
DE LA SALUD



CIENCIAS
SOCIALES



DIMENSIONES
ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO