

**DERECHO PENAL Y CIENCIA: DESAFÍOS
ANTE LOS NUEVOS HORIZONTES DE LA
NEUROCIENCIA, LA GENÉTICA Y LA
INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Discurso leído en el acto de su recepción como
Académico Correspondiente en Barcelona por

Dr. Jaume Antich Soler

el día 25 de junio de 2026

**DERECHO PENAL Y CIENCIA: DESAFÍOS
ANTE LOS NUEVOS HORIZONTES DE
LA NEUROCIENCIA, LA GENÉTICA Y
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

DERECHO PENAL Y CIENCIA: DESAFÍOS ANTE LOS NUEVOS HORIZONTES DE LA NEUROCIENCIA, LA GENÉTICA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Discurso leído en el acto de su recepción como
Académico Correspondiente en Barcelona por
Dr. D. Jaume Antich Soler
el día 25 de junio de 2026

Arrecife (Lanzarote), Hotel Lancelot Playa

Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote
Excmos. e Ilmos. Sras. y Sres. Académicos y demás Autoridades
Compañeros y amigos,
Señoras y Señores.

I. INTRODUCCIÓN

Mis primeras palabras deben ser necesariamente de gratitud.

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote por el inmenso honor que supone mi incorporación a esta ilustre Corporación. Recibo esta distinción con emoción, con humildad y, sobre todo, con el sentimiento de responsabilidad que acompaña siempre a quien es llamado a integrarse en una institución consagrada al cultivo del conocimiento y al servicio de la sociedad.

Mi agradecimiento se dirige de manera muy especial a su Presidente, el Excmo. Sr. Dr. D. Francisco González de Posada. Su trayectoria intelectual constituye uno de los mejores ejemplos de una concepción integradora del saber que rechaza las fronteras artificiales entre ciencias, ingenierías y humanidades. Quienes

hemos tenido el privilegio de conocer un poco de su obra sabemos que buena parte de su magisterio ha consistido precisamente en recordarnos que las grandes preguntas sobre el ser humano sólo pueden abordarse adecuadamente desde la convergencia de múltiples disciplinas.

No deja de resultar especialmente significativo que esta reflexión tenga lugar en una Academia vinculada al legado de Blas Cabrera Felipe, una de las figuras más universales de la ciencia española, cuya trayectoria constituye también un ejemplo de la fecunda relación entre especialización científica y visión humanista del conocimiento.

Deseo igualmente expresar mi reconocimiento y gratitud, al Excmo. Sr. Dr. D. Alfredo Rocafort Nicolau, Presidente de la Real Academia Europea de Doctores, institución a la que tengo el honor de pertenecer como Académico de Número y con la que mantengo una vinculación particularmente intensa tanto desde el plano académico como desde el personal. La Real Academia Europea de Doctores representa hoy uno de los espacios más fértiles para el diálogo interdisciplinar entre las distintas ramas del conocimiento, compartiendo con esta Academia una misma vocación humanista y universalista.

La referencia a la Real Academia Europea de Doctores posee para mí además una dimensión íntima que deseo recordar en este acto.

Mi padre, el Dr. Jaume Antich Femenias, desarrolló durante muchos años una intensa actividad académica en dicha Corporación. Médico y genetista, perteneció a aquella generación de pioneros que contribuyeron decisivamente al desarrollo de la genética clínica en Cataluña y en España. Sin embargo, si algo me impresionó siempre de su trayectoria no fue únicamente su

condición de científico, sino la extraordinaria amplitud de sus intereses intelectuales. Pues a lo largo de toda su vida mantuvo una curiosidad prácticamente ilimitada por todas las formas del conocimiento. La medicina, la genética, la historia, la filosofía, la literatura, la antropología, la teología o la historia de las ideas científicas constituían para él manifestaciones distintas de una misma búsqueda intelectual.

Aquella actitud alcanzó quizás su expresión más significativa cuando, tras toda una vida dedicada a la ciencia, decidió iniciar estudios universitarios de Humanidades, culminando dicha licenciatura después de haber superado los setenta años.

Con el paso del tiempo he comprendido que aquella decisión encerraba una profunda lección intelectual. Demostraba que el conocimiento auténtico no reconoce compartimentos estancos y que las grandes cuestiones relativas al ser humano exigen necesariamente el diálogo entre ciencias y humanidades. En el sentido más noble del término, mi padre fue un hombre sabio. No porque pretendiera abarcarlo todo, sino porque comprendió que los distintos saberes sólo alcanzan plenamente su significado cuando se contemplan como partes de una misma realidad.

Probablemente el origen remoto del presente trabajo se encuentra precisamente en esa convicción. Porque si mi padre recorrió el camino que conduce desde las ciencias biomédicas hacia las humanidades, quien hoy les habla ha realizado, en cierto modo, el recorrido inverso. Desde el Derecho penal he sentido progresivamente la necesidad de aproximarme a la genética, a la neurociencia y a la inteligencia artificial para comprender mejor algunas de las categorías fundamentales sobre las que se asienta la responsabilidad jurídica.

Ese itinerario intelectual explica el objeto de este discurso.

Nos encontramos ante una de las transformaciones científicas más profundas de la historia contemporánea. La genética humana está permitiendo comprender con una precisión sin precedentes las bases biológicas del desarrollo y de la conducta. La neurociencia explora cada vez con mayor detalle los mecanismos cerebrales implicados en la percepción, la emoción, la memoria, la conciencia y la toma de decisiones. La inteligencia artificial, por su parte, introduce herramientas capaces de identificar patrones, realizar inferencias complejas y generar modelos predictivos sobre comportamientos humanos. Cada una de estas disciplinas constituye por sí sola una auténtica revolución científica. Sin embargo, el verdadero desafío intelectual no surge de ninguna de ellas aisladamente considerada, sino de su convergencia.

La cuestión fundamental ya no consiste únicamente en determinar qué sabemos acerca de los genes, del cerebro o de los algoritmos, sino en comprender qué imagen del ser humano emerge cuando estos tres ámbitos convergen sobre un mismo objeto: la conducta humana. Y es precisamente en este punto donde el problema adquiere una extraordinaria relevancia jurídica. Porque el Derecho penal es, en último término, el sistema mediante el cual una sociedad atribuye responsabilidad a las personas por sus actos más graves. Cualquier transformación significativa en nuestra comprensión científica del comportamiento humano termina proyectándose inevitablemente sobre conceptos tan esenciales como libertad, imputabilidad, culpabilidad, responsabilidad o pena.

¿Puede el Derecho penal permanecer inalterado cuando cambia radicalmente nuestra comprensión científica del ser humano?

El propósito de esta obra no consiste en ofrecer respuestas definitivas a cuestiones que probablemente seguirán siendo objeto

de debate durante décadas. Su finalidad es más modesta, aunque no por ello menos ambiciosa: analizar los principales avances producidos en genética humana, neurociencia e inteligencia artificial; examinar sus posibles implicaciones para la teoría de la responsabilidad penal; y reflexionar acerca de los desafíos que dichos avances plantean para la preservación de las garantías fundamentales propias del Estado de Derecho. Para ello he seguido un método necesariamente interdisciplinar.

En una primera parte¹ se examinan los avances más relevantes producidos en genética humana, neurociencia e inteligencia artificial. Posteriormente se analizan sus posibles repercusiones sobre las categorías fundamentales del Derecho penal contemporáneo. Finalmente, se propone una reflexión acerca de los riesgos y oportunidades que esta nueva realidad científica plantea para el futuro de un Derecho penal comprometido con la dignidad humana, la responsabilidad por el hecho y las garantías propias de una sociedad democrática.

A mi juicio, la tesis que inspira estas páginas puede anticiparse desde ahora. La genética, la neurociencia y la inteligencia artificial no obligan necesariamente a abandonar los

¹ El orden finalmente adoptado en la exposición responde a una decisión metodológica deliberada. Aunque el título del discurso menciona la neurociencia antes que la genética, el análisis se inicia con esta última por representar el sustrato biológico de predisposición y variabilidad individual; continúa con la neurociencia, encargada de estudiar la organización funcional del cerebro y la toma de decisiones; y concluye con la inteligencia artificial, entendida como el conjunto de herramientas computacionales capaces de integrar y modelizar datos derivados de las disciplinas precedentes, incluso de otras. El itinerario seguido avanza así desde el genoma hasta el cerebro y desde éste hacia el algoritmo, sin perjuicio de que la inteligencia artificial pueda integrar también otras fuentes de información biológica, conductual y contextual. Siguiendo así, una progresión analítica orientada exclusivamente a favorecer la claridad expositiva y la coherencia epistemológica del estudio.

fundamentos del Derecho penal liberal y garantista. Sin embargo, sí exigen revisar críticamente algunas de las presuposiciones antropológicas sobre las que tradicionalmente se ha construido la teoría de la responsabilidad.

Nos enfrentamos así a una paradoja singular. Cuanto más capaces somos de explicar científicamente determinados aspectos de la conducta humana, mayor parece ser la necesidad de preservar aquellas categorías normativas que permiten seguir considerando a cada individuo como una persona y no como un mero objeto de clasificación, predicción o administración del riesgo. Tal vez ese sea uno de los grandes desafíos intelectuales y jurídicos del siglo XXI.

Y precisamente a esa cuestión dedicaré las páginas que siguen.

II. GENÉTICA CONDUCTUAL CONTEMPORÁNEA, EPIGENÉTICA Y RESPONSABILIDAD PENAL

2.1. Introducción: el ocaso del paradigma del “gen criminal”

Pocas áreas del conocimiento contemporáneo han sufrido una simplificación mediática tan intensa como la genética conductual². Durante décadas, el imaginario popular —y no pocas aproximaciones pseudocientíficas— asumieron que conductas

² La genética conductual contemporánea ha abandonado prácticamente por completo los antiguos modelos monogénicos de conducta, sustituyéndolos por arquitecturas poligénicas altamente distribuidas y profundamente dependientes de interacción ambiental. Vid PEZZOLI, Patrizia / McCRORY, Eamon J. / VIDING, Essi, “Shedding Light on Antisocial Behavior Through Genetically Informed Research”, *Annual Review of Psychology*, vol. 76, 2025, pp. 797–819.

complejas como la agresividad, la impulsividad o incluso la criminalidad podrían localizarse causalmente en genes específicos, reeditando bajo formas molecularizadas algunos de los viejos presupuestos biologicistas del positivismo criminológico decimonónico.

Sin embargo, la genética contemporánea ha hecho científicamente insostenibles las explicaciones monogénicas y lineales de la conducta antisocial, desacreditando de manera prácticamente definitiva semejante paradigma simplificador.

Hoy resulta científicamente insostenible sostener la existencia de un determinismo mendeliano³ de la conducta; o un monogenismo criminal; o incluso una mera relación lineal simple entre genotipo y comportamiento antisocial.

La conducta humana compleja no emerge de un solo gen aislado; ni tampoco de una estructura cerebral singular o de una causalidad biológica unidimensional. Por el contrario, aparece como resultado de una interacción extraordinariamente compleja entre una arquitectura poligénica distribuida, una regulación epigenética⁴, un neurodesarrollo dinámico, una plasticidad cerebral, una experiencia biográfica, un aprendizaje, un trauma, un ambiente socioeconómico, y sistemas culturales de socialización.

³ La crítica contemporánea al determinismo mendeliano simple constituye uno de los consensos básicos de la genética postgenómica. Sobre la insuficiencia de modelos lineales genotipo-fenotipo en rasgos psicológicos complejos, vid. PLOMIN, Robert, *Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are*, MIT Press, Cambridge, 2018, pp. 71–108.

⁴ La epigenética contemporánea ha mostrado que experiencias tempranas de estrés, trauma y privación pueden modular funcionalmente sistemas neuroendocrinos y regulatorios mediante alteraciones epigenéticas relativamente estables. Sobre ello, vid. MEANEY, Michael J., *The Developing Genome: An Introduction to Behavioral Epigenetics*, W. W. Norton, New York, 2010, pp. 53–68.

La genética conductual contemporánea no destruye la libertad humana; pero sí obliga a abandonar definitivamente las concepciones ingenuas del sujeto abstractamente autodeterminado sobre las que se edificaron determinadas formulaciones clásicas de la culpabilidad penal en el pasado.

2.2. La revolución postgenómica y la arquitectura poligénica de la conducta

El Proyecto Genoma Humano generó inicialmente expectativas casi ilimitadas. Se esperaba identificar con relativa precisión las bases genéticas de inteligencia, la agresividad, la psicopatía, la adicción, los trastornos psiquiátricos y también la conducta antisocial. En cierto sentido, la hipótesis implícita seguía siendo profundamente reduccionista en tanto se planteaba la existencia de correspondencias relativamente simples entre genes y rasgos conductuales. Sin embargo, la revolución postgenómica produjo un resultado exactamente inverso pues los modernos *Genome-Wide Association Studies*⁵ (GWAS), capaces de analizar simultáneamente millones de variantes genéticas distribuidas a lo

⁵ Los *Genome-Wide Association Studies* (GWAS) permiten analizar simultáneamente millones de variantes genéticas distribuidas a lo largo del genoma mediante modelos estadísticos de asociación poblacional. Su importancia reside en haber demostrado que los rasgos conductuales complejos poseen arquitectura extraordinariamente poligénica y distribuida. Vid. TIELBEEK, Jouke et al., “Genome-Wide Association Studies of a Broad Spectrum of Antisocial Behavior”, *JAMA Psychiatry*, vol. 74, n° 12, 2017, pp. 1242–1250. La mayor parte de variantes identificadas en estudios GWAS explican fracciones extremadamente pequeñas de varianza fenotípica, razón por la cual la capacidad predictiva individual continúa siendo limitada. Sobre el problema de los *small effect sizes* en genética conductual, vid. TURKHEIMER, Eric, “Three Laws of Behavior Genetics and What They Mean”, *Current Directions in Psychological Science*, vol. 9, n° 5, 2000, pp. 160–164.

largo del genoma, mostraron que los rasgos psicológicos y conductuales complejos poseen arquitectura extraordinariamente poligénica y altamente distribuida. Por lo que cada variante genética individual posee efectos estadísticos mínimos y explica fracciones diminutas de varianza. De forma tal que sólo adquiere relevancia dentro de complejas interacciones sistémicas. En este sentido conviene citar a Robert Plomin, junto a otros autores que han mostrado que prácticamente todos los rasgos psicológicos relevantes son altamente poligénicos, haciendo científicamente insostenible la antigua búsqueda del supuesto “gen criminal”.

Desde este paradigma la conducta antisocial no constituye una entidad biológicamente localizada, sino un fenotipo emergente derivado de miles de variantes distribuidas, de procesos regulatorios, de plasticidad neurobiológica, así como de modulaciones ambientales continuas.

2.3. Polygenic Risk Scores: probabilidades, no destinos

Uno de los desarrollos más sofisticados de la genética contemporánea son los denominados *Polygenic Risk Scores*⁶

⁶ Los *Polygenic Risk Scores* (PRS) agregan estadísticamente miles de variantes genéticas para estimar predisposición relativa respecto de determinados fenotipos. Su relevancia es poblacional y probabilística, no individual ni determinista. Sobre fundamentos metodológicos y limitaciones inferenciales de los PRS, vid. CHOI, Samuel W. / MAK, Timothy S.-H. / O'REILLY, Paul F., “Tutorial: a guide to performing polygenic risk score analyses”, *Nature Protocols*, vol. 15, 2020, pp. 2759–2772. Uno de los problemas más graves de los PRS contemporáneos reside en el denominado *ancestry bias*: la mayoría de las bases genómicas se construyen sobre poblaciones europeas, dificultando enormemente extrapolaciones robustas a otros grupos poblacionales. Vid. MARTIN, Alicia et al., “Clinical use of current polygenic risk scores may exacerbate health disparities”, *Nature Genetics*, vol. 51, 2019, pp. 584–591. Un PRS no mide “riesgo genético individual” en sentido clínico fuerte, sino posición

(PRS), que vienen a ser sistemas estadísticos que agregan miles de variantes genéticas para estimar predisposiciones probabilísticas respecto de determinados rasgos o vulnerabilidades conductuales.

Su relevancia científica es indudable. Sin embargo, también aquí aparece uno de los mayores riesgos epistemológicos contemporáneos: la confusión entre predisposición estadística y determinación individual. Pues es necesario destacar que un PRS no identifica conductas futuras concretas; no permite inferir inevitabilidad conductual; no elimina contingencia biográfica; ni autoriza imputaciones causales lineales. Únicamente expresa incrementos relativos de probabilidad poblacional, que son dependientes del contexto ambiental, de la heterogeneidad poblacional y con modelos estadísticos complejos. Precisamente por ello, autores como Alicia Martin han advertido que la aplicación acrítica de PRS puede exacerbar desigualdades poblacionales, *ancestry bias*, problemas de transferibilidad y sesgos estructurales en inferencia genética.

Y aquí emerge una cuestión central para el Derecho penal: trasladar probabilidades poblacionales al ámbito de responsabilidad individual constituye un salto epistemológicamente ilegítimo. El proceso penal juzga actos (por acción u omisión) imputables a personas concretas, no distribuciones estadísticas de riesgo biológico.

2.4. Caspi, Moffitt y el punto de inflexión en los modelos de interacción gen-ambiente

relativa dentro de una distribución poblacional bajo condiciones metodológicas determinadas.

Uno de los trabajos más influyentes de toda la genética conductual contemporánea fue el célebre estudio de Avshalom Caspi y Terrie Moffitt sobre interacción entre variante MAOA⁷ de baja actividad, maltrato infantil severo y conducta violenta. Dicho estudio fue frecuentemente vulgarizado mediáticamente como descubrimiento del supuesto “gen de la violencia”. Cuando en realidad el estudio defendía una tesis radicalmente distinta: la conducta antisocial emerge de la interacción dinámica entre vulnerabilidad genética⁸ y experiencia ambiental.

La variante MAOA ni producía automáticamente violencia, ni permitía predicción individual robusta. Su relevancia aparecía fundamentalmente en sujetos sometidos a abuso severo, trauma temprano y contextos altamente disfuncionales.

La importancia histórica de este trabajo fue enorme porque constituyó un punto de inflexión en los modelos de interacción gen-ambiente. La causalidad conductual aparecía, así como relacional,

⁷ El estudio de Caspi y Moffitt constituye uno de los trabajos fundacionales del modelo *gene × environment interaction*. Lejos de defender un determinismo genético simple, mostró que determinadas variantes de baja actividad MAOA sólo incrementaban significativamente riesgo de conducta violenta bajo condiciones severas de maltrato infantil. Vid. CASPI, Avshalom et al., “Role of Genotype in the Cycle of Violence in Maltreated Children”, *Science*, vol. 297, 2002, pp. 851–854. Aunque conviene precisar que la literatura científica posterior sobre MAOA en maltrato infantil ha sido compleja y no puede presentarse como una verdad cerrada.

⁸ Los modelos de interacción gen-ambiente (*gene × environment interaction models*, G×E) describen relaciones dinámicas no lineales mediante las cuales determinados contextos ambientales pueden modular diferencialmente la expresión fenotípica asociada a vulnerabilidades genéticas. Vid. MEANEY, Michael J., “Epigenetics and the Biological Definition of Gene × Environment Interactions”, *Child Development*, vol. 81, n° 1, 2010, pp. 41–79; DICK, Danielle M., “Gene–Environment Interaction in Psychological Traits and Disorders”, *Annual Review of Clinical Psychology*, vol. 7, 2011, pp. 383–409.

dinámica, probabilística, y profundamente dependiente de trayectorias biográficas concretas.

2.5. Epigenética: la biografía incorporada⁹

La epigenética constituye probablemente una de las revoluciones conceptuales más profundas de la biología contemporánea. Determinadas experiencias pueden asociarse a cambios epigenéticos funcionalmente relevantes, especialmente en sistemas de estrés y regulación neuroendocrina.

El ADN ya no puede entenderse como programa rígido e inmutable. La expresión génica se encuentra sometida a complejos mecanismos regulatorios como: DNA methylation¹⁰; histone modification; chromatin remodeling; regulación transcripcional; y non-coding RNAs.

Ello implica algo de extraordinaria relevancia antropológica y jurídico-penal: la experiencia biográfica modifica funcionalmente la expresión genética. Los trabajos de Michael Meaney demostraron que el cuidado materno temprano; estrés crónico; trauma infantil; y entorno afectivo alteran regulación epigenética de sistemas neuroendocrinos vinculados a respuesta al estrés y

⁹ La noción de “biografía incorporada” resulta particularmente relevante para la criminología contemporánea porque desigualdad, trauma y exclusión pueden producir efectos neurobiológicos y regulatorios objetivables. Sobre ello, vid. MCCRARY, Justin / SHEN, Jiayi, “Biological Embedding of Social Adversity”, *Annual Review of Sociology*, vol. 49, 2023, pp. 421–444.

¹⁰ La metilación del ADN constituye uno de los principales mecanismos epigenéticos de regulación transcripcional, alterando expresión génica sin modificar secuencia nucleotídica. Sobre mecanismos epigenéticos fundamentales, vid. CECIL, Charlotte A. M. et al., “Epigenetics and Psychopathology”, *Annual Review of Clinical Psychology*, vol. 12, 2016, pp. 97–122, esp. pp. 101–108.

regulación emocional. La biografía personal deja huella biológica, pues hay experiencias que se asocian a cambios relevantes. La desigualdad puede incorporarse biológicamente a través de múltiples vías como las siguientes: estrés crónico, neurodesarrollo, regulación inflamatoria, mecanismos epigenéticos y plasticidad cerebral.

Y ello posee consecuencias decisivas para la teoría contemporánea de la culpabilidad. El Derecho penal ya no puede seguir operando sobre la ficción ilustrada de sujetos abstractamente equivalentes, homogéneos y desvinculados de trayectorias biográficas profundamente desiguales.

2.6. Trauma, transmisión intergeneracional y memoria biológica

Las investigaciones más recientes sugieren incluso fenómenos parciales de transmisión epigenética intergeneracional¹¹. Así estudios desarrollados sobre descendientes de supervivientes del Holocausto, sobre la hambruna neerlandesa, sobre el trauma extremo, sobre la violencia masiva, y sobre el estrés severo prenatal, apuntan a asociaciones epigenéticas intergeneracionales, cuya interpretación causal, estabilidad y transmisibilidad transgeneracional siguen siendo objeto de debate.

Aunque el campo continúa siendo metodológicamente complejo y científicamente discutido, sus implicaciones filosóficas son enormes. La frontera clásica establecida entre naturaleza,

¹¹ La hipótesis de transmisión epigenética intergeneracional continúa siendo científicamente discutida, aunque estudios sobre descendientes de supervivientes del Holocausto y hambrunas históricas sugieren posibles alteraciones regulatorias heredables. Vid. YEHUDA, Rachel et al., “Holocaust Exposure Induced Intergenerational Effects on FKBP5 Methylation”, *Biological Psychiatry*, vol. 80, n° 5, 2016, pp. 372–380.

historia, biología, cultura, individuo, y memoria colectiva comienza así a difuminarse profundamente. La biología humana aparece cada vez menos como destino cerrado y cada vez más como un sistema plástico de inscripción histórica no definitiva en un ecosistema.

2.7. Genética, desigualdad y vulnerabilidad estructural

Uno de los grandes debates contemporáneos gira en torno a la relación entre genética, desigualdad social, y justicia distributiva. Así autores como Kathryn Paige Harden han insistido en que reconocer influencia genética sobre rasgos conductuales no implica justificar desigualdad social ni legitimar fatalismos biologicistas. Precisamente, al contrario, la vulnerabilidad biológica puede incrementar deberes colectivos de protección. Ésta es una cuestión fundamental frente a nuevas formas de neolombrosianismo molecular, biologización del fracaso social y meritocracia genética.

La genética contemporánea no legitima fatalismo social; diluye, más bien, la ficción de igualdad antropológica simplista sobre la que se construyeron determinados modelos clásicos de responsabilidad individual.

2.8. CRISPR, edición genómica y transformación futura del Derecho penal

La aparición de las tecnologías contemporáneas de edición genómica constituye probablemente uno de los acontecimientos científicos más disruptivos de las primeras décadas del siglo XXI. Si la secuenciación masiva del genoma humano transformó radicalmente la capacidad de conocimiento biológico, la irrupción

de sistemas de edición genética como CRISPR¹²-Cas9 ha modificado además la propia relación epistemológica del ser humano con su material genético. Por primera vez en la historia, el genoma humano deja progresivamente de ser únicamente objeto de observación científica para convertirse potencialmente en objeto de intervención tecnológica deliberada.

El sistema CRISPR-Cas deriva de mecanismos inmunológicos adaptativos bacterianos mediante los cuales determinados microorganismos son capaces de reconocer y neutralizar secuencias genéticas virales específicas. A partir de los trabajos fundacionales de Jennifer Doudna, Emmanuelle Charpentier y Martin Jinek, la biología molecular contemporánea consiguió transformar dicho mecanismo biológico en una herramienta de edición genómica extraordinariamente precisa, flexible y relativamente accesible.

Desde un punto de vista técnico, el sistema CRISPR-Cas9 utiliza una secuencia guía de ARN capaz de dirigir una nucleasa — generalmente Cas9— hacia regiones concretas del ADN, permitiendo cortes dirigidos sobre secuencias específicas del

¹² MARTIN JINEK, KRZYSZTOF CHYLINSKI, INES FONFARA, MICHAEL HAUER, JENNIFER A. DOUDNA Y EMMANUELLE CHARPENTIER, “A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity”, en *Science*, vol. 337, n° 6096, 2012, pp. 816–821. DOI: 10.1126/science.1225829.

JENNIFER A. DOUDNA Y EMMANUELLE CHARPENTIER, “Genome Editing. The New Frontier of Genome Engineering with CRISPR-Cas9”, en *Science*, vol. 346, n° 6213, 2014, 1258096. DOI: 10.1126/science.1258096.

FENG ZHANG y colaboradores: F. Ann Ran et al., “Double Nicking by RNA-Guided CRISPR Cas9 for Enhanced Genome Editing Specificity”, en *Cell*, vol. 154, n° 6, 2013, pp. 1380–1389. DOI: 10.1016/j.cell.2013.08.021. Giedrius Gasiunas et al., “Cas9-crRNA Ribonucleoprotein Complex Mediates Specific DNA Cleavage for Adaptive Immunity in Bacteria”, en *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 109, n° 39, 2012, pp. E2579–E2586.

genoma. Una vez producido el corte, los mecanismos celulares de reparación permiten eliminar; sustituir; insertar; o modificar fragmentos concretos de información genética.

La trascendencia científica de este avance resulta difícilmente exagerable. Las antiguas técnicas de edición genética eran lentas; costosas; poco eficientes; y técnicamente complejas. CRISPR ha reducido drásticamente: costes, tiempo, y dificultad técnica, democratizando parcialmente la capacidad de intervención genómica y acelerando de manera extraordinaria el desarrollo de la terapia génica, de la medicina personalizada, de la ingeniería celular, de la biología sintética, e incluso de la genética predictiva.

Pero si el CRISPR supone un espectacular avance en la genética, aún más relevantes resultan los desarrollos posteriores conocidos como: ***base editing*** y ***prime editing***. El *base editing*¹³, desarrollado principalmente por David Liu¹⁴ y su equipo, permite modificar bases nitrogenadas concretas sin necesidad de producir rotura de doble cadena del ADN, incrementando notablemente precisión y seguridad. El *prime editing*¹⁵, presentado en 2019, permite además realizar: inserciones, deleciones y sustituciones complejas con enorme precisión, y con una reducción significativa en la generación de errores genómicos secundarios.

¹³ ALEXIS C. KOMOR, YONGJOO B. KIM, MICHAEL S. PACKER, JOHN A. ZURIS Y DAVID R. LIU, “Programmable Editing of a Target Base in Genomic DNA Without Double-Stranded DNA Cleavage”, en *Nature*, vol. 533, 2016, pp. 420–424.

¹⁴ Véanse, entre otros: Anzalone, A. V., et al., “Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA”, *Nature*, 576(7785), 2019, pp. 149–157; y Mok, B. Y., et al., “CRISPR-free base editors with enhanced activity and expanded targeting scope in mitochondrial and nuclear DNA”, *Nature Biotechnology*, 40, 2022, pp. 1378–1387

¹⁵ ANDREW V. ANZALONE et al., “Search-and-Replace Genome Editing Without Double-Strand Breaks or Donor DNA”, en *Nature*, vol. 576, 2019, pp. 149–157.

Todo ello nos viene a transformar radicalmente el estatuto filosófico y jurídico del genoma humano. La cuestión ya no consiste únicamente en conocer predisposiciones biológicas o vulnerabilidades genéticas, sino y muy especialmente en la posibilidad futura de intervenir tecnológicamente sobre determinados rasgos biológicos. Ahora bien, ello no significa que hablemos de un supuesto “gen criminal” extirpable, y hay que evitar extrapolaciones simplistas, pues la genética contemporánea no avala científicamente la existencia de dicho gen malévolo. Debemos poner el foco en que la conducta humana posee una arquitectura que es extraordinariamente poligénica, multifactorial y profundamente dependiente de interacción gen–ambiente, como se ha dicho ut supra.

Los rasgos complejos como la agresividad, la impulsividad, la conducta antisocial o la vulnerabilidad psicopatológica dependen de miles de variantes genéticas de pequeño efecto estadístico, de la regulación epigenética, del neurodesarrollo, de la plasticidad cerebral de la experiencia biográfica y del contexto sociocultural. Y precisamente por ello, las tecnologías CRISPR no permiten imaginar seriamente programas de “edición genética de la criminalidad”. Tal pretensión carecería actualmente de fundamento científico. No obstante, sí emerge un problema mucho más sofisticado, la posibilidad futura de intervenir sobre determinadas vulnerabilidades neurobiológicas asociadas a enfermedades, a impulsividad extrema o a trastornos severos del neurodesarrollo, entre otros.

2.9. Conclusiones: Los avances en la genética humana y el Derecho Penal

Primera. La genética contemporánea parece haber

debilitado de forma decisiva el paradigma del determinismo biológico simple. La genética postgenómica ha hecho científicamente insostenibles las antiguas concepciones monogenéticas y lineales de la conducta humana. Los modernos *Genome-Wide Association Studies* (GWAS), la genómica poblacional y la genética conductual contemporánea muestran que rasgos complejos como impulsividad, agresividad, vulnerabilidad psiquiátrica o conducta antisocial poseen una arquitectura extraordinariamente poligénica, distribuida y profundamente dependiente de la interacción ambiental, de la regulación epigenética y de la plasticidad neurobiológica. La conducta humana ya no puede interpretarse como expresión causal directa de genes aislados, sino como fenómeno emergente derivado de interacción dinámica entre biología, experiencia y entorno sociocultural.

Segunda. Los Polygenic Risk Scores y la genética predictiva poseen relevancia estadística poblacional, pero no permiten inferencias deterministas individualizadas. Los *Polygenic Risk Scores* (PRS) representan uno de los desarrollos metodológicos más sofisticados de la genética contemporánea. Sin embargo, expresan únicamente incrementos probabilísticos relativos dentro de modelos poblacionales complejos. No identifican conductas futuras concretas, no permiten predicciones individualizadas robustas y no legitiman inferencias causales lineales. La traslación acrítica de probabilidades genéticas poblacionales al ámbito de responsabilidad penal individual constituiría un salto epistemológicamente ilegítimo incompatible con los principios estructurales del Derecho penal liberal y garantista.

Tercera. La gran tarea del Derecho penal del siglo XXI consistirá en incorporar el conocimiento científico sin renunciar a la centralidad de la persona y de las garantías

constitucionales. La genética contemporánea no destruye la libertad humana, pero sí obliga a abandonar definitivamente las concepciones ingenuas de autodeterminación absoluta sobre las que se edificaron determinadas construcciones dogmáticas clásicas. El desafío fundamental del Derecho penal contemporáneo consistirá en integrar críticamente los avances científicos sin reducir al individuo a mera realidad biológica cuantificable. Frente a la tentación tecnocrática de convertir a la persona en objeto de predicción, clasificación y administración algorítmica del riesgo, el constitucionalismo penal deberá seguir afirmando la dignidad humana, la responsabilidad por el hecho y el carácter garantista del sistema de justicia penal.

III. NEUROCIENCIA CONTEMPORÁNEA, AGENCIA HUMANA Y RESPONSABILIDAD PENA

3.1. Transformación actual de la neurociencia

Durante las dos últimas décadas la neurociencia ha experimentado una mutación conceptual profunda, pues el cerebro ya no se comprende adecuadamente como un conjunto de módulos aislados, ni como una suma de regiones especializadas que producen linealmente percepción, emoción, decisión o conducta. La investigación contemporánea lo interpreta, más bien, como un sistema caracterizado por interacciones entre redes distribuidas, variabilidad temporal de la conectividad y reorganización dependiente de experiencia.

Esta transformación obliga a abandonar dos imágenes igualmente insuficientes, la primera es la imagen clásica de un sujeto racional transparente para sí mismo, dotado de una voluntad

soberana, consciente y plenamente autosuficiente. La segunda es la imagen opuesta, igualmente pobre, de un organismo determinado mecánicamente por circuitos cerebrales que actuarían como causas cerradas de la conducta.

La neurociencia actual es más compleja que ambos extremos. Muestra condicionamientos profundos, pero no autoriza un determinismo jurídico simplista.

3.2 Del cerebro localizado al cerebro en red

Uno de los avances decisivos ha sido el paso desde el localizacionismo clásico¹⁶ hacia la conectómica¹⁷ y la neurociencia de redes. El cerebro humano contiene regiones funcionalmente diferenciadas, pero sus operaciones cognitivas superiores no se agotan en dichas regiones. Percepción, memoria, control ejecutivo,

¹⁶ El *localizacionismo clásico* interpretaba las funciones cognitivas y conductuales como procesos relativamente circunscritos a regiones cerebrales anatómicamente específicas, presupuestando una correspondencia funcional relativamente estable entre estructuras discretas y operaciones mentales determinadas. (“The theory of cortical localization of function holds that different cerebral cortical territories serve different functions.”) FINGER, Stanley, “Chapter 10: The Birth of Localization Theory”, *Handbook of Clinical Neurology*, vol. 95, 2009, pp. 117–128, doi:10.1016/S0072-9752(08)02110-6.

¹⁷ La conectómica contemporánea interpreta el cerebro como un sistema complejo de redes estructurales y funcionales distribuidas, en el que la cognición emerge de patrones dinámicos de conectividad más que de módulos anatómicos discretos. SPORNS, Olaf / TONONI, Giulio / KÖTTER, Rolf, “The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain”, *PLoS Computational Biology*, vol. 1, n° 4, 2005, e42, doi:10.1371/journal.pcbi.0010042. SPORNS, Olaf, “The Human Connectome: A Complex Network”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1224, n° 1, 2011, pp. 109–125, doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05888.x. La conectómica no estudia simplemente “conexiones”, sino la arquitectura global de comunicación estructural y funcional del cerebro.

emoción, atención y decisión dependen de la coordinación entre redes distribuidas.

Desde esta perspectiva, resultan especialmente relevantes redes como:

1. El *default mode network*¹⁸, implicada en procesos autorreferenciales, memoria autobiográfica, simulación mental y pensamiento interno,
2. La *salience network*, relevante para detectar estímulos significativos y cambiar entre estados cognitivos,
3. La *executive control network*, vinculada al control cognitivo, planificación, inhibición y regulación de la conducta.

La evidencia disponible no apoya la existencia de una única estructura cerebral identificable como sustrato exclusivo de la voluntad o de la toma de decisiones

3.3. Predictive processing: el cerebro como órgano de inferencia

Uno de los marcos teóricos más influyentes —aunque todavía discutido en cuanto a su alcance explicativo general— es el predictive processing¹⁹. Según este modelo, el cerebro no se limita

¹⁸ RAICHLE, Marcus E., “The Brain’s Default Mode Network”, *Annual Review of Neuroscience*, vol. 38, 2015, pp. 433–447, doi:10.1146/annurev-neuro-071013-014030.

¹⁹ El *predictive processing* constituye un marco teórico neurocomputacional según el cual el cerebro funciona como un sistema jerárquico de inferencia probabilística que genera continuamente modelos predictivos del entorno y, minimiza discrepancias entre predicción y señales sensoriales mediante

a recibir estímulos externos y reaccionar ante ellos, sino que genera predicciones continuas sobre el mundo, el cuerpo y las consecuencias de la acción. La percepción resulta de la comparación entre predicciones²⁰ descendentes (*top-down predictions*) y señales ascendentes (*bottom-up prediction errors*²¹).

En este marco, la cognición se entiende como inferencia probabilística en la que el cerebro construye modelos generativos²²

actualización bayesiana y corrección de error predictivo. Sobre el paradigma neurocomputacional del *predictive processing*, vid. CLARK, Andy, *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2016, pp. 1–28, esp. p. 5. Por otro lado, es importante no confundirlo con el *Predictive Coding* que es un modelo computacional específico de implementación neuronal. El *predictive coding* describe mecanismos computacionales concretos mediante los cuales errores de predicción son transmitidos entre niveles neuronales jerárquicos RAO, Rajesh P. N. / BALLARD, Dana H., “Predictive Coding in the Visual Cortex: A Functional Interpretation of Some Extra-Classical Receptive-Field Effects”, *Nature Neuroscience*, vol. 2, nº 1, 1999, pp. 79–87, doi:10.1038/4580. La denominada *Bayesian Brain Hypothesis*, interpreta el cerebro como sistema inferencial que estima probabilísticamente causas ocultas del entorno mediante actualización continua de creencias predictivas. Vid et cfr. KNILL, David C. / POUGET, Alexandre, “The Bayesian Brain: The Role of Uncertainty in Neural Coding and Computation”, *Trends in Neurosciences*, vol. 27, nº 12, 2004, pp. 712–719. doi:10.1016/j.tins.2004.10.007

²⁰ CLARK, Andy, *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2016.

²¹ El *prediction error* designa la discrepancia entre señales sensoriales efectivamente recibidas y estados previamente predichos por modelos generativos internos. La minimización de dicho error constituye uno de los principios organizadores fundamentales del procesamiento cerebral contemporáneamente entendido. FRISTON, Karl J., “A Theory of Cortical Responses”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 360, nº 1456, 2005, pp. 815–836, doi:10.1098/rstb.2005.1622.

²² Los modelos generativos constituyen representaciones probabilísticas internas mediante las cuales el cerebro anticipa regularidades ambientales, estados corporales y consecuencias potenciales de la acción. FRISTON, Karl et al.,

del entorno y los actualiza cuando aparecen errores de predicción. La acción, a su vez, puede entenderse como un modo de reducir la discrepancia entre los estados esperados y los estados efectivamente percibidos. Esta es la base de dos conceptos clave desarrollados por Karl Friston, el *free-energy principle*²³ y la *active inference*²⁴.

Esto transforma profundamente la idea clásica de libertad habida cuenta de que la conducta no surgiría de un instante puro de voluntad consciente, sino de procesos jerárquicos de predicción, corrección, aprendizaje y regulación. Ahora bien, tampoco puede seguirse de ello que el sujeto sea una máquina cerrada. Los sistemas predictivos son plásticos, son revisables, dependientes del contexto y sensibles al aprendizaje.

“Action and Behavior: A Free-Energy Formulation”, *Biological Cybernetics*, vol. 102, n° 3, 2010, pp. 227–260.

²³ El *free-energy principle* sostiene que los sistemas biológicos autoorganizados minimizan continuamente energía libre variacional, reduciendo discrepancias entre modelos internos y estados sensoriales mediante percepción, acción y aprendizaje adaptativo. (Any self-organizing system that is at equilibrium with its environment must minimize its free energy). FRISTON, Karl, “The Free-Energy Principle: A Unified Brain Theory?”, *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 11, n° 2, 2010, pp. 127–138.

²⁴ La *active inference* describe procesos mediante los cuales los organismos minimizan error predictivo no sólo actualizando modelos internos, sino actuando activamente sobre entorno y estados corporales para hacer coincidir percepción y predicción. FRISTON, Karl / FITZGERALD, Thomas / RIGOLI, Francesco / SCHWARTENBECK, Philipp / O'DOHERTY, John / PEZZULO, Giovanni, “Active Inference and Learning”, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 68, 2016, pp. 862–879, doi:10.1016/j.neubiorev.2016.06.022. El procesamiento predictivo contemporáneo extiende inferencia probabilística no sólo al entorno externo, sino también a señales interoceptivas corporales, integrando emoción, corporalidad y autoconciencia dentro de arquitecturas predictivas encarnadas (*embodied predictive processing*). SETH, Anil K., “Interoceptive Inference, Emotion, and the Embodied Self”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 17, n° 11, 2013, pp. 565–573, doi:10.1016/j.tics.2013.09.007

Los modelos neurocomputacionales predictivos no autorizan una eliminación simplista de responsabilidad jurídica, pero sí obligan a abandonar concepciones metafísicamente ingenuas de libertad entendida como espontaneidad causal absoluta²⁵. Así la neurociencia predictiva contemporánea no interpreta el cerebro humano como un mecanismo reactivo lineal ni tampoco como una voluntad metafísica autónoma, sino como un sistema dinámico de inferencia probabilística, corporalmente encarnado y continuamente regulado mediante predicción, aprendizaje y corrección de error.

3.4 Decisión distribuida y fin del “centro de la voluntad”

Los avances recientes en técnicas de registro neuronal a gran escala han proporcionado nuevas evidencias a favor de una concepción distribuida de la función cerebral. Particular relevancia posee el estudio publicado en 2025 por el International Brain Laboratory²⁶, en el que se registró la actividad de 621.733 neuronas

²⁵ Vid et cfr. HOHWY, Jakob, *The Predictive Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2013.

²⁶ El International Brain Laboratory (IBL), es un consorcio internacional creado para estudiar de manera integrada cómo el cerebro genera percepción, decisión y conducta mediante dinámicas neuronales distribuidas a gran escala. A diferencia de los modelos clásicos, centrados frecuentemente en regiones cerebrales aisladas o en experimentos localizados, el IBL desarrolla una aproximación masiva, colaborativa y computacional orientada a registrar simultáneamente actividad neuronal en múltiples áreas cerebrales durante tareas conductuales complejas. El proyecto reúne neurocientíficos, ingenieros, matemáticos, físicos, expertos en inteligencia artificial, y especialistas en neurociencia computacional pertenecientes a instituciones como University College London, Princeton University, Allen Institute, Cold Spring Harbor Laboratory y Champalimaud Foundation. Su objetivo central consiste en superar la fragmentación metodológica tradicional de la neurociencia mediante protocolos experimentales estandarizados y análisis computacional compartido, así como con

pertenecientes a 279 regiones cerebrales de 139 ratones durante la ejecución de tareas que requerían percepción, procesamiento sensorial, selección de respuestas y conducta dirigida a objetivos. Los autores observaron que las señales neuronales asociadas a estos procesos aparecían ampliamente distribuidas a través de múltiples sistemas cerebrales, cuestionando interpretaciones excesivamente localizacionistas de la toma de decisiones. Aunque la extrapolación directa a la cognición humana exige prudencia, estos resultados respaldan la idea de que la conducta emerge de patrones dinámicos de interacción entre redes neuronales distribuidas, caracterizados por procesos de integración funcional, coordinación multirregional y comunicación a gran escala entre distintos sistemas cerebrales.

Este y otros estudios, que por razones de espacio no podemos abordar aquí con detalle, respaldan una interpretación de la cognición como fenómeno distribuido, dependiente de redes neuronales dinámicas, conectividad funcional, oscilaciones coordinadas y procesamiento predictivo.

neurofisiología de gran escala y modelos integrados de actividad cerebral distribuida. Sobre su estructura y objetivos generales del International Brain Laboratory, vid. INTERNATIONAL BRAIN LABORATORY, “Standardized and Reproducible Measurement of Decision-Making in Mice”, *eLife*, vol. 10, 2021, e63711, doi:10.7554/eLife.63711. El IBL constituye uno de los principales proyectos contemporáneos de neurociencia colaborativa a gran escala, integrando neurofisiología, modelización computacional e inteligencia artificial para estudiar la relación entre actividad neuronal distribuida y conducta compleja. Vid. INTERNATIONAL BRAIN LABORATORY, “An International Laboratory for Systems and Computational Neuroscience”, *Neuron*, vol. 96, nº 6, 2017, pp. 1213–1218. INTERNATIONAL BRAIN LABORATORY, “A Brain-Wide Map of Neural Activity During Complex Behaviour”, *Nature*, vol. 645, 2025, pp. 177–191, doi:10.1038/s41586-025-09235-0. Vid. <https://www.internationalbrainlab.com>

3.5 Neuroplasticidad, trauma y biografía cerebral

Otro avance decisivo es la consolidación de la neuroplasticidad²⁷ como principio estructural, pues ya se afirma que el cerebro cambia con la experiencia, que puede venir de un desarrollo temprano, un trauma, un estrés crónico, por aprendizaje, por una adicción, por vínculos afectivos, a consecuencia de una privación social y por violencia. En esos supuestos se modifican diferentes aspectos como la conectividad, la regulación emocional, la gestión del sistema de estrés, el control inhibitorio y el procesamiento de amenazas.

El concepto de alostasis²⁸ permite comprender esta adaptación, en el sentido de que el organismo no conserva simplemente un equilibrio fijo, sino que anticipa demandas futuras y ajusta sistemas neuroendocrinos, inmunes y metabólicos. Cuando la exposición al estrés es intensa, repetida o prolongada, aparece la carga alostática²⁹. Es decir, un desgaste acumulativo producido por la activación crónica de sistemas de adaptación.

²⁷ La neuroplasticidad es la capacidad del sistema nervioso para reorganizar su arquitectura estructural, funcional y sináptica mediante mecanismos dependientes de actividad, experiencia, aprendizaje, lesión o adaptación ambiental.

²⁸ Alostasis es un concepto desarrollado en neurociencia y fisiología para describir los mecanismos mediante los cuales el organismo logra estabilidad adaptándose activamente a las demandas del entorno. Una de las definiciones científicas más citadas es la de Bruce McEWEN y Eliot Stellar: "Allostasis refers to the process of achieving stability through physiological or behavioral change." Vid. McEWEN, Bruce S. / STELLAR, Eliot, "Stress and the Individual: Mechanisms Leading to Disease", *Archives of Internal Medicine*, vol. 153, n° 18, 1993, pp. 2093–2101.

²⁹ McEWEN, Bruce S., "Stress, Adaptation, and Disease: Allostasis and Allostatic Load", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 840, 1998, pp. 33–44. La noción de carga alostática permite comprender el desgaste fisiológico producido por activación prolongada de sistemas de estrés.

La neuroplasticidad constituye hoy uno de los principios estructurales fundamentales de la neurociencia contemporánea y ha supuesto una transformación radical de la comprensión clásica del cerebro humano. Frente a las antiguas concepciones que interpretaban el sistema nervioso adulto como una estructura relativamente rígida e inmutable, la investigación actual demuestra que el cerebro posee una extraordinaria capacidad de reorganización dinámica dependiente de experiencia, aprendizaje, actividad neuronal, entorno y biografía individual.

Desde una perspectiva neurocientífica estricta, la neuroplasticidad puede definirse como la capacidad del sistema nervioso para modificar de manera dinámica: su arquitectura sináptica, su conectividad funcional, su organización estructural y determinados mecanismos neuroquímicos y epigenéticos, en respuesta a experiencia, aprendizaje, lesión, adaptación ambiental, estrés o actividad neuronal repetida.

La neurociencia contemporánea distingue diversas formas de plasticidad cerebral. Entre ellas ocupa un lugar central la denominada:

1) Plasticidad sináptica, consistente en modificaciones relativamente duraderas de la eficacia de transmisión entre neuronas. Este fenómeno constituye uno de los mecanismos fundamentales del aprendizaje y de la memoria. Particular relevancia poseen los procesos de:

- *Long-Term Potentiation* (LTP), caracterizados por incremento persistente de eficacia sináptica;
- y *Long-Term Depression* (LTD), basados en disminución prolongada de transmisión neuronal.

Los trabajos clásicos de Timothy V. P. Bliss y Terje Lømo demostraron experimentalmente que la actividad repetida puede inducir modificaciones duraderas en transmisión sináptica dentro del hipocampo, proporcionando uno de los fundamentos neurobiológicos más sólidos del aprendizaje dependiente de la experiencia.

No obstante, la neuroplasticidad contemporánea no se limita únicamente a cambios funcionales en eficacia sináptica. Por ello:

2) La plasticidad estructural, implica modificaciones anatómicas objetivables del propio tejido nervioso, incluyendo el crecimiento dendrítico, la sinaptogénesis, la reorganización cortical, el llamado *synaptic pruning*³⁰ y las alteraciones de conectividad de sustancia blanca.

La experiencia, por tanto, no modifica únicamente estados psicológicos transitorios, ya que modifica literalmente la estructura funcional del cerebro. Precisamente aquí emerge una de las consecuencias antropológicas más relevantes de la neurociencia contemporánea: La biografía puede dejar huellas neurobiológicas detectables a escala estadística y, en determinados contextos clínicos, relevantes para comprender vulnerabilidades de regulación emocional y del control inhibitorio. Experiencias vitales prolongadas pueden modular la regulación emocional, el procesamiento de amenaza, el control inhibitorio, la reactividad al

³⁰ La poda sináptica constituye un mecanismo de refinamiento neurodesarrollativo dependiente de la actividad mediante el cual circuitos neuronales inicialmente “sobreproducidos” son progresivamente reorganizados a través de eliminación selectiva de conexiones sinápticas, optimizando eficiencia funcional y especialización de redes cerebrales. Vid HUTTENLOCHER, Peter R., “Synaptic Density in Human Frontal Cortex - Developmental Changes and Effects of Aging”, *Brain Research*, vol. 163, nº 2, 1979, pp. 195–205.

estrés, los sistemas dopaminérgicos de recompensa y la conectividad funcional cerebral. Así, por ejemplo, el trauma infantil³¹ se asocia frecuentemente con hiperreactividad amigdalár; el estrés crónico puede alterar el eje hipotálamo-hipófiso-adrenal (*hypothalamic-pituitary-adrenal axis*); el aprendizaje musical induce reorganización cortical funcional; determinadas prácticas meditativas modifican conectividad cerebral; y las adicciones alteran circuitos neurobiológicos de recompensa y regulación impulsiva. La relevancia de estos hallazgos implica que la conducta humana ya no puede interpretarse, adecuadamente, ni como mera expresión de programación genética rígida ni como producto de una voluntad abstractamente desvinculada de experiencia biográfica.

Los estudios de Martin H. Teicher y Jacqueline A. Samson³² han mostrado que la exposición temprana a determinadas formas de abuso, a negligencia, a violencia, a estrés tóxico, o a desestructuración afectiva, puede inducir alteraciones persistentes

³¹ TEICHER, Martin H. / SAMSON, Jacqueline A., “Annual Research Review: Enduring Neurobiological Effects of Childhood Abuse and Neglect”, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 57, n° 3, 2016, pp. 241–266, doi:10.1111/jcpp.12507. Revisión fundamental sobre efectos neurobiológicos persistentes del maltrato infantil.

³² TEICHER, Martin H. / SAMSON, Jacqueline A., “Annual Research Review: Enduring Neurobiological Effects of Childhood Abuse and Neglect”, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 57, n° 3, 2016, pp. 241–266. En este sentido, resultan particularmente relevantes las alteraciones descritas en los sistemas de regulación prefrontal implicados en el control ejecutivo y la inhibición conductual, en las redes de procesamiento de saliencia encargadas de la detección y valoración de estímulos biológicamente relevantes, así como en los mecanismos neuroendocrinos de respuesta al estrés, especialmente aquellos vinculados al eje hipotálamo-hipófiso-adrenal. Pues sabido es que estas modificaciones pueden afectar a la regulación emocional, a la evaluación del riesgo, y a la percepción de amenaza; y así mismo a la capacidad de control conductual en contextos de elevada carga afectiva.

en la estructura cerebral y en la conectividad funcional. Además, también puede producir alteraciones en la regulación emocional, así como en los sistemas endocrinos de respuesta al estrés.

Uno de los descubrimientos especialmente relevantes de la neurociencia contemporánea consiste, además, en haber demostrado que el cerebro adulto continúa siendo plástico. Durante gran parte del siglo XX predominó la idea de que la plasticidad cerebral era esencialmente infantil y que el cerebro adulto permanecía relativamente estabilizado. Hoy sabemos que dicha concepción es científicamente insostenible, puesto que el cerebro adulto continúa aprendiendo, reorganizando conectividad, modificando redes funcionales, generando adaptaciones neuronales y respondiendo dinámicamente a experiencia y entorno.

La plasticidad cerebral persiste durante toda la vida, aunque con mecanismos y grados diferentes según la edad, según el contexto biológico y la experiencia acumulada.

Sin embargo, la neuroplasticidad no implica necesariamente adaptación beneficiosa. La investigación contemporánea ha mostrado igualmente fenómenos como la:

3) Plasticidad maladaptativa, en los que determinadas trayectorias biográficas inducen a reorganizaciones funcionales asociadas a la impulsividad, la hipervigilancia, la desregulación emocional, los trastornos adictivos, el dolor crónico, las compulsiones, o la vulnerabilidad psicopatológica.

La neuroplasticidad demuestra, en primer lugar, que: la conducta no emerge de un cerebro fijo. La biografía modifica el neurodesarrollo, la regulación emocional y la capacidad adaptativa. Trauma, violencia, exclusión y aprendizaje pueden asociarse a

huellas neurobiológicas detectables a escala poblacional y, en determinados contextos clínicos, relevantes para comprender vulnerabilidades funcionales. La agencia humana aparece así: situada, dinámica, históricamente condicionada, y profundamente dependiente de interacción entre biología y experiencia. Pero, simultáneamente, la plasticidad cerebral impide también cualquier forma seria de determinismo absoluto. Precisamente porque el cerebro: cambia, aprende, se reorganiza y puede rehabilitarse, la conducta humana no puede reducirse completamente a programación rígida o causalidad lineal cerrada.

La neuroplasticidad contemporánea obliga así a abandonar simultáneamente dos concepciones, por un lado, la ficción de una voluntad completamente independiente de la biografía, y por otro las concepciones deterministas de un cerebro rígidamente programado. El sujeto humano aparece más bien como sistema dinámico, biográficamente modulado, neurobiológicamente condicionado, pero continuamente reorganizable mediante interacción entre experiencia, aprendizaje y estructura cerebral.

3.6 Interocepción, emoción y cuerpo

La neurociencia actual ha debilitado la separación rígida entre razón y emoción. La toma de decisiones incorpora estados corporales, señales viscerales, interocepción³³, afectividad y valoración emocional. Anil Seth ha desarrollado la idea de *interoceptive inference*: el cerebro predice y regula los estados

³³ SETH, Anil K., “Interoceptive inference, emotion, and the embodied self”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 17, nº 11, 2013, pp. 565–573. La inferencia interoceptiva permite integrar cuerpo, emoción y autoconciencia dentro de modelos predictivos.

internos del cuerpo, y de esa inferencia emergen dimensiones centrales de la emoción y del yo corporal.

La toma de decisiones humanas incorpora de manera inseparable procesos corporales, emocionales e interoceptivos, puesto que la conducta humana no es sólo cálculo racional sino que está modulada por distintos factores como los estados corporales, o por niveles de amenaza, o por activación autonómica, o por memoria emocional, por dolor, también por hambre, por miedo, ansiedad, adicción e incluso por recompensa.

La consecuencia penal es que el dolo, la imprudencia, el arrebato, el miedo insuperable, la intoxicación, los trastornos de impulsividad o las adicciones no pueden analizarse al margen de la regulación corporal y emocional. Pero tampoco basta invocar emoción para eliminar la responsabilidad. Lo que desde un punto de vista jurídico interesa es si el sujeto podía comprender, inhibir, modular o actuar conforme a la norma.

3.7. Conciencia, acceso consciente y metacognición

El debate contemporáneo sobre conciencia se ha desplazado mucho más allá de experimentos clásicos sobre preparación motora. El problema actual no es si una señal cerebral precede a un movimiento trivial, sino cómo determinados contenidos pasan de procesamiento no consciente a disponibilidad consciente, informe verbal, control ejecutivo y metacognición.

La teoría del *global neuronal workspace*³⁴, desarrollada por Stanislas Dehaene y Jean-Pierre Changeux, sostiene que un

³⁴ La teoría del *Global Neuronal Workspace* interpreta la conciencia como un proceso de amplificación y difusión global de información neuronal a través de

contenido se vuelve consciente cuando alcanza disponibilidad global³⁵ en redes de largo alcance, especialmente frontoparietales, permitiendo reporte, integración, memoria de trabajo y control flexible. Desde la perspectiva del *Global Neuronal Workspace*, la relevancia jurídico-penal de la conciencia no depende de una voluntad metafísicamente autónoma, sino de la capacidad neurocognitiva de acceso global, deliberación, regulación e integración flexible de información relevante para la acción.

Según este enfoque la imputación jurídica depende mucho más de un acceso consciente, de un control ejecutivo, de una integración cognitiva, de una deliberación; inhibición, y de una memoria de trabajo, que de una metafísica abstracta del alma. En consecuencia, la culpabilidad no requiere libertad absoluta metafísica, requiere capacidad funcional de comprensión, integración consciente, y capacidad de regulación conductual³⁶.

redes corticales distribuidas. De esta forma permite un acceso flexible con un reporte consciente. Además, permite también el desarrollo de la memoria de trabajo y un mayor control ejecutivo. Esta teoría fue desarrollada principalmente por Stanislas Dehaene y Jean-Pierre Changeux, aunque tiene antecedentes en Bernard Baars. Según el modelo GNW, la conciencia emerge cuando información inicialmente procesada de manera local y modular alcanza amplificación global mediante redes corticales de largo alcance, especialmente frontoparietales, haciéndose disponible para múltiples sistemas cognitivos simultáneamente.

³⁵ DEHAENE, Stanislas / CHANGEUX, Jean-Pierre, “Experimental and Theoretical Approaches to Conscious Processing”, *Neuron*, vol. 70, n° 2, 2011, pp. 200–227. El modelo del global neuronal workspace es fundamental para explicar acceso consciente con disponibilidad global y control cognitivo.

³⁶ Vid et cfr. DEHAENE, Stanislas, *Consciousness and the Brain*, Viking, New York, 2014. DEHAENE, Stanislas / CHANGEUX, Jean-Pierre, “Experimental and theoretical approaches to conscious processing” *Neuron*, vol. 70, n° 2, 2011, pp. 200–227. BAARS, Bernard J., *A Cognitive Theory of Consciousness*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

Otras teorías, como la *integrated information theory*³⁷, intentan formalizar la conciencia a partir de propiedades causales e integración de información, aunque su alcance y verificabilidad siguen siendo objeto de debate científico. Conviene extremar la prudencia por cuanto, aunque es una teoría influyente, es muy discutida en cuanto a su alcance empírico y falsabilidad. La *Integrated Information Theory* —IIT— constituye una de las formulaciones contemporáneas más ambiciosas sobre la base física de la conciencia. Su tesis central es que la conciencia no depende simplemente del procesamiento de información, ni de la complejidad computacional en sentido genérico, sino del grado en que un sistema físico genera información integrada, causalmente eficaz e irreducible. En términos estrictos, un sistema sería consciente en la medida en que sus estados poseen una estructura causal que no puede descomponerse sin pérdida explicativa en subsistemas independientes. Esta es precisamente la idea nuclear del material aportado: conciencia como integración causal irreducible, cuantificada formalmente mediante Φ —phi—.

Desde una perspectiva neurocientífica y teórica, el interés de IIT reside en desplazar el problema de la conciencia desde una teoría meramente funcional del acceso cognitivo hacia una teoría

³⁷ Vid et cfr., TONONI, Giulio, “Consciousness as Integrated Information: A Provisional Manifesto”, *The Biological Bulletin*, vol. 215, n° 3, 2008, pp. 216–242, doi:10.2307/25470707.

TONONI, Giulio / BOLY, Melanie / MASSIMINI, Marcello / KOCH, Christof, “Integrated Information Theory: From Consciousness to Its Physical Substrate”, *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 17, n° 7, 2016, pp. 450–461.

CASALI, Adenauer G. et al., “A Theoretically Based Index of Consciousness Independent of Sensory Processing and Behavior”, *Science Translational Medicine*, vol. 5, n° 198, 2013, 198ra105, doi:10.1126/scitranslmed.3006294.

CERULLO, Michael A., “The Problem with Phi: A Critique of Integrated Information Theory”, *PLoS Computational Biology*, vol. 11, n° 9, 2015, e1004286, doi:10.1371/journal.pcbi.1004286.

de la arquitectura causal del sistema nervioso. Tononi³⁸ formuló de manera programática que “consciousness is integrated information”, proponiendo que la cantidad de conciencia corresponde al volumen de información integrada generado por un complejo físico, mientras que la cualidad de la experiencia dependería de la estructura relacional interna de ese complejo.

En su desarrollo posterior, Tononi, Boly, Massimini y Koch intentaron vincular los axiomas fenomenológicos de la experiencia —existencia, composición, información, integración y exclusión— con postulados físicos sobre el sustrato neuronal de la conciencia. La conciencia, en esta lectura, no sería una propiedad extrínseca inferida por un observador, sino una propiedad intrínseca de ciertos sistemas con poder causal sobre sí mismos.

La traducción neurofisiológica más influyente de este marco ha sido el Perturbational Complexity Index —PCI—, desarrollado mediante estimulación magnética transcraneal combinada con EEG. Este índice pretende medir la capacidad del córtex para responder a una perturbación con patrones distribuidos, diferenciados e integrados, y ha mostrado utilidad en sueño, anestesia, coma, estado vegetativo/no responsivo y estado de mínima conciencia.

No obstante, IIT sigue siendo una teoría controvertida. Sus problemas principales son la dificultad computacional de calcular Φ en sistemas reales, el riesgo de atribuir grados mínimos de conciencia a sistemas físicamente simples, la discutida falsabilidad empírica y la posible hipertrofia ontológica del concepto de

³⁸ TONONI, Giulio / BOLY, Melanie / MASSIMINI, Marcello / KOCH, Christof, “Integrated information theory: from consciousness to its physical substrate”, *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 17, n° 7, 2016, pp. 450–461. (Aunque es hoy en día una teoría influyente, al mismo tiempo es discutida en cuanto a su alcance empírico y falsabilidad.)

conciencia. Cerullo formuló una crítica directa al sostener que IIT no logra cumplir adecuadamente su pretensión de cuantificar la conciencia mediante Φ .

IV. INTELIGENCIA ARTIFICIAL CONTEMPORÁNEA, JUSTICIA PENAL Y TRANSFORMACIÓN DE LA RACIONALIDAD JURÍDICA

4.1. Introducción: de la automatización estadística a la infraestructura cognitiva

La inteligencia artificial constituye, probablemente, la transformación tecnológica más profunda desde la revolución digital de finales del siglo XX. Sin embargo, su relevancia contemporánea no reside únicamente en el incremento de capacidad computacional ni en el perfeccionamiento de algoritmos específicos, sino en la aparición de sistemas capaces de modelizar, representar, generar y transformar información compleja a una escala hasta hace poco inimaginable.

Durante décadas, la inteligencia artificial estuvo asociada a sistemas especializados diseñados para resolver tareas concretas: clasificación de imágenes, reconocimiento de voz, detección de fraude o análisis estadístico. La situación actual es radicalmente distinta. Los denominados *foundation models* o modelos fundacionales han permitido construir arquitecturas generales capaces de adaptarse a múltiples dominios de conocimiento mediante aprendizaje autosupervisado sobre cantidades masivas de

información³⁹.

La consecuencia de este cambio es profunda. La inteligencia artificial ya no debe entenderse exclusivamente como una herramienta de automatización de tareas, sino como una infraestructura general de modelización capaz de intervenir en procesos científicos, biomédicos, industriales, jurídicos y administrativos. En términos epistemológicos, nos encontramos ante sistemas capaces de participar parcialmente en actividades tradicionalmente consideradas cognitivas: síntesis documental, generación de hipótesis, análisis de datos, programación, traducción, diseño molecular o asistencia a la toma de decisiones.

No obstante, conviene evitar interpretaciones antropomórficas. Los sistemas contemporáneos no poseen conciencia, intencionalidad autónoma ni comprensión humana en sentido fuerte. Su funcionamiento continúa basado en procesos matemáticos de optimización estadística sobre grandes volúmenes de datos. Precisamente por ello, el análisis jurídico de la inteligencia artificial exige distinguir cuidadosamente entre capacidades funcionales reales y proyecciones conceptuales carentes de fundamento científico.

4.2. Modelos fundacionales y leyes de escalado

Uno de los principales puntos de inflexión de la inteligencia artificial reciente ha sido la aparición de los denominados modelos fundacionales. Según la definición propuesta por Bommasani y colaboradores, se trata de modelos entrenados sobre conjuntos masivos de datos mediante aprendizaje autosupervisado, capaces

³⁹ BOMMASANI, Rishi et al., *On the Opportunities and Risks of Foundation Models*, Stanford Center for Research on Foundation Models, 2021.

posteriormente de adaptarse a múltiples tareas mediante ajustes relativamente limitados⁴⁰.

El éxito de estos sistemas se relaciona estrechamente con las denominadas leyes de escalado. Kaplan y colaboradores demostraron que el rendimiento de los modelos de lenguaje mejora siguiendo regularidades empíricas relativamente estables cuando aumentan simultáneamente el tamaño del modelo, el volumen de datos y la capacidad computacional empleada durante el entrenamiento⁴¹.

Sin embargo, el trabajo de Hoffmann y colaboradores — conocido como modelo Chinchilla— corrigió una interpretación simplista de tales leyes. Su principal aportación consistió en demostrar que muchos modelos de gran tamaño estaban “infraentrenados”, es decir, disponían de demasiados parámetros para la cantidad de datos efectivamente utilizada⁴².

La consecuencia que deducir es que el progreso de la inteligencia artificial no depende exclusivamente de construir redes cada vez mayores, sino de optimizar la relación entre arquitectura, datos, entrenamiento e inferencia. Esta constatación ha transformado profundamente la investigación contemporánea y explica buena parte del extraordinario avance experimentado por los sistemas generativos durante los últimos años.

4.3. Grandes modelos lingüísticos: capacidades y límites

⁴⁰ *Ibid*

⁴¹ KAPLAN, Jared et al., “Scaling Laws for Neural Language Models”, arXiv:2001.08361, 2020.

⁴² HOFFMANN, Jordan et al., “Training Compute-Optimal Large Language Models”, *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 35, 2022, pp. 30016–30030.

Los grandes modelos lingüísticos (*Large Language Models*, LLMs) constituyen actualmente la manifestación más visible de esta transformación tecnológica. Desde una perspectiva técnica, estos sistemas aprenden distribuciones probabilísticas sobre secuencias lingüísticas y generan respuestas prediciendo sucesivamente el siguiente token más probable dado un determinado contexto⁴³.

Sin embargo, reducirlos a simples mecanismos de predicción secuencial resultaría insuficiente. Al aumentar la escala del entrenamiento, estos modelos exhiben capacidades avanzadas de traducción, síntesis documental, programación, abstracción conceptual, resolución de problemas y utilización de herramientas externas.

La explicación científica más prudente consiste en afirmar que estas capacidades emergen de la combinación de representaciones distribuidas de alto nivel, aprendizaje de regularidades lingüísticas complejas y mecanismos de adaptación posteriores basados en retroalimentación humana o sintética⁴⁴.

No obstante, conviene evitar dos errores opuestos. El primero consiste en considerarlos simples "loros estadísticos", incapaces de realizar operaciones cognitivas significativas. El segundo consiste en atribuirles capacidades mentales equivalentes a las humanas.

⁴³ VASWANI, Ashish et al., "Attention Is All You Need", *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30, 2017.

⁴⁴ BAI, Yuntao et al., "Constitutional AI: Harmlessness from AI Feedback", arXiv:2212.08073, 2022; RAFAILOV, Rafael et al., "Direct Preference Optimization: Your Language Model is Secretly a Reward Model", arXiv:2305.18290, 2023.

Ambas posiciones son científicamente insatisfactorias. Los modelos contemporáneos muestran capacidades funcionales extraordinarias para determinadas tareas, pero ello no implica que posean comprensión semántica humana, razonamiento causal robusto ni experiencia subjetiva.

Desde una perspectiva jurídica la inteligencia artificial puede asistir en tareas complejas de análisis documental o razonamiento instrumental sin que ello implique reconocerle autonomía moral, responsabilidad jurídica o capacidad decisoria equiparable a la humana.

4.4. Multimodalidad y modelos generativos

Los sistemas contemporáneos ya no operan exclusivamente sobre lenguaje escrito, sino que integran simultáneamente texto, imagen, audio, vídeo, código, datos biomédicos y señales sensoriales diversas. La multimodalidad permite construir espacios representacionales compartidos capaces de relacionar información procedente de dominios heterogéneos. De este modo, un sistema puede interpretar simultáneamente imágenes radiológicas, informes clínicos, datos genómicos y registros fisiológicos, por ejemplo.

Paralelamente, los modelos generativos basados en difusión han introducido una nueva arquitectura de extraordinaria relevancia científica. Estos sistemas aprenden el proceso inverso de degradación estocástica de los datos, permitiendo reconstruir estructuras complejas a partir de ruido inicial⁴⁵.

⁴⁵ HO, Jonathan et al., “Denoising Diffusion Probabilistic Models”, *NeurIPS*, 2020.

Aunque se popularizaron inicialmente mediante generación de imágenes, sus aplicaciones actuales abarcan diseño molecular, simulación física, modelización estructural, robótica y biología computacional.

4.5. IA y descubrimiento científico

Uno de los desarrollos más significativos de los últimos años ha sido la incorporación de inteligencia artificial al propio proceso científico.

El ejemplo paradigmático es AlphaFold. La versión más reciente, AlphaFold 3, ha ampliado sustancialmente las capacidades de predicción estructural al modelizar interacciones complejas entre proteínas, ácidos nucleicos, pequeñas moléculas, iones y residuos modificados⁴⁶. La biología estructural computacional dispone ahora de herramientas capaces de generar hipótesis moleculares de enorme valor para farmacología, inmunología, oncología y biología sintética.

Del mismo modo, sistemas como GenCast han mostrado resultados muy competitivos en predicción meteorológica probabilística, sugiriendo nuevas formas de integración entre modelos físicos tradicionales y aprendizaje automático⁴⁷.

Más recientemente, la aparición de agentes capaces de planificar tareas, utilizar herramientas, ejecutar código y analizar resultados ha abierto la posibilidad de automatizar parcialmente determinadas fases del ciclo investigador. Aunque estos sistemas

⁴⁶ ABRAMSON, Josh et al., “Accurate Structure Prediction of Biomolecular Interactions with AlphaFold 3”, *Nature*, vol. 630, 2024, pp. 493–500.

⁴⁷ PRICE, Ilan et al., “Probabilistic Weather Forecasting with Machine Learning”, *Nature*, vol. 637, 2025, pp. 84–90.

distan mucho de reemplazar a los científicos humanos, muestran que actividades como búsqueda bibliográfica, programación, análisis estadístico o generación preliminar de hipótesis pueden ser parcialmente automatizadas⁴⁸.

4.6. Inteligencia artificial biomédica, neurociencia y medicina de precisión

En la medicina la inteligencia artificial está generando transformaciones más profundas. Los sistemas contemporáneos integran información procedente de imagen radiológica, histopatología digital, genómica, transcriptómica, proteómica, historia clínica electrónica y monitorización fisiológica continua. De manera tal que la finalidad ya no consiste únicamente en identificar enfermedades, sino en construir modelos predictivos de evolución clínica, riesgo, pronóstico y respuesta terapéutica. No obstante, estos avances deben interpretarse con cautela pues persisten problemas importantes relacionados con sesgos de cohortes, falta de representatividad poblacional, escasa explicabilidad de determinados modelos y dificultades de validación externa⁴⁹.

En neurociencia, la convergencia entre inteligencia artificial y neurotecnología está impulsando avances relevantes en interfaces cerebro-máquina, decodificación neural y neuromodulación adaptativa, como hemos visto ut supra. La importancia de estas tecnologías trasciende la práctica clínica. Por primera vez se plantea la posibilidad de traducir patrones complejos de actividad

⁴⁸ LU, Chris et al., “Towards End-to-End Automation of AI Research”, *Nature*, 2026.

⁴⁹ TOPOL, Eric, *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*, Basic Books, New York, 2019.

neuronal en variables funcionales susceptibles de interpretación computacional. Esta circunstancia abre debates inéditos sobre privacidad mental, autonomía personal y protección jurídica de los procesos cognitivos.

4.7. Inteligencia artificial y justicia penal

En investigación criminal se utilizan actualmente sistemas de análisis masivo de evidencia digital, minería de datos, reconocimiento facial, análisis de redes criminales, procesamiento documental automatizado y técnicas avanzadas de procesamiento del lenguaje natural.

En la práctica jurídica cotidiana, los modelos contemporáneos permiten realizar búsqueda jurisprudencial avanzada, clasificación documental, síntesis doctrinal, generación de borradores procesales, análisis contractual y sistemas de recuperación aumentada de información jurídica.

Sin embargo, la cuestión central no es tecnológica, sino constitucional. Los sistemas algorítmicos operan mediante correlaciones estadísticas y predicciones probabilísticas. El proceso penal, por el contrario, se fundamenta en presunción de inocencia, contradicción, inmediación, motivación judicial y control racional de la prueba.

La tensión entre ambos modelos resulta evidente, la decisión judicial exige justificación normativa y un algoritmo proporciona únicamente una inferencia estadística. Por ello, la inteligencia artificial no puede convertirse en sustituto de la función jurisdiccional. Debe permanecer subordinada a

mecanismos de supervisión humana significativa, con transparencia, auditabilidad y contradicción efectiva⁵⁰.

4.8. Riesgos epistemológicos y constitucionales

La expansión de la inteligencia artificial plantea riesgos que exceden el ámbito estrictamente tecnológico. El primero es la opacidad algorítmica. Muchos sistemas complejos funcionan mediante arquitecturas cuya lógica interna resulta difícilmente interpretable incluso para sus propios desarrolladores.

El segundo es el sesgo estadístico. Los modelos aprenden a partir de datos históricos y pueden reproducir desigualdades preexistentes presentes en los conjuntos de entrenamiento.

El tercero es la sustitución progresiva del razonamiento normativo por correlaciones probabilísticas. Este último riesgo posee especial relevancia para el Derecho penal. La tradición liberal europea se fundamenta en la responsabilidad por hechos concretos. En cambio, la lógica algorítmica favorece mecanismos de clasificación, predicción y gestión del riesgo que no tiene por qué materializarse. El peligro no consiste únicamente en errores técnicos. Consiste en una posible transformación de la racionalidad jurídica misma.

⁵⁰ SURDEN, Harry, “Artificial Intelligence and Law: An Overview”, *Georgia State University Law Review*, vol. 35, nº 4, 2019, pp. 1305–1338; ASHLEY, Kevin D., *Artificial Intelligence and Legal Analytics*, Cambridge University Press, Cambridge, 2017; ZAVRŠNIK, Aleš, “Criminal Justice, Artificial Intelligence Systems, and Human Rights”, *ERA Forum*, vol. 20, 2020, pp. 567–583; Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (AI Act).

4.9. Inteligencia artificial, predicción y transformación de la culpabilidad

La principal repercusión de la inteligencia artificial sobre el Derecho penal no radica en la aparición de nuevos delitos ni en la utilización de nuevas herramientas probatorias. Su verdadero impacto afecta al concepto mismo de responsabilidad, puesto que las tecnologías predictivas permiten estimar riesgos futuros, identificar patrones de comportamiento y clasificar individuos mediante modelos probabilísticos cada vez más sofisticados.

Esta capacidad puede resultar extraordinariamente útil para prevención, gestión administrativa o asignación de recursos. Sin embargo, también plantea una cuestión fundamental: ¿puede un sistema jurídico basado en culpabilidad por el hecho aceptar progresivamente mecanismos orientados a la predicción de conductas futuras?

La respuesta, desde la tradición constitucional europea, debe ser prudente. La inteligencia artificial puede contribuir a mejorar la información disponible para la toma de decisiones, pero no puede sustituir los principios fundamentales del Derecho penal liberal. Ni la peligrosidad estadística equivale a culpabilidad, ni la correlación predictiva equivale a responsabilidad. Y aun en el mejor de los supuestos para la IA debemos convenir en que la probabilidad futura no equivale a hecho probado.

4.10. Conclusiones

La inteligencia artificial contemporánea ha dejado de ser una tecnología limitada a clasificación estadística para convertirse en una infraestructura general de modelización, simulación y automatización parcial del conocimiento que progresa a un ritmo

vertiginoso. Los avances recientes en modelos fundacionales, multimodalidad, biología computacional, medicina de precisión, agentes inteligentes y sistemas científicos automatizados muestran una aceleración tecnológica sin precedentes.

Sin embargo, dichos avances no justifican interpretaciones antropomórficas ni permiten atribuir a los sistemas actuales comprensión humana, conciencia o autonomía moral. Desde la perspectiva del Derecho penal, la cuestión decisiva no es si la inteligencia artificial puede sustituir al juez o al jurista, sino cómo integrar herramientas predictivas dentro de un marco constitucional basado en las debidas garantías, con motivación racional y control democrático. Y todo ello sin olvidar el problema de los sesgos del configurador.

Precisamente, cuanto mayor sea la capacidad predictiva de la inteligencia artificial, más necesario resultará preservar los principios fundamentales del Estado de Derecho. Por ello, debemos postularnos en aras de salvaguardar la presunción de inocencia y la culpabilidad por el hecho. Sin olvidar la necesaria igualdad de armas y la contradicción procesal, así como la exigida motivación judicial y la supervisión humana significativa.

I. La inteligencia artificial no transforma los fundamentos del Derecho penal, sino el contexto en el que dichos fundamentos deben operar

La primera conclusión es que la inteligencia artificial no obliga a abandonar las categorías clásicas del Derecho penal. No existe ninguna razón dogmática sólida para sustituir conceptos como acción, imputación objetiva, culpabilidad o responsabilidad por nuevas construcciones jurídicas diseñadas específicamente para la tecnología. Lo que verdaderamente cambia es el entorno fáctico sobre el que estas categorías deben proyectarse. La complejidad

algorítmica, la automatización de procesos decisorios y la creciente autonomía funcional de determinados sistemas generan escenarios en los que la producción del riesgo aparece distribuida entre múltiples agentes y múltiples niveles organizativos. Sin embargo, la complejidad tecnológica no elimina la necesidad de imputación normativa; por el contrario, la hace aún más necesaria.

La inteligencia artificial no constituye una excepción al Derecho penal, sino un nuevo objeto de aplicación de sus principios generales. Los sistemas contemporáneos de inteligencia artificial, incluidos los grandes modelos fundacionales y los sistemas multimodales más avanzados, carecen de conciencia, voluntad, comprensión normativa y capacidad de autodeterminación moral. Su funcionamiento continúa basado en mecanismos de optimización matemática y correlación estadística.

II. El verdadero desplazamiento dogmático se produce desde la acción individual hacia la organización generadora de riesgos

La inteligencia artificial revela una evolución ya presente en las sociedades tecnológicamente avanzadas: el tránsito desde modelos de criminalidad individual hacia modelos de producción organizativa del riesgo. Los resultados lesivos derivados de sistemas algorítmicos rara vez son consecuencia de una única decisión humana identificable. Suelen surgir de la interacción acumulativa entre diseñadores, desarrolladores, proveedores de datos, responsables de cumplimiento normativo, directivos y usuarios finales. En consecuencia, la unidad de análisis ya no puede situarse exclusivamente en la conducta individual aislada. La categoría central pasa a ser la organización.

La responsabilidad penal en contextos de inteligencia artificial exige analizar quién diseñó el sistema, quién decidió implementarlo, quién asumió sus riesgos, quién omitió los

controles necesarios y quién se encontraba en posición de impedir la producción del resultado. Ello redonda la necesidad de reforzar la responsabilidad penal de las personas jurídicas, incluso a nivel internacional⁵¹.

III. La teoría de la imputación objetiva encuentra en la inteligencia artificial una nueva confirmación de su vigencia

La expansión de la inteligencia artificial demuestra la superioridad explicativa de la doctrina de la imputación objetiva frente a los modelos puramente causalistas.

Cuando intervienen sistemas algorítmicos complejos, la causalidad natural pierde capacidad explicativa. Lo decisivo no es determinar qué algoritmo intervino materialmente en la producción del resultado, sino si dicho resultado constituye la realización de un riesgo jurídicamente desaprobado creado dentro de una esfera humana de responsabilidad. La cuestión central deja de ser tecnológica para convertirse en normativa. La inteligencia artificial no rompe la cadena de imputación; simplemente desplaza el lugar donde debe identificarse la creación y el control del riesgo.

IV. El defecto de organización se convierte en la categoría central de atribución en la era algorítmica

La responsabilidad penal de las personas jurídicas proporciona actualmente el instrumento dogmático más adecuado para afrontar los riesgos derivados de la inteligencia artificial.

⁵¹ Vid. ANTICH SOLER, J. “Inteligencia Artificial y Derecho Penal”, en *Retos Vitales 2026: para una nueva era. Geopolíticas del cambio. Poder, tecnología y sociedad*, ver también *La responsabilidad penal de las personas jurídicas ante la Corte Penal Internacional: una nueva oportunidad para retomar el desafío*, colección Real Academia Europea de Doctores n° 203, noviembre 2025.

El artículo 31 bis del Código Penal español ofrece una formulación especialmente avanzada porque sitúa el centro de gravedad de la imputación en el defecto organizativo. En el contexto de la inteligencia artificial, dicho defecto puede manifestarse bien mediante la utilización de sistemas opacos no auditables, bien por la ausencia de supervisión humana -que realice el trabajo de forma significativa-, las deficiencias en la gobernanza de datos; la ausencia de mecanismos de trazabilidad, la falta de evaluación previa de riesgos y la delegación acrítica de decisiones sensibles en sistemas automatizados.

La verdadera infracción penal no radica en el algoritmo, sino en la decisión organizativa de aceptar riesgos tecnológicamente previsibles sin establecer mecanismos adecuados de control.

V. La expansión de la inteligencia artificial obliga a desarrollar un nuevo paradigma de compliance algorítmico

Los programas tradicionales de compliance fueron concebidos para prevenir conductas ilícitas humanas. La inteligencia artificial exige una ampliación de esta lógica hacia sistemas de gobernanza tecnológica. De tal suerte que el compliance algorítmico debería incorporar cuantas menos auditorías periódicas de los modelos, protocolos de corrección de sesgos, y una formación especializada para directivos y operadores.

Desde otra óptica también son importantes la trazabilidad de las decisiones automatizadas, la necesaria supervisión humana de cada factor. La evaluación ex ante de riesgos, así como los mecanismos oportunos de explicabilidad completan el elenco de puntos clave en el desarrollo e implementación de un Compliance en IA.

La ausencia de estas medidas no constituye únicamente una deficiencia técnica, sino una posible manifestación de una organización defectuosa penalmente relevante.

VI. La principal amenaza de la inteligencia artificial para el Derecho penal es epistemológica, no tecnológica

La cuestión más profunda planteada por la inteligencia artificial no consiste en la aparición de nuevas formas de delincuencia, aunque es un riesgo que controlar. El riesgo verdaderamente trascendental es la progresiva sustitución de la racionalidad normativa por una eventual racionalidad predictiva. Los sistemas algorítmicos funcionan mediante correlaciones estadísticas. El Derecho penal liberal, en cambio, descansa sobre juicios normativos de responsabilidad. La tensión entre ambos modelos afecta directamente a la identidad constitucional del sistema penal. Cuando la predicción sustituye a la valoración jurídica, el riesgo no es únicamente cometer errores técnicos; el riesgo es transformar la propia naturaleza del Derecho penal.

VII. Debe rechazarse cualquier deriva hacia un Derecho penal predictivo

La creciente capacidad de los sistemas de inteligencia artificial para identificar patrones y anticipar comportamientos futuros no legitima la sustitución del principio de culpabilidad por modelos de gestión del riesgo. La tradición constitucional europea, la consolidada jurisprudencia del TEDH, así como el desarrollo y mantenimiento de los sistemas garantistas europeo, viene a proteger las derivas que en ese sentido pudieran aparecer.

Por lo que la peligrosidad estadística no equivale a culpabilidad, la predicción no equivale a prueba, la correlación no equivale a causalidad, y la probabilidad futura no equivale a hecho

cometido. El Derecho penal sólo puede reaccionar frente a conductas normativamente imputables y jurídicamente comprobadas. La inteligencia artificial puede mejorar la información disponible para la decisión; jamás puede sustituir la decisión jurídica misma.

VIII. Cuanto más poderosa sea la inteligencia artificial, mayor debe ser la exigencia de garantías

Existe una paradoja que probablemente constituirá el principio rector del Derecho penal tecnológico del siglo XXI:

La expansión de sistemas capaces de analizar millones de datos, identificar patrones invisibles para el ser humano y formular recomendaciones altamente precisas no reduce la importancia de los principios constitucionales; la incrementa.

Precisamente porque la tecnología será cada vez más poderosa, resultará cada vez más necesario preservar los postulados garantistas como la presunción de inocencia, y la culpabilidad por el hecho cometido. Sin olvidar que debe existir una motivación racional en las resoluciones que se evacuen tras un proceso garantista con contradicción procesal. El control judicial, la transparencia decisoria y la supervisión humana significativa emergen como pilares que han de sostener ese dialogo con la tecnología de IA, pues a mayor capacidad predictiva de la inteligencia artificial, mayor necesidad de garantías jurídicas.

V. EL DERECHO PENAL ANTE LA CONVERGENCIA DE LA GENÉTICA HUMANA, LA NEUROCIENCIA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

5.1. Los presupuestos de la responsabilidad penal y su revisión a la luz de los nuevos avances científicos

Los extraordinarios avances experimentados durante las últimas décadas en el ámbito de la genética humana, la neurociencia y la inteligencia artificial obligan a replantear algunas de las cuestiones más fundamentales del Derecho penal contemporáneo⁵². Sin embargo, antes de analizar el posible impacto de tales disciplinas sobre las categorías jurídico-penales tradicionales, resulta imprescindible determinar cuáles son exactamente los presupuestos sobre los que descansa hoy la responsabilidad penal en la dogmática mayoritaria.

Con frecuencia, los debates sobre neurociencia, genética conductual o inteligencia artificial parten de una imagen simplificada del Derecho penal, como si éste continuara sustentándose sobre una concepción metafísica de la libertad propia de determinadas formulaciones clásicas del siglo XIX. Desde esta perspectiva, cualquier descubrimiento científico que evidencie condicionamientos biológicos, neuronales o ambientales de la conducta humana parecería conducir inevitablemente a una crisis de la culpabilidad y, con ello, de la propia legitimidad del castigo. Sin embargo, semejante planteamiento resulta difícilmente compatible con la evolución experimentada por la teoría jurídica del delito durante el último siglo. La dogmática penal

⁵² Sobre la incidencia de las neurociencias y de las explicaciones empíricas de la conducta en la responsabilidad penal, vid. DEMETRIO CRESPO, Eduardo, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal. Aproximación a los fundamentos del moderno debate sobre Neurociencias y Derecho penal», *InDret*, n.º 2, 2011; MORSE, Stephen J., «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility: A Diagnostic Note», *Ohio State Journal of Criminal Law*, vol. 3, 2006, pp. 397-412; MORSE, Stephen J., «Addiction, Genetics, and Criminal Responsibility», *Law and Contemporary Problems*, vol. 69, 2006, pp. 165-207.

contemporánea no fundamenta la responsabilidad penal en la demostración empírica de una libertad absoluta, incondicionada o metafísicamente entendida. Antes al contrario, las construcciones doctrinales actualmente dominantes parten de presupuestos normativos mucho más complejos y sofisticados, desarrollados precisamente para afrontar las dificultades inherentes a la explicación causal de la conducta humana.

En realidad, la tensión entre determinismo y responsabilidad no constituye una cuestión nueva. Ya durante el siglo XIX el positivismo criminológico cuestionó severamente los presupuestos antropológicos del Derecho penal liberal⁵³. Autores como Cesare Lombroso, Enrico Ferri o Raffaele Garofalo sostuvieron que el delito debía ser explicado fundamentalmente a partir de factores biológicos, psicológicos o sociales, desplazando progresivamente la atención desde la culpabilidad hacia la peligrosidad.⁵⁴ El delincuente dejaba así de ser contemplado prioritariamente como un sujeto responsable de sus actos para convertirse en objeto de observación científica y clasificación criminológica.

La experiencia histórica demostró, sin embargo, las profundas dificultades que planteaba aquella concepción. La sustitución de la responsabilidad por la peligrosidad terminaba erosionando principios esenciales del Derecho penal liberal, entre ellos la responsabilidad por el hecho, la presunción de inocencia y

⁵³ Vid. LOMBROSO, Cesare, *L'uomo delinquente*, Hoepli, Milano, 1876; FERRI, Enrico, *Sociologia criminale*, Fratelli Bocca, Torino, 1884; GAROFALO, Raffaele, *Criminologia*, Fratelli Bocca, Torino, 1885.

⁵⁴ Sobre el tránsito desde la culpabilidad hacia la peligrosidad en la Escuela Positiva, vid. FERRI, Enrico, *Sociologia criminale*, cit.; GAROFALO, Raffaele, *Criminologia*, cit.; JIMÉNEZ DE ASÚA, Luis, *Tratado de Derecho Penal*, t. II, Losada, Buenos Aires, varias ediciones.

la propia dignidad de la persona.⁵⁵ No resulta casual que buena parte de la evolución posterior de la dogmática penal pudiera interpretarse como un esfuerzo constante por reconstruir categorías normativas capaces de preservar la responsabilidad individual sin ignorar por ello la complejidad de los condicionamientos que influyen sobre la conducta humana.

En este contexto deben situarse las aportaciones de Reinhard Frank, James Goldschmidt y Berthold Freudenthal⁵⁶, cuya elaboración de la denominada culpabilidad normativa permitió superar las limitaciones de las antiguas concepciones psicológicas. Posteriormente, la teoría finalista de Hans Welzel y, más tarde, las construcciones desarrolladas por Claus Roxin, Winfried Hassemer, Santiago Mir Puig o Luigi Ferrajoli⁵⁷ consolidaron una comprensión de la culpabilidad que ya no descansa sobre la demostración filosófica del libre albedrío, sino sobre la capacidad del sujeto para comprender el significado de la norma y orientar su conducta conforme a ella.

Esta constatación posee una enorme relevancia para el objeto del presente estudio. Si la culpabilidad contemporánea no se fundamenta en una libertad absoluta, sino en categorías normativas

⁵⁵ FERRAJOLI, Luigi, *Derecho y razón. Teoría del garantismo penal*, Trotta, Madrid, 1995; Hassemer, Winfried, *Fundamentos del Derecho Penal*, Bosch, Barcelona, 1984.

⁵⁶ FRANK, Reinhard, *Über den Aufbau des Schuldbegriffs*, Giessen, 1907; Goldschmidt, James, *Der Notstand, ein Schuldproblem. Mit Rücksicht auf die Strafgesetzentwürfe Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Manz, Wien, 1913; FREUDENTHAL, Berthold, *Schuld und Vorwurf im geltenden Strafrecht*, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1922.

⁵⁷ WELZEL, Hans, *Das Deutsche Strafrecht. Eine systematische Darstellung*, 11. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, 1969; ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Hassemer, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.; MIR PUIG, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.

como la imputabilidad⁵⁸, la exigibilidad, la motivabilidad por la norma o la capacidad de respuesta normativa⁵⁹, entonces la cuestión fundamental ya no consiste en determinar si la genética, la neurociencia o la inteligencia artificial han destruido el libre albedrío. La verdadera pregunta es otra: ¿obligan los nuevos conocimientos científicos a reformular la comprensión jurídica de la responsabilidad penal y, en su caso, hasta qué punto pueden hacerlo sin poner en riesgo los principios garantistas que caracterizan al Estado de Derecho?

5.2. La evolución del concepto de culpabilidad: de la responsabilidad moral a la responsabilidad normativa

La discusión contemporánea sobre los posibles efectos de la genética, la neurociencia y la inteligencia artificial sobre la responsabilidad penal, por separado y en convergencia de las tres, no puede comprenderse adecuadamente sin una previa referencia a la evolución histórica del concepto de culpabilidad. En efecto, buena parte de los debates actuales reproducen, bajo formas nuevas y con un lenguaje científico diferente, cuestiones que han acompañado al Derecho penal prácticamente desde sus orígenes: la relación entre libertad y responsabilidad, entre causalidad y

⁵⁸ MIR PUIG, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; MUÑOZ CONDE/GARCÍA ARÁN, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; DEMETRIO CRESPO, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal», cit.

⁵⁹ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Mir Puig, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; JESCHECK, Hans-Heinrich; Weigend, Thomas, *Tratado de Derecho Penal. Parte General*, trad. Miguel Olmedo Cardenete, Comares, Granada, 2002.

reproche, incluso entre determinismo y castigo⁶⁰.

No resulta exagerado afirmar que la historia de la culpabilidad constituye, en gran medida, la historia de los esfuerzos realizados por la ciencia penal para justificar por qué una persona puede ser legítimamente considerada responsable de un hecho y sometida a una pena. Sin embargo, la respuesta ofrecida a esta cuestión ha variado significativamente a lo largo del tiempo.

5.2.1. La concepción clásica: culpabilidad y libre albedrío

La escuela clásica del Derecho penal construyó la responsabilidad criminal sobre una concepción esencialmente moral de la persona. Su máximo representante, Francesco Carrara, entendía el delito como un ente jurídico derivado de la libre voluntad humana⁶¹ y concebía la pena como una consecuencia legítima únicamente cuando el sujeto había actuado con plena libertad moral. La imputación penal aparecía así estrechamente vinculada a la capacidad de autodeterminación del individuo.

Para Carrara, la responsabilidad no podía existir allí donde faltara libertad. La pena pues sólo resultaba legítima porque el sujeto había podido actuar de otro modo y, pese a ello, había optado voluntariamente por vulnerar el orden jurídico. En consecuencia, la culpabilidad descansaba sobre una determinada antropología filosófica que concebía al ser humano como un sujeto racional y libre, capaz de elegir conscientemente entre el bien y el mal.

⁶⁰ HART, H.L.A., *Punishment and Responsibility. Essays in the Philosophy of Law*, Oxford University Press, Oxford, 1968; Strawson, P.F., «Freedom and Resentment», *Proceedings of the British Academy*, vol. 48, 1962, pp. 1-25.

⁶¹ CARRARA, Francesco, *Programma del Corso di Diritto Criminale. Parte Generale*, Tipografia Giusti, Lucca, 1859-1870.

Esta concepción ejerció una enorme influencia en la construcción del Derecho penal liberal y permitió fundamentar principios que todavía hoy continúan siendo esenciales, como la responsabilidad personal o la exigencia de culpabilidad. Sin embargo, también presentaba una evidente fragilidad teórica: dependía en gran medida de la aceptación de una determinada concepción metafísica de la libertad cuya demostración resultaba extraordinariamente problemática.

5.2.2. El desafío del positivismo criminológico

La segunda mitad del siglo XIX asistió a una profunda crisis de aquella concepción clásica. La aparición de la criminología positivista supuso un cambio radical de perspectiva, y frente a la idea de un sujeto libre y racional, autores como Cesare Lombroso, Enrico Ferri y Raffaele Garofalo comenzaron a explicar el delito mediante factores biológicos, psicológicos y sociales.

De manera muy resumida podemos decir que Lombroso sostuvo la existencia del denominado delincuente nato y defendió que determinadas características biológicas predisponían al comportamiento criminal. Ferri amplió posteriormente este enfoque incorporando factores económicos y sociales, mientras que Garofalo trató de construir una criminología de base naturalista.

Más allá de los errores científicos hoy ampliamente reconocidos de estas teorías, el verdadero impacto del positivismo criminológico residió en haber desplazado el centro de gravedad del Derecho penal desde la culpabilidad hacia la peligrosidad. Lo decisivo ya no era determinar si el sujeto merecía reproche por el hecho cometido, sino establecer qué riesgo representaba para la sociedad.

La consecuencia última de esta evolución era la progresiva

sustitución del Derecho penal del hecho por un Derecho penal centrado en las características del autor. La experiencia histórica demostró, sin embargo, los graves riesgos que entrañaba este planteamiento. La peligrosidad constituye una categoría esencialmente prospectiva y abierta, susceptible de justificar intervenciones estatales cada vez más intensas sobre la base de pronósticos futuros y no de hechos efectivamente realizados.

No deja de resultar significativo que algunas de las cuestiones planteadas actualmente por los sistemas de predicción algorítmica, la neuropredicción o determinados modelos de evaluación del riesgo recuerden, aunque en un contexto científico radicalmente distinto, algunas de las tensiones ya presentes en el antiguo debate entre culpabilidad y peligrosidad.

5.2.3. El nacimiento de la culpabilidad normativa

Las insuficiencias tanto de la concepción clásica como del positivismo criminológico impulsaron durante las primeras décadas del siglo XX una profunda transformación de la teoría de la culpabilidad.

La figura decisiva en este proceso fue Reinhard Frank. En su célebre *trabajo Über den Aufbau des Schuldbegriffs* (1907), Frank inició la superación de la denominada culpabilidad psicológica⁶², que identificaba la culpabilidad con la mera relación psíquica existente entre el sujeto y el hecho. A partir de entonces comenzó a consolidarse una comprensión normativa de la culpabilidad.

⁶² Sobre la superación de la culpabilidad psicológica y la consolidación de la culpabilidad normativa, vid. FRANK, *Über den Aufbau des Schuldbegriffs*, cit.; JESCHECK/WEIGEND, *Tratado de Derecho Penal. Parte General*, cit.

Esta evolución sería desarrollada posteriormente por James Goldschmidt y Berthold Freudenthal. En este marco la noción de exigibilidad, entendida como la posibilidad de exigir razonablemente al sujeto una conducta conforme al Derecho⁶³ en las circunstancias concretas del caso cobró especial importancia. La culpabilidad dejaba así de ser un mero fenómeno psicológico para convertirse progresivamente en un juicio normativo de reproche. Lo decisivo ya no era simplemente determinar qué había ocurrido en la mente del autor, sino valorar si podía exigírsele actuar de otra manera.

Esta transformación constituye uno de los hitos fundamentales de la dogmática penal moderna y sigue proyectando su influencia sobre las concepciones actuales de la responsabilidad.

5.2.4. La consolidación contemporánea de la culpabilidad

La teoría finalista de Hans Welzel y las posteriores elaboraciones de Claus Roxin, Winfried Hassemer, Santiago Mir Puig o Luigi Ferrajoli consolidaron definitivamente esta evolución.

Pese a las diferencias existentes entre sus respectivos planteamientos, todos ellos comparten una idea fundamental: la culpabilidad no puede reducirse ni a una explicación causal de la conducta ni a una mera constatación psicológica. Constituye una categoría normativa destinada a determinar en qué condiciones resulta legítimo dirigir un reproche jurídico a una persona.

La dogmática contemporánea ha abandonado progresivamente la pretensión de demostrar filosóficamente la existencia del libre albedrío. En su lugar, centra la atención en

⁶³ GOLDSCHMIDT, *Der Notstand, ein Schuldproblem*, cit.; Freudenthal, *Schuld und Vorwurf im geltenden Strafrecht*, cit.; Roxin/Greco, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.

cuestiones como la imputabilidad, la capacidad de comprensión de la norma, la exigibilidad de conducta distinta o la capacidad de motivación conforme al Derecho.

Esta constatación posee una importancia decisiva para el objeto del presente trabajo. En efecto, si la culpabilidad actual ya no se fundamenta en una concepción metafísica de la libertad, entonces los desafíos planteados por la genética, la neurociencia y la inteligencia artificial deben ser examinados desde una perspectiva diferente. La cuestión ya no consiste en determinar si dichas disciplinas han destruido el libre albedrío, sino en analizar si alteran los presupuestos normativos sobre los que hoy descansa la atribución de responsabilidad penal.

5.2.5. La concepción dominante actual de la culpabilidad: entre la capacidad de motivación normativa y la garantía frente al poder punitivo

Una vez superadas las antiguas concepciones psicológicas de la culpabilidad y consolidada su naturaleza normativa, la dogmática penal contemporánea ha desarrollado construcciones cada vez más complejas destinadas a justificar la atribución de responsabilidad penal sin necesidad de recurrir a postulados metafísicos difícilmente demostrables.

Aunque persisten diferencias relevantes entre los distintos autores y escuelas, puede afirmarse que existe un amplio consenso en torno a una idea fundamental: la culpabilidad no constituye una propiedad natural susceptible de ser observada empíricamente, sino una categoría normativa mediante la cual el ordenamiento jurídico determina cuándo resulta legítimo dirigir un reproche penal a una persona. Esta afirmación posee una importancia capital para el objeto de nuestro estudio. En efecto, las discusiones actuales sobre genética, neurociencia e inteligencia artificial suelen plantearse

como si el Derecho penal continuara fundamentando la responsabilidad en una libertad absoluta e incondicionada. Sin embargo, la realidad dogmática es considerablemente más compleja.

A) Claus Roxin y la capacidad de motivación por la norma.

La construcción de Claus Roxin constituye probablemente la formulación más influyente de la culpabilidad en la dogmática penal contemporánea⁶⁴. Partiendo de una concepción político-criminal del Derecho penal, Roxin rechaza tanto los planteamientos puramente metafísicos como las explicaciones deterministas de la conducta. A su juicio, la culpabilidad no exige demostrar que el individuo goza de una libertad absoluta, sino únicamente constatar que poseía capacidad suficiente para comprender el significado de la norma y orientar su comportamiento conforme a ella.

La cuestión decisiva no es, por tanto, si el sujeto era metafísicamente libre, sino si podía ser motivado por el mandato jurídico⁶⁵.

Desde esta perspectiva, la culpabilidad aparece estrechamente vinculada a la capacidad de autodeterminación normativa. La pena sólo resulta legítima cuando el autor podía comprender la ilicitud de su conducta y actuar conforme a esa comprensión.

⁶⁴ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit. Para la recepción española, vid. ROXIN, Claus, *Derecho Penal. Parte General. Tomo I. Fundamentos. La estructura de la teoría del delito*, trad. Diego-Manuel Luzón Peña, Miguel Díaz y García Conlledo y Javier de Vicente Remesal, Civitas, Madrid, 1997.

⁶⁵ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Roxin, *Derecho Penal. Parte General. Tomo I*, cit.

Especial relevancia posee aquí la función garantista que Roxin atribuye a la culpabilidad⁶⁶. Ésta no constituye únicamente un presupuesto positivo de la pena, sino también un límite frente al poder punitivo del Estado. Allí donde falta culpabilidad, desaparecerá la legitimidad del castigo. Esta concepción resulta particularmente significativa para nuestro análisis porque permite advertir que muchos de los descubrimientos procedentes de la genética o de la neurociencia no afectan necesariamente al núcleo de la teoría de Roxin. El hecho de que la conducta humana se encuentre condicionada por factores biológicos o neuronales no implica automáticamente que desaparezca la capacidad de comprensión o de motivación normativa que fundamenta la culpabilidad.

B) Santiago Mir Puig y la motivabilidad por la norma

En la doctrina española, la construcción de Santiago Mir Puig presenta importantes puntos de contacto con la posición de Roxin⁶⁷.

Para Mir Puig, la culpabilidad se configura igualmente como un juicio normativo basado en la posibilidad de motivación por la norma. El fundamento del reproche penal no reside en una hipotética libertad absoluta, sino en la capacidad del sujeto para reaccionar frente a los mandatos jurídicos.

La responsabilidad penal presupone que la norma podía influir efectivamente sobre el comportamiento del autor. Allí donde

⁶⁶ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Roxin, Claus, *Política criminal y sistema del Derecho penal*, trad. Francisco Muñoz Conde, Bosch, Barcelona, 1972.

⁶⁷ MIR PUIG, Santiago, *Derecho Penal. Parte General*, 10.^a ed., Reppertor, Barcelona, 2015; MIR PUIG, Santiago, *Introducción a las bases del Derecho Penal*, 2.^a ed., B de F, Montevideo-Buenos Aires, 2003.

el individuo carece de capacidad para comprender el significado de la prohibición o para orientar su conducta conforme a ella, desaparece la base misma del reproche.

La importancia de esta construcción radica en que desplaza el debate desde el terreno metafísico hacia el ámbito de la capacidad normativa efectiva. Ello permite afrontar con mayor realismo los desafíos planteados por las ciencias del comportamiento sin necesidad de renunciar a las categorías esenciales del Derecho penal liberal.

C) Winfried Hassemer y la persona como centro de imputación

Probablemente ningún autor resulta tan relevante para el objeto del presente estudio como Winfried Hassemer⁶⁸. La reflexión de Hassemer parte de una advertencia fundamental: el Derecho penal y las ciencias empíricas operan en planos epistemológicos diferentes. Mientras las ciencias naturales buscan explicar causalmente la conducta humana, el Derecho penal pretende imputarla normativamente a una persona. Y aquí conviene recordar que explicar no equivale a imputar⁶⁹. El hecho de que una conducta pueda ser explicada mediante factores genéticos, neurobiológicos o ambientales no implica que desaparezca automáticamente la posibilidad de atribuir responsabilidad jurídica. Para Hassemer, la culpabilidad constituye una institución normativa destinada a reconocer al individuo como persona y no como mero objeto de observación científica.

⁶⁸ HASSEMER, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.; Hassemer, *Fundamentos del Derecho Penal*, cit.

⁶⁹ HASSEMER, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.; Hassemer, Winfried, «Rasgos y crisis del Derecho penal moderno», *Anuario de Derecho Penal y Ciencias Penales*, t. XLV, fasc. I, 1992, pp. 235-249.

El Derecho penal no trabaja con cerebros, genes o algoritmos, sino con sujetos jurídicos portadores de dignidad⁷⁰. Precisamente por ello, la reducción de la responsabilidad a explicaciones exclusivamente biológicas o neurocientíficas supondría una profunda alteración de los fundamentos antropológicos sobre los que descansa el Estado de Derecho.

D) Luigi Ferrajoli y la culpabilidad como garantía.

La aportación de Luigi Ferrajoli introduce una dimensión adicional de extraordinaria importancia⁷¹. Puesto que mientras que Roxin o Mir Puig centran su atención principalmente en la estructura dogmática de la culpabilidad, Ferrajoli subraya ante todo su función garantista. Desde la perspectiva del garantismo penal, la culpabilidad constituye una condición indispensable para la legitimidad del castigo. Su función esencial consiste en limitar el poder punitivo del Estado y proteger al individuo frente a intervenciones arbitrarias.

La responsabilidad penal no puede fundarse en características personales, en condiciones biológicas, en predisposiciones genéticas ni en pronósticos de peligrosidad futura. Sólo puede fundamentarse en hechos concretos ya ocurridos y atribuibles a una persona concreta mediante un proceso respetuoso con las garantías constitucionales.

Esta idea adquiere una extraordinaria relevancia en el

⁷⁰ En sentido coincidente, Morse formula de modo paradigmático la advertencia de que no delinquen los cerebros sino las personas: MORSE, Stephen J., «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility», cit.; vid. asimismo Hassemer, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.

⁷¹ FERRAJOLI, Luigi, *Derecho y razón. Teoría del garantismo penal*, Trotta, Madrid, 1995; También en su edición reciente, FERRAJOLI, Luigi, *Derecho y razón. Teoría del garantismo penal*, 11.ª ed., Trotta, Madrid, 2025.

contexto actual. La creciente capacidad de la genética para identificar predisposiciones, de la neurociencia para analizar procesos cerebrales y de la inteligencia artificial para realizar predicciones conductuales plantea el riesgo de un desplazamiento progresivo desde la responsabilidad por el hecho hacia modelos de gestión del riesgo⁷² basados en características del autor.

Precisamente frente a esa tendencia, el principio de culpabilidad mantiene intacta su función garantista.

*E) La posición dominante actual: una libertad jurídicamente relevante, no metafísicamente demostrada*⁷³.

Las distintas construcciones examinadas permiten identificar un denominador común que caracteriza a la dogmática penal contemporánea. Lejos de fundamentarse en una concepción metafísica de la libertad, la culpabilidad actual descansa sobre la idea de que el individuo posee una capacidad suficiente para comprender el significado de la norma y orientar su comportamiento conforme a ella.

La responsabilidad penal presupone, por tanto, una forma de libertad jurídicamente relevante, aunque no necesariamente una libertad absoluta en sentido filosófico. Esta constatación resulta esencial para abordar adecuadamente los desafíos planteados por la genética, la neurociencia y la inteligencia artificial, y la convergencia de las tres. La pregunta ya no consiste en determinar si dichas disciplinas han refutado el libre albedrío. La verdadera cuestión es mucho más compleja: consiste en averiguar si los

⁷² FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.; Feeley, Malcolm M.; Simon, Jonathan, «The New Penology: Notes on the Emerging Strategy of Corrections and Its Implications», *Criminology*, vol. 30, n.º 4, 1992, pp. 449-474.

⁷³ HART, *Punishment and Responsibility*, cit.; Strawson, «Freedom and Resentment», cit.; ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.

nuevos conocimientos científicos obligan a reformular los criterios mediante los cuales el Derecho penal atribuye capacidad de comprensión, capacidad de autocontrol, capacidad de motivación normativa y, en definitiva, responsabilidad penal. A partir de este punto resulta posible examinar las premisas científicas derivadas de los capítulos anteriores y valorar en qué medida afectan realmente a los fundamentos de la culpabilidad contemporánea.

5.3. La convergencia científica y la reconstrucción de la Culpabilidad: hacia una “Culpabilidad Científicamente Informada”

La cuestión central que plantea la convergencia entre genética humana, neurociencia e inteligencia artificial no consiste en determinar si la culpabilidad debe desaparecer como categoría jurídica. Ninguna de las disciplinas analizadas en los capítulos anteriores proporciona razones suficientes para sostener semejante conclusión⁷⁴. Sin embargo, tampoco parece razonable afirmar que los extraordinarios avances experimentados durante las últimas décadas carezcan por completo de relevancia para la teoría de la responsabilidad penal.

El verdadero desafío consiste, por tanto, en determinar si el conocimiento aportado por estas ciencias obliga a reformular algunos de los presupuestos sobre los que tradicionalmente se ha construido el juicio de culpabilidad. La respuesta exige partir de una constatación elemental. La culpabilidad constituye una

⁷⁴ MORSE, Stephen J., «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility», cit.; DEMETRIO CRESPO, Eduardo, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal», cit.; GAZZANIGA, Michael S., *Who's in Charge? Free Will and the Science of the Brain*, Ecco, New York, 2011.

categoría normativa⁷⁵. Su función no consiste en describir científicamente el funcionamiento del cerebro humano, identificar predisposiciones genéticas o predecir comportamientos futuros. Su cometido es determinar cuándo resulta legítimo dirigir un reproche jurídico a una persona por la realización de un hecho antijurídico.

Ahora bien, aunque la culpabilidad sea una categoría normativa, no opera en el vacío. Presupone determinadas capacidades humanas cuya existencia y funcionamiento pueden ser parcialmente iluminados por el conocimiento científico. Entre ellas destacan la capacidad de comprensión, la capacidad de autodeterminación, la capacidad de aprendizaje normativo y la capacidad de autocontrol⁷⁶.

5.3.1. La insuficiencia de una concepción abstracta y homogénea del sujeto responsable

Uno de los presupuestos tácitos que durante largo tiempo acompañó a buena parte de la teoría penal consistía en considerar que los individuos disponían, salvo supuestos excepcionales de inimputabilidad, de capacidades relativamente homogéneas para comprender la norma y orientar su conducta conforme a ella.

La convergencia científica examinada en los capítulos precedentes ha permitido comprender con una profundidad sin precedentes la extraordinaria complejidad de los factores que intervienen en la conducta humana. En el ámbito de la genética, los estudios GWAS y los Polygenic Risk Scores (PRS) han descartado las concepciones monogenéticas de la conducta, mostrando

⁷⁵ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Hassemer, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.; FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.

⁷⁶ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; MIR PUIG, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; DEMETRIO CRESPO, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal», cit.

arquitecturas altamente poligénicas y probabilísticas. Los modelos de interacción gen-ambiente ($G \times E$), los estudios sobre MAOA y la epigenética evidencian que la expresión génica depende de trayectorias biográficas y ambientales. Paralelamente, la neurociencia ha mostrado que el control inhibitorio, la regulación emocional y la toma de decisiones dependen de redes distribuidas como la executive control network, la salience network y el default mode network, moduladas por el neurodesarrollo y la neuroplasticidad. Finalmente, los modelos fundacionales de inteligencia artificial y el deep learning permiten integrar información genética, neurobiológica y ambiental con una capacidad analítica sin precedentes. Sin caer en ningún determinismo biológico, resulta cada vez más evidente que los seres humanos presentan diferencias significativas en ámbitos relacionados con la impulsividad, la regulación emocional, la respuesta al estrés, la tolerancia a la frustración o la vulnerabilidad frente a determinados entornos adversos. Los estudios sobre neurodesarrollo, trauma infantil, plasticidad cerebral o funciones ejecutivas muestran que las capacidades de autocontrol y regulación conductual no se distribuyen de forma uniforme entre los individuos y pueden verse profundamente condicionadas por factores biográficos y ambientales. A su vez, la inteligencia artificial permite identificar patrones complejos de interacción entre variables biológicas, psicológicas y sociales que hasta hace pocos años permanecían ocultos al análisis humano.

Todo ello obliga a reconocer que el sujeto sobre el que recae el juicio de culpabilidad es mucho más heterogéneo de lo que tradicionalmente podía suponerse. Hoy podemos llegar a profundizar mucho más sobre ese sujeto concreto. Sin embargo, esta constatación no conduce necesariamente a la desaparición de

la responsabilidad penal. Antes al contrario, puede contribuir a hacerla más precisa.

5.3.2. Comprender mejor no significa justificar automáticamente

Uno de los errores más frecuentes en este ámbito consiste en confundir explicación con justificación. La advertencia formulada por Winfried Hassemer mantiene aquí plena vigencia. Explicar una conducta no equivale a exculparla. Del mismo modo, Stephen J. Morse ha insistido reiteradamente en que el descubrimiento de factores causales relevantes no elimina por sí mismo la responsabilidad jurídica. Toda conducta humana posee causas y también las decisiones consideradas más libres. Los experimentos de Libet y las investigaciones posteriores de Soon y Haynes sugieren que ciertos procesos neuronales preceden temporalmente a la conciencia subjetiva de la decisión. Sin embargo, ello no destruye la responsabilidad jurídica: los modelos contemporáneos de predictive processing muestran una interacción dinámica entre procesos conscientes e inconscientes, compatible con una concepción normativa de la culpabilidad. Si la mera existencia de condicionamientos bastara para excluir la culpabilidad, el concepto mismo de responsabilidad resultaría imposible. El problema jurídico no consiste en determinar si existen influencias biológicas, neuronales o ambientales sobre la conducta. La verdadera cuestión consiste en valorar si dichas influencias alcanzan una intensidad suficiente para afectar de forma relevante a las capacidades normativas que fundamentan el reproche penal. Esta distinción resulta esencial para evitar tanto el reduccionismo biológico como el reduccionismo jurídico, pues ni la genética convierte automáticamente a las personas en irresponsables, ni el Derecho puede ignorar sistemáticamente

conocimientos científicos relevantes sobre las capacidades reales del individuo.

5.3.3. Hacia una culpabilidad más individualizada

Si existe una consecuencia verdaderamente relevante derivada de la convergencia científica actual, probablemente no sea la desaparición de la culpabilidad, sino su progresiva individualización⁷⁷. Pues durante siglos, el Derecho penal se vio obligado a operar con categorías necesariamente generales. Ello era inevitable ya que simplemente no disponía de información suficiente para comprender con precisión las diferencias existentes entre los individuos. Sin embargo, podemos afirmar que la situación actual comienza a ser distinta, y que la genética permite identificar vulnerabilidades específicas, así como que la neurociencia permite comprender mejor los procesos de decisión y control conductual. Y a ello, le podemos añadir que la inteligencia artificial permite integrar cantidades masivas de información y detectar patrones de enorme complejidad.

Desde mi punto de vista, estos conocimientos, utilizados adecuadamente podrían contribuir a una valoración más precisa de cuestiones tan relevantes como la imputabilidad del sujeto, o en su caso la semiimputabilidad⁷⁸. Y también sobre cuestiones cabales como el juicio de exigibilidad de la conducta, basada en la capacidad de comprensión y la capacidad de control, y/o actuar conforme a esa comprensión. Además, se podría profundizar en una

⁷⁷ ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; Mir Puig, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; DEMETRIO CRESPO, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal», cit.

⁷⁸ Sobre imputabilidad y semiimputabilidad en el Derecho penal español, vid. Mir Puig, *Derecho Penal. Parte General*, cit.; MUÑOZ CONDE, Francisco; GARCÍA ARÁN, Mercedes, *Derecho Penal. Parte General*, Tirant lo Blanch, Valencia, varias ediciones.

mejor individualización de la pena, y en su caso abordar con eficacia las necesidades de tratamiento. Todo ello con la óptica puesta en las posibilidades reales de reinserción.

Por ello, la convergencia científica no debería contemplarse exclusivamente como una amenaza para el Derecho penal liberal, sino que se presenta como una oportunidad sin precedentes para aproximar la respuesta jurídica a la realidad concreta de la persona.

5.3.4. La culpabilidad científicamente informada⁷⁹ como propuesta de futuro

A la luz de cuanto antecede, quizá resulte posible formular una propuesta de síntesis. La culpabilidad del futuro difícilmente podrá construirse ignorando los avances de la genética, la neurociencia y la inteligencia artificial. Pero tampoco podrá quedar subordinada a ellos.

La función del Derecho penal no consiste en sustituir el juicio normativo por el diagnóstico biológico, la neuroimagen o el algoritmo. Su función sigue siendo valorar jurídicamente conductas humanas. No obstante, ese juicio normativo puede enriquecerse mediante una comprensión más profunda de la persona concreta a la que se dirige el reproche. Y desde esta perspectiva, cabría hablar de una culpabilidad científicamente informada. No se trataría de una nueva forma de culpabilidad biológica, neuronal o algorítmica, ni tampoco de una renuncia al principio de responsabilidad

⁷⁹ La expresión se utiliza aquí como propuesta conceptual propia, construida sobre la base de la culpabilidad normativa contemporánea y el debate neurojurídico. Vid. ROXIN/GRECO, *Strafrecht. Allgemeiner Teil. Band I*, cit.; HASSEMER, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.; MORSE, «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility», cit.; Demetrio Crespo, «Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal», cit.

personal. Se trataría, más bien, de una culpabilidad construida sobre una comprensión más completa de la realidad humana; una culpabilidad capaz de integrar el conocimiento científico sin abdicar de la función garantista que históricamente se ha postulado y desempeñado frente al poder punitivo. Precisamente porque conocemos mejor que nunca los múltiples factores que influyen sobre la conducta humana, el reto del Derecho penal contemporáneo consiste en atribuir responsabilidad de forma más justa, más individualizada y respetuosa con la dignidad de la persona. El objetivo no debe ser castigar menos ni castigar más, sino castigar mejor; esto es, ajustar el juicio de responsabilidad a las capacidades reales del individuo concreto sin renunciar por ello a los principios de libertad, igualdad y responsabilidad por el hecho que constituyen el núcleo irrenunciable del Estado de Derecho.

5.4 La tentación del Derecho Penal Predictivo: de la responsabilidad por el hecho a la gestión del riesgo

5.4.1. La lógica tradicional del Derecho penal liberal

Uno de los rasgos definitorios del Derecho penal moderno consiste en su carácter esencialmente retrospectivo⁸⁰. Desde la Ilustración y, particularmente, desde la consolidación del Estado liberal de Derecho, la intervención penal se legitima mediante la constatación de un hecho previamente cometido. La secuencia resulta conocida: realización de un comportamiento típico, antijurídico, culpable y punible; celebración de un proceso con todas las garantías; e imposición, en su caso, de una consecuencia jurídica prevista por la ley.

⁸⁰ FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.; HASSEMER, *Fundamentos del Derecho Penal*, cit.

Esta estructura no constituye una mera técnica procesal. Representa una profunda conquista política y jurídica frente a formas históricas de represión basadas en la sospecha, la peligrosidad o las características personales del individuo. Como ha señalado reiteradamente Luigi Ferrajoli, el principio de responsabilidad por el hecho constituye una de las garantías esenciales frente a la arbitrariedad del poder punitivo. El ciudadano responde por lo que ha hecho, no por lo que es, por lo que piensa o por lo que eventualmente podría llegar a hacer⁸¹.

Desde esta perspectiva, la culpabilidad y la presunción de inocencia aparecen estrechamente vinculadas. Ambas descansan sobre una misma premisa: la imposibilidad de sustituir el hecho probado por hipótesis, presunciones o pronósticos acerca de la conducta futura.

Sin embargo, la convergencia entre genética humana, neurociencia e inteligencia artificial comienza a generar tensiones inéditas respecto de este modelo.

5.4.2. La aparición del sujeto predictivo

La genética contemporánea permite identificar determinados factores de vulnerabilidad biológica. La neurociencia ofrece información cada vez más sofisticada sobre procesos de autocontrol, regulación emocional, impulsividad o respuesta al estrés. La inteligencia artificial, por su parte, es capaz de integrar enormes cantidades de información procedentes de múltiples fuentes y construir modelos predictivos de creciente complejidad. Tomadas conjuntamente, estas capacidades tecnológicas producen un fenómeno nuevo que ninguna de estas disciplinas podía generar

⁸¹ FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.; HASSEMER, *Persona, mundo y responsabilidad*, cit.

por separado: la aparición del sujeto predictivo⁸². Durante siglos el Derecho penal sólo pudo reaccionar frente a conductas ya realizadas. Hoy comenzamos a disponer de herramientas capaces de estimar probabilidades futuras a partir de la combinación de datos biológicos, neurocognitivos, conductuales y contextuales. Naturalmente, estas predicciones distan mucho de ser infalibles. No existe ninguna tecnología capaz de anticipar con certeza la conducta individual futura. Sin embargo, la mera posibilidad de mejorar progresivamente la capacidad predictiva plantea interrogantes inéditos para la teoría de la responsabilidad penal.

Por primera vez, el debate ya no gira únicamente en torno a por qué una persona ha delinquido, sino también en torno a la posibilidad de anticipar quién podría delinquir, cuándo podría hacerlo y con qué probabilidad.

5.4.3. Del sujeto responsable al sujeto perfilado

La cuestión anterior adquiere una especial relevancia cuando se observa la creciente expansión de sistemas basados en Big Data, aprendizaje automático y análisis actuarial. Los modelos predictivos contemporáneos no operan necesariamente mediante relaciones causales directas⁸³. Con frecuencia trabajan identificando correlaciones estadísticas extremadamente complejas entre miles o incluso millones de variables. El objetivo ya no consiste en comprender por qué sucede algo, sino en estimar la probabilidad de que suceda. Esta lógica resulta particularmente

⁸² Sobre la racionalidad predictiva y el perfilado en entornos tecnológicos, vid. HILDEBRANDT, *Smart Technologies and the End(s) of Law*, cit.; ZUBOFF, Shoshana, *The Age of Surveillance Capitalism. The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*, PublicAffairs, New York, 2019.

⁸³ HILDEBRANDT, *Smart Technologies and the End(s) of Law*, cit.; PASQUALE, *The Black Box Society*, cit.; O'Neil, *Weapons of Math Destruction*, cit.

visible en ámbitos como la valuación del riesgo de reincidencia, o la concesión de la libertad condicional⁸⁴. También en la concesión de medidas cautelares, donde por ejemplo ante la petición de órdenes de protección (ex art. 544 Ter LeCrim) la policía realiza un cuestionario de valoración de riesgo, y se pronuncia sobre el mismo. Además, en otra óptica podríamos abordar la vigilancia policial predictiva, y la distribución de recursos policiales, puesto que no son infinitos. Y finalmente, podemos profundizar en el análisis criminal.

Autores como Malcolm Feeley y Jonathan Simon describieron ya en la década de los noventa⁸⁵ el surgimiento de una nueva racionalidad político-criminal basada en la gestión actuarial del riesgo. Según estos autores, la denominada New Penology tiende progresivamente a desplazar la atención desde la responsabilidad individual hacia la administración de grupos considerados estadísticamente problemáticos⁸⁶.

La convergencia entre genética, neurociencia e inteligencia artificial podría intensificar extraordinariamente esta tendencia. No nos encontraríamos ya ante categorías genéricas de riesgo

⁸⁴ Por ej. RisCanvi, que es el protocolo de evaluación y gestión del riesgo utilizado por los servicios penitenciarios de Cataluña para valorar diversos riesgos criminológicos de las personas internas y apoyar la toma de decisiones penitenciarias relativas al tratamiento, clasificación y concesión de permisos. Generalitat de Catalunya, Departament de Justícia. Protocol de valoració del risc (RisCanvi). Disponible en:

https://justicia.gencat.cat/ca/ambits/reinsercio_i_serveis_penitenciaris/serveis_penitenciaris/RisCanvi/

⁸⁵ FEELEY, MALCOLM M.; Simon, Jonathan, «The New Penology: Notes on the Emerging Strategy of Corrections and Its Implications», *Criminology*, vol. 30, n.º 4, 1992, pp. 449-474.

⁸⁶ FEELEY/SIMON, «The New Penology», cit.; Garland, David, *The Culture of Control. Crime and Social Order in Contemporary Society*, Oxford University Press, Oxford, 2001.

construidas a partir de antecedentes penales o variables socioeconómicas, sino ante perfiles individualizados elaborados mediante la integración de información biológica, neurocientífica, psicológica y digital.

Es aquí donde emerge una cuestión particularmente delicada: el riesgo de que el individuo deje de ser contemplado principalmente como sujeto responsable para convertirse progresivamente en objeto de clasificación y perfilado.

5.4.4. ¿Hacia un nuevo Derecho penal de autor?

La historia del Derecho penal ofrece abundantes ejemplos de intentos por sustituir la responsabilidad por el hecho por valoraciones centradas en la personalidad del autor.

Podemos citar ad ex el positivismo criminológico de Cesare Lombroso quien buscó identificar rasgos físicos asociados a la criminalidad⁸⁷. En distintos momentos históricos surgieron teorías que pretendieron fundamentar la intervención penal sobre la peligrosidad del individuo más que sobre los hechos efectivamente realizados. Y la experiencia histórica demostró los riesgos inherentes a estos planteamientos. Precisamente por ello, el Derecho penal liberal construyó progresivamente un modelo centrado en el hecho cometido y no en las características personales del autor. Sin embargo, la convergencia tecnológica contemporánea vista, obliga a replantear este debate en términos nuevos. Pues ya no se trataría de identificar al delincuente mediante características morfológicas o estereotipos sociales⁸⁸, ni tampoco de atribuir relevancia penal a supuestos rasgos innatos de criminalidad. El

⁸⁷ LOMBROSO, *L'uomo delinquente*, cit.

⁸⁸ Sobre el positivismo criminológico y sus derivas deterministas, vid. LOMBROSO, *L'uomo delinquente*, cit.; FERRI, *Sociologia criminale*, cit.; GAROFALO, *Criminologia*, cit.

riesgo es mucho más sofisticado. Podría surgir una forma inédita de Derecho penal de perfil⁸⁹, construido mediante la combinación de información genética⁹⁰, junto con marcadores epigenéticos. A lo que en esa convergencia científica le añadiríamos datos neurocientíficos; junto con antecedentes conductuales. Y finalmente la huella digital, junto con los patrones de interacción social (combinado todo ello con sistemas avanzados de inteligencia artificial).

Desde nuestro punto de vista cuanto más precisos se vuelvan estos sistemas, mayor será la presión social para utilizarlos con finalidades preventivas. Y aquí aparece la pregunta que probablemente sintetiza todo el problema: ¿Hasta qué punto una sociedad democrática está dispuesta a sacrificar la responsabilidad por el hecho en nombre de una promesa de mayor seguridad?

Con esta perspectiva, cabe formular un principio de prohibición del perfil penal: ningún individuo debe ser investigado, juzgado o sancionado sobre la base de predisposiciones genéticas, biomarcadores neurocientíficos o perfiles algorítmicos. Las probabilidades no son hechos, y el Derecho penal liberal sólo puede intervenir legítimamente sobre la base de conductas efectivamente realizadas y jurídicamente atribuibles.

⁸⁹ La noción de «Derecho penal de perfil» se emplea aquí como categoría analítica propia para describir una eventual actualización tecnocientífica de los riesgos tradicionalmente asociados al Derecho penal de autor. Sobre el Derecho penal de autor y sus riesgos garantistas, vid. FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.; HASSEMER, *Fundamentos del Derecho Penal*, cit.

⁹⁰ Sobre los riesgos de sobredimensionar la información genética en materia de responsabilidad, vid. Morse, «Addiction, Genetics, and Criminal Responsibility», cit.; FARAHANY, Nita A., *The Battle for Your Brain. Defending the Right to Think Freely in the Age of Neurotechnology*, St. Martin's Press, New York, 2023.

5.4.5. *Minority Report*⁹¹ y la ilusión de la prevención absoluta

La conocida obra de Philip K. Dick y su posterior adaptación cinematográfica constituyen una poderosa metáfora jurídica de este problema. La relevancia de *Minority Report* no reside en su dimensión futurista, sino en la pregunta que plantea: ¿qué ocurriría si una sociedad dispusiera de mecanismos extremadamente eficaces para anticipar delitos futuros?

Naturalmente, la tecnología actual se encuentra muy lejos de semejante escenario. Sin embargo, la cuestión de fondo sigue siendo pertinente. Toda mejora en la capacidad predictiva genera inevitablemente una tentación preventiva. Si es posible identificar riesgos antes de que se materialicen, surge la presión para intervenir anticipadamente. Y el problema es que la lógica preventiva posee límites infranqueables en un Estado de Derecho⁹². Una sociedad podría probablemente reducir significativamente determinados riesgos mediante sistemas masivos de vigilancia perfilado y control permanente. Sin embargo, semejante objetivo resultaría incompatible con principios fundamentales como la dignidad humana, la autonomía personal, la presunción de inocencia o la responsabilidad por el hecho.

Por ello, el verdadero desafío no consiste en determinar cuánto puede predecir la tecnología, sino cuánto estamos dispuestos a permitir que influya sobre nuestras instituciones jurídicas.

⁹¹ DICK, Philip K., «The Minority Report», en *Fantastic Universe*, enero de 1956. La referencia se emplea en el texto como metáfora literaria de la justicia predictiva, no como fuente doctrinal.

⁹² FERRAJOLI, *Derecho y razón*, cit.; Garland, *The Culture of Control*, cit.; SILVA SÁNCHEZ, Jesús-María, *La expansión del Derecho penal. Aspectos de la política criminal en las sociedades postindustriales*, 3.^a ed., Edisofer-B de F, Madrid-Montevideo-Buenos Aires, 2011.

5.4.6. El riesgo político-criminal⁹³ de la convergencia científica vista

A la luz de cuanto antecede, la principal amenaza derivada de la convergencia entre genética, neurociencia e inteligencia artificial no parece residir en una supuesta destrucción científica de la culpabilidad. La amenaza, como vemos, es de naturaleza político-criminal. Pues consiste en la posibilidad de que el creciente conocimiento sobre la conducta humana sea utilizado para desplazar progresivamente el centro de gravedad del Derecho penal desde la responsabilidad hacia la predicción. Más aun que provoque un desplazamiento desde el hecho hacia el riesgo, desde la persona hacia el perfil; y desde el juicio normativo hacia el cálculo actuarial.

Precisamente por ello, cuanto mayor sea la capacidad tecnológica para comprender, clasificar y anticipar comportamientos humanos, más importante resultará preservar aquellas garantías que históricamente han protegido al individuo frente al poder punitivo del Estado.

La convergencia científica puede convertirse en una herramienta extraordinariamente valiosa para comprender mejor al ser humano. Pero también puede transformarse en el fundamento de nuevas formas de control social incompatibles con los principios sobre los que se construyó el Derecho penal liberal. La tarea de la dogmática penal del siglo XXI consistirá, en buena medida, en aprovechar las oportunidades del conocimiento sin permitir que éste termine erosionando la libertad que pretende proteger.

⁹³ FEELEY/SIMON, «The New Penology», cit.; Garland, *The Culture of Control*, cit.; SILVA SÁNCHEZ, *La expansión del Derecho penal*, cit.

5.4.7. La convergencia tecnológica y el riesgo de una sociedad de vigilancia integral

Las preocupaciones que suscita la convergencia entre genética humana, neurociencia e inteligencia artificial no son enteramente nuevas. Mucho antes de la aparición de las tecnologías contemporáneas, diversos pensadores advirtieron sobre el riesgo de que el conocimiento científico y la acumulación de información pudieran convertirse en instrumentos de control social incompatibles con la libertad individual. La referencia más conocida es probablemente la novela 1984 de George Orwell⁹⁴. Aunque escrita en 1948, la obra anticipa de manera sorprendente algunas de las preocupaciones actuales. El poder totalitario descrito por Orwell no se limita a castigar conductas; aspira a conocer, vigilar y anticipar cualquier desviación potencial. La vigilancia permanente convierte al individuo en un objeto de observación continua y reduce progresivamente los espacios de autonomía personal. La célebre figura del Big Brother representa precisamente la aspiración de un poder que pretende hacerlo todo visible.

Sin embargo, la advertencia de Orwell constituye sólo una parte del problema. Más profunda aún resulta la reflexión desarrollada por Michel Foucault en *Surveiller et punir* (1975)⁹⁵. A juicio del pensador francés, las sociedades modernas experimentaron una progresiva transición desde formas de poder centradas en el castigo visible hacia mecanismos mucho más sofisticados de vigilancia, clasificación, normalización y control.

⁹⁴ ORWELL, George, *Nineteen Eighty-Four*, Secker & Warburg, London, 1949. La novela se cita como advertencia literaria sobre vigilancia, control y poder totalizante.

⁹⁵ FOUCAULT, Michel, *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Gallimard, Paris, 1975.

La imagen del panóptico de Bentham⁹⁶ simboliza precisamente esta lógica: el individuo modifica su conducta porque sabe que puede estar siendo observado en cualquier momento.

La convergencia contemporánea entre genética, neurociencia e inteligencia artificial parece llevar esta lógica a un nivel cualitativamente distinto. Ya no se trata únicamente de observar conductas externas. Por primera vez comienzan a aparecer tecnologías capaces de acceder a información extraordinariamente sensible sobre predisposiciones biológicas, procesos cognitivos, patrones emocionales o trayectorias conductuales. Si el panóptico clásico permitía vigilar lo que hacemos, las nuevas tecnologías aspiran progresivamente a comprender por qué lo hacemos e incluso a anticipar lo que podríamos llegar a hacer. A esta preocupación se han referido también autores contemporáneos como Shoshana Zuboff, quien en *The Age of Surveillance Capitalism*⁹⁷ ha descrito la aparición de modelos económicos basados en la extracción masiva de datos personales con fines predictivos y conductuales. Aunque su análisis se desarrolla principalmente fuera del ámbito penal, sus conclusiones resultan plenamente relevantes para comprender los riesgos asociados al uso de sistemas algorítmicos capaces de influir sobre decisiones humanas a gran escala.

En una línea semejante, Mireille Hildebrandt ha advertido que las tecnologías predictivas pueden erosionar progresivamente algunos de los presupuestos fundamentales del Estado de

⁹⁶ BENTHAM, Jeremy, *Panopticon; or, The Inspection-House*, T. Payne, London, 1791; FOUCAULT, *Surveiller et punir*, cit.

⁹⁷ ZUBOFF, Shoshana, *The Age of Surveillance Capitalism. The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*, PublicAffairs, New York, 2019.

Derecho⁹⁸ al sustituir decisiones basadas en normas generales por procesos de clasificación y perfilado contruidos mediante correlaciones estadísticas. De igual modo, Frank Pasquale ha denunciado los riesgos derivados de la opacidad algorítmica⁹⁹ y de la creciente dependencia institucional respecto de sistemas cuyo funcionamiento resulta difícilmente comprensible incluso para sus propios operadores. Desde esta perspectiva, la verdadera amenaza no consiste únicamente en la posibilidad de cometer errores predictivos. El problema es más profundo, ya que consiste en la progresiva transformación del ciudadano en un sujeto permanentemente observable, clasificable y evaluable mediante sistemas tecnológicos capaces de integrar dimensiones biológicas, neurocientíficas y conductuales de una forma sin precedentes históricos.

Paradójicamente, la misma convergencia científica que puede contribuir a construir un Derecho penal más individualizado y justo podría también convertirse en el fundamento de nuevas formas de control incompatibles con la dignidad humana. Precisamente por ello, el gran desafío jurídico de nuestro tiempo no consiste únicamente en determinar qué puede hacerse técnicamente, sino también en establecer qué no debe hacerse, aunque llegue a ser técnicamente posible. Como advirtiera Hans Jonas¹⁰⁰, el incremento del poder tecnológico exige una expansión

⁹⁸ HILDEBRANDT, Mireille, *Smart Technologies and the End(s) of Law. Novel Entanglements of Law and Technology*, Edward Elgar, Cheltenham, 2015.

⁹⁹ PASQUALE, Frank, *The Black Box Society. The Secret Algorithms That Control Money and Information*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 2015.

¹⁰⁰ JONAS, Hans, *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, trad. Javier M. Fernández Retenaga, Herder, Barcelona, 1995; HABERMAS, Jürgen, *El futuro de la naturaleza humana. ¿Hacia una eugenesia liberal?*, Paidós, Barcelona, 2002.

correlativa de la responsabilidad. Y, como posteriormente subrayó Jürgen Habermas, el progreso biotecnológico no puede hacer olvidar las condiciones normativas que hacen posible una comunidad de personas libres e iguales. Cuanto mayor sea nuestra capacidad para conocer, clasificar o predecir comportamientos humanos, mayor deberá ser el compromiso del Derecho con la protección de la libertad, la autonomía y la dignidad de la persona.

VI. CONSIDERACIONES FINALES: CIENCIA RESPONSABILIDAD Y DIGNIDAD HUMANA

Las páginas precedentes han pretendido explorar un territorio necesariamente fronterizo entre las ciencias empíricas y el Derecho. Desde la genética humana hasta la neurociencia y la inteligencia artificial, el hilo conductor de este trabajo ha sido siempre el mismo: comprender mejor la conducta humana para interrogar de nuevo los fundamentos de la responsabilidad penal.

Al inicio de estas páginas nos preguntábamos qué imagen del ser humano emerge de la convergencia entre genética, neurociencia e inteligencia artificial y si los extraordinarios avances científicos de nuestro tiempo obligan a revisar categorías tan nucleares como la libertad, la culpabilidad o la propia legitimidad del castigo. Las respuestas alcanzadas no pueden ser definitivas. Como recordaba Karl Popper¹⁰¹, el conocimiento científico progresa mediante un incesante proceso de conjeturas y refutaciones, de modo que toda explicación permanece siempre abierta a revisión.

¹⁰¹ POPPER, Karl R., *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge & Kegan Paul, London, 1963

Sin embargo, algunas conclusiones parecen hoy razonablemente sólidas. La genética contemporánea ha mostrado la extraordinaria complejidad de la interacción entre genoma y ambiente; la neurociencia ha revelado un cerebro dinámico, plástico y profundamente dependiente de la experiencia; y la inteligencia artificial ha desarrollado capacidades inéditas para identificar patrones y formular inferencias predictivas sobre la conducta humana. Pero ninguna de estas disciplinas, ni siquiera consideradas conjuntamente, ha logrado demostrar la desaparición de la agencia humana ni hacer superfluo el juicio normativo de responsabilidad.

Quizá porque, cuanto más avanza el conocimiento científico, más se desvanece toda pretensión reduccionista. El ser humano aparece hoy menos como una realidad susceptible de ser explicada por una única causa y más como una estructura abierta, histórica y relacional. En términos de Xavier Zubiri¹⁰², la persona no es una cosa entre las cosas, sino una realidad abierta al mundo y a los demás.

El jurista, por ello, no puede renunciar a la prudencia. Aristóteles ya situó la *phronesis*¹⁰³ entre las virtudes intelectuales indispensables para la vida práctica, recordándonos que existen decisiones humanas que no pueden resolverse mediante cálculos mecánicos ni por la mera acumulación de datos. El Derecho penal no administra únicamente información; administra responsabilidad. Por ello, deberá integrar críticamente el mejor conocimiento científico disponible sin renunciar a los principios que constituyen

¹⁰² ZUBIRI, Xavier, *Sobre el hombre*, Alianza Editorial, Madrid, 1986.

¹⁰³ ARISTÓTELES, *Ética nicomáquea*, trad. Julio Pallí Bonet, Gredos, Madrid, Libro VI, 5, 1140a24–1140b30, donde define la prudencia (*phronesis*) como una disposición racional y verdadera relativa a la acción sobre lo que es bueno o malo para el ser humano.

el núcleo irrenunciable del Estado de Derecho, viendo a cada persona, siempre, – como dijere Kant¹⁰⁴ como un fin en sí misma, y nunca simplemente como un medio.

La genética, la neurociencia y la inteligencia artificial han ampliado extraordinariamente nuestra capacidad para comprender los múltiples condicionamientos de la conducta humana. Ortega y Gasset escribió que «yo soy yo y mi circunstancia¹⁰⁵», recordándonos que el ser humano nunca existe aislado, sino siempre inserto en una determinada realidad histórica y vital. Un siglo después, las ciencias contemporáneas nos permiten conocer mejor muchas de esas circunstancias biológicas, neuronales y ambientales. Pero el Derecho continúa recordándonos una verdad esencial: la persona no queda enteramente explicada por sus causas. Precisamente por ello, cuanto mayor es nuestro poder para conocer y predecir la conducta humana, mayor es también la responsabilidad que acompaña a ese conocimiento, como tempranamente advirtió Hans Jonas¹⁰⁶. Porque, en último término, el progreso de una civilización no depende sólo de cuánto es capaz de conocer sobre el ser humano o predecir, sino también de su capacidad para seguir reconociendo en cada persona un sujeto de dignidad, libertad y responsabilidad.

Como jurista e hijo de un genetista, difícilmente podía imaginar hace décadas que el Derecho penal terminaría dialogando de forma tan intensa con la biología y las ciencias cognitivas, concretamente con la genética, la neurociencia y la inteligencia

¹⁰⁴ KANT, Immanuel, *Fundamentación para una metafísica de las costumbres*, Ak. IV, 429, Gredos, Madrid.

¹⁰⁵ ORTEGA Y GASSET, José, *Meditaciones del Quijote*, Imprenta de la Residencia de Estudiantes, Madrid, 1914, p. 43.

¹⁰⁶ JONAS, Hans, *Das Prinzip Verantwortung*, Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1979.

artificial. Tal vez el verdadero reto de nuestro tiempo consista precisamente en mantener la centralidad de la persona cuando la ciencia nos permite conocer cada vez más acerca de ella

He dicho.

COLECCIÓN: **DISCURSOS ACADÉMICOS**

Coordinación: **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**

1. *La Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote en el contexto histórico del movimiento académico.* (Académico de Número). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
2. *D. Blas Cabrera Topham y sus hijos.* (Académico de Número). **José E. Cabrera Ramírez**. 21 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
3. *Buscando la materia oscura del Universo en forma de partículas elementales débiles.* (Académico de Honor). **Blas Cabrera Navarro**. 7 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
4. *El sistema de posicionamiento global (GPS): en torno a la Navegación.* (Académico de Número). **Abelardo Bethencourt Fernández**. 16 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.
5. *Cálculos y conceptos en la historia del hormigón armado.* (Académico de Honor). **José Calavera Ruiz**. 18 de julio de 2003. INTEMAC.
6. *Un modelo para la delimitación teórica, estructuración histórica y organización docente de las disciplinas científicas: el caso de la matemática.* (Académico de Número). **Francisco A. González Redondo**. 23 de julio de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
7. *Sistemas de información centrados en red.* (Académico de Número). **Silvano Corujo Rodríguez**. 24 de julio de 2003. Ayuntamiento de San Bartolomé.
8. *El exilio de Blas Cabrera.* (Académica de Número). **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**. 18 de noviembre de 2003. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna.
9. *Tres productos históricos en la economía de Lanzarote: la orquilla, la barrilla y la cochinilla.* (Académico Correspondiente). **Agustín Pallarés Padilla**. 20 de mayo de 2004. Amigos de la Cultura Científica.
10. *En torno a la nutrición: gordos y flacos en la pintura.* (Académico de Honor). **Amador Schüller Pérez**. 5 de julio de 2004. Real Academia Nacional de Medicina.
11. *La etnografía de Lanzarote: “El Museo Tanit”.* (Académico Correspondiente). **José Ferrer Perdomo**. 15 de julio de 2004. Museo Etnográfico Tanit.
12. *Mis pequeños dinosaurios. (Memorias de un joven naturalista).* (Académico Correspondiente). **Rafael Arozarena Doblado**. 17 diciembre 2004. Amigos de la Cultura Científica.
13. *Laudatio de D. Ramón Pérez Hernández y otros documentos relativos al Dr. José Molina Orosa.* (Académico de Honor a título póstumo). 7 de marzo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.

14. *Blas Cabrera y Albert Einstein*. (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo del Excmo. Sr. D. **Blas Cabrera Felipe**). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
15. *La flora vascular de la isla de Lanzarote. Algunos problemas por resolver*. (Académico Correspondiente). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 5 de julio de 2005. Jardín de Aclimatación de La Orotava.
16. *El ecosistema agrario lanzaroteño*. (Académico Correspondiente). **Carlos Lahora Arán**. 7 de julio de 2005. Dirección Insular del Gobierno en Lanzarote.
17. *Lanzarote: características geoestratégicas*. (Académico Correspondiente). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 11 de julio de 2005. Amigos de la Cultura Científica.
18. *En torno a lo fundamental: Naturaleza, Dios, Hombre*. (Académico Correspondiente). **Javier Cabrera Pinto**. 22 de marzo de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
19. *Materiales, colores y elementos arquitectónicos de la obra de César Manrique*. (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo de **César Manrique**). **José Manuel Pérez Luzardo**. 24 de abril de 2006. Amigos de la Cultura Científica.
20. *La Medición del Tiempo y los Relojes de Sol*. (Académico Correspondiente). **Juan Vicente Pérez Ortiz**. 7 de julio de 2006. Caja de Ahorros del Mediterráneo.
21. *Las estructuras de hormigón. Debilidades y fortalezas*. (Académico Correspondiente). **Enrique González Valle**. 13 de julio de 2006. INTEMAC.
22. *Nuevas aportaciones al conocimiento de la erupción de Timanfaya (Lanzarote)*. (Académico de Número). **Agustín Pallarés Padilla**. 27 de junio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
23. *El agua potable en Lanzarote*. (Académico Correspondiente). **Manuel Díaz Rijo**. 20 de julio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
24. *Anestesiología: Una especialidad desconocida*. (Académico Correspondiente). **Carlos García Zerpa**. 14 de diciembre de 2007. Hospital General de Lanzarote.
25. *Semblanza de Juan Oliveros. Carpintero – imaginero*. (Académico de Número). **José Ferrer Perdomo**. 8 de julio de 2008. Museo Etnográfico Tanit.
26. *Estado actual de la Astronomía: Reflexiones de un aficionado*. (Académico Correspondiente). **César Piret Ceballos**. 11 de julio de 2008. Iltre. Ayuntamiento de Tías.
27. *Entre aulagas, matos y tabaibas*. (Académico de Número). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 15 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
28. *Lanzarote y el vino*. (Académico de Número). **Manuel Díaz Rijo**. 24 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
29. *Cronobiografía del Dr. D. José Molina Orosa y cronología de acontecimientos conmemorativos*. (Académico de Número). **Javier Cabrera Pinto**. 15 de diciembre de 2008. Gerencia de

Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.

30. *Territorio Lanzarote 1402. Majos, sucesores y antecesores.* (Académico Correspondiente). **Luis Díaz Feria**. 28 de abril de 2009. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
31. *Presente y futuro de la reutilización de aguas en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Sebastián Delgado Díaz**. 6 de julio de 2009. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.
32. *El análisis del tráfico telefónico: una herramienta estratégica de la empresa.* (Académico Correspondiente). **Enrique de Ferra Fantín**. 9 de julio de 2009. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
33. *La investigación sobre el fondo cósmico de microondas en el Instituto de Astrofísica de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Rafael Rebolo López**. 11 de julio de 2009. Instituto de Astrofísica de Canarias.
34. *Centro de Proceso de Datos, el Cerebro de Nuestra Sociedad.* (Académico Correspondiente). **José Damián Ferrer Quintana**. 21 de septiembre de 2009. Museo Etnográfico Tanit.
35. Solemne Sesión Académica Necrológica de Homenaje al Excmo. Sr. D. Rafael Arozarena Doblado, Académico Correspondiente en Tenerife. *Laudatio Académica* por **Francisco González de Posada** y otras Loas. 24 de noviembre de 2009. Ilte. Ayuntamiento de Yaiza.
36. *La Cesárea. Una perspectiva bioética.* (Académico Correspondiente). **Fernando Conde Fernández**. 14 de diciembre de 2009. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.
37. *La “Escuela Luján Pérez”: Integración del pasado en la modernidad cultural de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Cristóbal García del Rosario**. 21 de enero de 2010. Fundación Canaria “Luján Pérez”.
38. *Luz en la Arquitectura de César Manrique.* (Académico Correspondiente). **José Manuel Pérez Luzardo**. 22 de abril de 2010. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.
39. *César Manrique y Alemania.* (Académico Correspondiente). **Bettina Bork**. 23 de abril de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
40. *La Química Orgánica en Canarias: la herencia del profesor D. Antonio González.* (Académico Correspondiente). **Ángel Gutiérrez Ravelo**. 21 de mayo de 2010. Instituto Universitario de Bio-Orgánica “Antonio González”.
41. *Visión en torno al lenguaje popular canario.* (Académico Correspondiente). **Gregorio Barreto Viñoly**. 17 de junio de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
42. *La otra Arquitectura barroca: las perspectivas falsas.* (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos**. 15 de julio de 2010. Amigos de Écija.
43. *Prado Rey, empresa emblemática. Memoria vitivinícola de un empresario ingeniero agrónomo.* (Académico Correspondiente). **Javier Cremades de Adaro**. 16 de julio de

2010. Real Sitio de Ventosilla, S. A.

44. *El empleo del Análisis Dimensional en el proyecto de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico.* (Académico Correspondiente). **Miguel Ángel Gálvez Huerta**. 26 de julio de 2010. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.
45. *El anciano y sus necesidades sociales.* (Académico Correspondiente). **Aristides Hernández Morán**. 17 de diciembre de 2010. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
46. *La sociedad como factor impulsor de los trasplantes de órganos abdominales.* (Académico de Honor). **Enrique Moreno González**. 12 de julio de 2011. Amigos de la Cultura Científica.
47. *El Tabaco: de producto deseado a producto maldito.* (Académico Correspondiente). **José Ramón Calvo Fernández**. 27 de julio de 2011. Dpto. Didácticas Espaciales. ULPGC.
48. *La influencia de la ciencia en el pensamiento político y social.* (Académico Correspondiente). **Manuel Medina Ortega**. 28 de julio de 2011. Grupo Municipal PSOE. Ayuntamiento de Arrecife.
49. *Parteras, comadres, matronas. Evolución de la profesión desde el saber popular al conocimiento científico.* (Académico Numerario). **Fernando Conde Fernández**. 13 de diciembre de 2011. Italfármaco y Pfizer.
50. *En torno al problema del movimiento perpetuo. Una visión histórica.* (Académico Correspondiente). **Domingo Díaz Tejera**. 31 de enero de 2012. Ayuntamiento de San Bartolomé
51. *Don José Ramírez Cerdá, político ejemplar: sanidad, educación, arquitectura, desarrollo sostenible, ingeniería de obras públicas viarias y de captación y distribución de agua.* (Académico Correspondiente). **Álvaro García González**. 23 de abril de 2012. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.
52. *Perfil biográfico de César Manrique Cabrera, con especial referencia al Municipio de Haría.* (Académico Numerario). **Gregorio Barreto Viñoly**. 25 de abril de 2013. Ilte. Ayuntamiento de Haría.
53. *Tecnología e impacto social. Una mirada desde el pasado hacia el futuro.* (Académico Correspondiente). **Roque Calero Pérez**. 26 de abril de 2013. Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria.
54. *Historia del Rotary Club Internacional: Implantación y desarrollo en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Pedro Gopar González**. 19 de julio de 2013. Construcciones Lava Volcánica, S.L.
55. *Ensayos en vuelo: Fundamento de la historia, desarrollo, investigación, certificación y calificación aeronáuticas.* (Académico Correspondiente). **Antonio Javier Mesa Fortún**. 31 de enero de 2014. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.
56. *El cielo nocturno de Fuerteventura: Recurso para la Ciencia y oportunidad para el*

- Turismo*. (Académico Numerario). **Enrique de Ferra Fantún**. 20 de mayo de 2015.
57. *La Unión Europea ante las crisis internacionales*. (Académico Numerario). **Manuel Medina Ortega**. 24 de julio de 2015.
58. *Seguridad alimentaria y disruptores endocrinos hoy*. (Académico Correspondiente). **Antonio Burgos Ojeda**. 14 de diciembre de 2015.
59. *El Dr. Tomás Mena y Mesa: Médico filántropo mayorero*. (Académico Numerario). **Aristides Hernández Morán**. 15 de diciembre de 2015.
60. *Callejero histórico de Puerto de Cabras - Puerto del Rosario*. (Académico Numerario). **Álvaro García González**. 20 de abril de 2016.
61. *El moderno concepto de Probabilidad y su aplicación al caso de los Seguros/Il moderno concetto di Probabilità e il suo rapporto con l'Assicurazione*. (Académico Correspondiente en Italia). **Claudio de Ferra**. 25 de julio de 2016.
62. *Comentarios históricos sobre la obra de Boccaccio. “De Canaria y de las otras islas nuevamente halladas en el océano allende España”*. (Académico Numerario). **Cristóbal García del Rosario**. 25 de julio de 2016.
63. «“Literatura Viva”, Una iniciativa en Lanzarote para fomentar la práctica de la *Lectura en VozAlta*». (Académico Correspondiente). **Manuel Martín-Arroyo Flores**. 26 de julio de 2016.
64. *La herencia centenaria de un soñador. Huella y legado de Manuel Velázquez Cabrera (1863-1916)*. (Académico Correspondiente). **Felipe Bermúdez Suárez**. 17 de octubre de 2016.
65. *Propuesta para la provincialización de las islas menores del archipiélago canario*. (Académico Correspondiente). **Fernando Rodríguez López-Lannes**. 18 de octubre de 2016.
66. *Cambio Climático y Tabaco: El negocio está en la duda*. (Académico Numerario). **José Ramón Calvo Fernández**. 12 de diciembre de 2016.
67. *Los RPAS, un eslabón más en la evolución tecnológica*. (Académico Numerario). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 30 de enero de 2017.
68. *La Seguridad de los Medicamentos*. (Académico Numerario). **José Nicolás Boada Juárez**. 31 de enero de 2017.
69. *Teoría de Arrecife*. (Académico Numerario). **Luis Díaz Fera**. 26 de abril de 2017.
70. *Sistemas críticos en aeronaves no tripuladas: Un ejemplo de optimización y trabajo en equipo*. (Académico Numerario). **Antonio Javier Mesa Fortún**. 28 de abril de 2017.
71. *1878 – 1945: La Arquitectura en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria en tiempos de Blas Cabrera Felipe*. (Académico Numerario). **José Manuel Pérez Luzardo**. 17 de mayo de 2017.
72. *Energía osmótica: una renovable prometedora en desarrollo*. (Académico Numerario).

- Sebastián N. Delgado Díaz.** 20 de julio de 2017.
73. *El descubrimiento de Lanzarote y de Canarias por parte del navegante italiano Lanzarotto Malocello.* (Académico Correspondiente). **Alfonso Licata.** 21 de julio de 2017.
74. *La Palma Canaria: Una cultura agrícola-artesanal.* (Académico Correspondiente). **Gerardo Mesa Noda.** 25 de septiembre de 2017.
75. *El Reloj de Sol del Castillo de San Gabriel en Arrecife: Su carácter primicial y la difusión del modelo.* (Académico Numerario). **Juan Vicente Pérez Ortiz.** 22 de diciembre de 2017.
76. *Mis recuerdos de César Manrique.* (Académico Numerario). **José Dámaso Trujillo -“Pepe Dámaso”-**. 23 de abril de 2018.
77. *Un nuevo modelo de desarrollo sostenible: necesidad y características.* (Académico Numerario). **Roque Calero Pérez.** 24 de abril de 2018.
78. *Reserva de la Biosfera de Fuerteventura en la red mundial de Reservas de la Biosfera. Logros y retos de futuro.* (Académico Correspondiente). **Antonio Gallardo Campos.** 25 de abril de 2018.
79. *La Extraposofía o la Arquitectura del Universo.* (Académico Correspondiente). **Antonio Padrón Barrera.** 25 de abril de 2018.
80. *La huella del Vaticano II en Fuerteventura.* (Académico Numerario). **Felipe Bermúdez Suárez.** 16 de julio de 2018.
81. *La construcción de la nueva comisaría de Arrecife.* (Académico Numerario). **Fernando Rodríguez López-Lannes.** 19 de julio de 2018.
82. *Acupuntura médica occidental / Western medical acupuncture.* (Académico Correspondiente en el Reino Unido). **Bill Ferguson.** 12 de diciembre de 2018.
83. *Leonardo da Vinci. Quinto centenario de su fallecimiento.* (Académico Numerario). **Alfonso Licata.** 22 de mayo de 2019.
84. *De Lanzarote a la Luna y a Marte: Claves geológicas y astrobiológicas.* (Académico Correspondiente). **Jesús Martínez Frías.** 30 de enero de 2020.
85. *Remembranza de un académico poeta, Rafael Arozarena.* (Académico Numerario). **Manuel Martín-Arroyo Flores.** 10 de diciembre de 2020.
86. *La conservación del patrimonio paleontológico de Lanzarote.* (Académica Correspondiente). **Esther Martín González.** 18 de mayo de 2021.
87. *El Geoparque Mundial de la UNESCO Lanzarote y Archipiélago Chinijo.* (Académica Correspondiente). **María Elena Mateo Mederos.** 19 de mayo de 2021.
88. *Los ángeles en la obra fresquista de Francisco de Goya.* (Académica Correspondiente). **María Teresa Fernández Talaya.** 8 de septiembre de 2021.
89. *Integración en edificios de viviendas de la tecnología de enfriamiento pasivo (o de bajo*

- gasto energético) por re-irradiación de onda larga.* (Académico Numerario). **Miguel Ángel Gálvez Huerta.** 9 de septiembre de 2021.
90. *Medio ambiente y salud, reflexiones post pandémicas.* (Académico Numerario). **Antonio Gallardo Campos.** 13 de diciembre de 2021.
91. *Control sanitario del tráfico marítimo en los puertos canarios occidentales: Epidemias.* (Académico Numerario). **Antonio Burgos Ojeda.** 14 de diciembre de 2021.
92. *Interlingua: La lengua global.* (Académico Numerario). **Domingo Díaz Tejera.** 3 de febrero de 2022.
93. *Los recuerdos de Blas Cabrera en Lanzarote hasta 1978.* (Académico Correspondiente). **Enrique Díaz Herrera.** 26 de mayo de 2022.
94. *Canarias: Cuando el magma alcanza el Cosmos.* (Académico Numerario). **Jesús Martínez Frías.** 27 de mayo de 2022.
95. *Consideraciones en torno al lenguaje. Las variedades atlántica y canaria de la Lengua Española.* (Académica Correspondiente). **María Dolores Fajardo Espino.** 27 de mayo de 2022.
96. *Julio Palacios frente a Einstein y a la Relatividad.* (Académico Correspondiente). **Albino Arenas Gómez.** 17 de mayo de 2023.
97. *El reformismo de Felipe V y la derrota atlántica del comercio con las Indias: Una tarea de José Patiño.* (Académico Correspondiente). **Fernando López Rodríguez.** 17 de mayo de 2023.
98. *La globalización: amenazas y oportunidades.* (Académico Correspondiente). **Alfredo Rocafort Nicolau.** 18 de mayo de 2023.
99. *La trimilenaria Cádiz, madre de la Cirugía moderna y contemporánea española.* (Académico Correspondiente). **José Antonio Salido Valle.** 19 de mayo de 2023.
100. *El registro fósil marino de Macaronesia: interpretando eventos de su historia geológica.* (Académica Numeraria). **María Esther Martín González.** 19 de mayo de 2023.
101. *Antonio de Nebrija. El humanista que amaba las palabras. Quinto centenario de su fallecimiento (1444-1522).* (Académica Correspondiente). **Cecilia Kindelán Amorrich.** 13 de julio de 2023.
102. *La inteligencia artificial y la estupidez natural.* (Académico Correspondiente). **Jordi Martí Pidelaserra.** 14 de julio de 2023.
103. *Liderazgo empresarial en el siglo XXI: creación de valor compartido y nuevos estilos de dirección.* (Académico Correspondiente). **Jaume Llopis Casellas.** 26 de octubre de 2023.
104. *La usura en la España del Siglo XXI.* (Académico Correspondiente). **Xabier Añoberos Trías de Bes.** 26 de octubre de 2023.

105. *Observaciones acerca de la navegación desde nuestros días hasta su origen histórico.* (Académico Correspondiente). **Félix Martín de Loeches Martín**. 27 de octubre de 2023
106. *El enfoque una sola salud, en la lucha para el control de la resistencia a los antibióticos.* (Académica Correspondiente). **Mª Àngels Calvo Torras**. 11 de diciembre de 2023.
107. *La presencia de la bioética en un grupo sanitario privado español.* (Académica Correspondiente). **María Anunciación Tormo Domínguez**. 12 de diciembre de 2023.
108. *De la polución al cambio climático.* (Académico Correspondiente). **Marcelino Benítez de Soto y Sánchez-Ventura**. 15 de diciembre de 2023.
109. *El Instituto “Blas Cabrera Felipe”: Historia de la Enseñanza Secundaria en Lanzarote hasta 1978.* (Académico Numerario). **Enrique Díaz Herrera**. 28 de febrero de 2024.
110. *Comentarios (bastante personales) sobre la obra de: Jorge Luis Borges.* (Académico Numeraria). **María Dolores Fajardo Espino**. 29 de febrero de 2024.
111. *Identidad personal y Humanidad, una relación que conviene comprender. Una indagación sobre el sentido de la vida humana.* (Académico Correspondiente). **Juan Jesús González Torres**. 1 de marzo de 2024.
112. *El sabor dulce. Azúcares y edulcorantes.* (Académico Correspondiente). **Rafael Urrialde de Andrés**. 25 de abril de 2024.
113. *La sanidad que tenemos, necesitamos y queremos.* (Académico Correspondiente). **Antonio Alarcó Hernández**. 25 de abril de 2024.
114. *La alargada sombra de la serendipia en el origen de la era psicofarmacológica: ¿Mito o realidad?* (Académico Correspondiente). **Francisco López Muñoz**. 26 de abril de 2024.
115. *La ética como valor fundamental de las empresas familiares.* (Académico Correspondiente). **Felipe Hernández Perlínes**. 26 de abril de 2024.
116. *La Inteligencia artificial: Oportunidades y Riesgos.* (Académica Correspondiente). **Montserrat Casanovas Ramón**. 27 de abril de 2024.
117. «Concierto discursado. “Las suites para cello, Bach y el Siglo XX”. Obras de Bach, Reger, Cassadó y Bloch». (Académico Correspondiente). **Francisco Javier González Navarro**. 27 de abril de 2024.
118. *Impacto presente y futuro de la obesidad: Nuevos biomarcadores, el índice TyG.* (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos de Lara**. 21 de mayo de 2024.
119. *La tragedia del Titanic y el Convenio S.O.L.A.S. (Seguridad de la vida en el mar). Un antes y un después en la Seguridad Marítima.* (Académico Correspondiente). **José Antonio Reyero López**. 22 de mayo de 2024.
120. *Arquitectura de lo excéntrico a lo extraordinario.* (Académico Numerario). **Antonio Padrón Barrera**. 23 de mayo de 2024.

121. *El riesgo de zozobra de buques atracados en puerto; el caso del buque 'Super Servant 4'*. (Académico Correspondiente). **Amable Vicente Esparza Lorente**. 20 de septiembre de 2024.
122. *Turismo cultural y creativo*. (Académica Correspondiente). **Idaira Clavijo Casanova**. 21 de septiembre de 2024.
123. *Biología cuántica, la frontera sin límites*. (Académico Correspondiente). **Joaquim Gironella Coll**. 31 de octubre de 2024.
124. *Lanzarote y Fuerteventura: Ecos de fuego y arena en Canarias. Una mirada desde la distancia*. (Académica Correspondiente). **M. Esther Subirá Lobera**. 1 de noviembre de 2024.
125. *Núcleo y polos de la psiquiatría*. (Académico Correspondiente). **José Luis González de Rivera y Revuelta**. 10 de diciembre de 2024.
126. *El papel de las Academias en el siglo XXI: tradición, excelencia y desafíos compartidos*. (Académico de Honor). **Alfredo Rocafort Nicolau**. 24 de abril de 2025.
127. *Los puentes, artificios del camino. Ingeniería, territorio y patrimonio*. (Académico Correspondiente). **Tomás Abad Balboa**. 21 de mayo de 2025.
128. *La Gobernanza Global será salvada por las Humanidades*. (Académica Correspondiente). **Raquel Díaz Seijas**. 23 de mayo de 2025.
129. *Inteligencia Artificial: viejos retos, nuevos caminos*. (Académica Correspondiente). **M^a Ángeles Álvarez Martínez**. 2 de septiembre de 2025.
130. *El alma en la era del algoritmo: la Inteligencia Artificial y el desafío ontológico de la era digital*. (Académico Correspondiente). **Juan Luis Quincoces Soler**. 3 de septiembre de 2025.
131. *La jornada de trabajo en el Derecho español*. (Académico Correspondiente). **Rogelio Sánchez Molero**. 4 de septiembre de 2025.
132. *Territorios y paisajes de Lanzarote. En torno a César Manrique*. (Académica Correspondiente). **Pilar Chías Navarro**. 5 de septiembre de 2025.
133. *La importancia de la cultura y la historia local*. (Académico de Honor). **Otto Federico von Feigenblatt**. 29 de octubre de 2025.
134. *Lanzarote, laboratorio vivo: donde la naturaleza y la ciencia escriben nuestra salud*. (Académica Correspondiente). **Elisabeth Arrojo Álvarez**. 30 de octubre de 2025.
135. *Reflexiones jurídicas sobre algunas de las causas de la inasequibilidad de la vivienda en España*. (Académico Correspondiente). **Fernando Pedro Méndez González**. 30 de octubre de 2025.
136. *La fortificación de las islas del Atlántico a finales del siglo XVI: el diseño de sistemas para una defensa global*. (Académico Correspondiente). **Ignacio Javier Gil Crespo**. 10 de noviembre de 2025.

137. *Constructores e ingenieros navales en la España del siglo XVIII*. (Académico Correspondiente). **Vicente Baus Berenguer**. 11 de noviembre de 2025.
138. «'Cincuenta años de la evolución del concepto de materia. Aventura del pensamiento' (Artículo de Blas Cabrera y Felipe, Cuadernos Americanos 1943). Una lectura comentada». (Académico Correspondiente). **Antonio Leandro Trujillo Casañas**. 12 de noviembre de 2025.
139. *Imprenta y prensa en la Cantabria del siglo XIX*. (Académico Correspondiente). **José Ramón Saiz Fernández**. 22 de enero de 2026.
140. *Cirugía maxilofacial y conflictos bélicos a lo largo de la historia*. (Académico Correspondiente). **Carlos Navarro Vila**. 23 de abril de 2026.
141. *Introducción a la Historia de los Hospitales Españoles*. (Académico Correspondiente). **F. Javier Sanz Serrulla**. 24 de abril de 2026.
142. *La Academia de Bellas Artes Santa Cecilia de El Puerto de Santa María*. (Académica Correspondiente). **Carmen Cebrián González**. 21 de mayo de 2026.
143. *De la decadencia de Occidente al cambio de era. La importancia de la economía en la sociedad*. (Académico Correspondiente). **Jaime Benítez de Soto Briones**. 22 de mayo de 2026.
144. *La Universidad de la Felicidad y del Bienestar: una necesidad social para un mundo en transformación* (Académico Correspondiente). **Ignacio Bonasa Alzuria** 24 de junio de 2026.
145. *Derecho Penal y Ciencia: desafíos ante los nuevos horizontes de la neurociencia, la genética y la inteligencia artificial*. (Académico Correspondiente). **Jaume Antich Soler** 25 de junio de 2026.

**HOTEL LANCELOT PLAYA
ARRECIFE (LANZAROTE)**
