

COLUSIÓN ALGORÍTMICA AUTÓNOMA BAJO EL ARTÍCULO 101 TFUE: ESTÁNDAR PROBATORIO Y PRESUNCIÓN *IURIS TANTUM* BASADA EN INDICIOS TÉCNICOS

FERNANDO RAMOS ZAGA¹
fernandozaga@gmail.com

Cómo citar/Citation

Ramos Zaga, Fernando (2026).
Colusión algorítmica autónoma bajo el artículo 101 TFUE:
estándar probatorio y presunción *iuris tantum* basada en indicios técnicos.
Revista de Derecho Comunitario Europeo, 84, 277-300.
doi: <https://doi.org/10.18042/cepc/rdce.84.08>

Resumen

Este trabajo analiza la adecuación del estándar tradicional de práctica concertada del art. 101 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) frente a la proliferación de algoritmos autónomos de fijación de precios basados en aprendizaje por refuerzo, los cuales posibilitan resultados supracompetitivos sin interacción humana ni intercambio explícito de información. El estudio pretende exponer el desajuste de naturaleza ontológica existente entre la arquitectura decisional de los sistemas de aprendizaje autónomo y los requisitos volitivos exigidos por la doctrina, lo que hace inviable la subsunción en las categorías jurídicas actuales en escenarios de autonomía plena. Con este fin, el trabajo lleva a cabo el desarrollo dogmático de una presunción *iuris tantum* como mecanismo procesalmente coherente. Por último, se recogen las principales conclusiones de la investigación acometida, en las que se argumenta cómo esta presunción, fundamentada en indicios técnicos verificables, debe desplazar la carga de

¹ Universidad Privada del Norte, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6301-9460>
Declaración sobre el uso de IA: Se usó el modelo de lenguaje avanzado GPT-5.2 desarrollado por OpenAI con el propósito de identificar y subsanar errores de redacción y ortografía. La instrucción proporcionada fue: «detecta y corrige todos los errores de redacción y ortografía». Una vez obtenida la respuesta, se realizó una revisión del texto resultante para asegurar que conservara el tono y la intención presentes en la versión inicial del documento.

la prueba hacia las empresas, exigiéndoles la acreditación de mecanismos auditables de *compliance by design* para desvirtuar la convergencia colusoria.

Palabras clave

Competencia económica; economía de mercado; intercambio de información; procesamiento de datos; toma de decisiones.

AUTONOMOUS ALGORITHMIC COLLUSION UNDER ARTICLE 101 TFEU: EVIDENTIARY STANDARDS AND A REBUTTABLE PRESUMPTION GROUNDED IN TECHNICAL PLUS FACTORS

Abstract

The proliferation of autonomous pricing algorithms based on reinforcement learning has altered competitive dynamics in oligopolistic markets by enabling supracompetitive outcomes without human intervention or explicit information exchange. Such developments call into question the adequacy of the traditional concerted practice standard under Article 101 TFEU. The analysis identifies an ontological mismatch between the decision-making architecture of autonomous learning systems and the volitional requirements embedded in legal doctrine, suggesting that full-autonomy scenarios cannot be subsumed within existing legal categories. In response, it proposes a rebuttable presumption as a procedurally coherent mechanism. This presumption rests on verifiable technical plus factors that support an inference of artificial displacement of the competitive process where no plausible alternative economic explanation exists. Once triggered, it shifts the burden of proof to undertakings, which can rebut it only by demonstrating auditable compliance-by-design mechanisms capable of preventing collusive convergence.

Keywords

Economic competition; Market economy; Information exchange; Data processing; decision-making.

ENTENTE ALGORITHMIQUE AUTONOME AU REGARD DE L'ARTICLE 101 TFUE: STANDARD DE PREUVE ET PRESOMPTION REFRAGABLE FONDÉE SUR DES INDICES TECHNIQUES

Résumé

Cet article examine l'adéquation du standard traditionnel de la pratique concertée prévu à l'article 101 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) face à la prolifération d'algorithmes autonomes de fixation des prix fondés sur l'apprentissage par renforcement, susceptibles de produire des effets supraconcurrentiels sans intervention humaine ni échange explicite d'informations. Il met en évidence un décalage ontologique entre l'architecture décisionnelle des systèmes d'apprentissage autonome et les exigences volitives de la doctrine, excluant toute subsumption dans les catégories juridiques existantes en situation de pleine autonomie. L'article élabore, sur le plan dogmatique, une présomption *iuris tantum* conçue comme un mécanisme procéduralement cohérent. Fondée sur des indices techniques vérifiables, cette présomption entraîne un renversement de la charge de la preuve, que les entreprises ne peuvent écarter qu'en démontrant l'existence de mécanismes auditaibles de *compliance by design* propres à prévenir une convergence collusoire.

Mots clés

Concurrence économique; Économie de marché; Échange d'information; Traitement des données; Prise de décision.

SUMARIO

I. INTRODUCCIÓN. II. *REINFORCEMENT LEARNING* EN LA FIJACIÓN DE PRECIOS: AUTONOMÍA, TRANSPARENCIA ARTIFICIAL Y ELIMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTRATÉGICA. III. LA PRÁCTICA CONCERTADA EN LA JURISPRUDENCIA DEL TJUE. IV. ARQUITECTURA DECISIONAL AUTÓNOMA Y LA IMPOSIBILIDAD DE SUBSUNCIÓN. V. LA PRESUNCIÓN *IURIS TANTUM* Y EL *COMPLIANCE BY DESIGN* COMO ESTÁNDAR DE PRUEBA EN CONTRARIO. VI. CONCLUSIONES. *BIBLIOGRAFÍA*.

I. INTRODUCCIÓN

La irrupción de los sistemas de fijación de precios dotados de capacidades de aprendizaje autónomo ha alterado de manera estructural las condiciones bajo las cuales operan los mercados digitales contemporáneos. Tales sistemas son capaces de alcanzar y sostener equilibrios de precios sustancialmente superiores al nivel competitivo sin que medie contacto alguno entre los operadores humanos de las empresas implicadas, sin intercambio explícito de información estratégica y, en consecuencia, sin dejar rastro probatorio que satisfaga los estándares consolidados por la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) en materia de práctica concertada (Calvano *et al.*, 2020). Dicha realidad plantea una pregunta que trasciende el plano técnico y alcanza el corazón del derecho de la competencia europeo: si los efectos sobre el bienestar del consumidor son idénticos a los de un cartel clásico, pero las causas que los generan son radicalmente distintas, ¿puede el ordenamiento jurídico permanecer indiferente?

Como confirmación empírica de ese interrogante, la relevancia de esta cuestión ha sido acreditada. En el primer análisis causal sistemático de la relación entre adopción de *software* de precios algorítmico y dinámica competitiva, se encontró que los márgenes de beneficio comenzaron a incrementarse aproximadamente un año después de la adopción generalizada de estas herramientas en el mercado minorista alemán de gasolina, y que cuando ambos competidores en un duopolio utilizaban la tecnología, el operador con precios más elevados mostraba una menor propensión a reducirlos (Assad *et al.*, 2024). Tal hallazgo no es anecdótico: constituye evidencia causal de que el despliegue de algoritmos de aprendizaje induce coordinación implícita en mercados reales, con efectos cuantificables y persistentes sobre la estructura de precios.

De esa constatación se deriva una paradoja regulatoria de notable densidad conceptual. La paradoja regulatoria que emerge de este escenario es

de una nitidez conceptual difícil de ignorar. El mismo fenómeno que los economistas observan, modelan y miden mediante técnicas de ruptura estructural escapa, por razones inherentes a su propia arquitectura causal, al alcance del art. 101, apdo. 1, TFUE. La razón no es meramente probatoria, como si se tratara de una dificultad de detección susceptible de ser resuelta con mejores técnicas forenses. La razón es ontológica: el requisito de concertación, tal como ha sido construido por el Tribunal de Justicia desde los asuntos *ICI* y *Suiker Unie*, presupone una interacción consciente entre voluntades humanas que, en los escenarios de autonomía plena, sencillamente no existe (Jablonskis, 2022).

En términos de aportación al debate académico, la contribución de este trabajo reside en su doble articulación: técnica y normativa. Frente a los enfoques que proponen reformas legislativas o la creación de nuevas categorías jurídicas sustantivas (Harrington, 2018; Caforio, 2023), este artículo defiende que una reconfiguración del estándar probatorio mediante el mecanismo pretoriano de la presunción *iuris tantum* es no solo dogmáticamente compatible con el art. 101 TFUE en su redacción vigente, sino también más robusta desde la perspectiva de la seguridad jurídica y la eficacia del *enforcement*.

A partir de estas consideraciones, el objetivo general de este trabajo consiste en evaluar la suficiencia del estándar probatorio del art. 101 TFUE frente a la coordinación algorítmica autónoma y analizar la viabilidad de una presunción *iuris tantum* basada en *plus factors* técnicos que permita desplazar la carga de la prueba. La contribución principal radica en articular un modelo que, manteniendo la coherencia con la estructura doctrinal existente, incorpore criterios técnicos verificables para abordar fenómenos de coordinación sin contacto. Con ello, se busca ofrecer una propuesta que combine rigor dogmático y aplicabilidad práctica en un contexto de transformación tecnológica sostenida.

El artículo se despliega en cuatro secciones. En primer lugar, se caracteriza el mecanismo de funcionamiento del aprendizaje por refuerzo en la fijación de precios, con énfasis en su capacidad para reducir la incertidumbre estratégica mediante transparencia artificial. En segundo lugar, se sistematiza el modelo doctrinal de la práctica concertada en la jurisprudencia del Tribunal de Justicia, con particular atención al requisito de contacto y a la presunción de causalidad. En tercer lugar, se identifica el desajuste ontológico entre la arquitectura decisonal de los sistemas autónomos y las categorías jurídicas disponibles. Finalmente, se propone un modelo de imputación procesal articulado en torno a una presunción *iuris tantum* activada por *plus factors* técnicos verificables y desvirtuable exclusivamente mediante mecanismos de *compliance by design* auditables.

II. REINFORCEMENT LEARNING EN LA FIJACIÓN DE PRECIOS: AUTONOMÍA, TRANSPARENCIA ARTIFICIAL Y ELIMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTRATÉGICA

El aprendizaje por refuerzo constituye el paradigma técnico central que subyace a los sistemas de fijación de precios más avanzados desplegados en mercados digitales. A diferencia de los algoritmos descriptivos de primera generación, que operan conforme a reglas fijas definidas por programadores humanos, los sistemas de *reinforcement learning* no ejecutan instrucciones predefinidas, sino que construyen su propia estrategia de actuación a través de la experiencia acumulada en un entorno dinámico (Sarker, 2022). Este proceso de aprendizaje iterativo transforma fundamentalmente la naturaleza de la decisión de precios: deja de ser un acto humano mediado por cálculo consciente para convertirse en el resultado de un proceso computacional de optimización de beneficios a largo plazo que opera con autonomía creciente respecto de cualquier intervención humana posterior al despliegue.

Desde una perspectiva operativa, el mecanismo técnico subyacente puede describirse con precisión. Un agente de *Q-learning* recibe en cada período una señal del entorno que refleja el estado del mercado, selecciona una acción de un espacio discreto de posibles precios y actualiza iterativamente su estimación del valor esperado de cada combinación estado-acción en función de la recompensa obtenida (LeCun *et al.*, 2015). La función de actualización incorpora un factor de descuento que pondera la importancia de los beneficios futuros frente a los inmediatos, lo que introduce de manera estructural un horizonte temporal de largo plazo en la lógica decisional del agente. No se trata de que el algoritmo «calcule» la conveniencia de la colusión: se trata de que el propio proceso de optimización intertemporal, bajo ciertas condiciones de mercado, genera convergencia hacia equilibrios colusivos como resultado estadísticamente dominante (Calvano *et al.*, 2020).

A la luz de la evidencia empírica disponible, la robustez de este hallazgo ha sido documentada de manera exhaustiva. En experimentos con agentes de *Q-learning* operando en entornos de competencia de precios de Bertrand con productos diferenciados, los algoritmos aprendieron de manera consistente a fijar precios supracompetitivos sin comunicarse entre sí (Calvano *et al.*, 2020). El mecanismo subyacente es relativamente simple: cada agente prueba distintas estrategias de precios y evalúa los beneficios obtenidos. Cuando una reducción agresiva de precios provoca respuestas equivalentes de los competidores y disminuye los beneficios futuros, el algoritmo aprende a evitar dicha conducta. Por el contrario, cuando el mantenimiento de precios elevados produce ganancias más estables y persistentes, esa estrategia es progresivamente reforzada y replicada (Epivent y Lambin, 2024).

Como resultado, los agentes pueden desarrollar patrones de comportamiento que incluyen castigos frente a desviaciones y retornos graduales a niveles de precios supracompetitivos, sin que dichas estrategias hayan sido programadas explícitamente por operadores humanos (Klein, 2021). La coordinación emerge del propio proceso de aprendizaje, en la medida en que este refuerza las conductas más rentables a largo plazo (Bichler *et al.*, 2025). Tal dinámica resulta relevante porque puede persistir bajo variaciones en el número de agentes, asimetrías de costes y demanda, así como distintos grados de incertidumbre (Calvano *et al.*, 2020). La implicación técnica fundamental es que la colusión no constituye un objetivo introducido por los programadores, sino una propiedad emergente de sistemas que optimizan beneficios en entornos donde los agentes reaccionan continuamente a las decisiones de sus competidores (Gata, 2021).

Para explicar el mecanismo que impulsa dicha convergencia, el concepto de transparencia artificial resulta central para comprender por qué este proceso converge hacia resultados coordinados. En mercados digitales, los precios son observables en tiempo real por todos los participantes, lo que significa que cada agente dispone de información continua sobre las acciones de sus competidores. Esta transparencia no es una característica estructural neutral del mercado en sentido clásico: es el insumo informacional que alimenta el proceso de aprendizaje del algoritmo y que le permite detectar, con una latencia de milisegundos, cualquier desviación del nivel de precios coordinado (Hawkes, 2021). La velocidad de reacción que esta capacidad confiere a los agentes algorítmicos elimina de manera prácticamente completa el beneficio temporal que, en los mercados humanos, hacía que las desviaciones de un equilibrio colusivo fueran tentadoras a pesar del riesgo de represalia.

Bajo ese mismo marco analítico, la dinámica ha sido conceptualizada en la literatura como una forma de reducción artificial de la incertidumbre estratégica. En los oligopolios humanos clásicos, la incertidumbre sobre las futuras reacciones de los competidores dificulta la estabilidad de los equilibrios colusivos y hace necesaria alguna forma de comunicación para sostenerlos (Garrod y Olczak, 2018). Los sistemas de aprendizaje por refuerzo reducen esa incertidumbre de manera distinta, pues observan continuamente los precios del mercado, comparan los beneficios obtenidos tras cada decisión y actualizan sus estrategias en función de los patrones detectados (Brusatin *et al.*, 2024). Mediante este proceso, cada agente aprende progresivamente qué respuestas son previsibles cuando modifica sus precios (Klein, 2021).

Como consecuencia, los algoritmos aprenden que las reducciones agresivas de precios pueden activar dinámicas de castigo, en las que los precios y beneficios posteriores disminuyen para los participantes del mercado (Epivent y Lambin, 2023). Por el contrario, cuando los agentes mantienen

precios elevados y la interacción repetida refuerza respuestas semejantes, el mercado puede desplazarse hacia resultados supracompetitivos sostenidos, asociados a mayores beneficios que los niveles competitivos (Bichler *et al.*, 2025).

La repetición de este proceso lleva a los agentes a converger hacia estrategias supracompetitivas sin necesidad de intercambiar información ni recibir instrucciones para coordinarse (Den Boer *et al.*, 2024). El resultado es funcionalmente equivalente al de la concertación humana en sus efectos sobre los precios, aunque causalmente distinto en su origen: la coordinación emerge del aprendizaje basado en la observación del mercado y no de una decisión consciente de cooperar (Jedličková, 2019).

Por contraste con ese funcionamiento, la distinción técnica entre distintas generaciones de algoritmos tiene implicaciones directas para la comprensión de este fenómeno. Los sistemas de reglas fijas o algoritmos de primera generación operan conforme a parámetros definidos explícitamente por el programador, lo que significa que cualquier resultado anticompetitivo puede ser rastreado hasta una decisión humana de diseño. Los algoritmos de aprendizaje por refuerzo de segunda generación, por el contrario, construyen autónomamente sus reglas de acción mediante el proceso de exploración y explotación del espacio de decisiones (Marty, 2017). Tal distinción es técnicamente significativa porque implica que la estrategia de precios resultante no estaba inscrita en el código original: emergió del proceso de aprendizaje sin que ningún agente humano la diseñara, previera o instruyera específicamente.

La extensión de este fenómeno a sistemas basados en modelos de lenguaje extenso ha añadido una dimensión adicional de complejidad. En experimentos controlados con agentes de fijación de precios basados en GPT-4o en mercados oligopolísticos simulados, se observó que estos sistemas alcanzaban resultados colusorios de forma autónoma, impulsados por una lógica emergente de evitación de guerras de precios y maximización de beneficios conjuntos a largo plazo (Fish *et al.*, 2026). Los autores comprobaron además que determinadas instrucciones aparentemente inocuas, como priorizar la estabilidad del mercado, evitar fluctuaciones excesivas de precios o maximizar beneficios sostenibles en el tiempo, incrementaban significativamente la probabilidad de convergencia hacia precios supracompetitivos.

Sin embargo, la identificación de estas instrucciones no basta para fundamentar una infracción del art. 101 TFUE. Tales parámetros no contienen una orden explícita de coordinar precios ni evidencian una intención humana de sustituir la competencia por cooperación. Su función consiste en definir objetivos generales de optimización que, en determinados contextos estratégicos, pueden generar resultados colusorios sin que los operadores humanos hayan previsto o deseado específicamente dicha convergencia (Normann y

Sternberg, 2021). Así, la conducta realizada sigue siendo el producto de un proceso autónomo de aprendizaje y adaptación.

Precisamente por ello, el fenómeno continúa encajando formalmente en la lógica del paralelismo consciente antes que en la de la práctica concertada. Los algoritmos reaccionan a señales públicas del mercado y ajustan sus estrategias mediante observación recíproca, sin contacto, intercambio de información ni comunicación entre competidores (Bichler *et al.*, 2025). Aunque los efectos económicos sean funcionalmente equivalentes a los de un cartel, el elemento volitivo que exige la doctrina asentada en el asunto *Ahlström Osaakeyhtiö y otros contra la Comisión* permanece ausente, ya que la coordinación emerge del proceso computacional de optimización y no de una decisión consciente de los operadores económicos de actuar conjuntamente (Mikroulea, 2025).

En el núcleo explicativo del fenómeno, la función de recompensa ocupa un lugar central, pues determina qué resultados debe maximizar el agente durante el proceso de aprendizaje (Hadfield-Menell *et al.*, 2017). Cuando dicha función persigue la maximización del beneficio a largo plazo, los algoritmos aprenden que competir agresivamente mediante reducciones de precios disminuye sus ganancias futuras, mientras que mantener precios elevados las incrementa (Bichler *et al.*, 2025). Como resultado, la coordinación implícita emerge como la estrategia más rentable y se estabiliza como equilibrio del proceso de aprendizaje (Ballester, 2026). No existe una voluntad de coludir, sino un mecanismo de optimización que converge hacia resultados supracompetitivos porque estos maximizan la recompensa definida por el sistema (Normann, 2021).

De la caracterización técnica precedente se desprende una cuestión decisiva para el análisis jurídico: si la coordinación puede emerger sin contacto ni intercambio de información, resulta imprescindible examinar cómo el derecho de la competencia ha construido precisamente esos elementos como presupuesto de imputación. Sobre esa base, la sección siguiente reconstruye el modelo doctrinal de la práctica concertada en la jurisprudencia del Tribunal de Justicia, con el fin de identificar sus elementos estructurales y sus exigencias probatorias.

III. LA PRÁCTICA CONCERTADA EN LA JURISPRUDENCIA DEL TJUE

El art. 101, apdo. 1, TFUE prohíbe tres categorías de conducta anticompetitiva: los acuerdos entre empresas, las decisiones de asociaciones de empresas y las prácticas concertadas. Dado que el texto del Tratado no ofrece una definición positiva de la práctica concertada, su contenido y alcance han sido

construidos íntegramente mediante elaboración jurisprudencial por parte del Tribunal de Justicia a lo largo de más de dos décadas de doctrina (Jablonskis, 2022). Como resultado, el proceso de construcción pretoriana ha generado un modelo de imputación cuya arquitectura interna resulta indispensable comprender antes de evaluar su suficiencia frente a desafíos que el legislador originario no pudo anticipar.

Sobre esa base, la definición canónica de práctica concertada fue formulada por primera vez en el asunto *ICI/Comisión* de 1972, conocido como el caso de los colorantes, donde el Tribunal estableció que la práctica concertada designa una forma de coordinación entre empresas que, sin haber llegado a la etapa de elaboración de un convenio propiamente dicho, sustituye conscientemente los riesgos de la competencia por una cooperación práctica entre ellas (Petit, 2013). Tal formulación contiene dos elementos estructuralmente diferenciados: el elemento sustantivo de la sustitución de la competencia por cooperación, y el elemento modal de la conciencia, que exige que dicha sustitución sea el resultado de un acto volitivo deliberado. Ambos elementos son igualmente constitutivos y su concurrencia es necesaria para que la conducta quede comprendida en la prohibición.

A partir de dicha formulación, el asunto *Suiker Unie* de 1975 consolidó y amplió el marco conceptual al incorporar el principio de independencia de conducta como fundamento normativo de la prohibición. En esa resolución, el Tribunal afirmó que el principio de autonomía se opone rigurosamente a toda toma de contacto directa o indirecta entre operadores económicos que tenga por objeto o efecto influir en el comportamiento en el mercado de un competidor real o potencial, o revelar a dicho competidor el comportamiento que el propio operador ha decidido adoptar o que proyecta adoptar en el mercado (Petit, 2013). Así, la centralidad de ese principio es difícil de sobreestimar: implica que el objeto de la prohibición no es primariamente el resultado anticompetitivo, sino la sustitución del proceso autónomo de toma de decisiones por mecanismos de coordinación interempresarial.

De esta construcción se desprende el requisito de contacto, que ha sido objeto de un desarrollo jurisprudencial particularmente rico. El Tribunal de Justicia ha sido consistente en afirmar que la práctica concertada no puede inferirse del mero paralelismo de conductas en el mercado, por pronunciado que este sea. Cuando se examina el asunto *Ahlström/Comisión*, conocido como el caso de la pasta de papel, el Tribunal estableció que el paralelismo de conductas no puede ser considerado por sí solo como prueba de concertación, a menos que la concertación constituya la única explicación plausible de dicho comportamiento (Dunne, 2020). De este modo, la doctrina denominada estándar de la explicación alternativa plausible introduce un criterio de exclusión que estructura de manera determinante la lógica del razonamiento probatorio en estos casos.

Junto a ello, la presunción de causalidad representa el otro pilar fundamental del modelo doctrinal. El Tribunal de Justicia estableció en el asunto *Anic Partecipazioni* que, una vez probada la existencia de un contacto entre competidores con objeto anticompetitivo, se presume *iuris tantum* que las empresas que participan en la concertación y permanecen activas en el mercado tienen en cuenta la información intercambiada con sus competidores para determinar su conducta en ese mercado (Giacalone, 2024). Por consiguiente, la presunción de causalidad entre el contacto y la conducta ulterior alivia considerablemente la carga probatoria de las autoridades de competencia, trasladando al operador económico la responsabilidad de demostrar que su comportamiento en el mercado fue efectivamente autónomo e independiente del contacto producido.

Siguiendo esta línea de desarrollo, el asunto *T-Mobile Netherlands* de 2009 refinó ulteriormente el modelo al aclarar que la práctica concertada no requiere necesariamente la identificación de efectos concretos en el mercado cuando la restricción es por objeto, y que un único contacto puede ser suficiente para fundamentar la presunción de causalidad siempre que tenga por objeto el intercambio de información estratégicamente sensible (Calzolari, 2021). En consecuencia, la decisión resulta especialmente relevante porque eleva la función del contacto a elemento casi suficiente en sí mismo para fundar la infracción cuando va acompañado de información relativa a precios futuros o estrategias comerciales. La economía probatoria que esta doctrina produce es significativa: la Comisión no necesita demostrar que el comportamiento ulterior de las empresas se vio efectivamente influido por el intercambio, porque esa influencia se presume.

Al proyectarse este razonamiento en contextos tecnológicos, el asunto *Eturas* de 2016 constituyó el primer pronunciamiento del Tribunal de Justicia sobre práctica concertada mediada por un sistema informático común. En ese asunto, varias agencias de viajes utilizaban una plataforma de reservas gestionada por un tercero, cuyo administrador envió un mensaje técnico comunicando la imposición de un tope máximo a los descuentos aplicables. El Tribunal consideró que el conocimiento de dicho mensaje por parte de las agencias, combinado con la continuación de su actividad sin distanciamiento público, podía ser suficiente para fundamentar una infracción del art. 101 (Heinemann y Gebicka, 2016). Este pronunciamiento es significativo porque extiende el concepto de contacto indirecto a situaciones de comunicación mediada por infraestructura tecnológica compartida, aunque el supuesto sigue siendo radicalmente distinto de los escenarios de autonomía plena: en *Eturas* hubo un mensaje humano enviado, hubo una instrucción de restricción comunicada, hubo una base objetiva para imputar conocimiento.

Desde el plano normativo, las Directrices de la Comisión Europea sobre la aplicabilidad del art. 101 TFUE a los acuerdos de cooperación horizontal de 2023 reconocen explícitamente que el uso de algoritmos puede incrementar la transparencia del mercado y con ello el riesgo de resultados colusivos, y que la responsabilidad de las empresas por la conducta de sus algoritmos no puede ser eludida alegando que los precios fueron fijados por sistemas automatizados (Comisión Europea, 2023). No obstante, dicha codificación regulatoria parte del supuesto de que el algoritmo opera bajo control humano, es decir, que constituye un instrumento de ejecución de decisiones adoptadas por personas físicas con autoridad dentro de la empresa. El problema del agente autónomo que aprende su estrategia sin instrucción humana explícita de coordinar precios permanece estructuralmente no resuelto por estas directrices.

A la luz de esta construcción jurisprudencial, el modelo doctrinal resultante puede ser descrito con precisión analítica. Para que una conducta sea subsumible en la categoría de práctica concertada conforme al art. 101 TFUE, deben concurrir tres elementos: un contacto directo o indirecto entre competidores, la transmisión de información estratégicamente sensible que reduzca la incertidumbre sobre el comportamiento futuro de al menos uno de ellos y una conducta ulterior en el mercado respecto de la cual opera la presunción de causalidad con el contacto previo (Jablonskis, 2022). Dicho modelo exige estructuralmente la existencia de interacción humana como presupuesto de la imputación, no como mero instrumento de prueba.

Tras la reconstrucción jurisprudencial realizada, emerge la necesidad de confrontar sus categorías con la arquitectura decisional descrita en la sección anterior. Tal contraste permite evaluar si los elementos tradicionales del concepto de práctica concertada son capaces de capturar fenómenos de coordinación autónoma o si, por el contrario, revelan un desajuste más profundo. En consecuencia, la sección siguiente aborda de manera sistemática la incompatibilidad entre ambos planos, precisando su naturaleza y alcance.

IV. ARQUITECTURA DECISIONAL AUTÓNOMA Y LA IMPOSIBILIDAD DE SUBSUNCIÓN

La confrontación entre la arquitectura decisional de los sistemas de aprendizaje autónomo caracterizada en la segunda sección y el modelo de imputación de la práctica concertada sistematizado en la tercera revela una incompatibilidad que es de naturaleza ontológica y no meramente probatoria. Aclarar esta distinción resulta conceptualmente decisivo: si la brecha fuera solo probatoria, el problema sería de detección y podría resolverse con mejores herramientas técnicas de investigación. Pero si la brecha es ontológica, el

problema afecta a la estructura misma del concepto jurídico y su capacidad para capturar el fenómeno que se pretende regular (Harrington, 2018).

En lo que respecta al primer plano del desajuste, el requisito de contacto constituye el punto inicial de fricción. El modelo doctrinal construido por el Tribunal de Justicia presupone que la reducción de incertidumbre estratégica que distingue la práctica concertada del paralelismo consciente lícito se produce a través de alguna forma de interacción entre los operadores. Esta interacción puede ser directa, como en las reuniones físicas entre directivos de empresas competidoras, o indirecta, como en el supuesto de *Eturas*, donde la plataforma tecnológica actuó como canal de comunicación. En ambos casos, sin embargo, hay un flujo de información deliberadamente iniciado por un agente humano con el propósito de reducir la incertidumbre del destinatario sobre su comportamiento futuro (Heinemann y Gebicka, 2016). En los escenarios de aprendizaje autónomo, este elemento está estructuralmente ausente: ningún agente humano inicia ni recibe comunicación alguna. La reducción de incertidumbre se produce exclusivamente a través del procesamiento algorítmico de señales de mercado públicamente disponibles, sin que medie ningún acto humano de transmisión de información estratégica.

A continuación, el desajuste se proyecta sobre el elemento volitivo de la concertación. La formulación del Tribunal de Justicia exige que la sustitución de la competencia por cooperación sea consciente: es precisamente esa conciencia la que distingue la conducta prohibida de la mera adaptación inteligente al comportamiento observable de los competidores que la doctrina del paralelismo consciente declara lícita (Petit, 2013). En los sistemas de *reinforcement learning*, la convergencia hacia equilibrios supracompetitivos no es el resultado de ninguna decisión consciente de coordinar: es el producto de un proceso matemático de optimización intertemporal que encuentra en la coordinación implícita su solución dominante sin que ningún agente, humano o algorítmico, «decida» coludir en el sentido que el concepto jurídico requiere (Klein, 2021). La colusión es, en términos técnicos precisos, una propiedad emergente del sistema, no un objetivo inscrito en su diseño ni una elección adoptada en el curso de su funcionamiento.

De esa divergencia se desprenden consecuencias jurídicas de primera magnitud. El marco regulatorio horizontal determina que un algoritmo permanece bajo el control de la empresa y que, por tanto, el operador económico es responsable de su conducta (Comisión Europea, 2023). Tal formulación es correcta y suficiente cuando el sistema es un instrumento de ejecución de una estrategia de precios diseñada por humanos, es decir, cuando opera bajo la categoría de algoritmo mensajero (Ezrachi y Stucke, 2017). Pero cuando el algoritmo es un sistema de aprendizaje autónomo cuya estrategia no estaba inscrita en ninguna decisión humana previa, la noción de

control que subyace a la imputación se vuelve conceptualmente inestable: la empresa controla el sistema en el sentido de que decide desplegarlo, pero no controla la estrategia que el sistema aprende autónomamente, que es precisamente el objeto de la imputación desde la perspectiva competitiva.

En el plano de las analogías doctrinales, la jurisprudencia sobre responsabilidad de la empresa matriz por conductas de filiales, desarrollada en asuntos como *Akzo Nobel*, ofrece un precedente de imputación estructural que algunos autores han propuesto como análogo para la colusión algorítmica (Calzolari, 2021). En esa doctrina, la responsabilidad de la matriz se funda en la presunción de que ejerce influencia determinante sobre la política comercial de la filial, sin que sea necesario demostrar una instrucción específica. Sin embargo, la analogía enfrenta un límite conceptual preciso: en el caso de la matriz y la filial, ambas son entidades jurídicas que participan en el mercado y cuyas conductas son directamente imputables en virtud de su personalidad jurídica. El algoritmo, en cambio, no es una entidad: es un mecanismo decisional que opera dentro de la empresa y cuya conducta debe ser atribuida a esta a través de una construcción jurídica que el derecho de la competencia aún no ha elaborado con la precisión necesaria (Fontana y Barbuzzi, 2025).

Cuando se examina el tercer elemento del modelo doctrinal, el problema de la subsunción se agudiza en torno a la relación de causalidad entre el contacto y la conducta de mercado. La presunción de causalidad establecida en *Anic* funciona porque hay un contacto que puede ser identificado como el antecedente causal de la conducta coordinada. Dicha presunción descansa sobre una inferencia razonable: si una empresa participó en un intercambio de información estratégica, es razonable presumir que esa información influyó en sus decisiones de mercado posteriores. En escenarios de autonomía plena, la estructura inferencial se quiebra: no hay contacto que pueda ser identificado como antecedente, y por tanto no hay base para activar la presunción (Jablonskis, 2022). La conducta paralela existe, el efecto sobre los precios existe, pero el elemento que conecta causalmente la conducta con una infracción de los deberes de independencia que el art. 101 impone está estructuralmente ausente.

Frente a esa dificultad, se ha sugerido que la noción de «carácter artificial» de la coordinación algorítmica podría funcionar como sustituto funcional del requisito de contacto (Jedličková, 2019). Conforme a este argumento, cuando la convergencia estratégica no resulta de la dinámica natural del mercado, sino de la estructura tecnológica desplegada por las propias empresas, se produce una forma de artificialidad que debería ser suficiente para desactivar la defensa del paralelismo consciente. Tal propuesta es conceptualmente sugerente, pero enfrenta la objeción de que la artificialidad de la convergencia no equivale a la existencia de un contacto entre competidores: la empresa que despliega un algoritmo de aprendizaje no se pone en contacto con ningún competidor; introduce en el mercado

un agente que aprende de la observación de señales públicamente disponibles, lo cual es funcionalmente indistinguible, desde la perspectiva del agente, de la adaptación inteligente que la doctrina del paralelismo consciente declara lícita.

Desde una perspectiva comparada, el análisis con el derecho *antitrust* de los Estados Unidos confirma la universalidad del problema. Conforme a la Sección 1 de la *Sherman Act*, la colusión ejecutada por agentes de precios autónomos que determinan sus reglas de decisión sin intervención humana directa no constituye una violación, porque la norma requiere la existencia de un acuerdo entre personas, y los algoritmos no son personas en el sentido jurídicamente relevante (Harrington, 2018). La rigidez de este estándar ha llevado a que en el derecho estadounidense el análisis de *plus factors* haya quedado reducido a la búsqueda de indicios de comunicación humana, con lo cual el problema del agente verdaderamente autónomo permanece igualmente sin solución (Harrington, 2011). La comparación resulta ilustrativa porque sugiere que el desajuste no es una peculiaridad del derecho europeo, sino una consecuencia estructural de la construcción conceptual de las normas de competencia en torno al paradigma de la interacción humana consciente.

La equivalencia funcional entre los efectos de la colusión algorítmica autónoma y los de los carteles clásicos sobre el bienestar del consumidor es el elemento que convierte ese desajuste ontológico en un problema de política jurídica de primera magnitud. Los consumidores que pagan precios supracompetitivos sostenidos por la convergencia autónoma de algoritmos de aprendizaje sufren un daño idéntico en su naturaleza y cuantía al que sufrirían si el mismo resultado fuera consecuencia de una reunión clandestina entre directivos de las empresas implicadas (Hutchinson *et al.*, 2021). La equivalencia de efectos bajo radical diferencia de causas es precisamente el nudo conceptual que el derecho de la competencia debe resolver, y que no puede ser resuelto dentro de las categorías disponibles sin una reconfiguración del modelo de imputación.

Una vez identificado ese desajuste, la cuestión central deja de ser meramente descriptiva y pasa a ser normativa: determinar qué tipo de respuesta jurídica permite preservar la coherencia del sistema sin desbordar sus categorías fundamentales. En ese contexto, la sección siguiente introduce un modelo de imputación alternativo basado en una presunción *iuris tantum*, examinando sus condiciones de activación y su encaje dogmático en el marco del art. 101 TFUE.

V. LA PRESUNCIÓN *IURIS TANTUM* Y EL COMPLIANCE BY DESIGN COMO ESTÁNDAR DE PRUEBA EN CONTRARIO

La constatación del desajuste ontológico entre la arquitectura decisional de los sistemas de aprendizaje autónomo y los requisitos sustantivos de la

práctica concertada no exige necesariamente una reforma del art. 101 TFUE. Una alternativa más compatible con la estructura vigente consiste en reconfigurar el estándar probatorio mediante una presunción *iuris tantum* activada por indicios técnicos verificables (Giacalone, 2024). La solución no altera las categorías sustantivas del derecho de la competencia, sino que reconoce que, en determinadas condiciones técnicas de mercado, la convergencia supracompetitiva autónoma puede ser funcionalmente equivalente a la concertación. Tales condiciones incluyen mercados oligopolísticos con alta transparencia de precios, capacidad de observación continua de los competidores, respuestas algorítmicas de alta frecuencia y sistemas de aprendizaje orientados a la maximización de beneficios a largo plazo.

En estos entornos, los algoritmos pueden aprender estrategias coordinadas sin necesidad de comunicación o intervención humana directa, produciendo resultados análogos a los de un cartel tradicional (Clark, 2026). Cuando además concurren indicios objetivos de estabilidad supracompetitiva, sincronización ante choques exógenos y ausencia de una explicación económica alternativa plausible, el ordenamiento dispone de una base suficientemente sólida para presumir la existencia de una sustitución artificial del proceso competitivo y desplazar la carga de la prueba hacia las empresas implicadas (Mikroulea, 2025).

Para fundamentar dogmáticamente esta propuesta, el fundamento reside en la propia lógica de las presunciones procesales en el derecho de la Unión Europea. La presunción de causalidad establecida en *Anic* no exige la prueba directa de que el intercambio de información influyó en la conducta de mercado: infiere esa causalidad de la existencia del contacto previo porque, en condiciones normales de mercado, esa inferencia es estadísticamente robusta y el operador está en mejor posición para refutarla que la autoridad de competencia para probarla positivamente (Giacalone, 2024). La estructura lógica de la presunción que se propone en este trabajo sigue el mismo patrón: si concurren determinadas condiciones técnicas de mercado que hacen de la coordinación autónoma el resultado estadísticamente dominante, la inferencia de que los precios observados son el producto de una sustitución artificial del proceso competitivo es suficientemente robusta como para desplazar la carga de la prueba hacia las empresas implicadas.

Como primer componente operativo del modelo, la presunción propuesta se activa mediante la concurrencia de tres *plus factors* técnicos. En el derecho *antitrust* estadounidense, estos indicios permiten inferir una conducta coordinada cuando el mero paralelismo de comportamiento resulta insuficiente para explicarla (Harrington, 2011). Trasladados al contexto algorítmico, deben ser objetivamente verificables mediante técnicas econométricas y de análisis de datos. En particular, se propone considerar la estabilidad supracom-

petitiva sostenida, entendida como la persistencia de precios significativamente superiores al nivel competitivo; la sincronización frente a choques exógenos, manifestada en respuestas simultáneas y altamente correlacionadas a cambios en costes o demanda; y la ausencia de una explicación económica alternativa plausible.

La relevancia de estos indicadores radica en que permiten distinguir la mera adaptación racional al mercado de una convergencia algorítmica estructuralmente orientada hacia resultados coordinados. Mientras la estabilidad supracompetitiva revela que el equilibrio alcanzado no es transitorio, la sincronización ante perturbaciones externas evidencia un patrón de reacción difícilmente compatible con decisiones independientes (Calvano *et al.*, 2020). Por su parte, la exclusión de explicaciones alternativas evita que la presunción se active frente a fenómenos competitivamente neutros (Harrington, 2011). Solo la concurrencia de los tres factores proporciona una base suficientemente robusta para inferir que la dinámica observada refleja una sustitución artificial del proceso competitivo.

En desarrollo del primero de estos indicadores, la estabilidad supracompetitiva sostenida hace referencia a la permanencia de precios sustancialmente superiores al nivel competitivo durante un periodo temporal que excede el que sería atribuible a ajustes ordinarios del mercado o a variaciones de costes. La metodología de ruptura estructural utilizada en el análisis del mercado alemán de gasolina ofrece el referente técnico apropiado (Assad *et al.*, 2024): la convergencia a un nivel supracompetitivo estable aproximadamente un año después de la adopción generalizada del *software* de precios es precisamente el tipo de patrón que este primer *plus factor* busca capturar. La estabilidad temporal distingue el equilibrio supracompetitivo algorítmico de las fluctuaciones de precios que pueden ser atribuidas a mecanismos competitivos legítimos.

A continuación, el análisis se desplaza al segundo indicador, la sincronización frente a choques exógenos, que constituye el indicador técnico más preciso de coordinación implícita. En un mercado competitivo, los operadores responden a un mismo choque exógeno, como una variación de la demanda o un cambio en los costes de aprovisionamiento, de manera secuencial e independiente, con variaciones individuales que reflejan sus distintas posiciones de coste y estrategia. En un mercado donde los algoritmos han alcanzado un equilibrio coordinado, las respuestas a los choques exógenos son simultáneas y simétricas, con tiempos de reacción que oscilan en el rango de los milisegundos y magnitudes que convergen hacia el mismo punto de equilibrio (Klein, 2021). Este patrón de respuesta conjunta es técnicamente distinguible del ajuste competitivo ordinario mediante análisis de correlaciones temporales de alta frecuencia y constituye una evidencia objetiva y cuantificable de la existencia de un mecanismo de coordinación subyacente.

Como condición de cierre del filtro analítico, la ausencia de explicación económica alternativa plausible es el tercer *plus factor* y opera como condición necesaria que filtra los falsos positivos. Este elemento, que guarda coherencia estructural con el estándar de la explicación alternativa plausible establecido en la doctrina del caso *Ahlström*, exige que las autoridades de competencia descarten, antes de activar la presunción, que el patrón observado pueda ser razonablemente atribuido a causas competitivamente neutras: liderazgo de precios legítimo, respuesta coordinada a regulación sectorial, economías de escala en aprovisionamiento o cualquier otro mecanismo de convergencia de precios sin implicar sustitución artificial del proceso competitivo (Caforio, 2023). Solo cuando las dos primeras condiciones se cumplen y la tercera permite descartar alternativas plausibles, la presunción queda activada.

Una vez activada la presunción, el segundo elemento del modelo es la definición del estándar de prueba en contrario que las empresas deben satisfacer para desvirtuarla. Este estándar no puede ser simplemente la afirmación de que el algoritmo fue programado sin instrucciones explícitas de coludir, porque ese argumento es técnicamente inútil: precisamente porque la colusión es una propiedad emergente del aprendizaje autónomo, la ausencia de instrucción explícita es perfectamente compatible con la existencia de resultados coordinados (Harrington, 2018). El estándar de prueba en contrario debe ser, por tanto, la acreditación positiva de que la empresa adoptó mecanismos técnicos verificables destinados a impedir que el sistema de aprendizaje convergiera hacia estrategias colusorias: esto es lo que la literatura denomina *compliance by design*.

Para precisar el contenido de ese estándar, el *compliance by design*, en el sentido en que se utiliza en este artículo, hace referencia al conjunto de restricciones técnicas, procedimientos de auditoría y mecanismos de supervisión que la empresa incorpora en el diseño y el ciclo de vida del sistema algorítmico para garantizar que su proceso de aprendizaje no converge hacia equilibrios supracompetitivos (Giacalone, 2024). Esta exigencia encuentra un anclaje normativo en el Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea, que impone obligaciones de supervisión humana, transparencia y gestión de riesgos a los sistemas de IA de alto impacto, y que puede ser interpretado como la expresión sectorial de un principio general de diligencia debida en el diseño de sistemas autónomos que interactúan con mercados regulados (Fontana y Barbuzzi, 2025). La empresa que pueda acreditar mediante documentación técnica auditada que adoptó restricciones en la función de recompensa del sistema, que implementó mecanismos de prueba de desviación forzada conforme a los métodos propuestos (Klein, 2021) o que desplegó herramientas de monitoreo continuo capaces de detectar y corregir la convergencia hacia equilibrios coordinados habrá satisfecho el estándar de prueba en contrario y destruido la presunción.

Como desarrollo técnico específico de este enfoque, la propuesta de «pesar calibrado pesimista» desarrollada ofrece una base técnica precisa para desarrollar la exigencia de *compliance by design* en su dimensión más rigurosa (Hartline *et al.*, 2025). Este marco regulatorio requiere que los algoritmos adopten una función de aprendizaje que penalice los ingresos superiores al nivel del equilibrio de Nash de un solo periodo, desincentivando así estructuralmente la cooperación tácita a largo plazo. Una empresa que pueda demostrar que su sistema incorpora este tipo de restricción o una funcionalmente equivalente habrá satisfecho el estándar técnico de la eximente: ha diseñado su algoritmo para «desaprender» la colusión como estrategia, lo que constituye la evidencia más directa posible de que el resultado coordinado no le es imputable.

Desde la perspectiva de su viabilidad procesal, este modelo descansa en su coherencia con los principios generales del derecho probatorio en los procedimientos de aplicación del art. 101 TFUE. La Comisión Europea y las autoridades nacionales de competencia disponen de facultades de inspección y requerimiento de información que pueden ser utilizadas para obtener el acceso al código fuente de los sistemas algorítmicos, a los datos de entrenamiento y a los registros de decisiones que permiten verificar la existencia de patrones de convergencia supracompetitiva (Nazzini y Henderson, 2024). La introducción de la presunción *iuris tantum* no crea nuevas obligaciones sustantivas para las empresas: simplemente reorganiza la distribución de las cargas procesales en función de la posición epistémica relativa de las partes, colocando en manos de quien más fácilmente puede destruirla la responsabilidad de aportar la prueba contraria.

En cuanto a sus implicaciones para las garantías procesales, este diseño procesal tiene también implicaciones importantes para los derechos de defensa de las empresas. Una presunción *iuris tantum* correctamente calibrada debe ser susceptible de destrucción mediante prueba contraria real y no solo formal. Por ello, el *compliance by design* como estándar de exención no puede ser una exigencia puramente documental o declarativa: debe requerir la demostración positiva de que el sistema técnico adoptado era capaz, con un grado razonable de eficacia, de impedir la convergencia hacia estrategias colusorias (Beneke y Mackenrodt, 2021). Esta exigencia de eficacia técnica real preserva el equilibrio entre la eficacia del *enforcement* y la proporcionalidad de la intervención regulatoria, que es un principio fundamental del derecho de la Unión en materia de sanciones.

Frente a la alternativa de reforma legislativa, la alternativa de reformar el texto del art. 101 TFUE para eliminar el requisito de concertación o sustituirlo por un estándar de efectos puros presenta costes jurídicos que la presunción *iuris tantum* evita (Caforio, 2023). La reforma textual requeriría unanimidad en el Consejo o mayoría cualificada en el procedimiento legislativo ordinario, y riesgo

altísimo de desestabilizar la arquitectura conceptual de todo el sistema de prohibiciones del derecho de la competencia europeo, que descansa sobre la distinción entre conducta unilateral y conducta coordinada. La presunción, en cambio, opera dentro del marco existente y permite al Tribunal de Justicia, en el ejercicio de su función jurisdiccional, adaptar los estándares probatorios a las realidades técnicas del mercado digital sin necesidad de intervención legislativa.

VI. CONCLUSIONES

La disonancia ontológica entre las categorías jurídicas vigentes y la arquitectura decisional de los sistemas autónomos sugiere la urgencia de repensar los mecanismos de imputación en el derecho de la competencia. El paradigma probatorio sustentado en la interacción humana consciente resulta estructuralmente insuficiente para capturar dinámicas de convergencia supracompetitiva generadas por algoritmos de aprendizaje por refuerzo. Frente a este vacío normativo, el establecimiento de una presunción *iuris tantum* activada por factores técnicos adicionales emerge como una respuesta procesalmente viable y dogmáticamente coherente para preservar la eficacia del marco regulatorio, específicamente frente a las exigencias del art. 101 TFUE.

En el plano teórico, la aportación conceptual central radica en la reconfiguración del estándar probatorio sin exigir una alteración de las categorías sustantivas del ordenamiento. Al categorizar la transparencia artificial y la velocidad de reacción algorítmica como prácticas facilitadoras, se trasciende la búsqueda de un concierto de voluntades puramente psicológico. De este modo, se consolida un modelo donde indicadores objetivos, tales como la estabilidad supracompetitiva prolongada y la sincronización simultánea frente a choques exógenos, adquieren la densidad probatoria necesaria para inferir una coordinación implícita, asumiendo siempre que se logre descartar una explicación económica alternativa razonable.

Desde una perspectiva práctica, esta reconceptualización redistribuye las cargas procesales atendiendo a la posición epistémica relativa de los actores del mercado. Al desplazar la carga probatoria hacia el operador económico, se dota a las agencias de competencia de una herramienta efectiva para superar la opacidad inherente a los sistemas de aprendizaje profundo. Simultáneamente, se proporciona a las empresas un cauce de seguridad jurídica mediante un estándar de prueba en contrario basado en el cumplimiento desde el diseño o *compliance by design*. La adopción de restricciones algorítmicas auditables, como podría ser la penalización algorítmica de ingresos que superan el equilibrio competitivo estático, se erige como el mecanismo idóneo y verificable para desvirtuar la presunción de ilicitud.

El horizonte de investigación académica debe expandirse necesariamente hacia una intersección más profunda entre la dogmática *antitrust* y las ciencias de la computación. Resulta prioritario desarrollar nuevas metodologías de auditoría técnica que permitan evaluar la propensión colusiva de sistemas aún más complejos, incluyendo los agentes de mercado basados en modelos de lenguaje extenso. Asimismo, se hace indispensable un esfuerzo interdisciplinario riguroso para afinar los umbrales econométricos que diferencian la sincronización artificial de la mera adaptación competitiva, con el fin de mitigar el riesgo de falsos positivos en la futura aplicación de estas presunciones procesales.

La delegación de decisiones económicas estratégicas en sistemas de inteligencia artificial plantea interrogantes que trascienden el análisis sancionador para adentrarse en la filosofía del derecho y la gobernanza de la tecnología. El ordenamiento jurídico parece encontrarse en un punto de inflexión histórico donde la persecución de intenciones humanas subjetivas cede paso a la exigencia de responsabilidad estructural sobre los entornos de decisión. La preservación de la autonomía competitiva en la economía digital requerirá, previsiblemente, que el derecho evolucione desde la mera sanción de conductas hacia una regulación proactiva de las racionalidades inmersas en el propio diseño tecnológico.

Bibliografía

- Assad, Stephanie; Clark, Robert; Ershov, Daniel y Xu, Lei (2024). Algorithmic Pricing and Competition: Empirical Evidence from the German Retail Gasoline Market. *Journal of Political Economy*, 132 (3), 723-771. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/726906>.
- Ballester, Gonzalo (2026). Algorithmic Collusion under Sequential Pricing and Stochastic Costs. *International Journal of Industrial Organization*, 106. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2026.103281>.
- Beneke, Francisco y Mackenrodt, Mark-Oliver (2021). Remedies for Algorithmic Tacit Collusion. *Journal of Antitrust Enforcement*, 9 (1), 152-176. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jaenfo/jnaa040>.
- Bichler, Martin; Durmann, Julius y Oberlechner, Matthias (2025). Algorithmic Pricing and Algorithmic Collusion. *Business and Information Systems Engineering*, 67, 971-979. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12599-025-00965-z>.
- Brusatin, Simone; Padoan, Tommaso; Coletta, Andrea; Delli Gatti, Domenico y Glielmo, Aldo (2024). Simulating the Economic Impact of Rationality through Reinforcement Learning and Agent-Based Modelling. En *Proceedings of the 5th ACM International Conference on AI in Finance (ICAIF '24)* (pp. 159-167). New York: Association for Computing Machinery. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3677052.3698621>.

- Caforio, Valeria (2023). Algorithmic Tacit Collusion: A Regulatory Approach. *The Competition Law Review*, 15 (1), 9-30. Disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4164905>.
- Calvano, Emilio; Calzolari, Giacomo; Denicolò, Vincenzo y Pastorello, Sergio (2020). Artificial Intelligence, Algorithmic Pricing, and Collusion. *American Economic Review*, 110 (10), 3267-3297. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/aer.20190623>.
- Calzolari, Luca (2021). The Misleading Consequences of Comparing Algorithmic and Tacit Collusion: Tackling Algorithmic Concerted Practices under Art. 101 TFEU. *European Papers*, 6 (2), 1195-1228. Disponible en: <https://doi.org/10.15166/2499-8249/519>.
- Clark, Robert (2026). Innis Lecture: Algorithmic Pricing and Competition. *Canadian Journal of Economics*, 58 (4), 1236-1253. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/caje.70035>.
- Comisión Europea. (2023). *Guidelines on the Applicability of Article 101 of the Treaty on the Functioning of the European Union to Horizontal Co-operation Agreements. Annex to the Communication from the Commission, C (2023) 3445 final*. Brussels: European Commission. Disponible en: <https://is.gd/Hsdjj2>.
- Den Boer, Arnoud V.; Meylahn, Janusz M. y Schinkel, Maarten Pieter (2024). *Artificial Collusion: Examining Supracompetitive Pricing by Q-Learning Algorithms*. Amsterdam Law School Research Paper; 2022-25; Amsterdam Center for Law and Economics Working Paper; 2022-06. Disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4213600>.
- Dunne, Niamh (2020). Characterizing Hard Core Cartels Under Article 101 TFEU. *The Antitrust Bulletin*, 65 (3), 376-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0003603X20929121>.
- Epivent, Andréa y Lambin, Xavier (2024). On Algorithmic Collusion and Reward-Punishment Schemes. *Economics Letters*, 237. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2024.111661>.
- Ezrachi, Ariel y Stucke, Maurice E. (2017). Artificial Intelligence and Collusion: When Computers Inhibit Competition. *University of Illinois Law Review*, 2017 (5), 1775-1810. Disponible en: <https://is.gd/PWYDxm>.
- Fish, Sara; Gonczarowski, Yannai A. y Shorrer, Ran I. (2026). Algorithmic Collusion by Large Language Models. *arXiv preprint arXiv:2404.00806v5*. Disponible en: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.00806>.
- Fontana, Gino y Barbuzzi, Nicola Pierpaolo (2025). Profili giuridici degli agenti elettronici: smart contract, soggettività algoritmica e logiche computazionali. *Rivista Italiana di Informatica e Diritto*, 2, 521-537. Disponible en: <https://doi.org/10.32091/RIID0235>.
- Garrod, Luke y Olczak, Matthew (2018). Explicit vs Tacit Collusion: The Effects of Firm Numbers and Asymmetries. *International Journal of Industrial Organization*, 56, 1-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2017.10.006>.
- Gata, João E. (2021). Collusion between Algorithms: A Literature Review and Limits to Enforcement. *European Review of Business Economics*, 1 (1), 73-94. Disponible en: <https://doi.org/10.26619/ERBE2021.01.4>.

- Giactalone, Maria (2024). Algorithmic Collusion: Corporate Accountability and the Application of Art. 101 TFEU. *European Papers*, 9 (3), 1048-1061. Disponible en: <https://doi.org/10.15166/2499-8249/798>.
- Hadfield-Menell, Dylan; Milli, Smitha; Abbeel, Pieter; Russell, Stuart y Dragan, Anca D. (2017). Inverse Reward Design. En *Proceedings of the 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017)* (pp. 1-10). Long Beach, CA: Neural Information Processing Systems Foundation. Disponible en: <https://is.gd/z0isfL>.
- Harrington, Joseph E. Jr. (2011). Posted Pricing as a Plus Factor. *Journal of Competition Law and Economics*, 7 (1), 1-35. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/joclec/nhq028>.
- Harrington, Joseph E. Jr. (2018). Developing Competition Law for Collusion by Autonomous Artificial Agents. *Journal of Competition Law and Economics*, 14 (3), 331-363. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/joclec/nhy016>.
- Hartline, Jason D.; Wang, Chang y Zhang, Chenhao (2025). Regulation of Algorithmic Collusion, Refined: Testing Pessimistic Calibrated Regret. En *CSLAW '25: Proceedings of the 2025 Symposium on Computer Science and Law* (pp. 98-108). Munich: Association for Computing Machinery. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3709025.3712217>.
- Hawkes, Colm (2021). A Market Investigation Tool to Tackle Algorithmic Tacit Collusion: An Approach for the (Near) Future. *Research Papers in Law*, 3/2021. Bruges: College of Europe. Disponible en: <https://is.gd/Jdy5Zg>.
- Heinemann, Andreas y Gebicka, Aleksandra (2016). Can Computers Form Cartels? About the Need for European Institutions to Revise the Concertation Doctrine in the Information Age. *Journal of European Competition Law and Practice*, 7 (7), 431-441. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jeclap/lpw036>.
- Hutchinson, Christophe Samuel; Ruchkina, Gulnara Fliurovna y Pavlikov, Sergei Guerasimovich (2021). Tacit Collusion on Steroids: The Potential Risks for Competition Resulting from the Use of Algorithm Technology by Companies. *Sustainability*, 13 (2), 951. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13020951>.
- Jablonskis, Martynas (2022). Concerted Practices: Concept and Evolution. *International Comparative Jurisprudence*, 8 (1), 13-25. Disponible en: <https://doi.org/10.13165/j.icj.2022.06.002>.
- Jedličková, Barbora (2019). Digital Polyopoly. *World Competition*, 42 (3), 309-334. Disponible en: <https://doi.org/10.54648/woco2019018>.
- Klein, Timo (2021). Autonomous Algorithmic Collusion: Q-Learning under Sequential Pricing. *RAND Journal of Economics*, 52 (3), 538-558. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12383>.
- LeCun, Yann; Bengio, Yoshua y Hinton, Geoffrey (2015). Deep Learning. *Nature*, 521 (7553), 436-444. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- Marty, Frédéric (2017). Algorithmes de prix, intelligence artificielle et équilibres collusifs. *Revue Internationale de Droit Economique*, 31 (2), 83-116. Disponible en: <https://doi.org/10.3917/ride.312.0083>.

- Mikroulea, Alexandra P. (2025). Algorithms and Collusion: Bridging the Gap with Alternative Tools. *IIC - International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 56, 463-469. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40319-025-01578-5>.
- Nazzini, Renato y Henderson, James (2024). Overcoming the Current Knowledge Gap of Algorithmic Collusion and the Role of Computational Antitrust. *Stanford Computational Antitrust*, 4, 1-32. Disponible en: <https://is.gd/kAy6yF>.
- Normann, Hans-Theo y Sternberg, Martin (2021). Do Machines Collude Better than Humans? *Journal of European Competition Law and Practice*, 12 (10), 765-771. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jeclap/lpab082>.
- Petit, Nicolas (2013). The Oligopoly Problem in EU Competition Law. En Ioannis Lianos y Damien Geradin (eds.). *Research Handbook on European Competition Law* (pp. 1-40). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. Disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.1999829>.
- Sarker, Iqbal H. (2022). AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems. *SN Computer Science*, 3, 158. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>.