

# Inteligencia Artificial (IA) Descentralizada: Perspectivas de un desarrollo en ciernes

Patricio Iván Pantaleo

2025-06-27

*DOI: 10.62059/7k8m3n*

## Tabla de contenidos

Centralización vs. descentralización: definiendo el paradigma tecnológico . . . . .	2
De la ciencia a la tecnología: El Movimiento Descentralizado . . . . .	6
La IA en el Contexto de la Descentralización . . . . .	7
Características de la IA Descentralizada . . . . .	7
Tecnologías Habilitadoras . . . . .	7
Computación Distribuida Especializada . . . . .	7
Aprendizaje Federado . . . . .	8
Blockchain e Incentivos Económicos . . . . .	8
Desafíos Técnicos y Limitaciones . . . . .	8
Latencia y Rendimiento . . . . .	8
Escalabilidad Computacional . . . . .	8
Gobernanza y Coordinación . . . . .	9
El Caso de IPFS y Alternativas . . . . .	9
Implicaciones y Perspectivas Futuras . . . . .	9
Democratización del Acceso . . . . .	9
Privacidad y Soberanía de Datos . . . . .	9
Resistencia y Robustez . . . . .	9
Conclusiones . . . . .	10
<b>Referencias</b>	<b>10</b>

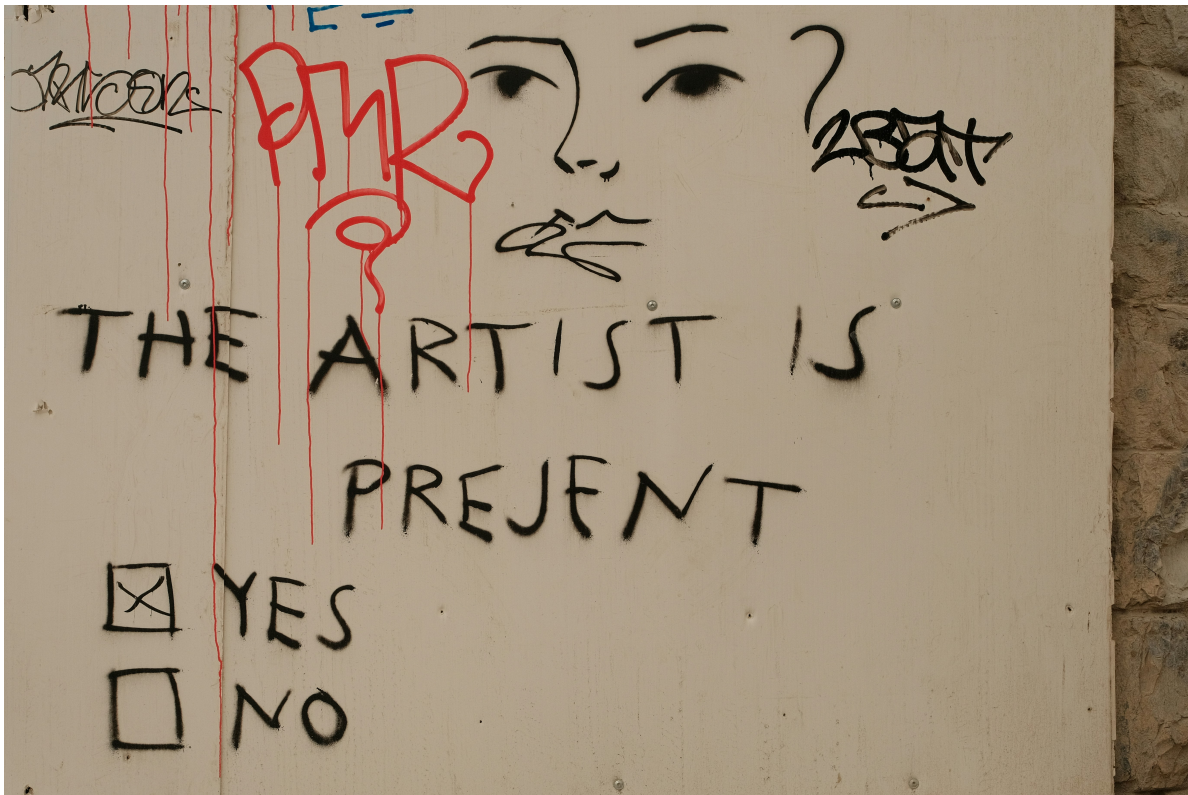


Foto de Claudio Schwarz en Unsplash

En tiempos donde la inteligencia artificial alborea en el escenario de lo cotidiano, donde su utilización se afianza día a día y los interrogantes de uso son cada vez mayores, se plantea aquí una guía lectura nodal para un marco crítico que se proponga analizarla. Esta guía reside en una conceptualización básica, la de **inteligencia artificial descentralizada**. A su vez, presupone una diferenciación inicial sobre la cuál partir; la de recursos de usos centralizados en diferencia a aquellos recursos que son de uso descentralizado. Así, este post se propone abordar las principales orientaciones de lectura para un fenómeno que promete avanzar cada vez más en la vida humana, la inteligencia artificial, y la gestión de recursos que la sustentan.

### **Centralización vs. descentralización: definiendo el paradigma tecnológico**

Para comprender el alcance y las implicaciones de la inteligencia artificial descentralizada, es fundamental establecer primero la distinción entre sistemas centralizados y descentralizados en el ámbito tecnológico.

Los **sistemas centralizados** se caracterizan por concentrar el control, procesamiento y toma de decisiones en un punto único o en un número limitado de entidades. En este modelo, una

autoridad central —típicamente una empresa o institución— posee y opera la infraestructura, controla los protocolos de acceso, y define las reglas de funcionamiento. Los usuarios dependen completamente de esta entidad central para acceder al servicio, procesamiento de datos o funcionalidad específica.

Adicionalmente, los términos de uso y privacidad suelen expresar (a veces confusamente) qué se hace con los datos y contenido que en el sistema se procesan y quien lo hace. En un sistema centralizado, una empresa o institución deciden por el común de sus usuarios que aceptaron previamente las condiciones de uso. Esto, probablemente es a lo que estás acostumbrado si no has profundizado a consciencia en el manejo de datos en el mundo actual; y lo es así, porque mayoritariamente en la internet vigente los sistemas centralizados tienen el poder (y la potestad) de imponerse como elección frente al usuario antes otras opciones. Por eso, la práctica consciente de elección es fundamental para acceder a otras fuentes de gestión de recursos virtuales.

Esta predominancia de sistemas centralizados no es meramente accidental, sino el resultado de estrategias deliberadas de control de mercado y sesgos algorítmicos sistemáticos. La investigación académica ha demostrado que los motores de búsqueda dominantes perpetúan sesgos sociales existentes, donde “el sesgo algorítmico es consistente con la discriminación social histórica” (Lin et al., 2023), afectando particularmente a grupos históricamente desfavorecidos. Además, la concentración monopólica en estos mercados digitales resulta contraproducente para la innovación y calidad del servicio, ya que “una plataforma monopólica dominante resulta en precios más altos y subinversión en innovaciones de mejora de calidad” (Lianos & Motchenkova, 2013). Empresas como **Google mantienen su dominancia** no solo por superioridad técnica, sino **gastando más de \$26 mil millones anuales para asegurar su posición como motor de búsqueda predeterminado** (Foucart, 2025), lo que evidencia cómo el control de la configuración por defecto se convierte en una herramienta de poder que limita la elección del usuario. Esta realidad subraya la importancia crítica de desarrollar marcos alternativos que promuevan la diversidad de plataformas y la transparencia algorítmica (Mowshowitz & Kawaguchi, 2002), especialmente en contextos donde los efectos de red pueden utilizarse para crear ecosistemas más equilibrados (Schüler & Petrik, 2023).

Un ejemplo ilustrativo de esta dinámica de poder centralizado también se puede observar en los términos de uso de plataformas de inteligencia artificial como OpenAI, donde la empresa establece unilateralmente las condiciones bajo las cuales los usuarios pueden acceder y utilizar sus servicios (OpenAI, 2025). Estos términos determinan no solo qué tipo de contenido puede procesarse, sino también cómo se utilizarán los datos de entrada del usuario, qué derechos retiene la plataforma sobre las interacciones, y bajo qué circunstancias puede suspenderse o terminarse el acceso al servicio. El usuario, para acceder a estas herramientas de IA, debe aceptar en bloque estas condiciones sin posibilidad de negociación, ejemplificando cómo los sistemas centralizados ejercen control sobre millones de usuarios mediante un simple clic de aceptación que pocas veces es leído o comprendido en su totalidad. Claro está, el problema principal no está en que una empresa establezca las condiciones bajo las cuáles puede ofrecer

sus servicios, sino en cuando estas prácticas empiezan a ser monopólicas, hegemónicas y poco éticas en el uso de datos.

#### **i** Uso de Wayback Machine para referencias web

En algunas referencias - como OpenAI (2025) - se utiliza [Wayback Machine](#) en lugar de las URLs originales para preservar el estado específico de documentos web que cambian frecuentemente, como términos de uso y políticas de privacidad. Esto garantiza que los lectores puedan acceder exactamente al mismo contenido citado en el momento de la investigación, mejorando la verificabilidad y reproducibilidad del trabajo académico.

Por el contrario, los **sistemas descentralizados** distribuyen el control y la funcionalidad entre múltiples participantes o nodos en una red. No existe una autoridad única que controle completamente el sistema; en su lugar, las decisiones se toman colectivamente, el procesamiento se distribuye, y la resiliencia del sistema no depende de un punto único de fallo. La descentralización representa un paradigma fundamental que desafía los modelos tradicionales de organización jerárquica. A diferencia de los sistemas centralizados, donde existe uno o pocos puntos de control que coordinan todas las operaciones, los sistemas descentralizados distribuyen esta responsabilidad entre múltiples entidades autónomas que colaboran para lograr objetivos comunes (Lua et al., 2005). Esta distribución del poder de decisión no solo reduce la dependencia de infraestructura crítica, sino que también permite una mayor resiliencia ante fallos, ataques o intentos de censura.

En el contexto de las redes informáticas, un ejemplo paradigmático son las redes peer-to-peer (P2P), que representan sistemas distribuidos donde los participantes, denominados *peers* o nodos, actúan simultáneamente como clientes y servidores (Lua et al., 2005). Estas redes se caracterizan por formar estructuras de red superpuestas (overlay networks) que se auto-organizan sobre la infraestructura existente del protocolo de Internet. Las redes P2P van más allá de los servicios tradicionales cliente-servidor al permitir que cada peer contribuya con recursos (ancho de banda, almacenamiento, capacidad de procesamiento) mientras simultáneamente accede a los recursos proporcionados por otros peers (Lua et al., 2005). Esta simetría en los roles elimina las limitaciones de escalabilidad inherentes a los sistemas centralizados y crea un modelo de compartición de recursos más eficiente y democrático.

Existen diferentes tipos de redes P2P según su estructura organizacional. Las redes P2P estructuradas utilizan algoritmos determinísticos para organizar los peers y colocar los datos en ubicaciones específicas, empleando técnicas como las tablas hash distribuidas (DHT) que garantizan la localización de cualquier objeto de datos en un número logarítmico de saltos (Lua et al., 2005). Por otro lado, las redes P2P no estructuradas organizan los peers en grafos aleatorios sin un control estricto sobre la colocación de datos, utilizando técnicas como *flooding* o *random walks* para la búsqueda de contenido, lo que las hace más resilientes a la entrada y salida dinámica de peers pero menos eficientes para localizar elementos raros (Lua et al., 2005).

Las características fundamentales de los sistemas descentralizados incluyen múltiples dimensiones interconectadas:

- 1) Auto-organización y dinamismo: Los nodos se unen y abandonan la red dinámicamente sin requerir configuración centralizada o aprobación de autoridades. Este proceso implica mecanismos de descubrimiento de *peers*, establecimiento de conexiones y mantenimiento de la topología de red de forma autónoma (Lua et al., 2005). La capacidad de auto-organización permite que el sistema se adapte continuamente a cambios en la disponibilidad de recursos y patrones de uso.
- 2) Simetría de roles y reciprocidad: Cada participante puede funcionar tanto como proveedor como consumidor de recursos, eliminando la distinción tradicional cliente-servidor. Esta simetría fomenta un modelo colaborativo donde la contribución de recursos por parte de cada peer beneficia al conjunto del sistema (Lua et al., 2005). Sin embargo, esta característica también introduce desafíos relacionados con incentivos para la cooperación y prevención del comportamiento oportunista.
- 3) Tolerancia a fallos y resiliencia: La ausencia de puntos únicos de fallo permite que el sistema continúe operando incluso cuando algunos nodos fallen, sean atacados o abandonen la red voluntariamente. Esta resiliencia se logra mediante redundancia de datos, múltiples rutas de enrutamiento y mecanismos de recuperación distribuidos (Lua et al., 2005). La capacidad de mantener la funcionalidad ante fallos parciales es una ventaja crítica sobre los sistemas centralizados.
- 4) Escalabilidad horizontal: La capacidad del sistema para crecer agregando más nodos sin degradar significativamente el rendimiento global. En teoría, cada nuevo peer que se une a la red contribuye con recursos adicionales, lo que puede mejorar la capacidad total del sistema (Lua et al., 2005). No obstante, esto requiere algoritmos eficientes que mantengan las propiedades de enrutamiento y búsqueda independientemente del tamaño de la red.
- 5) Resistencia a la censura y autonomía: La distribución del control dificulta el bloqueo, la manipulación o el cierre del sistema por parte de autoridades centrales o actores maliciosos. Esta característica es particularmente relevante en contextos donde la libertad de información y la privacidad son prioritarias (Lua et al., 2005). La ausencia de chokepoints centralizados hace que el sistema sea inherentemente más resistente a la interferencia externa.

A pesar de sus ventajas, los sistemas descentralizados y las redes P2P presentan desafíos y limitaciones significativas que deben considerarse en su implementación. En primer lugar, las redes P2P no estructuradas como Gnutella enfrentan problemas de escalabilidad debido a que los mecanismos de búsqueda basados en *flooding* consumen excesivo ancho de banda y generan cargas inesperadas en la red, además de que las consultas para contenido raro o poco replicado pueden fallar debido a las limitaciones del horizonte de búsqueda impuestas por el TTL (Time-To-Live) (Lua et al., 2005). Por otro lado, aunque las redes P2P estructuradas

solucionan parcialmente estos problemas mediante algoritmos determinísticos, introducen complejidad adicional y pueden experimentar alta latencia de búsqueda cuando el camino de la red superpuesta difiere significativamente del camino físico subyacente, lo que puede afectar adversamente el rendimiento de las aplicaciones (Lua et al., 2005). Adicionalmente, estos sistemas son vulnerables a diversos ataques de seguridad, incluyendo el retorno de objetos de datos incorrectos a las consultas, corrupción o denegación de acceso a réplicas de datos, suplantación de identidad para almacenar réplicas en peers ilegítimos, y ataques de colusión donde *peers* maliciosos colaboran para comprometer el sistema (Lua et al., 2005). Finalmente, la gestión de incentivos representa un desafío fundamental, ya que sin mecanismos adecuados para prevenir el comportamiento oportunista (*free-riding*), la confiabilidad y el valor del sistema pueden verse comprometidos cuando los usuarios se benefician de los recursos compartidos sin contribuir proporcionalmente (Lua et al., 2005).

Los desafíos inherentes a las primeras redes P2P han catalizado el desarrollo de nuevas generaciones de sistemas descentralizados que incorporan mecanismos de incentivos más sofisticados y arquitecturas mejoradas. BitTorrent v2 ha evolucionado con cifrado SHA-256 y optimizaciones que hacen las descargas más rápidas y seguras, manteniéndose como el protocolo P2P dominante (Hipertextual, 2022). Por otro lado, IPFS (Sistema de Archivos Interplanetario) representa un paradigma más avanzado que combina tecnologías P2P con blockchain para crear un protocolo de hipermedia descentralizado direccionable por contenido, diseñado para hacer la web más rápida, segura y abierta (Desde Linux, 2020). Mientras tanto, las redes blockchain como Bitcoin y Ethereum han resuelto el problema fundamental de los incentivos mediante mecanismos criptoeconómicos que recompensan la participación y penalizan el comportamiento malicioso, creando sistemas de contabilidad distribuidos donde el problema del doble gasto y el *free-riding* son superados mediante consenso distribuido y recompensas tokenizadas (Bit2Me Academy, 2023). Estas tecnologías modernas demuestran cómo los principios de descentralización han evolucionado desde las limitaciones de las primeras redes P2P hacia ecosistemas más robustos y sostenibles.

## De la ciencia a la tecnología: El Movimiento Descentralizado

Esta dicotomía entre centralización y descentralización trasciende el ámbito puramente tecnológico y se extiende a dominios como la investigación científica. Como he analizado en trabajos previos (Pantaleo, 2024a), la ciencia también enfrenta tensiones entre modelos centralizados—controlados por grandes editoriales, instituciones hegemónicas y sistemas de financiamiento concentrados— y enfoques descentralizados que buscan democratizar el acceso al conocimiento, diversificar las fuentes de financiamiento, y promover la colaboración abierta.

El diálogo con referentes latinoamericanos en ciencia descentralizada (Pantaleo, 2024b) revela que esta transformación no es meramente técnica, sino que implica una redefinición fundamental de las relaciones de poder, los mecanismos de validación, y los criterios de calidad en

la producción de conocimiento. Estas reflexiones sobre la descentralización científica proporcionan un marco conceptual valioso para entender las dinámicas similares que emergen en el desarrollo de la inteligencia artificial.

## La IA en el Contexto de la Descentralización

La inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, transformando sectores desde la medicina hasta el entretenimiento. Sin embargo, este desarrollo ha estado dominado por grandes corporaciones tecnológicas que concentran el poder computacional, los datos y el control sobre los sistemas más avanzados. En este contexto emerge un paradigma alternativo: la inteligencia artificial descentralizada.

La IA descentralizada representa una visión donde el poder computacional, la gobernanza y el acceso a las tecnologías de inteligencia artificial se distribuyen entre múltiples participantes, eliminando los puntos únicos de control y democratizando el acceso a estas herramientas transformadoras.

## Características de la IA Descentralizada

La inteligencia artificial descentralizada se refiere a sistemas de IA que operan sin depender de una autoridad central única. A diferencia de los modelos tradicionales donde una empresa controla completamente el desarrollo, entrenamiento y despliegue de un sistema de IA, los enfoques descentralizados distribuyen estas responsabilidades entre una red de participantes.

Las características fundamentales incluyen la **distribución del poder computacional** a través de múltiples nodos geográficamente dispersos, la **gobernanza distribuida** donde las decisiones se toman colectivamente, el **control de datos** que permanece en manos de los usuarios, la **resistencia a la censura** al eliminar puntos únicos de fallo, y la **transparencia** mediante código abierto y procesos verificables.

## Tecnologías Habilitadoras

### Computación Distribuida Especializada

**Bittensor** (Bittensor Foundation, 2024) emerge como uno de los ejemplos más avanzados de IA descentralizada en funcionamiento. Esta red permite que los participantes contribuyan con poder computacional para entrenar y ejecutar modelos de IA, recibiendo incentivos económicos a cambio. La plataforma ya cuenta con modelos operativos que demuestran la viabilidad práctica de este enfoque.

**Akash Network** ofrece una alternativa descentralizada a los proveedores tradicionales de computación en la nube, permitiendo alquilar poder computacional distribuido específicamente

para el entrenamiento de modelos de IA. Esta infraestructura reduce la dependencia de gigantes tecnológicos como AWS o Google Cloud.

## **Aprendizaje Federado**

El aprendizaje federado representa un paradigma técnico crucial para la IA descentralizada. Esta metodología permite entrenar modelos de IA sin centralizar los datos, ya que cada participante entrena localmente y solo comparte actualizaciones del modelo. Empresas como Google y Apple ya implementan estas técnicas para preservar la privacidad mientras mejoran sus servicios.

## **Blockchain e Incentivos Económicos**

Las tecnologías blockchain proporcionan la infraestructura necesaria para coordinar redes de IA descentralizada, gestionar incentivos económicos y asegurar la transparencia en los procesos de gobernanza. **Filecoin** combina almacenamiento descentralizado con incentivos económicos, ofreciendo una alternativa más robusta que IPFS para el manejo de grandes volúmenes de datos necesarios para el entrenamiento de modelos.

## **Desafíos Técnicos y Limitaciones**

### **Latencia y Rendimiento**

Uno de los principales desafíos de la IA descentralizada es la latencia inherente a los sistemas distribuidos. La recuperación de datos y la coordinación entre múltiples nodos puede resultar significativamente más lenta que los sistemas centralizados optimizados, afectando la experiencia del usuario final.

### **Escalabilidad Computacional**

Los modelos de IA más avanzados, especialmente los grandes modelos de lenguaje (LLMs), requieren recursos computacionales masivos. Coordinar esta capacidad de procesamiento a través de una red descentralizada presenta desafíos técnicos complejos, desde la sincronización de parámetros hasta la gestión eficiente de la memoria distribuida.



## **Gobernanza y Coordinación**

Establecer mecanismos de gobernanza efectivos en sistemas descentralizados es notoriamente difícil. Las decisiones sobre actualizaciones de modelos, políticas de uso y resolución de conflictos requieren marcos de trabajo que balanceen la participación democrática con la eficiencia operativa.

## **El Caso de IPFS y Alternativas**

Si bien IPFS (Protocol Labs, 2024) (InterPlanetary File System) puede almacenar modelos y datasets de forma descentralizada, sus limitaciones como sistema de almacenamiento puro lo hacen insuficiente para las demandas computacionales de la IA moderna. IPFS excelsa en la distribución de modelos entrenados y datasets, pero no puede ejecutar directamente los procesos computacionales intensivos requeridos por los sistemas de IA contemporáneos.

Las alternativas más prometedoras combinan múltiples tecnologías: redes de computación distribuida con incentivos económicos (como Bittensor), aprendizaje federado para el entrenamiento, y edge computing para la ejecución local. Esta aproximación híbrida promete crear ecosistemas de IA verdaderamente descentralizados y resilientes.

## **Implicaciones y Perspectivas Futuras**

### **Democratización del Acceso**

La IA descentralizada tiene el potencial de democratizar el acceso a tecnologías avanzadas de inteligencia artificial, reduciendo las barreras de entrada para investigadores, startups y organizaciones con recursos limitados. Esto podría acelerar la innovación y diversificar las aplicaciones de IA más allá de los casos de uso comerciales dominantes.

### **Privacidad y Soberanía de Datos**

Los enfoques descentralizados ofrecen ventajas significativas en términos de privacidad y control de datos. Los usuarios pueden mantener la propiedad de su información mientras contribuyen al entrenamiento de modelos colectivos, resolviendo uno de los dilemas éticos más prominentes de la IA contemporánea.

### **Resistencia y Robustez**

Los sistemas descentralizados son inherentemente más resistentes a fallos, censura y manipulación. Esta robustez es particularmente valiosa para aplicaciones críticas donde la disponibilidad continua y la integridad son fundamentales.

## Conclusiones

La inteligencia artificial descentralizada representa una frontera emergente con potencial transformador. Aunque enfrenta desafíos técnicos significativos, los avances en computación distribuida, aprendizaje federado y sistemas de incentivos económicos están creando las condiciones para su viabilidad práctica.

El desarrollo de este paradigma no solo tiene implicaciones técnicas, sino que también plantea cuestiones fundamentales sobre el poder, la gobernanza y la equidad en la era de la inteligencia artificial. A medida que estas tecnologías maduren, es probable que veamos una coexistencia entre sistemas centralizados y descentralizados, cada uno optimizado para diferentes casos de uso y valores.

La evolución hacia una IA más descentralizada no es meramente una cuestión técnica, sino una oportunidad para reimaginar cómo desarrollamos, implementamos y gobernamos las tecnologías que están redefiniendo nuestro mundo. El futuro de la inteligencia artificial podría ser considerablemente más distribuido, democrático y resiliente de lo que las tendencias actuales sugieren.

## Referencias

- Bit2Me Academy. (2023). *¿Qué es una red P2P?* <https://academy.bit2me.com/que-es-una-red-p2p/>
- Bittensor Foundation. (2024). *Bittensor: A Peer-to-Peer Intelligence Market*. <https://bittensor.com/>
- Desde Linux. (2020). *IPFS: Un avanzado Sistema de Archivos con Tecnología P2P y Blockchain*. <https://blog.desdelinux.net/ipfs-sistema-archivos-interplanetarios-tecnologia-p2p-blockchain/>
- Foucart, R. (2025). Google monopoly ruling: where the tech giant goes from here. *The Conversation*. <https://theconversation.com/google-monopoly-ruling-where-the-tech-giant-goes-from-here-236569>
- Hipertextual. (2022). *Qué es BitTorrent v2, el futuro del P2P que hará las descargas más rápidas y seguras*. <https://hipertextual.com/2022/02/bittorrent-v2>
- Lianos, I., & Motchenkova, E. (2013). MARKET DOMINANCE AND SEARCH QUALITY IN THE SEARCH ENGINE MARKET. *Journal of Competition Law & Economics*, 9(2), 419-455. <https://doi.org/10.1093/joclec/nhs037>
- Lin, C., Gao, Y., Ta, N., Li, K., & Fu, H. (2023). Trapped in the search box: An examination of algorithmic bias in search engine autocomplete predictions. *Telematics and Informatics*, 85, 102068. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.102068>
- Lua, E. K., Crowcroft, J., Pias, M., Sharma, R., & Lim, S. (2005). A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 7(2), 72-93.

- Mowshowitz, A., & Kawaguchi, A. (2002). Assessing bias in search engines. *Information Processing & Management*, 38(1), 141-156. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(01\)00020-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0306-4573(01)00020-6)
- OpenAI. (2025). *Términos de Uso*. OpenAI. <https://web.archive.org/web/20250628200335/https://openai.com/es-ES/policies/terms-of-use/>
- Pantaleo, P. I. (2024a). *DeSci o el futuro de la ciencia*. <https://doi.org/10.62059/paideia.studio.4896>
- Pantaleo, P. I. (2024b). *Episodio 4: DeSci - Ciencia Descentralizada en Latinoamérica - Conversaciones con Referentes*. <https://doi.org/10.62059/paideia.studio.7542>
- Protocol Labs. (2024). *IPFS: InterPlanetary File System*. <https://ipfs.tech/>
- Schüler, F., & Petrik, D. (2023). Measuring network effects of digital industrial platforms: towards a balanced platform performance management. *Information Systems and e-Business Management*, 21(4), 863-911. <https://doi.org/10.1007/s10257-023-00655-x>