



La especie inesperada

La condición humana
desde el arte y la genética



CSIC

Coordinado por
Francisco Antequera Márquez, José Gómez-Isla y Luis Castelo Sardina



La especie inesperada

La condición humana
desde el arte y la genética

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Madrid, 2025

A todas/os las/los artistas, científicas/os y autoras/es
que han participado con generosidad y entusiasmo en
esta aventura interdisciplinar. Y especialmente a
Carmen González García, creadora, amiga y faro-guía
para muchas/os de nosotras/os. Desde la distancia obligada,
ha sabido mimar y cuidar como nadie tanto del presente
proyecto como de los miembros del equipo que lo integran.

008	Introducción
013 Francisco Antequera Márquez	La especie inesperada
035 José Gómez-Isla	Arte y genómica. Miradas desde las dos orillas
065 Luis Castelo Sardina	Estéticas de lo viviente: convergencias entre arte y genética en la biotecnocultura contemporánea. Una aproximación crítica al bioarte
089 Alicia García Martínez, Laura Durán Prieto y Laura Rodríguez Santos	Retrato de nuestra identidad genética: ADN, ciencia e imagen
106	La interpretación del genoma y la evolución humana desde el arte
108	El código de la vida: la molécula de ADN
124	La construcción del organismo: proteínas, células y tejidos
132	Yo y los otros: identidad personal y variabilidad humana
146	El largo camino: diversidad genética y evolución
159 María Jesús Santesmases y Miguel Ángel Rego Robles	Formas y experiencias de entreguerras: artistas, genetistas y culturas visuales del norte de Europa y de América
191	Sobre los autores y autoras
201	Glosario de términos de arte y genética

INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge de una indagación conjunta desde la ciencia y la creación artística en torno a las características distintivas de nuestra especie y de nuestra relación con el resto de la naturaleza. Los dos interlocutores de ese diálogo son, por una parte, el conocimiento actual del genoma humano desde el punto de vista bioquímico y genético y, por otra, la traducción de esa perspectiva a un lenguaje que trasciende el rigor de la ciencia y la interpreta visualmente desde la creatividad artística. Esta conversación interdisciplinar ha pretendido huir de la especialización académica para presentarse en un formato claro, instructivo, atrayente y, sobre todo, accesible al público general, que es, a su vez, el objeto y destinatario último del proyecto.

Los fundamentos biológicos de la naturaleza humana aún resultan desconocidos para la mayoría de los ciudadanos, a pesar del aluvión continuo de noticias que nos informan sobre nuestro lugar en la biosfera y nuestra responsabilidad en su preservación, el papel de los genes en la salud y la enfermedad, o las posibilidades y amenazas de la manipulación genética. Por esa razón,

este proyecto nace desde la convicción de que el diálogo entre la ciencia y el arte no solo es posible, sino que su visión complementaria también contribuye a ampliar la percepción que tenemos de nosotros mismos y a aumentar la empatía hacia el resto de la naturaleza.

Partiendo de ese convencimiento, un grupo de científicos del Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG, CSIC-Universidad de Salamanca), de artistas independientes y de estudiantes y profesores de las facultades de Bellas Artes de la Universidad de Salamanca (USAL) y de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) decidieron acometer esta fascinante aventura en común. Los grupos de investigación encargados del desarrollo del proyecto han sido el Grupo Organización Funcional del Genoma Eucariótico, perteneciente al IBFG, el grupo ITACA (Investigación y Transferencia en Arte y Cultura Audiovisual) grupo reconocido por la Universidad de Salamanca y el grupo IMPACT (Imagen, Patrimonio, Arte, Conservación y Tecnología), grupo perteneciente a la Universidad Complutense de Madrid.

El proyecto, aprobado y financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología FECYT (FCT-22-18225), inició su andadura a comienzos de 2024 con varias sesiones en forma de seminarios científicos formativos, impartidos en las facultades de Bellas Artes de la USAL y la UCM. Estas sesiones, diseñadas *ex profeso* por científicos del IBFG, y destinadas al colectivo artístico participante en el proyecto, pusieron especial énfasis en una doble finalidad: contribuir a la formación científica de creadores y creadoras e inspirar su interpretación visual a partir de los conceptos aprendidos. En estos seminarios se expusieron, de forma accesible y didáctica pero también rigurosa, las bases genéticas que nos definen como especie y el proceso evolutivo responsable de la aparición de nuevas especies a lo largo del tiempo.

Quienes participaron en estos seminarios científicos, provenientes del mundo del arte, también tuvieron la oportunidad de completar su formación desde la experiencia en un laboratorio de genética. Con este propósito, se desarrolló una práctica en el IBFG donde cada artista aisló y secuenció un fragmento de su propio ADN, siempre bajo la tutela y supervisión del personal científico del proyecto. Esta actividad buscaba proporcionar nuevos conocimientos al permitir experimentar, en primera persona, con el proceso de manipulación de reactivos y el equipamiento utilizado habitualmente en los laboratorios de biología molecular y genética. Tras esta experiencia, los creadores y las creadoras presentaron sus propuestas artísticas con el ánimo de hacer más expresivos y entendibles algunos aspectos de la genética que habían llamado su atención. Posteriormente, una comisión mixta de responsables artísticos y científicos seleccionó más de una veintena de esas propuestas, que dialogaban con los relatos e imágenes científicas que las habían inspirado. Estas obras han sido convenientemente agrupadas en torno a cuatro áreas temáticas que vertebran el proyecto y la presente publicación: 1) El código de la vida: la molécula de ADN; 2) La construcción del organismo: proteínas, células y tejidos; 3) Yo y los otros: identidad personal y variabilidad humana, y 4) El largo camino: diversidad genética y evolución.

Esperamos que estas páginas, fruto de este diálogo singular entre arte y genómica, logren iluminar un poco más los enigmas que aún encierra el código genético de la especie humana y la evolución de la vida sobre la Tierra.

LA ESPECIE INESPERADA

Francisco Antequera Márquez

Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG)

CSIC-Universidad de Salamanca

La vida comenzó en la Tierra hace unos 3800 millones de años. No sabemos cómo se originó ni el aspecto de las primeras formas que consiguieron hacer alguna réplica, probablemente muy poco fiable, de sí mismas. Tampoco sabemos si el origen de la vida fue único o si hubo múltiples intentos a lo largo de millones de años. Lo que sí sabemos es que uno de ellos consiguió estabilizarse y proliferar hasta colonizar los rincones más recónditos del planeta. A lo largo de ese tiempo, inimaginablemente largo a escala humana, todos los seres vivos han cumplido por fuerza con sus funciones vitales siguiendo siempre el mismo guion: se originan a partir de un progenitor igual que ellos, crecen incorporando materiales del medioambiente para transformarlos en componentes de su propio cuerpo y, cuando alcanzan el tamaño y la madurez suficiente, generan copias de ellos mismos que vuelven a iniciar el ciclo. Ese es el único sentido de su existencia y todas sus estructuras y funciones están orientadas exclusivamente a ese fin. Una vez cumplido, no queda más por parte de los progenitores que devolver a la naturaleza los materiales que tomaron prestados de ella.

Desde esa perspectiva, ninguna especie es inesperada. La asombrosa diversidad biológica es consecuencia de la adaptación de los organismos a las condiciones cambiantes del medio en el que viven, a la vez que cumplen obligatoriamente con sus funciones vitales. Nuestra especie ha seguido ese mismo itinerario evolutivo y, aunque compartimos muchos elementos anatómicos, fisiológicos y genéticos con todas las demás, sería absurdo ignorar que poseemos una característica que nos aparta radicalmente de ellas: la facultad de imaginar cosas que no existen.

Esa excepcionalidad siempre nos ha causado extrañeza y es el origen de la creencia, aún muy extendida, de que nuestra especie ocupa una posición especial en la escala biológica. La ciencia y, antes de ella, la filosofía natural y la mitología siempre buscaron el fundamento de esa capacidad exclusiva y sin precedentes en la historia de la vida. Pero todas las explicaciones propuestas durante milenios no podían sustentarse más que en la imaginación y la fantasía porque solo ahora sabemos que los mecanismos responsables del funcionamiento de la naturaleza operan a escalas absolutamente inaccesibles a la observación directa con los sentidos.

El interés de la humanidad por sí misma también ha estado presente continuamente a lo largo de la historia del arte, siendo la figura humana la imagen más representada, con diferencia, desde las primeras manifestaciones artísticas hasta nuestros días. A pesar de su idoneidad para representar la naturaleza y las infinitas posibilidades de todo lo que no existe, el arte no puede explicar el mecanismo físico de los fenómenos naturales ni de la vida. Quizás por esa razón y por la disparidad de sus lenguajes, el diálogo entre la ciencia y el arte no siempre es fácil. El motivo principal es que la ciencia, tal como la concebimos desde la implantación

del método científico durante los siglos XVI y XVII, debe atenerse al rigor de los hechos y de las observaciones experimentales; mientras que el arte no tiene más límite que el ingenio del artista o la artista para interpretar la realidad o para imaginar mundos imposibles para la ciencia. Por eso, el arte ha existido desde las primeras manifestaciones humanas mientras que la ciencia, como método de indagación en el funcionamiento de la naturaleza, es un descubrimiento muy reciente en términos históricos. Eso no ha impedido que la ciencia haya recurrido a lo largo de la historia a la ilustración artística como uno de los pocos métodos de registro de las maravillas de la naturaleza. Ejemplos extraordinarios incluyen el atlas de anatomía humana *De humani corporis fabrica*, de Andrea Vesalio, publicado en 1543 con ilustraciones a partir de disecciones de cadáveres; la *Micrographia*, de Robert Hooke, en 1665, con magníficos dibujos de elementos microscópicos de la naturaleza y donde aparece por primera vez el término *célula*; o el *Kunstformen der Natur*, donde Ernst Haeckel ilustró a comienzos del siglo XX la complejidad de los diferentes niveles de la organización biológica en grabados con un detalle y belleza insólitos. Durante siglos, la excelencia artística fue el único recurso disponible para representar la naturaleza como el artista la percibía con los sentidos.

Sin embargo, a pesar de la llegada de la fotografía a mediados del siglo XIX y de tecnologías posteriores de enorme resolución para la captación de imágenes, nuestra capacidad para visualizar los elementos de la naturaleza por debajo de un cierto tamaño alcanzó su límite con el desarrollo de la física cuántica en el primer cuarto del siglo XX. La descripción actual de los átomos rechaza la representación visual o la analogía con cualquier aspecto del mundo que podamos conocer a través de los

sentidos. Niels Bohr, premio nobel de física en 1922 por sus estudios sobre la estructura atómica, era consciente de las limitaciones del lenguaje y de la representación visual o artística para describir el mundo subatómico en términos no matemáticos: «Dependemos del lenguaje de tal modo que no es posible expresar aquello que no está ya contenido en él. Por lo tanto, lo único que podemos hacer es formular descripciones simbólicas que, por su propia naturaleza, trascienden la observación directa. Son, en cierto sentido, semejantes a la poesía» (Bohr 1958). Esa barrera infranqueable no es debida a ninguna limitación técnica, sino al comportamiento intrínsecamente probabilístico de la materia a ese nivel. Esa indeterminación nunca convenció a Albert Einstein y es la esencia de su tan citada observación «Dios no juega a los dados», de 1926. Aunque de forma menos radical, la dificultad de visualización también es aplicable a los mecanismos fundamentales que mantienen la vida que, en último término, solo pueden explicarse mediante interacciones entre moléculas.

La observación de que los organismos siempre generan organismos de su misma especie ha sido uno de los fenómenos más enigmáticos a lo largo de la historia. Durante milenios, esa invariabilidad misteriosa solo pudo explicarse mediante la imaginación. Pero la imaginación, en su libertad sin límite, permitía alterar la continuidad entre generaciones para combinar partes de organismos diferentes en uno solo. Las quimeras siempre han causado asombro y fascinación, y en la historia del arte y de la literatura abundan ejemplos de sus infinitas posibilidades, desde el hombre león tallado en marfil hace unos 40 000 años hasta el Minotauro solitario en su laberinto, las sirenas que Ulises oyó cantar de regreso a Itaca o los ángeles de la corte celestial (figura 1).

El código de la vida: la molécula de ADN



Figura 1

Quimeras

← Izquierda, escultura de hombre con cabeza de león tallado en marfil de colmillo de mamut, encontrada en Hohlenstein-Stadel (Alemania) en 1939. Su antigüedad se ha datado entre 35 000 y 41 000 años. Fotografía de Dagmar Hollmann, 2013. <https://commons.wikimedia.org>.

→ Derecha, Simone Martini. *La Anunciación*, 1333. Detalle de la obra donde se representa al arcángel San Gabriel. Galería Uffizi, Florencia. <https://commons.wikimedia.org>.

Ambroise Paré, cirujano autodidacta y médico de reyes, describe en su obra *Monstruos y prodigios* (1575) un variopinto catálogo de motivos, como los malos pensamientos, la proximidad de mendigos o la cólera divina, que podían desviar la trayectoria prevista de la herencia y producir combinaciones prodigiosas. Entre la multitud de casos que describe, se incluye, por ejemplo, el de un hombre con una cabeza adicional en el vientre por la que comía con el mismo apetito que con la que tenía encima de los hombros, o el de un niño nacido con patas y cola de perro debido a los malos hábitos de su madre con los animales de compañía. Todo era posible en un mundo en el que las causas y las consecuencias de los fenómenos naturales no respondían más que ante la fantasía.

Hubo que esperar a la primera mitad del siglo xx para descubrir que la herencia reposaba sobre una base igualmente asombrosa pero mucho más fiable. Frederick Griffith en 1928, y posteriormente Oswald Avery en 1944, demostraron que el ácido desoxirribonucleico (ADN), una molécula de composición química relativamente sencilla presente en el núcleo de las células, identificada en 1869 por Friedrich Miescher, era capaz de transferir características específicas de unas células a otras que, a su vez, podían transmitir a las generaciones siguientes. Ese descubrimiento fundamental reveló que el ADN era el vehículo físico de la herencia y contenía información que las células eran capaces de interpretar para construir sus propias estructuras. En 1953, James Watson, Francis Crick y Rosalind Franklin propusieron que la molécula de ADN estaba formada por dos hélices complementarias en las que las cuatro bases nitrogenadas que las integran (A, adenina; C, citosina; G, guanina, y T, timina) se asociaban para formar dos tipos de pares opuestos: en una cadena, A siempre estaba enfrente de T en la cadena complementaria, y viceversa. Lo mismo

ocurría con la C y la G. La doble hélice de ADN se ha convertido en un icono de la biología molecular y permite visualizar fácilmente cómo, al separarse las dos cadenas durante la división de las células, cada una actúa como un molde sobre la que se sintetiza su complementaria, de manera que cada célula hija hereda una copia de ADN idéntica a la de la célula progenitora. La magnitud y la profundidad de ese descubrimiento se resume en una frase del artículo de Watson y Crick, ya legendaria en la historia de la biología: «No nos ha pasado desapercibido que el apareamiento específico [entre las dos cadenas del ADN] que hemos postulado sugiere un posible mecanismo de copia del material genético» (Watson y Crick 1953). En otras palabras, después de milenios de especulación y misterio, resultó que la invariancia de la herencia depende de la capacidad de la molécula de ADN para hacer copias digitales de sí misma para ser transmitidas de una generación a la siguiente.

Lógicamente, una vez establecida la estructura del ADN, el interés inmediato fue entender cómo la molécula codificaba la información para la construcción de los organismos. Durante la década posterior al artículo de Watson y Crick, se descifró el código genético, que establece cómo la secuencia de las cuatro bases del ADN es traducida a la secuencia de aminoácidos, que son los componentes de las proteínas (figura 2). Pero ni la estructura del ADN ni el código genético pueden explicar por sí mismos cómo se generan los seres vivos de la misma manera que las palabras de un diccionario no pueden explicar cómo surge *El Quijote*. Las proteínas son piezas tridimensionales igual que las tuercas, tornillos, manivelas y bisagras son piezas de los objetos que nos rodean. Las proteínas adoptan formas diferentes en función de la distribución de sus aminoácidos y actúan

La construcción del organismo: proteínas, células y tejidos

como elementos de construcción de las células. Otros componentes, como los lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, hormonas y miles de otras moléculas, también son elementos estructurales o reguladores del metabolismo, pero no están codificados directamente en el ADN, sino que se sintetizan mediante la acción de las proteínas a partir de los nutrientes que incorporamos desde el exterior. Desde esta perspectiva, es fácil visualizar las enfermedades genéticas como alteraciones en el manual de instrucciones del ADN, espontáneas o causadas por agentes mutagénicos, que provocan la ausencia o la síntesis defectuosa de alguna proteína que, en su interacción con los demás componentes celulares, puede causar disfunciones en el organismo, a veces con consecuencias patológicas devastadoras.

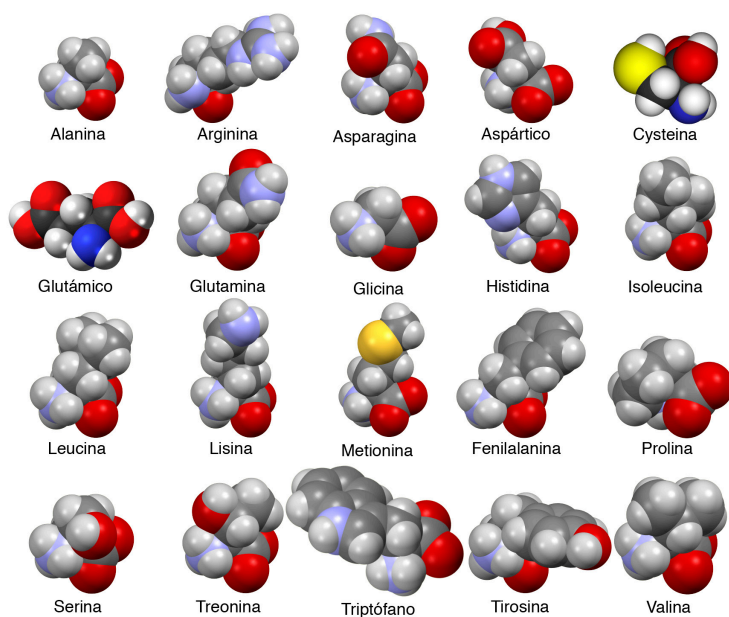


Figura 2

Piezas de construcción de los seres vivos. Modelo atómico de los 20 aminoácidos que forman las proteínas. Los átomos no son de ningún color que podamos visualizar, pero en esta ilustración están representados con colores arbitrarios: hidrógeno (gris claro), carbono (gris oscuro), nitrógeno (azul), oxígeno (rojo), azufre (amarillo). <https://commons.wikimedia.org>.

Pero los seres vivos no son un mero acúmulo de moléculas, sino sistemas complejos capaces de relacionarse con el medioambiente para hacer copias de sí mismos, lo que sigue planteando la pregunta de cómo el genoma dirige la construcción del organismo. Para construir cualquier cosa, sea un submarino, un audífono o una hormiga hacen falta dos elementos: las piezas y las instrucciones de montaje. Los primeros indicios de que el propio genoma incluía información reguladora se deben a Jacques Monod y François Jacob, quienes, a partir de experimentos genéticos con la bacteria *Escherichia coli*, descubrieron en 1961 que el ADN contenía «no solo una serie de planos, sino un programa coordinado de síntesis de proteínas y los medios para controlar su ejecución» (Jacob y Monod 1961).

Es paradójico que, 64 años después, aún no hayamos conseguido descifrar en todos sus detalles la información de ese programa regulador codificado en el ADN. Eso es debido a que los genomas han sido modelados por la selección natural a lo largo de toda la historia de la vida y no tienen una lógica ni una sintaxis comparable a la de ningún lenguaje humano. Más allá del código genético, no disponemos de un diccionario para identificar y traducir la información reguladora del genoma a un lenguaje que podamos entender.

Una dificultad adicional es la falta de correspondencia entre la secuencia de los genes y las características observables de los organismos. Eso quiere decir que, aunque la anatomía nos proporciona un catálogo detallado de huesos, músculos y órganos, no es fácil identificar qué genes se encargan del desarrollo y morfogénesis de cada uno de ellos. El motivo es que los organismos no tienen una delimitación estricta de las funciones ni de las partes, como ocurre en las máquinas diseñadas por nosotros, sino que son sistemas integrados cuyas partes

se generan simultáneamente durante su desarrollo y donde muchos componentes compartidos participan en procesos y estructuras diferentes. Una situación similar tiene lugar en el genoma de cada célula, donde miles de genes distintos se expresan a la vez a partir de reguladores que, en muchos casos, son individualmente dispensables, ya que, en su ausencia, otros pueden asumir sus funciones (Ball 2023; Martínez Arias 2023).

La facultad de poder realizar las mismas funciones a partir de elementos diferentes se denomina *degeneración* y, a pesar de las connotaciones negativas del término en nuestro lenguaje cotidiano, es un requisito fundamental de los seres vivos sin el cual no tendrían ninguna capacidad de adaptación a las situaciones cambiantes del medio en el que viven. Esa conectividad y complejidad integra millones de interacciones simultáneas entre distintos elementos que, aunque considerados de uno en uno son inertes, en conjunto generan la propiedad emergente que denominamos vida. Hasta el momento, la vida solo puede generarse a partir de la vida, y nunca se ha generado ningún ser vivo artificialmente. Sabemos construir un Airbus o una estación espacial, pero no una bacteria.

Es posible que todos nos hayamos planteado alguna vez por qué somos diferentes de los demás. En principio, si todos tenemos un genoma humano y estamos contruidos con las mismas piezas, ¿por qué no somos iguales, como los teléfonos o los coches del mismo modelo? Es razonable pensar que las diferencias entre nosotros deben estar codificadas en nuestro ADN porque los gemelos monocigóticos, que comparten el mismo genoma por proceder del mismo óvulo y espermatozoide, son prácticamente idénticos físicamente. Pero, para identificar diferencias entre genomas, primero hay

Yo y los otros: identidad personal e individualidad humana

que leer su secuencia. En el caso del genoma humano, eso no ha sido técnicamente factible hasta muy recientemente, debido a que contiene 3200 millones de las cuatro bases A, C, G y T. La secuencia impresa en papel ocuparía 5000 libros de 400 páginas cada uno.

El proyecto de secuenciación del genoma humano comenzó en 1990 y su primer borrador no se publicó hasta 2001 (Lander *et al.* 2001; Venter *et al.* 2001), aunque la versión final completa no ha estado disponible hasta 2022 (Nurk *et al.* 2022). Sin embargo, las tecnologías de secuenciación masiva denominadas *next generation sequencing*, desarrolladas a partir de 2007, han permitido secuenciar cientos de miles de genomas humanos procedentes de regiones geográficas y etnias muy diversas. Estos estudios han detectado millones de diferencias distribuidas a lo largo de los cromosomas que, en su mayoría, afectan a bases individuales con una frecuencia promedio de una por cada mil. Eso quiere decir que, a ese nivel, nuestros genomas tienen una homología del 99,9 %. Otro tipo de diferencias está representado por variaciones estructurales, como repeticiones, inversiones o deleciones de regiones que oscilan entre 50 y varios millones de desoxirribonucleótidos, que, en conjunto, pueden llegar a representar más del 0,5 % del genoma (Liao *et al.* 2023; Collins y Talkowski 2025).

Naturalmente, estas variaciones pueden afectar a genes y a la composición de las proteínas que codifican, por lo que su mera existencia indica dos cosas. La primera es que existe un grado de tolerancia en la construcción de nuestro organismo, o de cualquier otro, a partir de la secuencia del genoma. La segunda es que, al margen de las diferencias psicológicas y culturales de cada uno, la base de nuestra individualidad biológica está escrita en nuestro ADN. Son precisamente esas diferencias las que se denominan huella genética, que

se utiliza como método de identificación personal en medicina forense, en investigaciones policiales o en test de paternidad.

La facilidad para secuenciar genomas y la reducción de su coste ha provocado una auténtica revolución en todos los ámbitos de la biología y de la biomedicina. Actualmente, la secuencia de más de 500 000 genomas humanos está disponible en bases de datos de acceso público, y esta cifra probablemente alcance los 5 o 6 millones en repositorios privados, médicos o de acceso restringido. La proyección para 2030 es de 100 millones de genomas humanos secuenciados. El progreso de la genómica no se debe solo al desarrollo de plataformas de secuenciación cada vez más eficientes, sino al crecimiento paralelo de Internet, de repositorios y bases de datos de acceso público y de herramientas computacionales capaces de analizar cantidades astronómicas de información genética.

Por ejemplo, además del genoma humano, iniciativas como el Earth Biogenome Project, que se inició en 2018, proyecta secuenciar en diez años casi dos millones de especies eucariotas pertenecientes a más de 1000 familias de animales, plantas, hongos y protistas distribuidas por todo el planeta (Lewin *et al.* 2018). Esto permitirá comparar la homología de la secuencia de sus genomas como criterio más riguroso que la morfología para establecer las relaciones filogenéticas entre ellos, ya que, como hemos comentado en un apartado anterior, muchos de los cambios genéticos no se traducen en diferencias morfológicas fácilmente identificables.

De la misma manera que el sentido común indica que la Tierra es el centro del universo, la idea de un mundo inmutable es igualmente evidente. Las montañas y los ríos no cambian de sitio o, al menos, eso es lo

El largo camino: diversidad genética y evolución

que creyeron todos nuestros predecesores a lo largo de la historia hasta el siglo XX, cuando se estableció que los cambios en la geología del planeta se miden en una escala temporal de millones de años. La misma estabilidad, y el mismo error de escala, era aplicable a los organismos al observar que se sucedían iguales a sí mismos a lo largo de las generaciones. A pesar de ello, era igualmente obvio que los miembros de una misma especie no son idénticos entre sí. Pero siempre se consideró que esas pequeñas diferencias no eran más que desviaciones sin importancia de la especie tipo, una abstracción que se utiliza como referencia para cada una de ellas. La única utilidad de esas variaciones era el uso que los agricultores y ganaderos les habían dado desde el Neolítico para seleccionar las variantes de plantas y animales más ventajosas para sus intereses. Diez mil años después, al observar el mismo fenómeno, Charles Darwin propuso que esas diferencias, que también estaban presentes en los animales y plantas silvestres, podrían ser determinantes para su supervivencia. En su obra *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la conservación de las razas más favorecidas en la lucha por la vida*, conocida popularmente como *El origen de las especies* (Darwin [1859] 2009), propuso que una fuerza similar a la de la selección artificial, a la que denominó *selección natural*, podría operar en la naturaleza para favorecer a los individuos cuyas características distintivas les permitiesen explotar más eficazmente los recursos disponibles en las condiciones implacables de la naturaleza y así tendrían una mayor probabilidad de sobrevivir y de reproducirse. La acumulación gradual de esas diferencias a lo largo de muchas generaciones podría generar especies nuevas.

Darwin no podía tener ningún conocimiento de las causas de la variabilidad ni de cómo podrían heredarse

los caracteres seleccionados por la selección natural, lo que hace aún más admirable su capacidad de observación y el genio de su intuición. *El origen de las especies* fue el primer intento racional de justificar las causas de la diversidad biológica. A pesar de su enorme poder explicativo para unificar toda la biosfera, la sencillez de su idea es patente en una ilustración en su cuaderno de notas, 22 años antes de la publicación del libro (figura 3). Es un dibujo elemental, casi infantil, de un árbol con algunas ramas truncadas en cuyo extremo se situarían las especies extinguidas a lo largo de la historia, mientras que las demás estarían ocupadas por las que aún perduran. Pero el árbol no representa solo una división inocente entre los organismos actuales y los extinguidos, sino que, al recorrer sus ramas hacia atrás en el tiempo, sugiere que los organismos fósiles no habrían sido creados independientemente de los que aún viven, sino que se habrían originado a partir de antepasados comunes que, a su vez, procederían de otros aún más antiguos. En ese árbol inconcebible, el presente estaría ligado al pasado por una línea que no se habría interrumpido nunca y que se remontaría hasta un origen compartido por todos los seres vivos, que Darwin indicó en la base del árbol con el número 1. Más de un siglo después, en los años setenta y ochenta del siglo XX, la comparación de genes de eucariotas, bacterias y arqueas demostró que, efectivamente, los tres reinos compartían elementos bioquímicos y genéticos que apoyaban la idea de Darwin, por lo que se propuso el término LUCA (*last universal common ancestor*) como sinónimo del número 1 de su árbol (figura 4).

Del mismo modo que la obra de Copérnico desplazó la Tierra del centro del universo, Darwin desplazó a la humanidad del centro de la naturaleza para situarla en una rama de su árbol al mismo nivel que el de cualquier

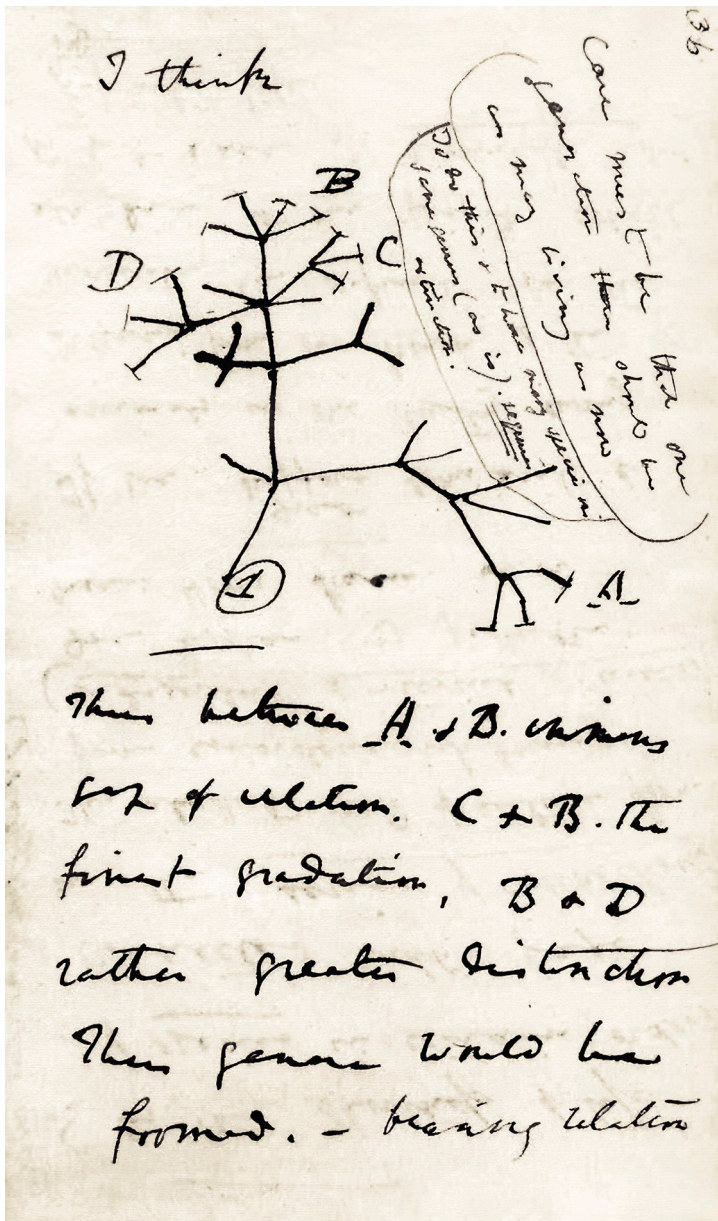


Figura 3

Charles Darwin. El árbol de la evolución, página 36 del cuaderno de notas *Transmutation book B* (1837). Las ramas truncadas corresponden a especies que se extinguieron a lo largo de la historia. Las demás representan las especies actuales. El origen común de todos los seres vivos está indicado con el número 1 en la base del árbol.

<https://commons.wikimedia.org>.

otra especie. No es sorprendente que su propuesta encontrase una fuerte oposición en muchos sectores sociales y religiosos por su incompatibilidad con el relato del Génesis. No era lo peor que compartiésemos un origen común con el resto de la biosfera. Lo realmente inimaginable era que, según el mecanismo ciego de la selección natural, la humanidad podría no haber existido. El árbol de Darwin implica que todas las especies son contingentes y dependen del capricho de las condiciones ambientales para debutar en el escenario de la naturaleza. La humanidad no solo no estaba prevista desde el origen de la vida, sino que no habría aparecido si la trayectoria de alguna de las especies anteriores hubiera sido diferente (figura 4). Stephen Jay Gould especuló en su obra *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* (1989) que, si la película de la vida volviese a reproducirse desde el principio, otras especies diferentes habrían emergido y colonizado el planeta. La probabilidad de que apareciese una cualquiera de todos los millones que se han extinguido o de los que existen actualmente, incluida la nuestra, es infinitesimal. Sin embargo, y contra todo pronóstico, después de un largo camino, aquí estamos. A diferencia de los millones de especies que nos precedieron, nosotros, inesperadamente, podemos imaginar posibilidades que no existen para convertirlas en realidades que hagan mejor nuestra vida y la de los demás habitantes del planeta.



Figura 4

Carmen González García. *Arqueología genética (L.U.C.A.)*, 2024. Obra que representa la línea nunca interrumpida que une a cada ser vivo actual con LUCA (*Last Universal Common Ancestor*) a través de millones generaciones intermedias durante el largo camino de la vida. Una parte mínima de la secuencia del genoma de la propia artista se representa en el extremo de su trayectoria evolutiva.

Referencias bibliográficas

- BALL, Philip. 2023. *How Life Works*. University of Chicago Press.
- BOHR, Niels. 1958. *Atomic Physics and Human Knowledge*. John Kalckar.
- COLLINS, Ryan L., y Michael E. TALKOWSKI. 2025. «Diversity and Consequences of Structural Variation in the Human Genome». *Nature Reviews Genetics* 26: 443-462.
- DARWIN, Charles. 2009. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Alianza. Primera edición de 1859.
- GOULD, Stephen Jay. 1989. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. W. W. Norton & Company.
- INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM. 2001. «Initial Sequencing and Analysis of the Human Genoma». *Nature* 409: 860-921.
- JACOB, François, y Jacques MONOD. 1961. «Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins». *Journal of Molecular Biology* 3: 318-356.
- LEWIN, Harris A., Gene E. ROBINSON, W. John KRESS, William J. BAKER, Jonathan CODDINGTON, Keith A. CRANDALL, Richard DURBIN, Scott V. EDWARDS, Félix FOREST, M. Thomas P. GILBERT, Melissa M. GOLDSTEIN, Igor V. GRIGORIEV, Kevin J. HACKETT, David HAUSSLER, Erich D. JARVIS, Warren E. JOHNSON, Aristides PATRINOS, Stephen RICHARDS, Juan Carlos CASTILLA-RUBIO..., Guojie ZHANG. 2018. «Earth Biogenome Project: Sequencing Life for the Future of Life». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 115: 4325-4333.
- LIAO, Wen-Wei, Mobin ASRI, Jana EBLER, Daniel DOERR, Marina HAUKNES, Glenn HICKEY, Shuangjia LU, Julian K. LUCAS, Jean MONLONG, Haley J. ABEL, Silvia BUONAIUTO, Xian H. CHANG, Haoyu CHENG, Justin CHU, Vincenza COLONNA, Jordan M. EIZENGA, Xiaowen FENG, Christian FISCHER, Robert S. FULTON..., Benedict PATEN. 2023. «A Draft Human Pangenome Reference». *Nature* 617: 312-324.

MARTÍNEZ ARIAS, Alfonso. 2023. *The Master Builder. How the New Science of the Cell is Rewriting the Story of Life*. Basic Books.

NURK, Sergey, Sergey KOREN, Arang RHIE, Mikko RAUTIAINEN, Andrey V. BZIKADZE, Alla MIKHEENKO, Mitchell R. VOLLGER, Nicolas ALTEMOSE, Lev URALSKY, Ariel GERSHMAN, Sergey AGANEZOV, Savannah J. HOYT, Mark DIEKHANS, Glennis A. LOGSDON, Michael ALONGE, Stylianos E. ANTONARAKIS, Matthew BORCHERS, Gerard G. BOUFFARD, Shelise Y. BROOKS..., Adam M. PHILLIPPY. 2022. «The Complete Sequence of a Human Genoma». *Science* 376: 44-53.

PARÉ, Ambroise. 1987. *Monstruos y prodigios*. Siruela.

VENTER, J. C., M. D. ADAMS, E. W. MYERS, P. W. LI, R. J. MURAL, G. G. SUTTON, H. O. SMITH, M. YANDELL, C. A. EVANS, R. A. HOLT, J. D. GOCAYNE, P. AMANATIDES, R. M. BALLEW, D. H. HUSON, J. R. WORTMAN, Q. ZHANG, C. D. KODIRA, X. H. ZHENG, L. CHEN..., X. ZHU. 2001. «The Sequence of the Human Genoma». *Science* 291: 1304-1351.

WATSON, James Dewey, y Francis Harry Compton CRICK. 1953. «A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid». *Nature* 171: 737-738.

ARTE Y GENÓMICA. MIRADAS DESDE LAS DOS ORILLAS

José Gómez-Isla
Facultad de Bellas Artes
Universidad Complutense de Madrid

Una conjetura, comúnmente aceptada, sostiene que, desde el momento en que el *Homo sapiens* toma conciencia de su posición en la naturaleza, comienza también a utilizar lo que hoy denominamos *arte plástico* (aunque no se concibiese como tal hasta el Renacimiento) como un medio de expresión y comprensión de lo que le rodea, es decir, como una herramienta singular de conocimiento. Solemos fabular también sobre el origen de esa necesidad ontológica del ser humano por plasmar en imágenes su interpretación visual de la realidad —bien como relato individual, bien como construcción social—, con afán de explicársela a sí mismo y a los otros (Berger y Luckmann [1967] 2006). Se han dado otras múltiples explicaciones que atribuyen a las imágenes primitivas una vocación mágica o religiosa, como instrumento para perpetuar lo efímero, para conjurarse contra la desaparición y la nada (Debray [1992] 1994) (figura 1). Hoy entendemos también el arte visual como una proyección sensible de nuestro pensamiento abstracto y nuestras emociones, gracias a la mano que modela la materia inerte, esa «mano que piensa», como la denominó Pallasmaa (2009),

Unas primeras consideraciones sobre la infancia de la imagen



Figura 1

Pintura rupestre de la Cueva de las Manos, ubicada en el cañón sobre el río Pinturas (Patagonia argentina), ca. 13 000 a. C -9500 a. C. <https://commons.wikimedia.org>.

y que nos permite recrear gráficamente mundos posibles, ya sean reales o imaginados. Así ocurre, por ejemplo, con *Drawing Hands* (1948), una litografía del artista M. C. Escher, en la que plantea una paradoja visual y metalingüística al representar dos manos que emergen del papel para dibujarse mutuamente (figura 2).

En paralelo, la historia de la evolución humana ha ido encadenando una sucesión ingente de cambios culturales y giros copernicanos que han otorgado a la imagen funciones variopintas y cambiantes, así como un sinfín de claves discursivas y construcciones de sentido que, ya fuese desde la ciencia, el arte o la tecnología, han logrado modificar de manera sustancial nuestra concepción del universo. Todos esos cambios de paradigma han sido puntualmente reflejados en las manifestaciones artísticas producidas en cada era. Todas ellas obedecen ideológicamente a la asimilación social de los avances, desafíos y conquistas que hemos ido adquiriendo con el estudio y la reflexión para comprender el mundo. La cultura dominante de cada periodo histórico, atravesada desde su origen por mitos, religiones y creencias arraigadas, va a ser progresivamente remodelada por los avances científicos y tecnológicos que irán sucediéndose de manera exponencial en la Edad Moderna.

En el periodo renacentista surgió un nuevo imaginario social que acabaría superando la visión teocéntrica del Medievo, para adquirir una inédita posición antropocéntrica gracias a un nuevo modo de ver y representar gráficamente la realidad: la perspectiva cónica. Ese giro crucial, producido en el arte europeo en torno al siglo xv, generaría tal convulsión en los modos de pensar la modernidad, que provocaría un salto cualitativo abismal respecto a las manifestaciones artísticas anteriores, ocupadas hasta entonces en repetir el

Primera gran revolución visual: la irrupción de la perspectiva

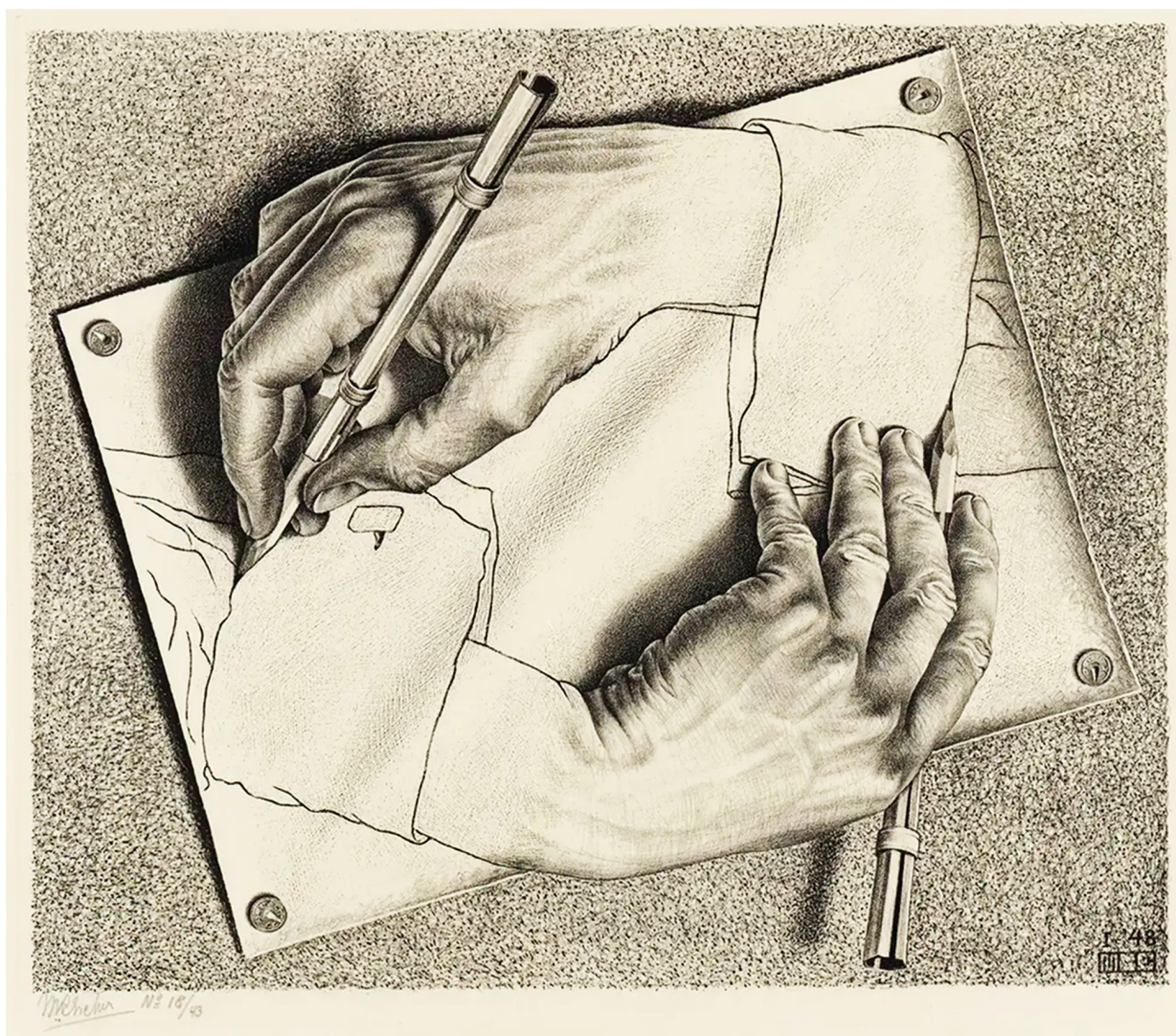


Figura 2

Maurits C. Escher. *Drawing Hands*, 1948. Litografía.

© 2025 The M.C. Escher Company - The Netherlands. Todos los derechos reservados.
www.mcescher.com

patrón iconográfico y arquetípico que les había sido dado. Según Debray (1992), se trataría de un tránsito de era, desde lo que denominó la *logosfera* (o era del ídolo) a la *grafosfera* (o era del arte). Junto a la rápida difusión del nuevo pensamiento humanista, gracias a la invención de la imprenta, surgirían también nuevas manifestaciones pictóricas y gráficas que abrazarían la perspectiva cónica como «timón y rienda», en expresión de Leonardo da Vinci. Estas nuevas obras propugnaron ese cambio de paradigma en el pensamiento occidental y la mentalidad de su época. El punto de vista singular que el sistema perspectivo permitía adoptar en cada ocasión, ayudaría también a comprender visiones inéditas (escorzos, picados o contrapicados) convertidas en enfoques personales y subjetivos, es decir, sujetos a la mirada particular de cada individuo (Kemp [1990] 2000).

Intentemos imaginarnos lo que aquel descubrimiento suponía en aquella época. No solo el arte se elevaba a «ciencia» (para el Renacimiento se trataba de elevación): la impresión visual subjetiva había sido racionalizada hasta tal punto que podía servir de fundamento para la construcción de un mundo empírico sólidamente fundado y, en un sentido totalmente moderno, «infinito» [...]. Se había logrado la transición de un espacio psicofisiológico a un espacio matemático, con otras palabras: la objetivación del subjetivismo (Panofsky [1927] 1985, 49).

La adopción de ese nuevo sistema perspectivo, tan propio del humanismo, ayudaría a su vez al artista a adoptar un estilo personal e identificativo. En función de cómo percibiese el mundo, desde su particular posicionamiento ideológico, la interpretación de cada creador podía oscilar entre una visión escópica (puramente

descriptiva) y otra más simbólica y conceptual, o incluso adoptar ambas a un tiempo. Estas nuevas creaciones plásticas del Renacimiento ya no estarían sujetas a cánones o estereotipos visuales tan rígidos como los de otras épocas anteriores —como el románico o el gótico—.

La perspectiva es por naturaleza un arma de dos filos [...]; por un lado reduce los fenómenos artísticos a reglas matemáticas sólidas y exactas, pero por otro las hace dependientes del hombre, del individuo, en la medida en que las reglas se fundamentan en las condiciones psicofisiológicas de la impresión visual y en la medida en que su modo de actuar está determinado por la posición de un «punto de vista» subjetivo elegido a voluntad (Panofsky [1927] 1985, 51).

A raíz de ese cambio tan crucial en el paradigma visual, el artista moderno ha tratado de reflejar, desde su particular estilo y enfoque, el espíritu de la época que le ha tocado vivir —su *zeitgeist*—, para explicar el universo con una voz propia y un personal sello de autor. Esta nueva «autonomía del mirar», conquistada desde un pensamiento crítico recién estrenado, llevará al artista a separarse definitivamente de la artesanía y de la repetición del canon. También le conducirá a firmar por primera vez sus obras, inaugurando así el concepto de autoría bajo el nuevo paraguas cultural progresista que se extendía por Europa.

La invención de la perspectiva cónica supuso a la larga una de las conquistas más revolucionarias para satisfacer esa necesidad escópica de verosimilitud, inaugurada tempranamente por artistas protorrenacentistas tan intuitivos y fascinantes como Giotto o Duccio (Panofsky [1927] 1985; Kemp [1990] 2000) al representar de forma convincente la profundidad espacial en

su pintura. Estos pioneros y los pintores renacentistas posteriores produjeron representaciones que aspiraban a ser lo más próximas a la percepción del ojo humano, lo que Marcel Duchamp denominaría, ya en el siglo xx, «arte retiniano» (Duchamp 1971). Durante el primer Renacimiento (el *quattrocento* italiano), creadores como Filippo Brunelleschi (ca. 1420) o tratadistas como Leon Battista Alberti (en *De pictura*, 1435), formularon los principios matemáticos de la perspectiva, erigida en el sistema visual, casi hegemónico, por el que un artista debía regirse para pintar de manera realista (figura 3). El método perspectivo (sistemático, geométrico y científico) permitía plasmar con solvencia la profundidad espacial sobre un soporte bidimensional, ya fuese pictórico o gráfico (Kemp [1990] 2000). Solo con la llegada del posimpresionismo a finales del siglo xix, con Cézanne a la cabeza, o la irrupción del cubismo, concebido por Picasso y Braque a principios del xx, saltaría en pedazos ese cajón escénico de la perspectiva, tan unitario y coherente a nivel conceptual y espacial, que apenas había sido cuestionado durante más de cuatro siglos.

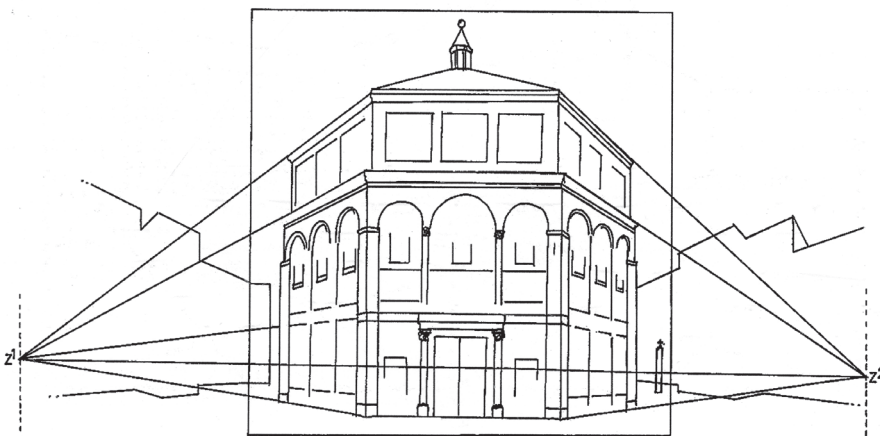


Figura 3

Filippo Brunelleschi. *Reconstrucción diagramática de la demostración perspectiva del Baptisterio de Florencia*, ca. 1420. El cuadrado interior correspondería a un ángulo visual de 53° . En Kemp ([1990] 2000). Cortesía de la Yale University Press.

La adopción de nuevos puntos de vista a los que obliga la perspectiva cónica —ya sea central, con un único punto de fuga, u oblicua, con al menos dos puntos de fuga—, concebida desde esa «lógica científica del ver», conllevaría a su vez un cambio simbólico e ideológico, tomando partido por la plasmación de evidencias de forma naturalista. Esta «nueva visión» invitaría a los artistas a abrazar de paso las innovaciones generadas por los avances científicos que, en el campo de la óptica, por ejemplo, irían sucediéndose cada poco. Así lo demuestran los fascinantes dibujos del relieve lunar que Galileo ejecutó a mano alzada y con gran maestría (1610), aunque con el apoyo indispensable del telescopio, un instrumento inventado poco antes en los Países Bajos, al que el propio Galileo incorporaría rápidamente sensibles mejoras ópticas (figura 4).

Por otra parte, la curiosidad de ciertos artistas renacentistas, en su afán por conocer el funcionamiento interno de las cosas, los llevaría a indagar, como polímatas vocacionales, más allá de su cometido primordial como creadores visuales. Muchos de ellos se dedicaron concienzudamente a estudiar, reflexionar y analizar fenómenos naturales que hasta entonces habían escapado a la comprensión humana. Así, estudios anatómicos rigurosos, a partir del desollado y la disección de cadáveres, como los que ejecutaron Leonardo da Vinci (figura 5) o Miguel Ángel en cientos de bocetos, darían paso a los primeros atlas anatómicos ilustrados con vocación netamente científica, como *De humani corporis fabrica*, publicado en 1543 por el célebre anatomista Andrea Vesalio, concebido para explicar el funcionamiento del cuerpo humano en su conjunto. De igual modo, el interés del propio Leonardo por el funcionamiento de los fenómenos acuáticos, plasmados en multitud de dibujos de torrentes, inundaciones, salpicaduras o tormentas, inauguraría la mecánica de fluidos, hoy convertida en una rama específica de la física (figura 6).

Ciencia y arte en estrecha colaboración

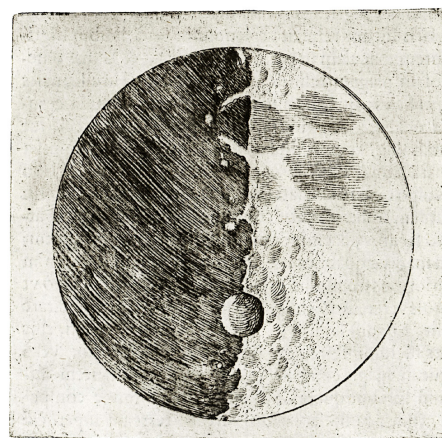


Figura 4

Galileo Galilei. Dibujo de la superficie de la luna vista al telescopio, publicado en su obra *Siderus nuncius*, Venecia, 1610. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze.
<https://commons.wikimedia.org>.

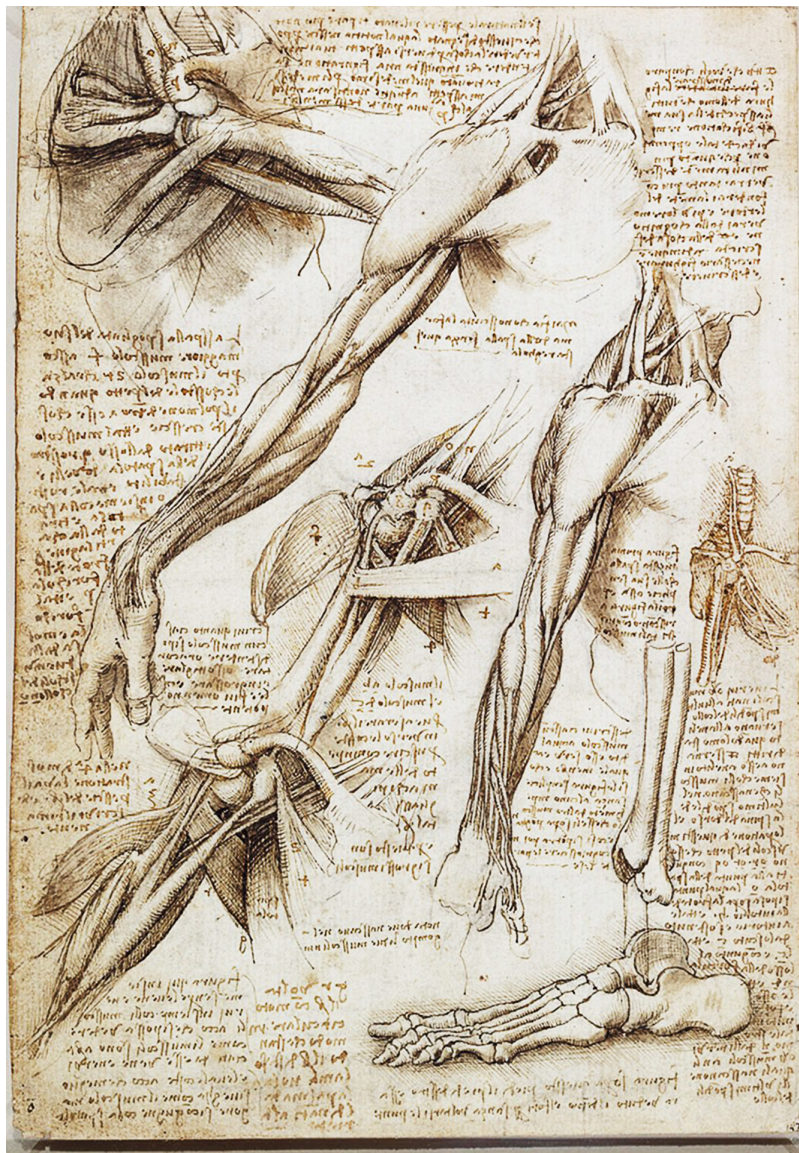


Figura 5

Leonardo da Vinci. *Estudios anatómicos de la musculatura del hombro y del brazo*, dibujo a pluma y aguada sepia, ca. 1509-1510. © Royal Collection Enterprises Limited 2025 | Royal Collection Trust.



Figura 6

Leonardo da Vinci. *Anciano sentado de perfil y estudios de agua*, dibujo a pluma y tinta, ca. 1510-1513.

© Royal Collection Enterprises Limited 2025 | Royal Collection Trust.

Gracias a estos intentos de comprensión, todavía comunes y compartidos entre artistas y científicos de esa época, se instauraría a partir del siglo **xvi** una colaboración cada vez más estrecha entre creadores plásticos e investigadores de distintas ramas de las ciencias de la vida y la tecnología: médicos, botánicos, zoólogos, geólogos, topógrafos, astrónomos o ingenieros de todo tipo. De hecho, investigaciones recientes demuestran que en el atlas de anatomía de Vesalio participaron varios artistas pertenecientes al llamado «taller de Tiziano» (figura 7), destacando, entre otros, el célebre pintor, ilustrador y grabador Jan Stefan van Calcar. Desde entonces, muchos otros dibujantes y grabadores pasaron a integrarse de forma natural en los dominios de la ciencia, especializándose en ilustración científica a partir del siglo **xvii**. Durante los siglos posteriores, estos avezados artistas produjeron minuciosas imágenes analíticas,

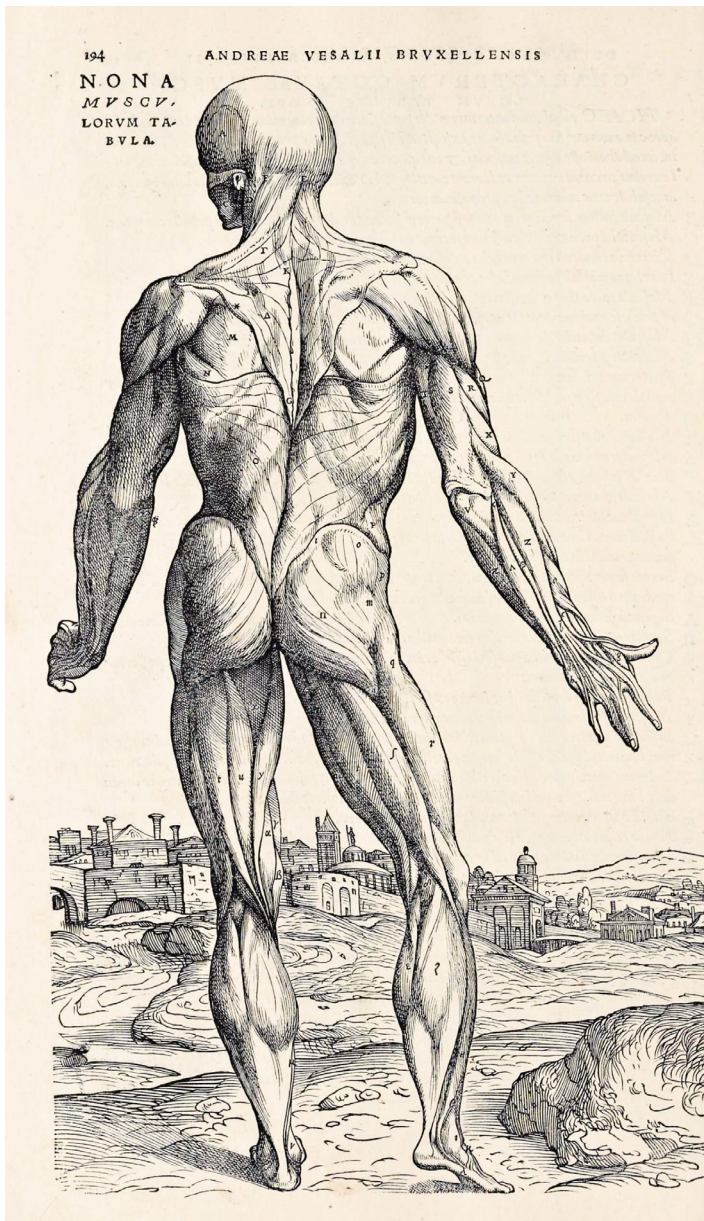


Figura 7

Jan Stephan van Calcar (atribuido).
Ilustración anatómica del libro
De Humani corporis fabrica, de
Andrea Vesalio, 1543, p. 194.
<https://commons.wikimedia.org>.

siguiendo a pies juntillas las directrices marcadas por los investigadores de turno, poniendo así su maestría gráfica al servicio de la divulgación de la ciencia y las innovaciones técnicas.

Así, por ejemplo, gracias a detalladas ilustraciones realizadas en su expedición alrededor del mundo con el buque *Beagle* (1831-1836), Darwin pudo evidenciar diferencias esenciales de morfología y tamaño entre distintas especies de pinzones (*Geospiza*), unas aves endémicas de las islas Galápagos. Al comparar las variedades de pinzones halladas en distintas islas del archipiélago (Darwin 1845, 379), Darwin constataría que la forma y tamaño de sus picos y cabezas variaba significativamente en función de su adaptación a las fuentes de alimento propias de cada isla (figura 8). Ilustraciones como estas serían cruciales para dar forma —más de 20 años después de aquel viaje iniciático—, a su célebre teoría sobre *El origen de las especies por medio de la selección natural* (Darwin 1859).

Sin embargo, a partir de la instauración del método científico, apoyado en evidencias empíricas, se comenzaría a producir una escisión sin precedentes entre las ciencias y las humanidades. En el terreno de la pura visualidad, esa separación se haría aún más evidente entre creaciones artísticas e imágenes científicas. La división categórica por áreas de conocimiento levantaba muros insalvables entre estos dos saberes a la hora de representar gráficamente lo que parecían ser sus respectivos objetos de estudio: el mundo imaginado de las artes y el mundo de los hechos demostrables de la ciencia. En 1959, C. P. Snow evidenciaría este divorcio entre ciencia y artes en una célebre conferencia titulada *Las dos culturas* ([1963] 2000). Desde mucho antes,

Rupturas entre arte y espíritu científico

ambos mundos, el científico y el artístico, parecían mirarse desde orillas opuestas sin llegar a comprenderse, o ignorándose abiertamente la mayor parte de las veces. Stefan Collini, prologuista de la conferencia de Snow ([1963] 2000), dataría ese divorcio entre ambos saberes en el tránsito de la Edad Moderna a la Contemporánea: «El surgimiento de la angustia ante la posibilidad de que se produjera una fisura semejante en los [dos] tipos de conocimiento [...] puede fecharse en el período romántico, entre fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX» (Collini 2000, 9).

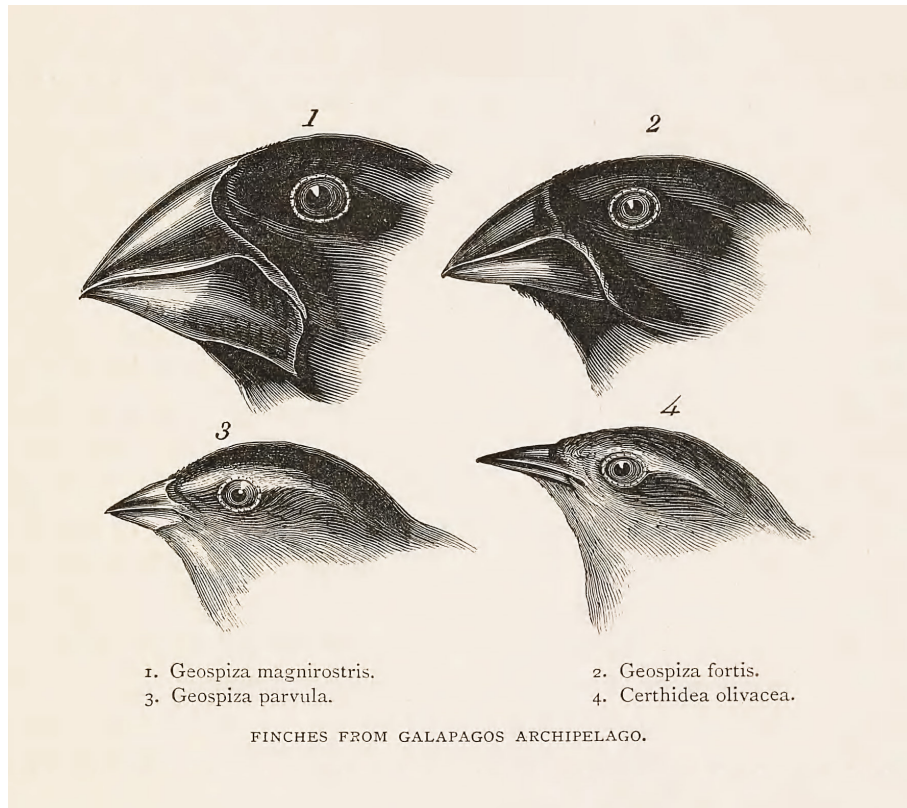


Figura 8

Charles Darwin. Dibujo de cuatro especies de geospizas de las islas Galápagos. Ilustración incluida en su libro *Journal of Researches into the Natural History and Geology...* (Darwin 1845, 405).

<https://library.si.edu/digital-library/book/journalresearch00darw>.

En ese tránsito finisecular, se iría imponiendo paulatinamente el pensamiento positivista, inaugurado por Auguste Comte en un ensayo de largo aliento, titulado *Curso de filosofía positiva* (1830-1842). Como corriente filosófica de mediados del siglo XIX, el positivismo consagraría la superioridad de la percepción objetiva, verificable y aparentemente neutral de la ciencia. La corriente positivista terminaría imponiéndose de forma abrumadora a la visión artística tradicional, que pasaría a considerarse a partir de entonces una representación engañosa, interpretativa y subjetiva del mundo, relegándola así a los dominios de la imaginación.

En este caldo de cultivo de mitad del siglo XIX, la irrupción de la fotografía también jugaría un papel esencial. Su presentación pública en 1839 asombraría al mundo gracias a sus registros «hiperrealistas», afianzando aún más si cabe la hegemonía científicista surgida al abrigo del positivismo. Cada vez se aplaudía con más fuerza el uso de instrumentos de observación y medición exactos; y, entre todos ellos, la cámara fotográfica se erigiría en modelo de objetividad por antonomasia. Los nuevos fotógrafos se lanzarían así a documentar aspectos inéditos del mundo en todos los campos de la ciencia, desacreditando en parte la larga tradición iconográfica de los ilustradores científicos «por la supuesta inexactitud en su percepción y su falta de rigor en los detalles» (Gómez-Isla y González García 2021, 5).

Como asegura Nelson Goodman, cuando una determinada etapa es superada en sus convenciones de representación por nuevas formas de plasmar aspectos inéditos del entorno, el concepto de realismo se desplaza, y ya no se basa tanto en el hábito de lectura de las convenciones tradicionales, sino en la revelación de las nuevas:

La corrección de la representación varía según el sistema o el marco de referencia en el que tiene lugar [...]. Una imagen que se haya dibujado con una perspectiva invertida, o que se haya distorsionado por cualquier otro sistema, puede ser tan correcta bajo ese sistema dado como una imagen que podamos considerar realista según los criterios acostumbrados en el sistema de representación occidental. [...] una imagen es una imagen realista en la medida en que es correcta según el sistema normal de representación [propio de una determinada época o cultura] [...]. [Pero] a veces se dice de un pintor o de un fotógrafo que alcanzan un nuevo grado de realismo, y ello es así porque descubren y presentan nuevos aspectos de la realidad al crear o desvelar aspectos del mundo que hasta entonces no habían sido nunca vistos (Goodman [1978] 1990, 176-177).

Posteriormente, en los albores del siglo xx, surgirán nuevos dispositivos visuales aún más sofisticados, como la cámara cinematográfica, las impresiones de rayos X o la fotografía microscópica y telescópica. Estas técnicas de registro iban a generar imágenes que pasarían a considerarse paradigmas de la nueva objetividad frente a los dibujos clásicos de los ilustradores de ciencia. Hay que recordar que uno de los padres de la neurociencia, Santiago Ramón y Cajal, aún debía representar gráficamente las estructuras neuronales que observaba al microscopio mediante elaborados dibujos realizados a mano alzada, ya que, en esa época, la microfotografía tenía serias limitaciones de nitidez para captar los detalles finos a esa escala infinitesimal (Newman *et al.* 2017) (figuras 9 y 10). Sin embargo, esa labor del ilustrador científico clásico se vería paulatinamente desplazada por el nuevo universo audiovisual, compuesto por un conjunto de procedimientos tecnológicos de



Figura 9

Santiago Ramón y Cajal. *Dibujo científico de algunas células de axón corto de la capa de las células estrelladas, corteza visual de gato, ca. 1890.* Legado Cajal-CSIC.

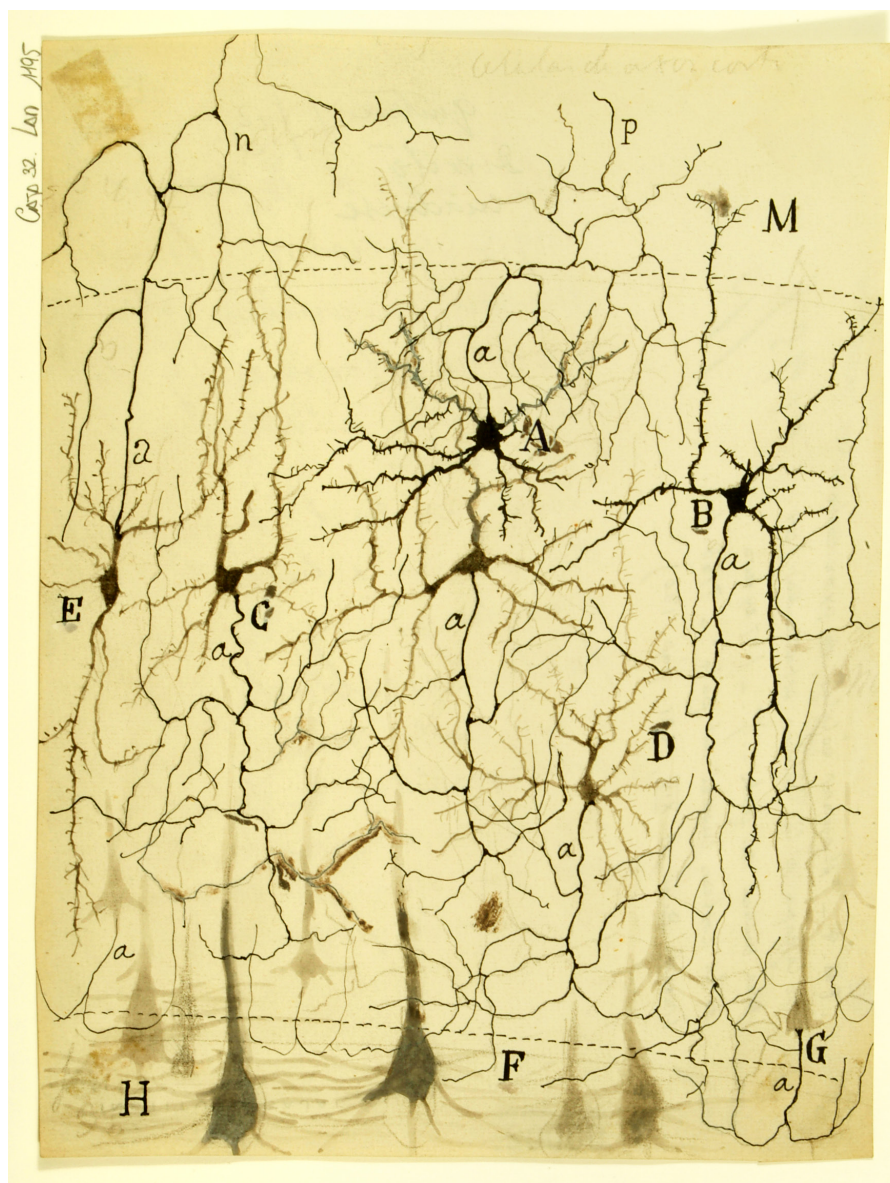


Figura 10

Santiago Ramón y Cajal. *Dibujo científico de célula de Purkinje de cerebello humano*, ca. 1890. Legado Cajal-CSIC.

registro cada vez más fiables (microscopios electrónicos de barrido, escáneres, TAC, resonancias magnéticas, ecografías, etc.). Con todos ellos, la ingeniería mecánica y electrónica ha ido abasteciendo de pruebas diagnósticas a la medicina contemporánea desde mediados del siglo xx. Gracias a todos esos dispositivos visuales de registro y captura, la investigación científica ha logrado avanzar exponencialmente, ensanchando aún más el abismo producido entre «objetividad» científica y subjetividad e «interpretación» artística (Daston y Galison 2007).

Ese abismo creciente —como un *big bang* en expansión— entre la práctica artística contemporánea y los métodos con los que la ciencia diagnostica y verifica sus teorías, a partir de los datos recabados por los nuevos dispositivos tecnológicos, ha originado entre ellas sendos universos paralelos. Al adquirir cada vez mayor relevancia el descubrimiento de fenómenos imperceptibles para el ojo humano, ya sea a nivel molecular, atómico o cósmico, buena parte de la investigación científica se ha centrado en revelar lo invisible, gracias a las innovaciones tecnológicas, justo allí donde nuestra observación directa ya no alcanza.

Es más, en muchos campos de la ciencia actual ya ni siquiera se utilizan imágenes obtenidas con instrumentos ópticos tradicionales u otros sistemas de registro audiovisual. Han sido sustituidas por un amplio espectro de gráficos, esquemas y tablas que condensan, de manera lógica y estadística, un número ingente de datos que escapa a nuestra capacidad humana para interpretarlos en bruto. Cuando el *big data* toma el relevo, por ejemplo, en el ámbito de la genómica y la biología molecular, la sensación de extrañeza entre ambos mundos —el científico y el de nuestra visión cotidiana— se vuelve aún mayor, como ocurre entre lo abstracto y lo concreto.

Pero eso no significa, ni mucho menos, que el arte no se haya preocupado durante este periodo por materializar y reflexionar gráficamente sobre esos mismos fenómenos que la ciencia y la tecnología han ido desentrañando con sus poderosos dispositivos de análisis. Al contrario, el arte actual también se ha hecho eco de los avances que la tecnología ha aportado a la ciencia, proponiendo a su vez modelos de visualización alternativos a las formulaciones e interpretaciones científicas, obtenidas con su propia retórica visual y simbólica. En este sentido, algunas de las propuestas artísticas que han alcanzado mayor complejidad, tanto conceptual como instrumental, son las que se han acercado a indagar en los más recientes descubrimientos de las ciencias de la vida, englobándose bajo la categoría común y genérica de «bioarte» (López del Rincón 2015).

El arte contemporáneo, inconformista y provocador, empeñado en sacudir conciencias e impulsar a la sociedad de su tiempo, se plantea constantemente nuevas soluciones formales y conceptuales que corren en paralelo a las que ofrece la tecnología más avanzada del momento. De este modo, ciertas obras de arte de nuestra época proponen a menudo, de forma creativa y crítica, modelos de visualización alternativos a los problemas abordados por la ciencia, que no siempre se logran plasmar gráficamente de forma eficaz y comprensible con la tecnología existente. De hecho, la pretendida «objetividad» científica se vuelve problemática cuando no se somete de forma adecuada a la interpretación humana. Por eso, la «lógica interpretativa» que construye el relato cultural de cada época se plantea como misión inequívoca «dotar de sentido al mundo representado en [...] imagen bajo nuestro prisma particular» (Gómez-Isla 2013, 93). Y esa inevitable subjetividad interpretativa de los modelos adquiere de nuevo

Arte actual y pensamiento crítico en la era del cientificismo

relevancia en los confines movedizos entre ciencia y arte (Daston y Galison 2007).

Aunque ninguna de esas dos partes sea plenamente consciente, las formas específicas de indagación en sus respectivos ámbitos de conocimiento plantean múltiples conexiones interdisciplinarias al abordar sus objetos de estudio particulares. Como sabemos, la creatividad es una condición diferenciadora de nuestra especie respecto al resto de los seres vivos, si exceptuamos a los grandes simios. Sin embargo, y a pesar de una creencia muy extendida, aunque infundada, la creatividad humana no es un territorio circunscrito exclusivamente al mundo del arte. La ciencia también plantea propuestas intuitivas, imaginativas y no menos creativas que las que propone un artista, aunque en sus modos particulares de representar e imaginar el mundo que indagan, los acercamientos metodológicos sean necesariamente distintos. Proponemos aquí, por tanto, las mismas diferencias epistémicas entre ambos acercamientos que apuntaba John Dewey hace casi un siglo (1934) al afirmar que «la ciencia enuncia significados; [pero] el arte los expresa» (Dewey 2008, 95).

Con ese mismo ánimo nace el proyecto *La especie inesperada: la condición humana desde el arte y la genética*. Hemos querido propiciar una conversación reflexiva entre investigadores e investigadoras en genómica y artistas de varias disciplinas (pintura, escultura, gráfica, diseño, instalación, fotografía o arte textil). Hemos vinculado ambos saberes, el científico y el artístico, como disciplinas complementarias de la condición humana. Como hemos argumentado, estas se habían ido distanciando progresivamente durante los últimos dos siglos. Por esa razón, aquí las hemos concitado a celebrar un intercambio interdisciplinar saliendo de sus respectivas

Arte y genética. Dos caras de una misma moneda del saber

atalayas epistémicas, para alcanzar juntas nuevos horizontes de entendimiento. Al mirarse de frente, nos hemos encontrado ante territorios fronterizos, a veces extraños, pero también difusos y borrosos, entre disciplinas. En ellos, la imagen, la palabra y los conceptos abstractos y simbólicos se prestan a formular modelos equiparables entre arte y ciencia con los que expresar y comunicar sus respectivos descubrimientos y desafíos.

Gracias a la convocatoria de ayudas de la FECYT en 2022, que incluía entre sus bases unas claves orientativas que contemplaban las relaciones entre arte, ciencia y tecnología, pudimos explorar los territorios y espacios existentes entre esas fronteras disciplinares. Desde la gestación del proyecto nos planteamos como prioridad irrenunciable propiciar un diálogo abierto y sin prejuicios entre científicos y artistas, acercándonos unos, sin complejos ni miedos, a los saberes específicos de los otros, y viceversa.

Con esta premisa, fijamos como prioridad el intercambio horizontal de intereses y conocimientos entre ambos colectivos, enfocados en esta ocasión al ámbito de la genética y la evolución humana. Este encuentro entre biólogos y artistas ha sido alentado por una misión común: hacer comprensibles a los colectivos no científicos los secretos del ADN que la ciencia ha ido desvelando a lo largo del último medio siglo. Todo esto pasa por la explicación de los procedimientos más significativos del análisis genético, pero permeada aquí por la reinterpretación creativa del otro ámbito de conocimiento en juego: el arte visual y su propio orden simbólico. Para ello, los artistas implicados han tenido la oportunidad de acercarse al mundo de la genética y su evolución. Con ese propósito se celebraron varios seminarios de formación en la Universidad de Salamanca y la Universidad Complutense de Madrid, así como

experiencias prácticas e instrumentales realizadas *in situ* en los laboratorios del IBFG (Instituto de Biología Funcional y Genómica). Aprendiendo a secuenciar una pequeña región de su propio ADN, los artistas visuales fueron descubriendo y comprendiendo algunos de los secretos que nos conforman como individuos únicos e irrepetibles, salvo en casos de gemelidad.

Con estas experiencias de laboratorio, y con los talleres de creación artística en los que participaron científicos del grupo de investigación del IBFG, así como los correspondientes seminarios formativos impartidos por expertos de uno u otro lado, tratamos de despertar el interés de los participantes implicados en cualquiera de los dos ámbitos en que se dividía el proyecto. Gracias a ese conocimiento más cercano, hemos entendido mejor lo que nos afecta específicamente como individuos singulares, pero también como especie en constante evolución que comparte rasgos comunes, no solo a nivel genético, sino también existencial y expresivo.

Los resultados de la secuenciación del ADN propiciaron desde el arte nuevas preguntas sobre la existencia humana. Todas esas cuestiones, que ha ido resolviendo la genómica en las últimas décadas, revelan esa unicidad y singularidad molecular que nos distingue. Con los resultados del laboratorio en mano, en la mente de cada artista se iría originando lo que Stefan Zweig denominó el «milagro» de la creación¹ [Zweig [1938] 2015, 13 y sigs.]. Al combinar formas y conceptos propios de la genómica con alegorías y analogías específicas del arte,

Resultados y conclusiones del intercambio

¹ «Nos deberíamos acercar a toda obra de arte con una doble sensación. Por una parte, deberíamos sentir, con una sensación de gran humildad, que se trata de algo extraterrenal, de un milagro; pero al mismo tiempo deberíamos esforzarnos también por comprender con toda nuestra fuerza espiritual cómo pudo ese milagro divino lograrse por un ser humano. Pues la máxima virtud del espíritu humano consiste en procurar hacerse comprensible a sí mismo lo que en un principio le parecía incomprensible» [Zweig [1938] 2015, 16].

se produjeron sinapsis inéditas que permitieron imaginar nuevos modelos expresivos con los que los artistas construyeron sus obras. Tras la experiencia en el laboratorio de genética, se propició una reflexión crítica desde el arte sobre aspectos concretos de esa gran complejidad biológica que nos ha desvelado el ADN. Así, por ejemplo, surgieron cuestiones relacionadas con la biodiversidad, la variabilidad genética, la evolución humana —entendida como un eslabón más en el gran árbol de la vida darwiniano—, los enigmas de la herencia genética o el dogma central de la biología molecular (Crick 1958).

Los «detonantes» creativos que surgieron en el proceso de producción de las obras podrían asimilarse —en terminología de Zweig— a una especie de revelación o «eureka artístico» en torno a los enigmas de la vida que nos revela la genómica. Los artistas participantes recurrieron a su propio universo creativo, conformado por analogías, metáforas o signos visuales cargados de significados simbólicos, acordes con su particular retórica y apreciación crítica del ADN y la evolución humana (figura 11).

La intención última del proyecto no pasaba por la traducción literal al lenguaje artístico de los resultados obtenidos con los dispositivos tecnológicos que descifran ese código genético que nos hace únicos, como ocurría con los ilustradores científicos de antaño, sometidos al ejercicio descriptivo del encargo. Por el contrario, nuestro objetivo buscaba propiciar respuestas originales a preguntas existenciales que, como individuos —pero también como especie—, se plantearon los creadores participantes tras su propio análisis genético. Preguntas como ¿por qué soy como soy?, ¿qué es lo que me hace único como individuo?, ¿qué es exactamente lo que nos configura molecularmente como especie?, ¿en qué nos diferenciamos de otras especies de las que apenas nos

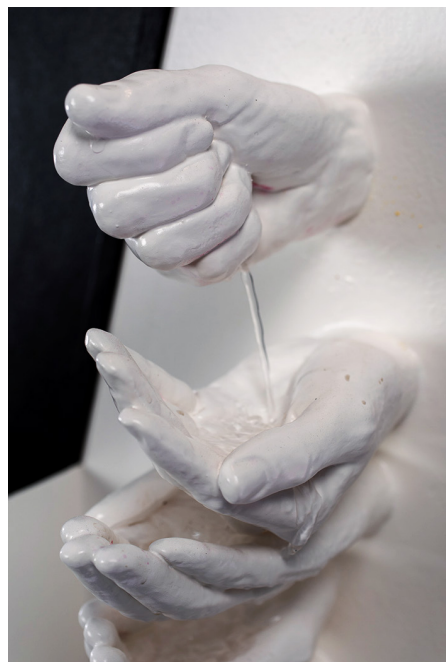


Figura 11

Manuel Barbero Richart. Detalle de la obra *Fuente Mnemosyne*, 2024.

Usando como metáfora un chorro de agua que discurre de mano en mano, la obra representa la herencia genética transmitida de una generación a otra. Fotografía de Luis Castelo.

separa un 1 % de nuestros genes? o ¿qué papel desempeñamos nosotros en la larga historia de la evolución de las especies y la vida sobre la Tierra? son solo algunas de las cuestiones clave que han abordado esos procesos de creación. Al igual que el planteamiento existencial de Paul Gauguin en una de sus obras más célebres, titulada *¿De dónde venimos? ¿Quiénes somos? ¿Adónde vamos?* (1897)² —un cuadro panorámico de casi 4 metros de largo— (figura 12), también hoy nos enfrentamos a esas mismas cuestiones que lleva haciéndose la humanidad desde tiempos inmemoriales. La diferencia radica en que hoy, gracias a la mediación tecnológica, el arte y la ciencia encuentran respuestas inéditas, transitando por caminos paralelos que ahora confluyen en esta feliz encrucijada.

Nuestra pretensión ha sido que tanto creadores como biólogos intercambiasen durante casi dos años un flujo constante de conocimientos de ida y vuelta, compartiendo las metodologías instrumentales específicas de cada campo, para descubrir aspectos inéditos que permitiesen una mejor comprensión del universo. Gracias a los encuentros y talleres bidireccionales entre genómica y arte, surgió un número significativo de obras que respondían simbólicamente a los retos que la ciencia enfrentaba con sus fríos datos estadísticos.

Los resultados de esta experiencia han permitido transferir a la sociedad ese conocimiento compartido mediante propuestas creativas cargadas de sentido que pretenden ser claras y fácilmente comprensibles.

² El título original en francés es *D'où venons nous? Que sommes nous? Où allons nous?* Me complace haber coincidido durante el desarrollo del proyecto con la fascinación de algunas de las investigadoras del IBFG por esta misma obra. De hecho, en sus charlas introductorias a la práctica de secuenciación del ADN que realizaron con los artistas en su laboratorio, ellas iniciaban su explicación científica sobre el genoma humano precisamente con este cuadro.



Figura 12

Paul Gauguin. *¿De dónde venimos? ¿Quiénes somos? ¿Adónde vamos?*, 1897. Museum of Fine Arts, Boston. <https://commons.wikimedia.org>.

Por eso, en esta intersección entre arte, ciencia y tecnología, propusimos como primer «público diana» a los propios artistas. Fruto de su curiosidad y su acercamiento a la biología molecular, nacieron las obras que aquí mostramos, agrupadas en torno a las cuatro secciones temáticas del capítulo titulado «La interpretación del genoma y la evolución humana desde el arte», que vertebran esta publicación.

Otro sector enriquecido por esta experiencia interdisciplinar ha sido el colectivo de investigadores del IBFG, que también tuvieron oportunidad de conocer de cerca y experimentar con los procedimientos empleados por el arte contemporáneo. Ojalá que todas estas experiencias de trasvase de conocimiento, como vasos comunicantes de un mismo saber humano, promuevan nuevos giros

Relatos disciplinares que se entrecruzan en los límites de la vida

visuales de cooperación científico-artística y tecnológica. Y ojalá que, al igual que antaño sucedió con la perspectiva renacentista, estas nuevas propuestas ayuden a entender mejor las bases de la vida, en general, y de nuestra propia existencia, en particular.

Esperamos que los frutos de este cruce singular de miradas despierten entre los lectores un vivo interés por uno de los ámbitos más enigmáticos y fascinantes de la biología: la estructura molecular del ser humano. Gracias a las miradas escrutadoras y «preguntonas» de los artistas, que se zambulleron sin recelo en los enigmas del ADN, estas obras nos abren ahora nuevos modelos de comprensión. Desde sus personales enfoques, estos creadores han construido relatos inéditos que, una vez más, permiten hacer visible lo invisible y convertir en única la observación atenta de lo cotidiano.

Referencias bibliográficas

- ALBERTI, Leon Battista. 1435. *De pictura*. Florencia.
- BERGER, Peter L., y Thomas LUCKMANN. 2006. *La construcción social de la realidad*. Amorrortu. Primera edición de 1967.
- CASTRO, Sixto J., y Alfredo MARCOS, eds. 2010. *Arte y ciencia: mundos convergentes*. Plaza y Valdés.
- COLLINI, Stefan. 2000. «Introducción». En *Las dos culturas*, de Charles Percy Snow. Nueva Visión SAIC.
- COMTE, Auguste. 1830-1842. *Cours de philosophie positive*. Bachelier Imprimeur-Libraire pour les Sciencies.
- CRICK, Francis Harry Compton. 1958. «On Protein Synthesis». *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12: 139-163.
- DASTON, Lorraine, y Peter GALISON. 2007. *Objectivity*. MIT Press.
- DEBRAY, Régis. 1994. *Vida y muerte de la imagen. Historia de la mirada en Occidente*. Paidós. Primera edición de 1992.
- DARWIN, Charles. 1845. *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage of H.M.S. Beagle round the World, Under the Command of Captain Fitz Roy, R.N.* John Murray.
- DARWIN, Charles. 2009. *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Alianza Editorial. Primera edición de 1859.
- DEWEY, John. 2008. *El arte como experiencia*. Paidós.
- DUCHAMP, Marcel. 1971. *Duchamp du Signe*. Flammarion.
- GÓMEZ-ISLA, José. 2013. «Arte, documento y discurso audiovisual: entre la imagen de la ciencia y la ciencia de la imagen». En *Cuestión de imagen. Aproximaciones al universo audiovisual desde la comunicación, el arte y la ciencia*, editado por José Gómez-Isla. Universidad de Salamanca.

- GÓMEZ-ISLA, José, y Carmen GONZÁLEZ GARCÍA. 2021. «Interacciones entre las prácticas audiovisuales del arte y la ciencia». *Fonseca Journal of Communication* 23: 3-12. <https://doi.org/10.14201/fjc202123312>
- GOODMAN, Nelson. 1990. *Maneras de hacer mundos*. Visor. Primera edición de 1978.
- KEMP, Martin. 2000. *La ciencia del arte. La óptica en el arte occidental de Brunelleschi a Seurat*. Akal. Primera edición de 1990.
- LÓPEZ DEL RINCÓN, Daniel. 2015. *Bioarte. Arte y vida en la era biotecnológica*. Akal.
- NEWMAN, Eric, Alfonso ARAQUE y Janet M. DUBINSKY, eds. 2017. *The Beautiful Brain. The Drawings of Santiago Ramón y Cajal*. Abrams.
- PALLASMAA, Juhani. 2009. *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture*. John Wiley & Sons Ltd.
- PANOFSKY, Erwin. 1985. *La perspectiva como forma simbólica*. Tusquets. Primera edición de 1927.
- SNOW, Charles Percy. 2000. *Las dos culturas*. Nueva Visión SAIC. Primera edición de 1963.
- ZWEIG, Stefan. 2015. *El misterio de la creación artística*. Sequitur. Primera edición de 1938.

ESTÉTICAS DE LO VIVIENTE: CONVERGENCIAS ENTRE ARTE Y GENÉTICA EN LA BIOTECNOCULTURA CONTEMPORÁNEA. UNA APROXIMACIÓN CRÍTICA AL BIOARTE

Luis Castelo Sardina

Facultad de Bellas Artes

Universidad Complutense de Madrid

Introducción

En las últimas décadas, el desarrollo de las ciencias de la vida ha modificado profundamente las formas de conceptualizar la existencia biológica, la agencia, el cuerpo y la identidad. La emergencia de una biotecnología global, caracterizada por la digitalización de los procesos vitales y la economización del conocimiento genético, ha generado nuevas configuraciones epistémicas donde se redefine qué se considera vivo, manipulable o inteligible. En este contexto, el bioarte aparece como una forma de práctica estética y crítica que no solo emplea materiales biológicos, sino que también interpela y tensiona los marcos epistemológicos que sustentan la biología molecular contemporánea.

Este capítulo propone una genealogía crítica del bioarte, con especial atención a las transformaciones que ha sufrido la noción de *vida* desde el paradigma genético hasta la era posgenómica. Se parte de la hipótesis de que el bioarte no constituye simplemente una estetización de lo biológico, sino que actúa como una práctica epistémica que subvierte el imaginario científico hegemónico. Desde esta perspectiva,

se identifican y analizan cuatro fases históricas en el desarrollo del bioarte, siguiendo la propuesta de López Rincón (2015), articulando dichas fases con la evolución del pensamiento genético y los discursos biopolíticos contemporáneos.

La relación entre arte y biología no es reciente. Desde el siglo xix, las teorías sobre la herencia genética han influido profundamente en el imaginario cultural. La genética mendeliana, redescubierta a comienzos del siglo xx, introdujo la noción de «factores hereditarios» como unidades discretas de transmisión, lo que permitió la formalización de un modelo mecanicista de la herencia. Con el descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en 1953, este paradigma alcanzó un punto de consolidación que daría origen a la metáfora dominante del «código genético» como programa de la vida.

Como señala Evelyn Fox Keller (2000), la concepción del ADN como texto o código ha contribuido a una visión reduccionista, según la cual la información genética es vista como el fundamento último de la identidad y la conducta humana. Este imaginario, conocido como *determinismo genético*, ha operado como un dispositivo de naturalización que legitima formas de control social, eugenesia y normalización biopolítica. Sin embargo, el desarrollo del Proyecto Genoma Humano (1990-2003) reveló una realidad mucho más compleja, al evidenciar la importancia de los elementos no codificantes, las interacciones gen-ambiente y la dinámica epigenética.

Este cambio epistemológico ha dado lugar a una perspectiva posgenómica, donde el gen ya no es concebido como una entidad aislada y estable, sino como un nodo dentro de un sistema relacional y contingente. Este desplazamiento desde la genética hacia la genómica ha tenido importantes repercusiones en el ámbito del arte,

De la genética clásica a la genómica: la configuración epistémica del bioarte

dando origen a nuevas formas de exploración estética de lo viviente que trascienden el modelo representacional para convertirse en intervenciones performativas, procesuales y especulativas.

La evolución del bioarte puede ser organizada en cuatro grandes fases, siguiendo el esquema propuesto por Daniel López Rincón (2015), que permiten articular sus transformaciones técnicas, teóricas y estéticas. Estas fases no se delimitan de forma estricta ni cronológica, sino que constituyen momentos de condensación discursiva y metodológica que ilustran el tránsito desde una relación ilustrativa con la ciencia hacia una praxis crítica y especulativa sobre lo viviente.

En esta etapa temprana, encontramos antecedentes del bioarte en prácticas que, si bien no contaban aún con los recursos tecnocientíficos actuales, ya ensayaban formas de manipulación de lo viviente con una intencionalidad estética. Uno de los casos más paradigmáticos es el de Edward Steichen, fotógrafo modernista y director del MoMA, quien durante las décadas de 1920 y 1930 desarrolló un extenso trabajo de hibridación vegetal con delfinios. Lejos de tratarse de una labor meramente hortícola, Steichen concibió el cultivo de plantas como una «pintura viva en el jardín», aplicando principios de genética mendeliana con fines expresivos.

Steichen inauguró lo que López Rincón (2015) denomina la «tendencia biomedial», al utilizar organismos vivos como medio artístico. Además, su exhibición de delfinios en el MoMA en 1936 puede considerarse el primer caso documentado de exposición de bioarte en una institución de arte contemporáneo (figura 1). El hecho de que una institución como el MoMA acogiera esta muestra confirma que su trabajo era percibido no

Fases históricas del bioarte: genealogía de una práctica epistémica

**Primera fase (1920-1985):
precursores y la emergencia
del pensamiento biotemático**



Figura 1

Edward Steichen. *Delphiniums*, 1936. Exposición en el MoMA. © The Museum of Modern Art, Nueva York/Scala, Florencia.

solo como horticultura avanzada, sino como una extensión del lenguaje artístico. En el catálogo de la exposición, se enfatiza el proceso creativo y experimental, y se invita al espectador a ver las plantas como resultados de una voluntad estética ejercida sobre la evolución.

Steichen puede ser considerado un precursor histórico del bioarte, no solo por su uso de la genética como herramienta estética, sino porque fue el primero en presentar organismos genéticamente manipulados como obras de arte dentro de un marco museístico. George Gessert, uno de los bioartistas más influyentes de la segunda mitad del siglo xx, ha reconocido la influencia de Steichen en su propia práctica, destacando su papel fundacional en una estética evolutiva donde el artista colabora con los procesos de la vida más que representarlos (Gessert 2010).

En paralelo, Dalí incorporaría referencias al ácido desoxirribonucleico (ADN) —descubierto en 1869 por el biólogo suizo Friedrich Miescher— en sus pinturas a partir de 1957, inaugurando la denominada *tendencia biotemática*. Su obra en ese periodo manifestará una profunda reorientación hacia la ciencia en general y, particularmente, hacia la genética, la física cuántica y la biología molecular, en un contexto histórico marcado por los avances científicos posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Este periodo, a menudo denominado su *etapa mística nuclear*, se caracteriza por una síntesis entre espiritualidad, arte y ciencia.

Durante la década de 1950, la genética vivió un momento fundacional con el descubrimiento de la estructura del ADN por James Watson y Francis Crick en 1953, basado en los trabajos previos de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins. Este descubrimiento inauguró una nueva era en la comprensión de los procesos vitales a nivel molecular y captó la atención no solo

de los científicos, sino también de intelectuales y artistas. Dalí no fue ajeno a este clima cultural y se interesó intensamente por los desarrollos en genética y biología molecular. Este interés se reflejó en múltiples obras y escritos. En su ensayo *El manifiesto místico* (1951), Dalí aboga por un «misticismo nuclear» que busca integrar los descubrimientos científicos con una nueva visión espiritual del mundo. Esta visión pretendía trascender el surrealismo freudiano de sus primeras etapas para abrazar una cosmovisión inspirada en los avances de la física y la biología.

Uno de los conceptos más recurrentes en su obra de esta etapa es la «desmaterialización de la materia», influido tanto por la física nuclear como por la estructura molecular del ADN. Dalí concibe la realidad como compuesta por partículas subatómicas y formas geométricas que se organizan según principios invisibles pero estructurantes, lo que encuentra eco en la doble hélice del ADN como símbolo de orden invisible.

Una de las representaciones más explícitas de la fascinación de Dalí por la genética es su obra *Galacidalacidesoxiribunucleicacid (Homage to Crick and Watson)* (1963) (figura 2), donde el propio título fusiona los nombres de su esposa Gala, el ácido desoxirribonucleico (ADN) y referencias místicas y bíblicas (aludiendo a la guerra entre galileos y ácidos nucleicos). En esta obra, Dalí representa una estructura helicoidal del ADN en una composición que funde ciencia, religión y mística personal. También en obras como *Corpus Hypercubus* (1954), aunque no directamente genético, se evidencia su interés por las estructuras geométricas multidimensionales como símbolos del nuevo conocimiento científico que sustituye a las representaciones clásicas del mundo físico.



Figura 2

Salvador Dalí. *Galacidalacidesoxiribunucleicacid (Homage to Crick and Watson)*, 1963. © Fundació Gala-Salvador Dalí/VEGAP.

Durante esta fase, se consolida una generación de artistas que utilizan recursos biotecnológicos o abordan críticamente los discursos de la biología molecular. En la tendencia biomedial destacan figuras como George Gessert (figura 3), Joe Davis y Peter Gerwin Hoffmann. Gessert, mediante la hibridación de iris ornamentales, propone una estética vegetal que problematiza la eugenesia, la domesticación y la noción de belleza. Inspirado por una tradición que remonta al siglo XIX (como los trabajos de Mendel), Gessert no se limita a utilizar plantas como medio visual, sino que emplea la hibridación

Segunda fase (1980-1992):
primera generación de bioartistas
y la consolidación biotemática
y biomedial

y selección genética como procesos estéticos. En su ensayo *Green Light: Toward an Art of Evolution* (2004, y ampliado como libro en 2010), Gessert propone una teoría del arte evolutivo en la que la selección artificial y los valores estéticos humanos se entrelazan. Sostiene que la práctica de hibridar plantas debería ser entendida como un medio legítimo del arte contemporáneo, especialmente en tanto que desafía las distinciones entre naturaleza y cultura, así como entre arte y ciencia. Su enfoque se distingue de otros artistas del bioarte (como Joe Davis o Marta de Menezes) por su minimalismo tecnológico y su énfasis en prácticas tradicionales pero resignificadas.

Joe Davis, por su parte, desarrolla desde los años ochenta una práctica pionera que integra codificación biológica y simbolismo cultural. En *Microvenus* (1986), inserta una runa germánica en el genoma de una bacteria, desestabilizando el monopolio epistémico de la ciencia sobre el significado del ADN. Peter Gerwin Hoffmann, con su instalación *KUNSTWESEN – Mikroben bei Kandinsky* (1987) (figura 3), cultiva microorganismos recogidos de la pintura *Parties Diverses* (1940), de Wassily Kandinsky, proponiendo una materialidad artística microbiana que redefine la noción de autoría. Este proyecto no solo desafía las nociones tradicionales de autoría y materialidad en el arte, sino que también plantea preguntas sobre la vida microbiana como medio artístico.

Dentro de la corriente biotemática, encontramos a Kevin Clarke, Nell Tenhaaf, Pam Skelton y Dennis Ashbaugh, quienes articulan discursos visuales y conceptuales sobre la biología sin intervenir organismos. Es conocido por su serie de *Retratos de ADN* en los que combina imágenes fotográficas con secuencias de ADN de los sujetos retratados, explorando así la relación entre



Figura 3

Peter Gerwin Hoffmann. *KUNSTWESEN – Mikroben bei Kandinsky*, 1987. Richard Kriesche, «Animal Art – Das Tier als Kunstträger und Kunstmittel», Estiria, otoño de 1987. Cortesía del autor.

la apariencia externa y la información genética subyacente. Tenhaaf es una artista canadiense reconocida por su trabajo en medios electrónicos y su enfoque crítico hacia las representaciones científicas de la biología y la tecnología. Su obra aborda temas como la biotecnología, la inteligencia artificial y las construcciones culturales de género, integrando elementos de la ciencia y la tecnología en instalaciones interactivas y esculturas. Pam Skelton (nacida en 1949) es una artista británica cuya obra se centra en la exploración de la identidad, la memoria y la geografía política. Utiliza diversos medios, incluyendo video, fotografía e instalación, para investigar las complejas relaciones entre la historia personal y colectiva, y cómo estas se inscriben en el paisaje y la arquitectura. Skelton ha abordado temas relacionados con conflictos históricos y contemporáneos, como el Holocausto y las tensiones en Europa del Este, utilizando estrategias curatoriales y tecnológicas para evocar la memoria y la percepción. Por su parte, Ashbaugh incorpora patrones genéticos en composiciones pictóricas, abordando la privacidad y la mutación. Su serie *Gene Stain Paintings* (1989-1990) utiliza patrones de marcadores genéticos para crear composiciones abstractas que exploran la estética de la biología. Ashbaugh también ha abordado temas como los virus informáticos y la privacidad genética en su obra, destacando la intersección entre la biología, la tecnología y la sociedad contemporánea.

Esta fase revela un campo en expansión, donde se multiplican las formas de interrogar la tecnociencia desde lo estético. Aunque aún dominadas por lógicas ilustrativas o metafóricas, muchas de estas prácticas abren el camino a una crítica más estructural del discurso biológico.

Esta fase representa un punto de inflexión en el desarrollo del bioarte, ya que se produce una transición desde la hegemonía del arte genético —centrado en la manipulación directa del ADN— hacia una pluralidad de prácticas que exploran múltiples dimensiones de lo biotecnológico. Este desplazamiento coincide con la consolidación del paradigma genómico y la proliferación de tecnologías emergentes que permiten intervenir en los sistemas vivos con mayor precisión, velocidad y complejidad.

El arte genético como subgénero hegemónico

Durante los primeros años de esta fase, el arte genético adquirió gran visibilidad en el ámbito artístico y mediático. Este subgénero se caracteriza por el uso de herramientas de ingeniería genética con fines estéticos y conceptuales, así como por la inclusión de material genético real en las obras. Uno de los exponentes más reconocidos de esta corriente es Eduardo Kac, cuya obra *GFP Bunny* (2000) consiste en la creación de un conejo transgénico que expresa una proteína fluorescente verde (GFP) obtenida de una medusa. Este proyecto, más allá de su dimensión biotecnológica, constituye una provocación ética y filosófica, al poner en cuestión los límites entre naturaleza y artificio, entre el sujeto y el objeto biológico, entre la vida como dato y la vida como forma de existencia relacional. Según Kac (2000), el objetivo de la obra no es la creación de un organismo espectacular, sino la apertura de un debate público sobre la manipulación genética y la instrumentalización de los seres vivos.

Joe Davis, aunque activo desde la fase anterior, consolida en este periodo una serie de investigaciones que profundizan en la inscripción simbólica en el código genético. Su obra amplía los límites del arte genético al incorporar elementos de la semiótica, la religión, la poesía y la antropología, configurando un archivo de

Tercera fase (1993-2001): del arte genético al bioarte biotecnológico

sentido dentro de los sistemas vivos. Davis transforma el genoma en un soporte de escritura que desafía los límites entre lo natural y lo cultural.

Marta de Menezes es una artista portuguesa cuya práctica se sitúa en la intersección entre el arte contemporáneo y las biociencias, consolidándose como una figura pionera del *bioarte*. Su trabajo explora las posibilidades estéticas y epistemológicas derivadas de la manipulación biológica, siendo una de las primeras artistas en utilizar organismos vivos modificados como medio artístico. Uno de sus proyectos más emblemáticos es *Nature?* (2000) (figura 4), desarrollado en colaboración con el Instituto Gulbenian de Ciencia, donde de Menezes intervino alas de mariposas durante su desarrollo larvario, produciendo alteraciones permanentes sin afectar la viabilidad del insecto. Esta obra plantea una reflexión sobre la naturaleza del arte, la autoría y los límites de la intervención humana en los sistemas vivos. A diferencia de prácticas científicas que tienden a la replicabilidad, Menezes abraza la unicidad biológica como elemento estético. La contribución significativa de su producción artística al debate teórico sobre el bioarte y la ética de la experimentación artística con organismos vivos la revalida como directora artística de Ectopia —un laboratorio de arte y ciencia en Lisboa— y cofundadora de Cultivamos Cultura, una plataforma de residencias y producción en arte y biotecnología.

***Hacia una biotecnología plural:
nuevos medios y lenguajes***

Con la expansión de las herramientas biotecnológicas y su progresiva democratización, el bioarte se diversifica. En 1996, Oron Catts e Ionat Zurr y bajo el nombre de The Tissue Culture & Art Project (TC&A) desarrollan sus primeros trabajos de investigación. Posteriormente

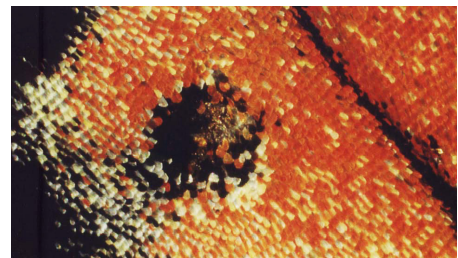


Figura 4
Marta de Menezes. *Nature?*, 2000.
Cortesía de la artista.

en el año 2000, con la fundación de *SymbioticA* en la University of Western Australia, se establece el primer laboratorio artístico de nivel 2 dedicado a la investigación artística sobre la vida, desde lo molecular hasta lo ecológico. Allí, los artistas Oron Catts e Ionat Zurr desarrollan una serie de proyectos centrados en la cultura de tejidos (*tissue culture*), con obras como *Semi-Living Worry Dolls* (2000), que consistían en figuras antropomorfas hechas de células vivas cultivadas en biorreactores. Otras, como *Victimless Leather* (2004) (figura 5) y *Semi-Living Worry Dolls* (2000), plantean preguntas fundamentales sobre la vida, la muerte, la instrumentalización de los cuerpos y la ética de la creación de entidades biológicas sin un marco evolutivo tradicional. Estas piezas no se limitan a representar la biotecnología, sino que la habitan desde dentro, generando fricciones conceptuales entre ciencia, arte y política (Catts y Zurr 2008).

Nuevas agendas teóricas y políticas

Durante esta etapa, se observa un desplazamiento del énfasis en la novedad tecnológica hacia un marco teórico más sofisticado, influido por los estudios de ciencia y tecnología (STS), la teoría feminista y la bioética crítica. Colectivos como Critical Art Ensemble (CAE) desarrollan intervenciones que utilizan organismos genéticamente modificados, bacterias o sensores biológicos con el objetivo de denunciar prácticas corporativas, gubernamentales y tecnocientíficas que restringen el acceso a la información genética o explotan la vida como recurso económico.

Estas prácticas introducen una dimensión de activismo epistémico en el bioarte, alejándolo del espectáculo mediático y acercándolo a una ética de la intervención y de la visibilidad política. El bioarte deja de ser un medio ilustrativo o provocador para convertirse en un espacio de fricción, donde las categorías de



Figura 5
The Tissue Culture & Art (Oron Catts & Ionat Zurr). *Victimless Leather- A Prototype of Stitch-less Jacket grown in a Technoscientific «Body»*, 2004.
Cortesía de los artistas.

sujeto, agencia, cuerpo y naturaleza son interrogadas y desestabilizadas (Hauser 2008; Zylinska 2009).

Hacia el arte biotecnológico

A partir de esta transformación, comienza a hablarse de arte biotecnológico en lugar de arte genético, enfatizando la heterogeneidad de medios, discursos y relaciones que estructuran las obras. El bioarte biotecnológico se caracteriza por su carácter relacional, procesual y transdisciplinar. Las obras ya no se limitan a producir organismos modificados, sino que generan entornos de pensamiento, plataformas de diálogo y dispositivos ético-estéticos que interpelan el conocimiento científico desde dentro.

Este tránsito implica una reconceptualización del arte como modo de producción de saber y del laboratorio como espacio de creación estética. En esta nueva configuración, los artistas actúan como investigadores que operan simultáneamente en los registros de la ciencia, la ética y la estética, proponiendo formas alternativas de habitar, comprender y coevolucionar con lo viviente.

La fase que se extiende desde inicios del siglo **xxi** hasta la actualidad marca la consolidación del bioarte como un campo autónomo y plural dentro del arte contemporáneo. En este periodo, el bioarte deja de ser una práctica marginal o experimental para adquirir legitimidad institucional, densidad teórica y una creciente presencia en el ámbito académico, museístico y mediático. Esta consolidación no implica una homogeneización de sus métodos o discursos, sino una expansión de su espectro epistemológico, técnico y geográfico.

Cuarta fase (2001-actualidad):
la consolidación del bioarte
como movimiento artístico

Institucionalización y reconocimiento transnacional

A partir de 2001, el bioarte comienza a ocupar un lugar estable en las bienales, centros de arte contemporáneo, laboratorios interdisciplinarios y revistas científicas. Eventos internacionales como Ars Electronica (Austria) —que crea la categoría *hybrid art* en 2007— o Transmediale (Alemania) incorporan obras bioartísticas con fuerte carga crítica y reflexiva. Centros como SymbioticA se consolidan como nodos de producción y reflexión sobre arte y biotecnología.

Este proceso de institucionalización permite una mayor visibilidad del bioarte, pero también lo sitúa en tensión con las lógicas de espectacularización y consumo del arte globalizado. No obstante, muchos artistas bioartísticos se mantienen en una posición crítica frente a la cooptación del discurso tecnocientífico, y utilizan esta visibilidad para generar espacios de resistencia simbólica, epistemológica y ética.

En el ámbito académico, proliferan tesis doctorales, artículos indexados y publicaciones monográficas sobre bioarte, como las de Hauser (2008), Reichle (2009), Zylinska (2009), Anker y Nelkin (2004), entre otras. Estas contribuciones teóricas han permitido articular una gramática conceptual propia del bioarte, que se nutre de la filosofía poshumanista, la teoría crítica de la tecnología y los estudios decoloniales.

Expansión de soportes, materiales y lenguajes

Durante esta fase, el bioarte supera el foco en el ADN o la biología molecular y se abre a una comprensión sistémica de la vida. Se incorporan nuevos soportes como bacterias, hongos, tejidos sintéticos, microbiotas, sensores biodigitales, impresiones 3D con biomateriales, organismos sintéticos e inteligencia artificial. Esta diversificación refleja un cambio de paradigma: del gen, como

unidad central de intervención, a una visión relacional, ecológica y afectiva de lo viviente. Entre las nuevas tipologías desarrolladas se encuentran:

- Arte microbiológico: Trabajos con biofilms, bacterias y microorganismos. Ejemplo emblemático: *Microvenus*, de Joe Davis.
- Biofabricación artística: Uso de impresión 3D con células o tejidos cultivados. Ejemplo: obras de Agnes Cameron o Amy Karle (figura 6).
- Arte posnatural: Revisión crítica de organismos intervenidos tecnológicamente y su agencia estética. Ejemplo: proyectos del Center for PostNatural History.

Estas prácticas tienden a desbordar las categorías tradicionales de arte, ciencia o tecnología, y se sitúan en zonas de indeterminación productiva donde se problematiza la vida no como hecho biológico, sino como construcción política, estética y ética.

Marco teórico poshumanista y crítica biopolítica

El pensamiento poshumanista ha influido de manera decisiva en el desarrollo contemporáneo del bioarte. Autores como Rosi Braidotti (2013), Luciana Parisi (2012), Catherine Waldby, Donna Haraway (1991) y Joanna Zylińska (2009) han aportado herramientas conceptuales para repensar la noción de sujeto, agencia, especie y cuerpo desde una perspectiva relacional, tecnocientífica y no antropocéntrica.

Estas influencias se manifiestan en obras que problematizan la centralidad del humano en las redes de producción de vida, y que abogan por una ética multi-especie, una estética de la interdependencia y una política de la vulnerabilidad. El bioarte se convierte así en un espacio de experimentación ontológica donde lo vivo no nos es dado de antemano, sino que resulta continuamente producido, mediado y disputado.



Figura 6

Amy Karle. *Regenerative reliquary*, 2016. <https://commons.wikimedia>.

El colectivo Critical Art Ensemble continúa siendo un referente en esta línea crítica, con obras que denuncian la biopiratería, el control corporativo sobre la genética, y las formas de necropolítica que operan sobre los cuerpos en nombre de la ciencia, el progreso o la seguridad (CAE 2005). Estas intervenciones articulan una crítica de las estructuras de poder que rigen la tecnociencia, pero también una propuesta para imaginar otros futuros posibles.

Bioarte global y perspectivas decoloniales

Otro aspecto fundamental de esta fase es la expansión geográfica del bioarte más allá de los centros euroamericanos. En América Latina, Asia, África y Europa del Este, emergen prácticas que incorporan enfoques interseccionales, ecológicos y decoloniales. Estas propuestas no solo emplean biotecnologías, sino

que las reconfiguran a partir de saberes ancestrales, contextos locales y epistemologías situadas.

En América Latina, artistas como Tania Candiani y Gilberto Esparza exploran las intersecciones entre biología, ecología urbana y cosmologías indígenas, proponiendo formas de cohabitación no extractivistas y afectivamente comprometidas. En Asia, el bioarte dialoga con la medicina tradicional, el budismo y los debates sobre el transhumanismo en clave local, como en los trabajos de Shiho Fukuhara y Georg Tremmel con plantas fluorescentes (*Biopresence*, 2004) o en *Common flowers/White Out*, donde el objetivo del proyecto es eliminar la modificación genética responsable del color azul (figura 7) y devolver la flor a su estado blanco original. Esta doble manipulación genética cuestiona los conceptos de cambio, naturaleza y manipulación, y busca un contramodelo de nuestro biofuturo compartido.

Estas prácticas subrayan que el bioarte no es un campo homogéneo ni unívoco, sino una constelación de respuestas situadas frente a las transformaciones tecnobiológicas del mundo contemporáneo. Desde esta perspectiva, el bioarte actúa como un archivo y una plataforma desde la cual imaginar futuros biopolíticos alternativos.

El bioarte ante el Antropoceno y la crisis ecosistémica

En los últimos años, el bioarte ha adoptado una orientación más explícitamente ecológica y especulativa, en respuesta a los desafíos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el Antropoceno. Esta reorientación ha dado lugar a una estética anticipatoria, donde la vida es pensada en clave futura, y donde se ensayan ficciones biológicas que cuestionan el presente.

Obras como *Future Flora*, de la artista Giulia Tomasello (figura 8) —una prenda que cultiva microbiota femenina



Figura 7

Georg Tremmel & Shiho Fukuhara. *Iter Nature: We Can – BCL. Common Flowers - Flower Commons*, 2009. Fotografía de Kristof Vrancken / Z33, durante una exposición sobre genética «Alter Nature: We Can» celebrada en Hasselt, Bélgica. <https://www.flickr.com/photos/z33be/5214588198/in/photostream/>.

como forma de salud íntima autogestionada—, o *The Substitute*, de Alexandra Daisy Ginsberg (figura 9) —una instalación que recrea digitalmente el último rinoceronte blanco del norte—, son ejemplos paradigmáticos de bioarte posnatural. Estas piezas no solo problematizan la extinción o el control del cuerpo, sino que activan una imaginación política sobre qué vidas importan, cómo cuidarlas y qué mundos queremos habitar.

En este sentido, el bioarte se convierte en un laboratorio estético de futuros posibles, un espacio de especulación crítica donde se cruzan saberes científicos, afectos multiespecie y éticas experimentales.

A lo largo de esta disertación se ha argumentado que el bioarte constituye mucho más que una tendencia estética pasajera o una mera aplicación artística de los avances en biotecnología. En su forma más rigurosa y crítica, el bioarte debe ser comprendido como una práctica epistemológica que reconfigura los marcos de inteligibilidad de lo viviente, los discursos tecnocientíficos que lo normativizan y los regímenes de representación que lo articulan.

Desde sus primeros antecedentes, a través de la hibridación de plantas realizada por Edward Steichen o de la iconografía genética de Salvador Dalí, hasta las actuales propuestas de bioarte especulativo y decolonial, esta práctica ha demostrado su capacidad para intervenir en las infraestructuras materiales, simbólicas y políticas que gobiernan la vida. Al subvertir la idea del gen como esencia, al plantear preguntas ontológicas sobre los seres semivivos o al denunciar las lógicas de apropiación del conocimiento biológico, el bioarte contemporáneo propone nuevos modos de percepción, de relación y de responsabilidad frente a los mundos vivos.



Figura 8

Giulia Tomasello. *FutureFlora*, 2019.

Cortesía de la artista.

Las cuatro fases aquí descritas no solo dan cuenta de una evolución técnica o cronológica, sino de un proceso de densificación crítica que ha llevado al bioarte desde la ilustración de la ciencia hacia su interpelación performativa. El tránsito desde el arte genético hacia el arte biotecnológico, y de ahí hacia una estética ecológica y especulativa, muestra cómo el bioarte se ha convertido en un campo de producción de conocimiento situado, afectivo y político.

En el contexto de la biotecnocultura contemporánea —marcada por la aceleración de la ingeniería genética, la crisis ecosistémica y la expansión del capitalismo genómico—, el bioarte ofrece una vía indispensable para imaginar, ensayar y disputar otros futuros biológicos. Así, no solo problematiza la vida manipulada, sino que la reinscribe como superficie ética, como archivo sensible y como territorio de cohabitación multiespecie.

En definitiva, el bioarte puede entenderse como una práctica que articula ciertas poéticas del cuidado, ciertas críticas al poder y ontologías alternativas de lo viviente, constituyéndose en una herramienta vital para pensar, sentir y transformar el presente desde una sensibilidad situada en la encrucijada entre ciencia, arte y política.



Figura 9

Alexandra Daisy Ginsberg. *El rinoceronte perdido*, 2022. Vista de la instalación en el Museo de Historia Natural de Londres. © The Trustees of the Natural History Museum, Londres.

Referencias bibliográficas

- ANKER, Suzanne, y Dorothy NELKIN. 2004. *The Molecular Gaze: Art in the Genetic Age*. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- BRAIDOTTI, Rosi. 2013. *The Posthuman*. Polity Press.
- CATTS, Oront, e Ionat ZURR. 2008. «The Ethics of Experiential Engagement with the Manipulation of Life». En *Sk-interfaces: Exploding Borders - Creating Membranes in Art, Technology and Society*, editado por Jens Hauser. Liverpool University Press.
- CRITICAL ART ENSEMBLE (CAE). 2005. *Marching Plague: Germ Warfare and Global Public Health*. Autonomedia.
- GESSERT, George. 2010. *Green Light: Toward an Art of Evolution*. MIT Press.
- HAUSER, Jens. 2008. «BioArt-Taxonomy of an Etymological Monster». En *Art in the Age of Technoscience: Genetic Engineering, Robotics, and Artificial Life in Contemporary Art*, editado por Ingeborg Reichle. Springer.
- HAUSER, Jens, y Marta de MENEZES. 2003. «Nature?». *Leonardo* 36 (1): 29-31.
- KAC, Eduardo. 2000. «GFP Bunny». En *Telepresence and Bio Art: Networking Humans, Rabbits & Robots*, editado por Eduardo Kac. University of Michigan Press.
- KELLER, Evelyn Fox. 2000. *The Century of the Gene*. Harvard University Press.
- LÓPEZ DEL RINCÓN, Daniel. 2015. *Bioarte. Arte y vida en la era biotecnológica*. Akal.
- PARISI, Luciana. 2012. *Contagious Architecture: Computation, Aesthetics, and Space*. MIT Press.
- REICHLE, Ingeborg. 2009. *Art in the Age of Technoscience: Genetic Engineering, Robotics, and Artificial Life in Contemporary Art*. Springer.
- WALDBY, Catherine. 2000. *The Visible Human Project: Informatic Bodies and Posthuman Medicine*. Routledge.
- ZYLINSKA, Joanna. 2009. *Bioethics in the Age of New Media*. MIT Press.

RETRATO DE NUESTRA IDENTIDAD GENÉTICA: ADN, CIENCIA E IMAGEN

Alicia García Martínez, Laura Durán Prieto y Laura Rodríguez Santos
Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG)
CSIC-Universidad de Salamanca

Las instrucciones que determinan la *construcción* de un organismo desde una única célula, y sus características identificativas (estatura, color de pelo, presencia de cola o escamas, grupo sanguíneo, ritmos metabólicos...) residen en el material genético, cuyo soporte físico lo constituye el ácido desoxirribonucleico o ADN.

La estructura del ADN es relativamente sencilla y se encuentra formada por la combinación de cuatro piezas distintas que se asocian formando largas cadenas: los *nucleótidos* de adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T). Dos cadenas sencillas se asocian a su vez gracias a la complementariedad existente entre los pares de nucleótidos, de manera que una A siempre se encuentra emparejada con una T, y una C con una G, generándose la conformación de *doble hélice* característica de esta biomolécula.

El orden de aparición de los nucleótidos en el ADN se denomina *secuencia genética*, y es esencial para determinar nuestra identidad biológica. Esto se debe a que la información que codifica el ADN se lee por tripletes o grupos consecutivos de tres nucleótidos, donde tan

importante son los nucleótidos que los conforman como el orden en el que se encuentran.

El conjunto completo del material genético de un organismo constituye su *genoma*. En él, se encuentran los genes, que son secuencias genéticas con capacidad para codificar la síntesis de proteínas. Además, el genoma contiene secuencias no codificantes, algunas con función reguladora, otras de función desconocida hasta la fecha.

Charles Darwin propuso en su *Origen de las especies* que pequeños cambios heredables en los organismos, que supusieran una ventaja adaptativa, se mantendrían gracias a la selección natural y podrían conducir a la aparición de nuevas especies. Hoy sabemos que esos cambios son las mutaciones, modificaciones en la secuencia del ADN, en aquellas células que constituyen el linaje reproductivo.

La obtención de la secuencia completa del genoma de un organismo es posible desde hace décadas gracias a la automatización de los métodos de *secuenciación*, que utilizan un compendio de técnicas bioquímicas, genéticas y de análisis computacional, y que han permitido identificar y almacenar las secuencias genómicas de miles de especies, y de distintos individuos de las mismas. Con esta ingente información es posible, no solamente caracterizar y catalogar a cada conjunto de seres vivos, sino establecer comparaciones entre ellos. A partir de estas comparaciones, podemos estimar el lugar que ocupa cada organismo en el *árbol de la vida*. De la misma manera, podemos comparar las secuencias de individuos de la misma especie e intentar encontrar aquellos elementos que podrían ser definitorios de la identidad de cada uno. Puede decirse que en nuestra secuencia genómica

El ADN, la molécula de la evolución

reside la información que revela nuestra genealogía y nos vincula con el resto de los seres vivos, al mismo tiempo que contiene los rasgos que nos hacen individuos únicos e irrepetibles.

El genoma humano está constituido por 3200 millones de nucleótidos organizados en 23 pares de cromosomas. Cada persona recibe la mitad de su material genético de cada progenitor en una combinación única, que, a su vez, transferirá a sus descendientes. A pesar de esto, dos individuos no emparentados comparten el 99,9 % de su genoma, y solo difieren en un 0,1 % donde, necesariamente, se encuentran las diferencias que los individualizan.

Las regiones del genoma cuya secuencia varía entre individuos se denominan *polimorfismos* y se presentan en multitud de formatos, que abarcan desde cambios de un único nucleótido hasta modificaciones más grandes, tanto en regiones codificantes como en no codificantes. Cada polimorfismo está representado en el genoma por dos variantes o *alelos*, heredados de cada progenitor (figura 1).

Cómo representamos las biomoléculas

En un universo donde la mayoría de los procesos esenciales para la vida ocurren a una escala inalcanzable para nuestros sentidos, la representación visual se convierte en una herramienta indispensable. La biología molecular, quizás más que cualquier otra disciplina, ha aprendido a imaginar lo que sucede a nivel atómico para construir significados. Desde los primeros dibujos rudimentarios de estructuras celulares hasta los modelos tridimensionales más complejos de proteínas y ácidos nucleicos, las imágenes no son una simple traducción de datos, sino que son la clave para su interpretación, comprensión y comunicación.

**Representar lo invisible:
la imagen como herramienta
de conocimiento**

Uno de los hitos más emblemáticos en esta historia visual por todos conocido es el modelo de doble hélice del ADN (Watson y Crick 1953). En 1952, Rosalind Franklin, una científica británica experta en técnicas de difracción de rayos X, capturó una imagen que cambiaría para siempre la historia de la ciencia: la Fotografía 51 (figura 2). Esta imagen no era una fotografía convencional. No mostraba un objeto como lo haría una cámara normal, sino que era el patrón de dispersión que los rayos X formaban al atravesar una fibra de ADN. Interpretar esta fotografía no fue sencillo, pues solo se veía una especie de X simétrica, rodeada de una serie de bandas. Para un ojo experto, este patrón era una pista fundamental: la forma en X indicaba que el ADN tenía una estructura helicoidal, es decir, que estaba enrollado en espiral. Además, la separación de las bandas proporcionaba información sobre la distancia entre los giros de la hélice y sobre la repetición regular de su estructura.

Basándose en datos como estos (y en otros obtenidos por Franklin y otros investigadores de la época), James Watson y Francis Crick propusieron en 1953 el modelo de doble hélice del ADN. Fue una síntesis de la información experimental disponible y de la intuición que pudo contarse gracias al poder de la imagen. Es importante recordar que este modelo no es una «fotografía» del ADN tal como lo veríamos si pudiéramos observarlo directamente. Es una representación, una abstracción que condensa en una imagen visual los datos inferidos a partir de patrones como el de la Fotografía 51 y otros análisis bioquímicos (figura 2). La doble hélice que hoy vemos en los libros de texto —con su estructura elegante, sus giros regulares y su simplicidad aparente— es el resultado de integrar múltiples tipos de datos experimentales en una forma visual que nuestra mente puede comprender.



Figura 1
Colectivo PicnesLab: Idoia Ortega Rodríguez, Elena Pou Merina, y Silvia López Rebollo. *D, N, A.*, 2024.

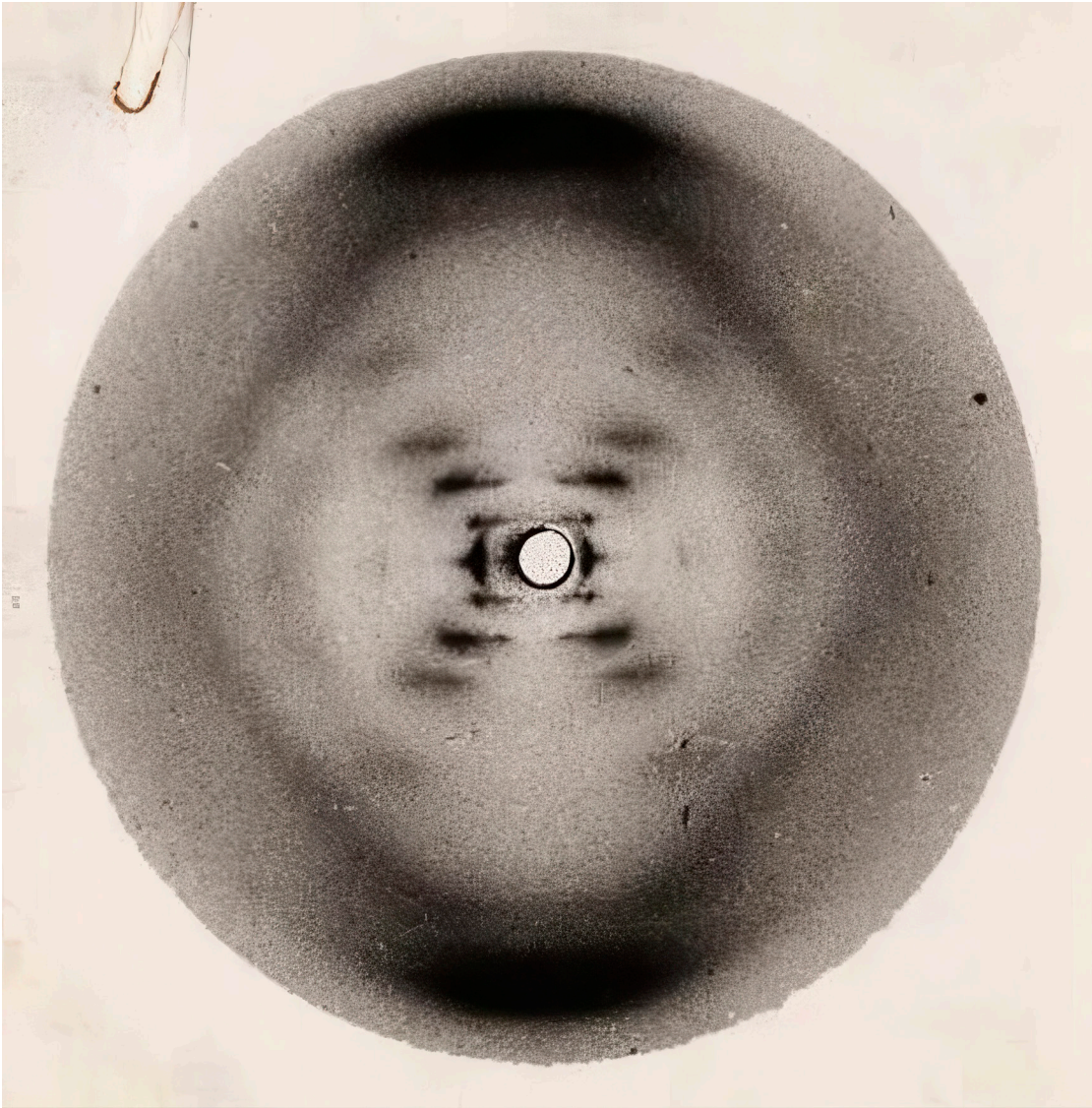


Figura 2

Rosalind Franklin y Raymond Gosling. *Fotografía 51*, 1952. Imagen obtenida mediante difracción de rayos X de una fibra de ADN. Capturada por Rosalind Franklin en 1952, muestra un patrón en forma de X característico de una hélice. Esta técnica consiste en bombardear cristales o fibras con rayos X para analizar cómo se dispersan, lo que permite deducir la estructura tridimensional de las moléculas. Esta imagen fue clave para comprender que el ADN tiene forma de doble hélice. Cortesía del laboratorio King's College de Londres. Cortesía del laboratorio King's College de Londres.

De manera similar, las proteínas, esos grandes polímeros que llevan a cabo funciones tan diversas como catalizar reacciones, transportar moléculas o formar estructuras celulares, han encontrado en las representaciones visuales una forma de hacer tangible su complejidad. La estructura tridimensional de las proteínas determina su función, y comprenderla es esencial para entender procesos biológicos y diseñar intervenciones terapéuticas. Modelos como el de la mioglobina, la primera proteína cuya estructura fue resuelta mediante cristalografía de rayos X en los años cincuenta, nos permiten explorar esta complejidad a través de un lenguaje visual accesible (figura 3). En estas representaciones:

- Las cintas de colores delinean el recorrido de la cadena de aminoácidos que forma la proteína, destacando elementos estructurales como hélices alfa y láminas beta.
- Las esferas representan átomos individuales, cada uno codificado por un color específico (carbono en gris, oxígeno en rojo, nitrógeno en azul, azufre en amarillo), proporcionando información adicional sobre la composición química de la molécula.

La necesidad de representar lo invisible se amplifica cuando nos enfrentamos a ensamblajes moleculares de gran tamaño y complejidad, como los ribosomas, los virus o los grandes complejos enzimáticos. Hoy en día, podemos observar, casi como si los tuviéramos ante nuestros ojos, cómo las subunidades del ribosoma encajan como piezas de un engranaje molecular, o cómo los virus empaquetan su genoma dentro de cápsides exquisitamente organizadas.

Cada representación visual de estos complejos moleculares es el resultado de un proceso de reconstrucción

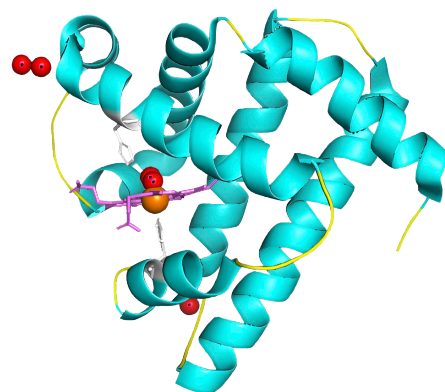


Figura 3

Representación de la estructura molecular de la proteína Mioglobina con PyMOL (DeLano 2002), 2025. Elaboración propia.

y modelado que combina datos experimentales con inferencias estructurales. No son «fotografías» directas, sino interpretaciones visuales rigurosamente fundamentadas, que permiten acceder a niveles de organización que de otro modo permanecerían inaccesibles.

Cómo representamos la secuencia de ADN

La secuenciación de ADN ha revolucionado la biología molecular y la genética, permitiendo un acceso sin precedentes a la información genética de organismos de todo tipo. Sin embargo, la cantidad y complejidad de los datos generados desde las primeras técnicas de secuenciación, en las que se secuenciaban pequeños fragmentos de ADN, hasta las técnicas de secuenciación masiva, que han posibilitado secuenciar genomas completos, plantean un desafío importante: ¿cómo interpretar y comunicar esta información de manera efectiva?

Es aquí donde la representación visual se vuelve esencial. Las formas y los colores se tornan aliados de la ciencia. Los gráficos, mapas genómicos y otras formas de visualización no son simples adornos en las publicaciones científicas, sino herramientas fundamentales para comprender la realidad biológica y comunicar hallazgos de forma clara.

La secuenciación Sanger, desarrollada por Frederick Sanger en 1977, fue una de las primeras técnicas para determinar la secuencia de nucleótidos en el ADN (Sanger *et al.* 1977; Smith *et al.* 1986). Este método marcó un hito en la biología molecular, permitiendo la lectura precisa del código genético. A lo largo de las décadas de 1980 y 1990, la secuenciación Sanger fue la técnica estándar gracias a la cual se llegó a secuenciar el 92 % de nuestro genoma en el famoso Proyecto Genoma Humano, completado en 2003 (Lander *et al.* 2001; Venter *et al.* 2001).

Si bien la secuenciación Sanger fue un avance revolucionario, tenía limitaciones en cuanto a su aplicación a gran escala, ya que solo permite la secuenciación de un solo fragmento de ADN a la vez. A pesar de ello, sigue siendo utilizada como método de validación de variantes, en estudios de genes específicos y en laboratorios clínicos debido a su alta precisión.

Los datos generados a partir del método de Sanger, tradicionalmente se representan mediante electroferogramas (figura 4), gráficos esenciales para interpretar los resultados de la secuenciación. En un electroferograma, el eje horizontal representa la posición en la secuencia de ADN, mientras que el eje vertical indica la intensidad de la señal detectada para cada nucleótido. Cada uno de los cuatro nucleótidos (A, T, C, G) se asocia a un color distinto. Por ejemplo, verde para A, rojo para T, azul para C y negro para G. Las señales aparecen como picos, y la secuencia final se determina leyendo la sucesión de picos de izquierda a derecha. Esta visualización permite detectar no solo la identidad de cada base, sino también la calidad de la secuenciación. Picos bien definidos y separados indican una lectura fiable, mientras que picos solapados o débiles indican regiones donde la lectura ha sido problemática por alguna razón.

La dificultad del método Sanger para su aplicación a nivel genómico impulsó el desarrollo de las técnicas de secuenciación masiva, también conocidas como *next generation sequencing* (NGS), que transformaron por completo el panorama de los estudios del genoma a partir de mediados de la primera década del siglo xxi. Estas tecnologías permiten secuenciar millones de fragmentos de ADN simultáneamente, generando volúmenes de datos impenables en la era Sanger. Plataformas como Illumina, Ion Torrent o las tecnologías de tercera generación, como PacBio y Oxford Nanopore, ofrecen distintas estrategias

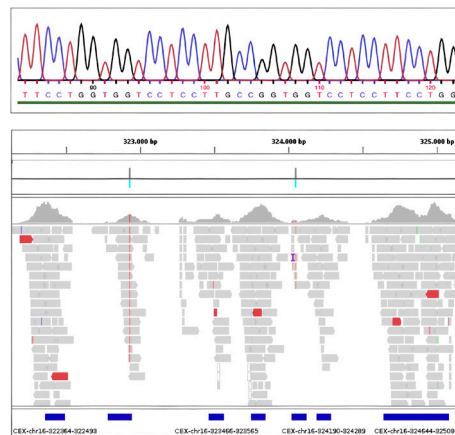


Figura 4

Visualización del ADN en el navegador genómico IGV (Integrated Genome Viewer) (Thorvaldsdóttir et al. 2013), 2025. Panel superior: fragmento de un electroferograma utilizado para representar los datos de secuenciación automática generados en la práctica con alumnos y profesores de Bellas Artes. Panel inferior: imagen de un navegador genómico en el que se visualiza un fragmento del cromosoma 16 humano. Elaboración propia.

para leer el ADN, pero todas buscan aumentar la velocidad, mejorar la calidad de las lecturas y reducir el coste.

La interpretación de estos datos masivos requiere herramientas computacionales avanzadas y, sobre todo, representaciones visuales efectivas. A diferencia de la secuenciación Sanger, donde se leen regiones pequeñas del genoma, las tecnologías NGS permiten leer genomas completos, generando una gran cantidad de información que debe ser organizada, alineada y comparada para descifrar su significado biológico. La visualización en este contexto permite generar nuevo conocimiento sobre el funcionamiento de los genomas y comunicar los resultados a través de figuras claras y comprensibles, esenciales tanto en publicaciones científicas como en contextos clínicos.

Debido al volumen y complejidad de los datos generados por la secuenciación masiva, se necesitan herramientas que permitan organizar y explorar esa información de manera intuitiva. Los navegadores genómicos cumplen esta función, actuando como plataformas interactivas que permiten visualizar, comparar e interpretar datos genómicos alineados a un genoma de referencia. Además, los navegadores permiten visualizar desde cromosomas completos hasta un solo nucleótido, facilitando la navegación a través de enormes cantidades de datos. En estos navegadores, la información se presenta en forma de pistas (*tracks*) superpuestas sobre una representación lineal del genoma (figura 4). Cada pista puede contener diferentes tipos de información:

- Lecturas alineadas (*reads*): pequeños fragmentos de ADN secuenciados que se encuentran su correspondencia en un genoma de referencia. Se visualizan como barras horizontales apiladas y coloreadas, permitiendo ver las lecturas de manera independiente.

- Mapa de cobertura: un gráfico de líneas o barras que muestra cuántas veces una región ha sido secuenciada. Ayuda a identificar regiones con buena representación o con problemas de secuenciación.
- Variantes del genoma secuenciado respecto al genoma de referencia: marcadores que indican la presencia de SNP (polimorfismos de un solo nucleótido), *indels* (inserciones y deleciones de pequeño tamaño), o variantes estructurales (cambios que ocupan más de 50 nucleótidos). Estas se pueden resaltar con colores o etiquetas, y al hacer clic sobre ellas, se despliega información detallada.
- Genes anotados: se muestran como bloques (exones) conectados por líneas (intrones), lo que permite ubicar fácilmente la posición relativa de las lecturas secuenciadas respecto a regiones codificantes o reguladoras.

Gracias al uso de un lenguaje universal para la especie humana, la imagen, podemos transformar una mirada de datos ininteligibles en información comprensible. Evidentemente, se trata de una transformación, una adaptación de los datos que, sin ser real, nos acerca de una forma asombrosa a la realidad biológica contenida en la secuencia de ADN. Los navegadores genómicos nos permiten, de alguna manera, ver el genoma, y así leer los secretos escritos en el interior de cada una de nuestras células.

El diálogo establecido entre científicos y creadores plásticos, al amparo del proyecto «La condición humana desde el arte y la genética», nos llevó a proponer una experiencia práctica en la que cada participante obtuvo la secuencia de una región polimórfica de su propio genoma, el locus D1S80, localizado en el cromosoma 1.

**La condición humana
desde una perspectiva genética:
una experiencia en el laboratorio
de biología molecular**

El locus D1S80 no se encuentra en un gen codificante, pero sí es un marcador genético muy utilizado para identificar individuos. Se compone de un número variable de repeticiones en tándem (VNTR) de una secuencia de 16 nucleótidos. El número de copias de esta secuencia varía entre 14 y 41, lo que supone que el tamaño de estos alelos pueda oscilar desde más de 200 hasta casi 700 nucleótidos. En poblaciones con alta variabilidad alélica en este locus, la probabilidad de que dos personas compartan uno de los dos alelos, es inferior al 0,01 %.

Pretendíamos que los artistas se acercasen a la comprensión de la herencia y de su propia individualidad determinada por su secuencia genética:

1. Identificando las diferencias existentes entre los dos alelos de cada individuo (herencia materna y paterna).
2. Identificando las diferencias entre los alelos propios y los de los compañeros (variabilidad entre individuos e identidad genética).

Procedimiento experimental

El procedimiento experimental se desarrolló en el laboratorio de posgrado del Instituto de Biología Funcional y Genómica, en dos sesiones independientes, de unas ocho horas de duración. Participaron 70 personas, entre artistas independientes y alumnos y profesores de las facultades de Bellas Artes de la Universidad de Salamanca y de la Universidad Complutense de Madrid.

El ADN necesario para llevar a cabo la secuenciación se obtuvo a partir de muestras de células epiteliales obtenidas de la mucosa bucal. El protocolo de extracción incluía el uso de una solución con un detergente que facilitaba la rotura celular seguido de la precipitación de los ácidos nucleicos usando sal y alcohol.

Locus humano D1S80 (en cromosoma 1)

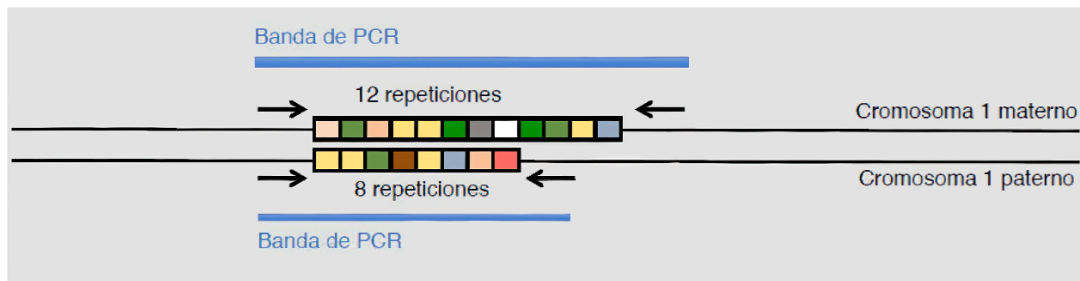
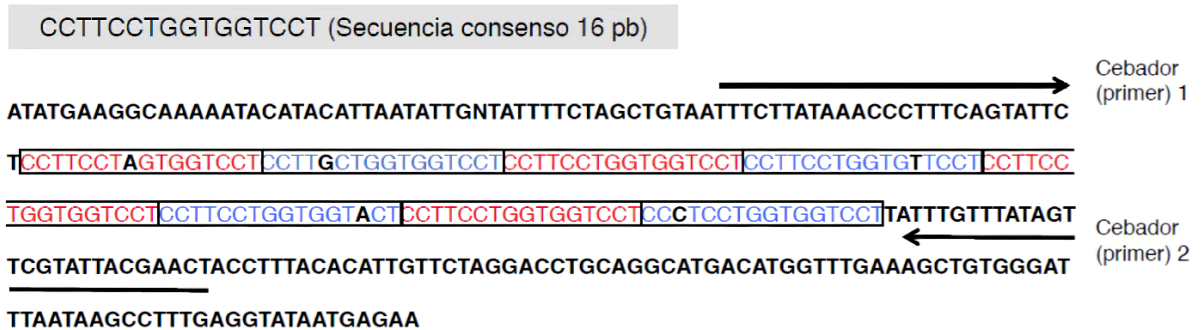


Figura 5

Amplificación por PCR del polimorfismo D1S80, 2025. En la técnica de PCR, el fragmento de ADN que se quiere copiar se llama *diana*. Para amplificarlo, se utilizan pequeños fragmentos de ADN sintéticos llamados *cebadores* o *primers*. Se diseñan dos cebadores, de entre 20 y 45 nucleótidos, que se unen específicamente a los extremos del segmento que se desea replicar. Cada uno se acopla a una de las dos cadenas de ADN y actúa como punto de partida para la copia. Así se genera una banda de ADN cuyo tamaño dependerá del número de repeticiones del fragmento amplificado. Elaboración propia.

El ADN obtenido se utilizó como molde para la amplificación del locus D1S80 mediante la reacción en cadena de la polimerasa o PCR, usando cebadores específicos. El material amplificado se separó en función de su carga y tamaño mediante una electroforesis en gel de agarosa (figura 5). La resolución de los geles utilizados en el procedimiento permitía resolver la presencia de los dos alelos de cada individuo, siempre que se diferenciasen en al menos 10 nucleótidos. Utilizando una lámpara de luz UV, las bandas visibles en los geles se cortaron con la ayuda de un bisturí y se purificaron, separándose el ADN correspondiente al locus de interés, del resto de los componentes de la PCR y del gel (figura 6).

Las muestras purificadas se secuenciaron mediante secuenciación automática de Sanger, obteniéndose los archivos con las secuencias correspondientes días después. Con ellas, elaboramos un informe personalizado para cada uno de los participantes.

Diálogo interdisciplinar

El objetivo de la experiencia práctica propuesta, junto con las conferencias impartidas por el doctor Francisco Antequera, era el de generar un diálogo interdisciplinar que sirviese de punto de partida para la creación artística, culminada en el proyecto expositivo «La especie inesperada».

En el transcurso de esta colaboración, observamos una diferencia fundamental en el modo de aproximarnos al laboratorio: para el personal científico, las técnicas y métodos, y los materiales y reactivos que en ellos se emplean suelen entenderse como herramientas al servicio de una hipótesis o un resultado, mientras que para quienes crean representan una experiencia visual, táctil o simbólica. Prestan atención a las texturas, a los

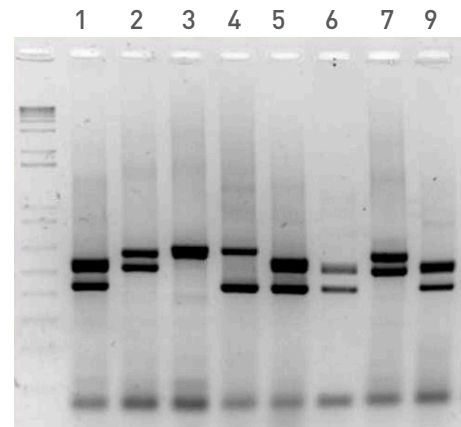


Figura 6

Análisis de PCR de diferentes individuos para el estudio del polimorfismo D1S80, 2025. Para visualizar los fragmentos de ADN obtenidos mediante PCR, se utiliza un gel de agarosa al 2,5 % teñido. La muestra marcada como *M* corresponde al marcador de peso molecular, que sirve como referencia para estimar el tamaño de los fragmentos. En los pocillos 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8 se observan los productos de PCR de individuos heterocigotos para el locus D1S80, lo que significa que tienen un número distinto de repeticiones en cada cromosoma, generando así dos bandas distintas en el gel. En cambio, el pocillo 3 se observa el producto de PCR de un individuo homocigoto, con el mismo número de repeticiones en ambos cromosomas, por lo que aparece una única banda. Elaboración propia.

colores, a la fragilidad de los soportes y a la estética implícita de los procedimientos. En ambos casos, medios para un fin, aunque fines distintos.

Resulta sorprendente y estimulante reconocer que arte y ciencia transitan por un territorio compartido: la necesidad de la imagen como forma de mediación. Para quienes trabajamos en ciencia, especialmente en campos del conocimiento como la biología molecular y la genómica, las imágenes no solo convierten en visibles procesos invisibles, sino que, además, nos ayudan a entender, interpretar y explicar realidades abstractas. Para quienes se dedican al arte, sin embargo, la imagen puede contener y vehicular una emoción o una intuición difícil de expresar con palabras. Así, desde perspectivas distintas, ambos campos se apoyan en lo visual para comunicar ideas y traducir lo intangible en un lenguaje comprensible.

Referencias bibliográficas

- DELANO, Warren Lyford. 2002. *The PyMOL Molecular Graphics System*. DeLano Scientific, San Carlos.
- INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM. 2001. «Initial Sequencing and Analysis of the Human Genoma». *Nature* 409, n.º 6822: 860-921. <https://doi.org/10.1038/35057062>. Fe de erratas en: *Nature*, 412(6846): 565. Fe de erratas en: *Nature*, 411(6838): 720. Szustakowski, J [corregido por Szustakowski, J]. PMID: 11237011.
- SANGER, Frederick, Sloan NICKLEN y Alan R. COULSON. 1977. «DNA Sequencing with Chain-Terminating Inhibitors». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 74, n.º 12: 5463-5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>. PMID: 271968; PMCID: PMC431765.
- SMITH, Lloyd M., Jane Z. SANDERS, Robert J. KAISER, Peter HUGHES, Chris DODD, Charles R. CONNELL, Cheryl HEINER, Stephen B. H. KENT y Leroy E. HOOD. 1986. «Fluorescence Detection in Automated DNA Sequence Analysis». *Nature* 321, n.º 6071: 674-679. <https://doi.org/10.1038/321674a0>. PMID: 3713851.
- THORVALDSDÓTTIR, Helga, James T. ROBINSON y Jill P. MESIROV. 2013. «Integrative Genomics Viewer (IGV): High-Performance Genomics Data Visualization and Exploration». *Brief Bioinform* 14, n.º 2: 178-192. <https://doi.org/10.1093/bib/bbs017>. Epub PMID: 22517427; PMCID: PMC3603213.
- VENTER, J. Craig, Mark D. ADAMS, Eugene W. MYERS, Peter W. LI, Richard J. MURAL, Granger G. SUTTON, Hamilton O. SMITH, Mark YANDELL, Cheryl A. EVANS, Robert A. HOLT, Jeannine D. GOCAYNE, Peter AMANATIDES, Richard M. BALLEW, Daniel H. HUSON, Jennifer Russo WORTMAN, Qing ZHANG, Chinnappa D. KODIRA, Xiangqun H. ZHENG, Lin CHEN..., Xiaohong ZHU. 2001. «The Sequence of the Human Genome». *Science* 291, n.º 5507: 1304-1351. <https://doi.org/10.1126/science.1058040>. Erratum in: *Science*, 292(5523): 1838. PMID: 11181995.
- WATSON, James Dewey, y Francis Harry Compton CRICK. 1953. «Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid». *Nature* 171, n.º 4356: 737-738. <https://doi.org/10.1038/171737a0>. PMID: 13054692.

LA INTERPRETACIÓN DEL GENOMA Y LA EVOLUCIÓN HUMANA DESDE EL ARTE

EL CÓDIGO DE LA VIDA: LA MOLÉCULA DE ADN

Uno de los fenómenos naturales más enigmáticos para la humanidad a lo largo de la historia ha sido la perpetuación de las especies a través de las generaciones. La infinidad de explicaciones durante milenios a esa continuidad misteriosa no podía sustentarse más que en la imaginación y la fantasía porque el mecanismo de la herencia opera a nivel molecular y ha sido inaccesible al estudio hasta muy recientemente, en términos históricos. Hubo que esperar a la primera mitad del siglo xx para observar que el ácido desoxirribonucleico (el ADN) era capaz de transferir algunas características de unas células a otras. Ese descubrimiento fundamental reveló que el ADN podría ser el vehículo de la herencia dado que contenía información que las células eran capaces de descodificar para construir sus propias estructuras.

En 1953, James Watson, Francis Crick y Rosalind Franklin propusieron que la molécula de ADN estaba formada por dos hélices complementarias. Esta estructura proponía que, al separarse las dos cadenas durante la división de las células, cada una de ellas podría actuar como molde para la síntesis de una nueva cadena complementaria, de manera que cada célula hija heredase una copia de la doble hélice del ADN idéntica a la de la célula progenitora. Esa posibilidad demostró ser correcta y, precisamente, la capacidad de las moléculas de ADN para hacer copias de ellas mismas y perpetuarse en el tiempo es el mecanismo físico que explica la herencia y la continuidad de las especies a lo largo de las generaciones.

Las obras incluidas en esta sección se inspiran en las características de las moléculas de ADN y traducen a su propio lenguaje plástico la estructura del mismo (como las obras de Dusan Vrga Tasic y Francisco Sánchez Rico), la diversidad de su secuencia (en las obras de Vanessa Gallardo y de Manuel Sesma), la tecnología actual para la secuenciación de genomas (en la obra de Pablo Álvarez Couso), y los complejos de ADN y proteínas que forman los cromosomas (representados en las obras de Clara Lurueña Miguel y Aquilino González Barrio).

DUSAN VRGA TASIC

El análisis de la secuencia de miles de genomas humanos en los últimos años ha revelado que las diferencias entre ellos representan aproximadamente el 0,5 % del total de la secuencia. En otras palabras, los humanos somos genéticamente idénticos en un 99,5 %. Por otra parte, más de la mitad de nuestro ADN está formado por bloques de secuencia que pueden llegar a repetirse miles o millones de veces en diferentes regiones del genoma y que, a su vez, presentan pequeñas diferencias entre cada bloque.

La obra de este artista reflexiona sobre las pequeñas variaciones individuales de nuestro genoma, lo que determina que seamos genéticamente únicos. Además, a lo largo de los años se generan muchas otras características físicas únicas, que no están determinadas genéticamente, y que son debidas al modo de vida de cada uno. Los símbolos utilizados en la obra invocan la secuencia del ADN de forma estilizada y simplificada en la que una unidad repetida se convierte en símbolo gráfico, aunque con variaciones de forma y color, como metáfora de la individualidad genética de cada uno de nosotros.

Iguals pero diferentes, 2024

Técnica mixta sobre tela: dibujo, pintura, fotografía, serigrafía, emulsión fotosensible y acrílico. Político montado sobre tabla. 124 x 124 cm.



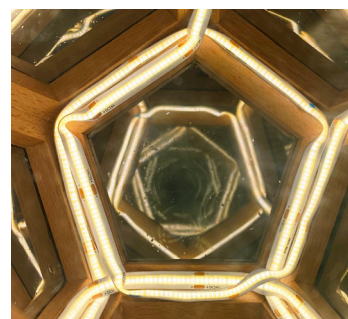
FRANCISCO SÁNCHEZ RICO

Además del fosfato, que hace que la molécula de ADN se comporte como un ácido, sus otros componentes químicos son el azúcar desoxirribosa y las cuatro bases nitrogenadas adenina, citosina, timina y guanina unidas a ella. La estructura de estos dos tipos de moléculas suele representarse en los libros de texto en dos dimensiones como pentágonos y hexágonos en los que cada vértice está ocupado por un átomo de carbono o nitrógeno.

En esta obra, el autor ha condensado la unión química de esos componentes en el ADN en una representación poliédrica tridimensional. En ella, la estructura bioquímica se ha reinterpretado visualmente con la libertad expresiva propia del arte para concretarse como un dodecaedro, una forma que integra y sintetiza la estructura del ADN y que, además, sugiere la enorme longitud de las moléculas de ADN mediante el eco especular repetido de los reflejos luminosos en su interior.

Lo cuántico y lo macro, 2024

Madera tallada de haya y sabina,
cristal espía y led en blanco cálido.
65 × 40 × 35 cm.





VANESSA GALLARDO

La obra de esta autora consiste en una instalación tridimensional de cilindros que encapsulan la traducción de la secuencia de ADN a un código abstracto en lo que podría sugerir un tubo de ensayo abierto que invita a acercarse e indagar en el misterio de su interior. Al hacerlo, el espectador descubrirá una composición solo aparentemente sencilla y minimalista. Su complejidad se manifiesta en el patrón aleatorio de los fantasmas electrográficos que dejan las huellas de la fotocopidora en forma escrituras xerográficas y que constituyen una gramática de dibujos y trazos encriptados en blanco y negro, como metáfora del código genético.

La obra reflexiona sobre la complejidad de la información codificada en ADN y el azar que la ha generado durante la evolución. Esa aleatoriedad es el sustrato sobre el que la selección natural ha actuado y sigue actuando desde el principio de la vida hasta conformar la biosfera que conocemos.

Múltiple / Primario, 2024

Metacrilato, electrografía y textil encerado.

Medidas variables.



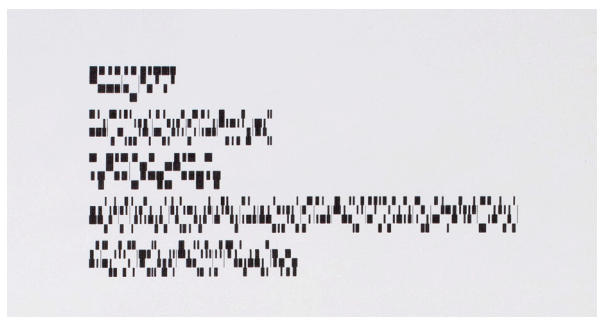


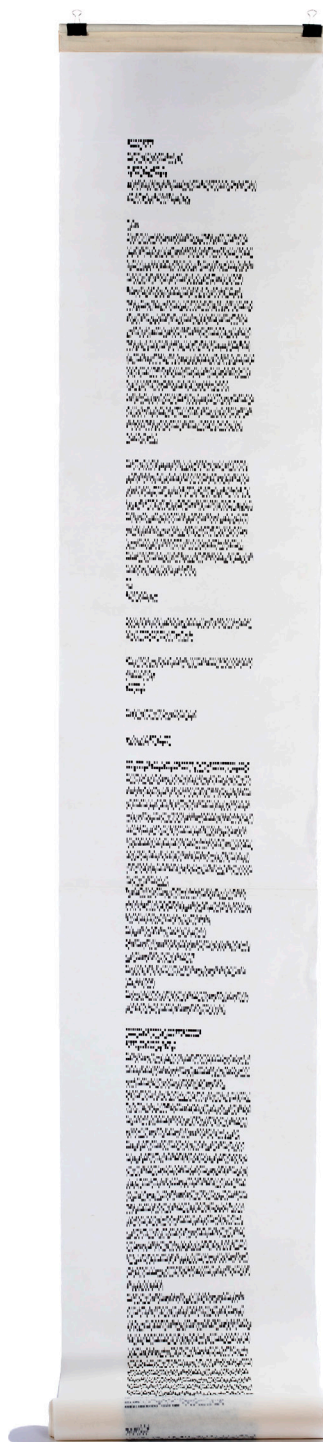
MANUEL SESMA PRIETO

Esta propuesta explora nuevas formas de expresión a través del diseño y conceptualización de códigos científicos complejos mediante la tipografía y la materialidad. Al fusionar elementos de la física, la biología y el diseño, su objetivo es crear una pieza que trascienda las fronteras entre disciplinas, invitando así a un diálogo sobre la intrincada interconexión de los diversos ámbitos del conocimiento humano.

El elemento principal que articula el proyecto es una tipografía digital, creada *ex profeso*, que toma como referencia gráfica las señales que dejan los cuatro nucleótidos que integran el ADN en un gel de secuenciación manual, previo a las técnicas actuales de secuenciación automática. De la misma manera que las mutaciones genéticas son debidas a alteraciones en el orden de esos cuatro nucleótidos, la variabilidad en los códigos tipográficos se produce por mutaciones de orden principalmente cultural, por lo que podemos establecer un nuevo paralelismo entre ciencia y diseño o, lo que es lo mismo, genética y tipografía. De la misma manera que las secuencias genéticas son ilegibles para un desconocedor de ese sistema de codificación, nuestra tipografía es ilegible a los ojos de quien ignore a qué caracteres corresponde cada uno de los glifos diseñados, si bien es perfectamente trasladable a caracteres tipográficos convencionales.

Genoma tipográfico, 2024
Papel de arroz (Wenzhou)
de 30 g/m² sobre varillas de
madera, impreso en plóter
monocromo.
35 × 830 cm (completamente
desplegado).



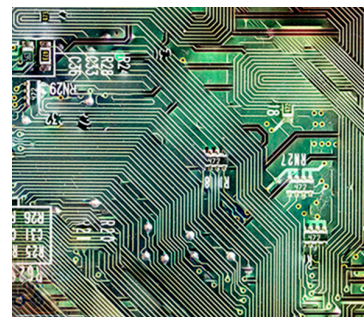
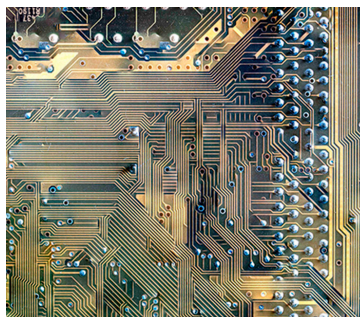


PABLO ÁLVAREZ COUSO

La secuenciación del genoma humano y de miles de otros organismos ha revolucionado todos los ámbitos de la biología en los últimos 20 años. Esta información nos está permitiendo tener un conocimiento más profundo de la diversidad biológica y de su evolución, que se había basado hasta entonces principalmente de criterios morfológicos, a falta de la información genética responsable del desarrollo de los organismos. Por otra parte, la secuenciación sistemática del genoma de enfermos con diferentes patologías está facilitando el diagnóstico de muchas enfermedades y abre la posibilidad de desarrollar terapias más personalizadas para cada paciente.

Este avance sin precedentes en el desarrollo de la genética ha sido posible gracias al desarrollo de plataformas de secuenciación masiva, de algoritmos informáticos y de bases de datos capaces de generar, almacenar y compartir a través de Internet una enorme cantidad de información en forma de secuencias de ADN. En forma de *collage* digital, esta obra evoca la complejidad e interdependencia entre los diferentes ámbitos de la tecnología sobre la que se sustenta actualmente el campo de la genómica.

High Performance Computing 18, 2024
Impresión por sublimación sobre panel ChromaLuxe de aluminio brillo y enmarcado flotante.
120 × 107 cm.





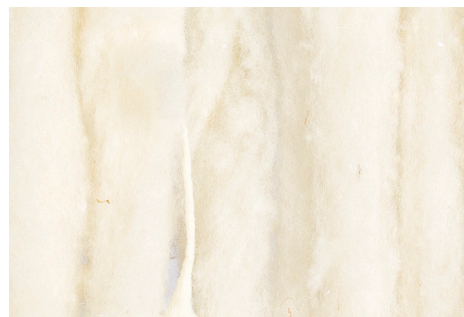
CLARA LURUEÑA MIGUEL

La artista ha construido una metáfora visual del genoma con madera y lana. La lana, una vez esquilada, lavada y peinada, se convierte en varios mechones de fibras aisladas. Aplicando sobre ellas una torsión, agua caliente y jabón, se transforman en un tejido que, al enredarse, resulta sólido y dúctil. Trabajando con este material, la artista lo ha convertido en una serie de fibras de dos metros de longitud, condensadas y enredadas sobre sí mismas, que es similar a la longitud total de la molécula de ADN en cada célula humana.

La obra está compuesta por 10 fibras comprimidas de lana que atraviesan una ventana de madera de encina. Esta abertura actúa como una lente para enmarcar y llamar la atención del espectador sobre regiones que evocan la descompresión que sufren las regiones activas del genoma cuando expresan la información que contienen en un proceso denominado *transcripción* o *expresión génica*.

Locus humano, 2024

Madera de encina, lana y nailon.
35 × 200 cm.





AQUILINO GONZÁLEZ BARRIO

El genoma humano está organizado en 46 cromosomas. Durante la fecundación, el óvulo aporta 22 autosomas más un cromosoma X, mientras que el espermatozoide aporta otros 22 autosomas más un cromosoma X o uno Y. De esa manera, cada uno de nosotros tiene en cada célula 22 pares de autosomas más un par de cromosomas sexuales, que puede ser XX (mujer) o XY (hombre). Este mecanismo garantiza que la frecuencia de cada sexo en la población sea aproximadamente del 50 %.

Esta instalación representa un ejemplar de los 22 autosomas. Cada uno de ellos está simbolizado por dos bandas inspiradas en los dos brazos de cada cromosoma que, en las células, están separados por un segmento denominado *centrómero*. Este también está formado por ADN, pero tiene una estructura diferente de la del resto del cromosoma. Cada panel está surcado por líneas bordadas en zigzag que trazan diferentes direcciones y colores, y que evocan la complejidad de la molécula

ACGT, 2024

Madera de samba, bandas de tripa artificial de colágeno e hilos de color bordados con máquina de coser. Medidas variables.





LA CONSTRUCCIÓN DEL ORGANISMO: PROTEÍNAS, CÉLULAS Y TEJIDOS

La estructura y composición química del ADN no explica por sí misma cómo la información que contiene controla el desarrollo de los organismos y sus funciones vitales. En la década de 1960, se descifró el código genético, que establece cómo la secuencia de las cuatro bases nitrogenadas del ADN (A, adenina; C, citosina; G, guanina y T, timina) es traducida a las secuencias de aminoácidos de las proteínas. Estas adoptan formas diferentes en función de su composición y actúan como bloques de construcción de las células o como reguladores del metabolismo y de la expresión de los genes mediante su interacción con la molécula de ADN.

Un gen codificante es un fragmento de ADN que codifica la secuencia de aminoácidos y, por lo tanto, la estructura de una proteína específica. Aunque todas las células contienen un genoma completo, la expresión de distintos genes en cada una de ellas genera los diferentes tipos celulares que integran los organismos.

Una de las obras incluidas en esta sección se inspira en la estructura modular de las proteínas a partir de cuyo ensamblaje se construyen los organismos (concretamente la obra de Elsa Gil Benito). Las otras dos obras representan tipos celulares humanos muy abundantes, como son los glóbulos rojos de la sangre (en la obra de Carmen Ayala Rodríguez) y los epitelios (en la obra de Martha Marisol Guayllas Macas). Cada glóbulo rojo contiene millones de moléculas de la proteína hemoglobina, que transporta oxígeno desde los pulmones a todos los tejidos del cuerpo, mientras que las células de la piel forman un tejido continuo que mantiene nuestra integridad y nos aísla y protege del medio externo.

ELSA GIL BENITO

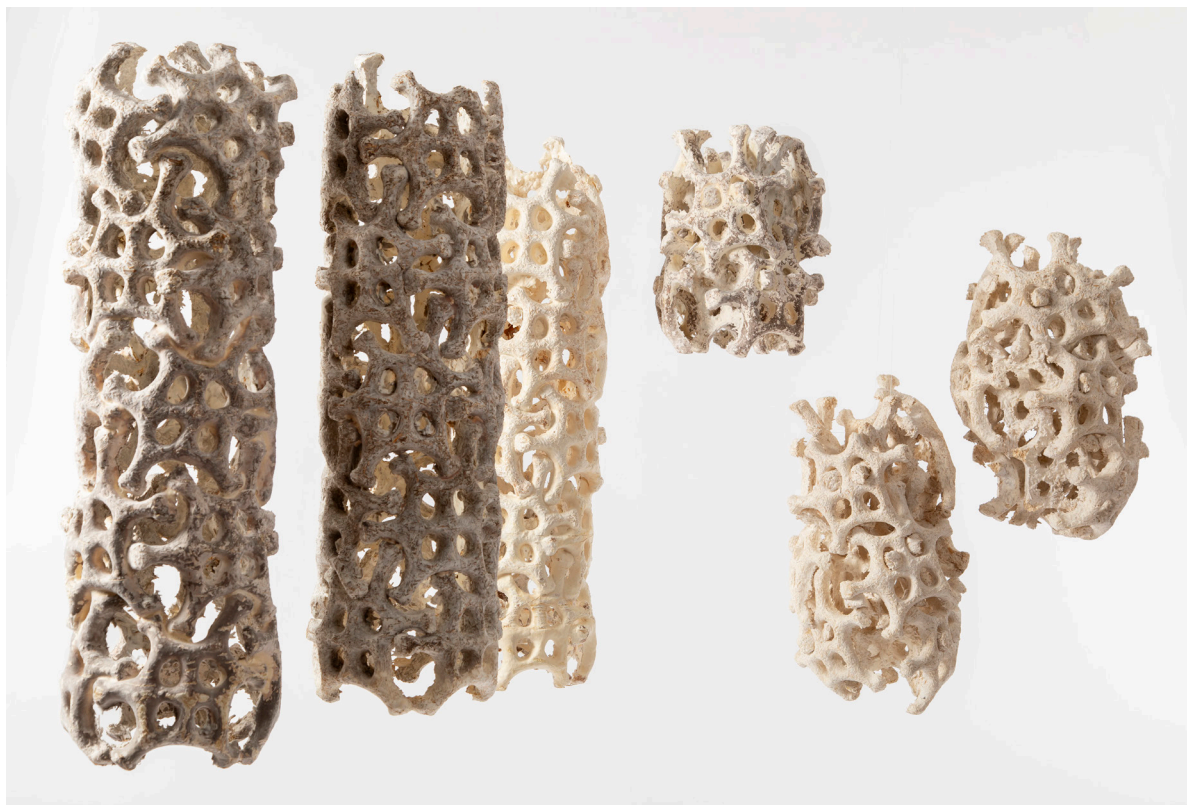
Este trabajo de investigación, tanto en su forma como en el origen orgánico de los materiales que utiliza (biocomposites basados en el crecimiento del micelio vegetativo de los hongos), explora nuevas vías de interacción creativa con micomateriales. La artista ha asociado la geometría que inspiran los módulos que componen la obra con el crecimiento del micelio de los hongos del cual proceden y con la estructura de las proteínas. Estas macromoléculas están formadas por aminoácidos y su ensamblaje con muchas otras moléculas, de estructura y composición muy diversa, genera estructuras mucho más grandes y complejas como son las células, los tejidos y los órganos del ser humano y de los demás organismos.

La evocación del ensamblaje ordenado de esos módulos que nos conforman a todos ayuda a visualizar a los organismos como el resultado de un puzle siempre cambiante de una complejidad inconcebible, cuyas piezas encajan y son reparadas o reemplazadas por otras a lo largo de la vida, siguiendo las instrucciones de montaje codificadas en la información genética del ADN.

Vínculos desenterrados, 2024

Biofabricación con micelio de hongos.
Medidas variables.





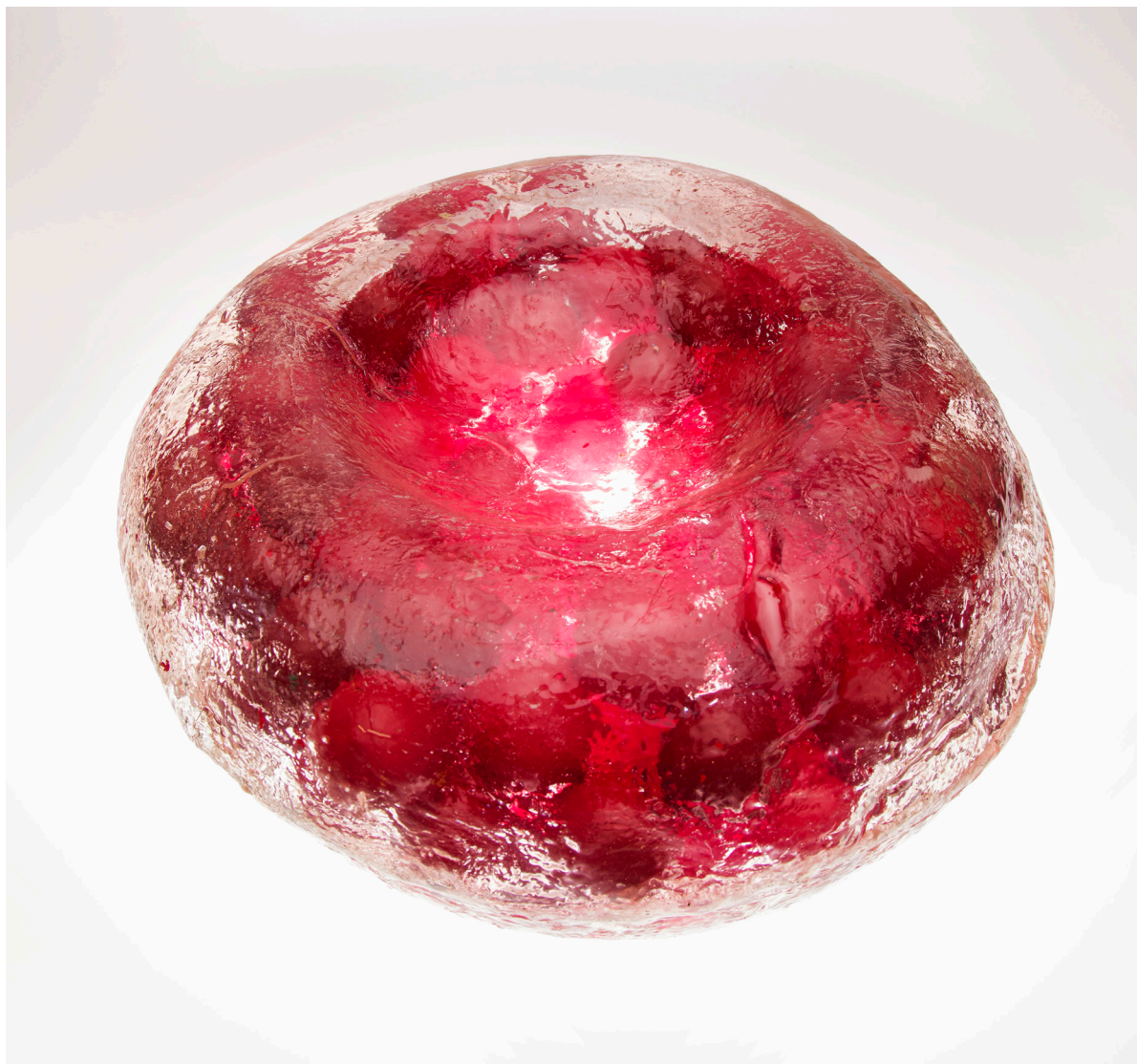
CARMEN AYALA RODRÍGUEZ

Los glóbulos rojos son el tipo celular más abundante en los humanos y representan aproximadamente el 85 % de todas las células del cuerpo. Se forman en la médula de los huesos. Cada glóbulo rojo aloja casi 300 millones de moléculas de hemoglobina que transportan el oxígeno que respiramos desde los pulmones hasta todas las células del cuerpo para que puedan realizar sus funciones vitales. La sangre es el tejido que más intensamente asociamos con la energía, la vehemencia y la pasión de la vida. La intensidad de su color rojo es debida a la abundancia de los glóbulos rojos.

Esta obra eleva uno de ellos a la categoría de objeto artístico y reflexiona sobre la armonía, la fragilidad y la majestuosidad de la vida. Cada pequeña esfera de plástico rojo, que se halla en el interior de la pieza, representa una molécula individual de hemoglobina. Aunque cada molécula y cada célula son prescindibles individualmente, juntas forman un tejido que sustenta la existencia misma en un equilibrio siempre cambiante que sugiere a la autora el curso y la unidad de la naturaleza que constituye la armonía del Tao.

INTRÍNSECO. La intimidad del ser, 2024
Resina de poliéster y pelotas de
plástico pintadas.
45 × 45 × 29 cm.





MARTHA MARISOL GUAYLLAS MACAS

La autora ha explorado los principios biológicos que rigen la organización de las distintas capas de la piel, epidermis, dermis e hipodermis, que nos envuelven y a la vez nos conectan y nos separan del mundo. La obra aporta una interpretación creativa y alternativa a la representación convencional sobre un aspecto que va más allá de la superficie familiar y visible de nuestro cuerpo para adentrarnos en un viaje de descubrimiento y asombro constantes a través del conocimiento biológico y la cercanía a lo invisible.

Con esta obra, la autora pretende despertar la curiosidad y el interés del espectador hacia la biología celular mediante una aproximación visual e inédita, creando una obra tridimensional que invita a sumergirnos en la belleza y la complejidad que subyacen en cada una de las células y tejidos que conforman nuestro ser.

El tejido del ser, 2024

Tarlatana con hilo de acrílico.

102 × 155 cm.





YO Y LOS OTROS: IDENTIDAD PERSONAL Y VARIABILIDAD HUMANA

Todos nos creemos únicos y, cuando miramos alrededor, comprobamos que, efectivamente, lo somos. ¿Por qué somos diferentes si todos tenemos un genoma humano en cada una de nuestras células? Las técnicas actuales de secuenciación han permitido comparar las secuencias de muchos genomas humanos de muy diversa procedencia y han identificado millones de diferencias distribuidas a lo largo de los cromosomas. Estos polimorfismos se traducen en la diversidad física de nuestra especie y revelan que, al margen de las diferencias psicológicas y culturales de cada uno, la base de nuestra individualidad biológica está escrita en nuestro ADN. Paradójicamente, una demostración de que nuestras características físicas están especificadas en nuestro genoma es que los gemelos monocigóticos, que comparten el mismo genoma, son prácticamente idénticos físicamente.

Cuatro de las obras de esta sección están inspiradas en la individualidad y diversidad humana (concretamente la obra de José Carlos Espinel, la del colectivo artístico PicnesLab, la de Inmaculada Zoilo Gutiérrez y la de María Reina Salas), además de ilustrar cómo la carga genética que hemos heredado nos acompaña siempre (interpretada en la obra de María de Iracheta Martín) y cómo algunas alteraciones en el programa genético pueden tener consecuencias patológicas devastadoras (en la obra de Laura de Miguel).

JOSÉ CARLOS ESPINEL

Esta obra se inspira en la *Columna infinita*, de Constantin Brâncuși, reinterpretándola a través la biología y la genética. El concepto de infinitud de la columna se entrelaza en estas dos piezas con la longitud de las moléculas de ADN que, mediante su transmisión de generación en generación, simboliza la continuidad infinita de la vida. Los módulos individuales de cada columna representan una repetición dentro de una secuencia específica del cromosoma 1 humano (el locus D1S80) obtenida a partir del análisis de ADN del propio artista. Cada segmento repetido de la columna se ha modelado a partir de esta secuencia, evocando la repetición de los bloques a lo largo del genoma y las pequeñas diferencias de la secuencia de cada uno respecto a los demás.

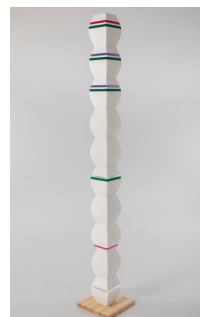
Las esculturas representan plásticamente la herencia familiar a nivel molecular, y hacen visible una fracción de la información genética del autor y, por tanto, parcialmente la de sus dos progenitores. Para destacar la variabilidad y la singularidad de cada uno, algunas secciones de la columna incluyen materiales transparentes o translúcidos de color, como metáfora de las variaciones de la secuencia de ADN.

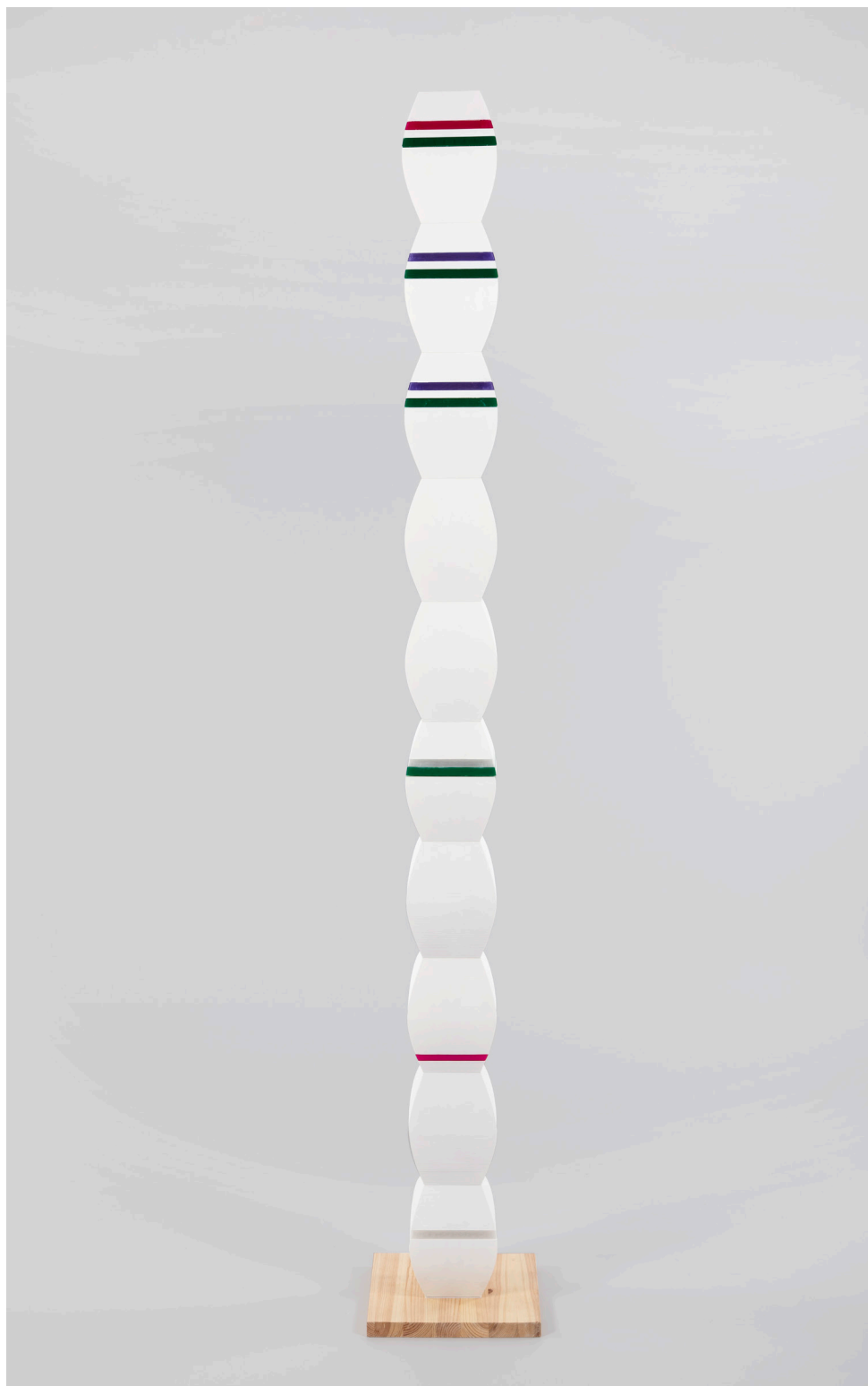
Totems (I y II), 2024

Impresión 3D en PLA policromado y PLA translúcido.

200 × 15,5 × 15,5 cm y

280 × 15,5 × 15,5 cm, respectivamente.





PicnesLab

Colectivo artístico compuesto por las creadoras Idoia Ortega Rodríguez, Elena Pou Merina y Silvia López Rebollo

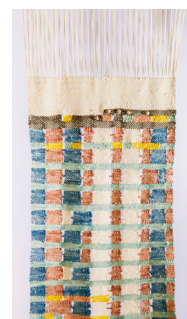
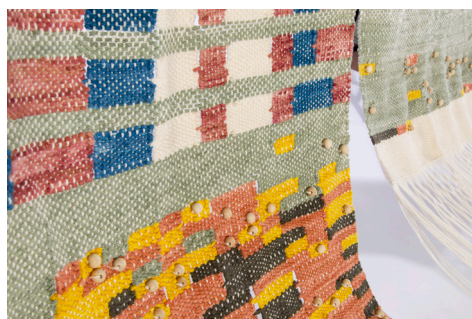
Las tres autoras del colectivo PicnesLab han establecido un diálogo entre ciencia y arte a partir de la representación de la secuencia de ADN de una región de su propio cromosoma 1, realizada en los laboratorios del IBFG en Salamanca, en abril de 2024. Para ello, han codificado la secuencia específica de cada una de ellas en una nueva imagen de líneas de colores confeccionada en un telar artesanal de peine fijo, o telar María, que ha sido la herramienta principal para la ejecución de la obra. El resultado es un patrón tejido de confección plana de colores y fibras naturales compuesto de trama y urdimbre, y presentado en forma vertical, suspendido y sujeto a la pared.

La obra reflexiona sobre la aparente paradoja que supone que, aunque todos compartimos un genoma que nos hace indiscutiblemente humanos, la secuencia del ADN de cada uno de nosotros tiene pequeñas variaciones individuales que determinan que cada uno de nosotros sea genéticamente único.

D, N, A, 2024

Lana y soportes de metal.

250 × 185 × 100 cm.





INMACULADA ZOILO GUTIÉRREZ

La obra plantea un diálogo plástico entre la transmisión familiar de determinados fenotipos (como rasgos faciales, traducidos en parecidos familiares) que viene determinada por la expresión del genotipo invisible codificado en la secuencia de ADN que cada miembro de la familia ha heredado y ha transmitido a su descendencia, y que se manifiesta a través de la semejanza fisionómica entre ellos.

La autora adopta el medio fotográfico como una herramienta discursiva que se adapta, en estética y método, al ámbito científico. Para ello ha insertado las imágenes de un ojo de familiares cercanos en un recipiente de uso cotidiano en el laboratorio, en este caso, las placas de Petri. Cada pieza fotográfica dentro de la placa constituye una metáfora de un cultivo que, como seña de identidad personal, recoge el retrato sintético de un ojo de cada miembro de su núcleo familiar. Las placas se disponen en una composición que adopta una jerarquía de tamaños, vinculada al lugar que cada miembro ocupa en ese árbol genealógico familiar. Esta disposición en forma de árbol nos invita a la búsqueda de similitudes o parecidos en los rasgos faciales y nos conduce inevitablemente a la evocación de nuestros propios orígenes familiares.

Familia patens, 2024

Impresión sobre papel japonés en placas de Petri.

Medidas variables. Tamaño de las placas: 3,4 cm; 5,5 cm, y 6,5 cm de diámetro.





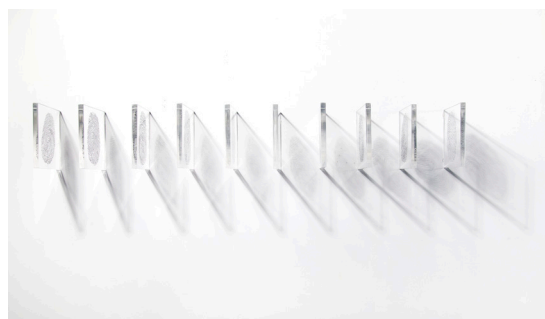
MARÍA REINA SALAS

Una huella es un vestigio, un rastro, una señal que cualquier ser vivo, incluso una máquina o un objeto, puede producir. Pero una huella también puede evocar un recuerdo en la memoria. *Huellas* quiere ser una evocación de lo que somos, de la singularidad de cada uno de nosotros. En el mundo de la gráfica, la cualidad esencial de una matriz es la reproducibilidad con el fin de obtener originales múltiples. Por eso, esta obra propone la paradoja de utilizar este medio para reproducir las huellas de los dedos de la artista como símbolo y evidencia de esa parte mínima de nuestra condición que nos hace únicos e irrepetibles.

La obra está compuesta por diez matrices, cada una de las cuales reproduce la huella de cada dedo, grabada en talla con buril eléctrico sobre metacrilato. Cada matriz contiene el trazo de una huella, que nunca se estampará para cumplir su misión multiplicadora, sino que se presenta aquí como el soporte definitivo que configura la obra. La transparencia del soporte elegido permite explorar la disposición espacial de cada matriz para visualizar las dos caras de la misma, dependiendo del punto de vista que adopte el espectador. De igual modo, esta disposición seriada permite al espectador contemplar simultáneamente todas las huellas superpuestas, creando un sugerente laberinto de sombras arrojadas.

Huellas, 2024

Grabado en talla sobre metacrilato entintado con tinta calcográfica. Diez módulos de metacrilato de 15 × 15 cm.





LAURA DE MIGUEL

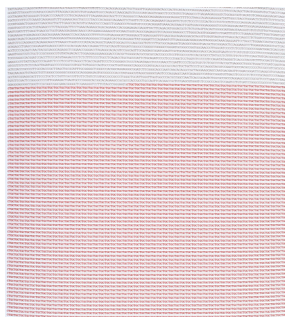
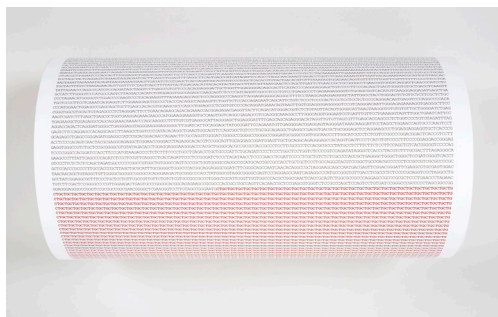
La obra de esta autora surge como consecuencia del proceso de comprensión y asimilación personal ante la amenaza de una patología genética degenerativa, denominada *distrofia miotónica de Steinert*, que afecta a algunos miembros de su propia familia. Esta enfermedad deteriora gravemente el funcionamiento de los músculos y causa problemas cardíacos y del sistema circulatorio y nervioso y, actualmente, no tiene cura. Suele manifestarse en la edad adulta, cuando en ocasiones la persona afectada ya ha tenido descendencia. El análisis genético al que se sometió la autora indicó que, a diferencia de otros miembros de su familia, ella no era portadora de ese defecto genético.

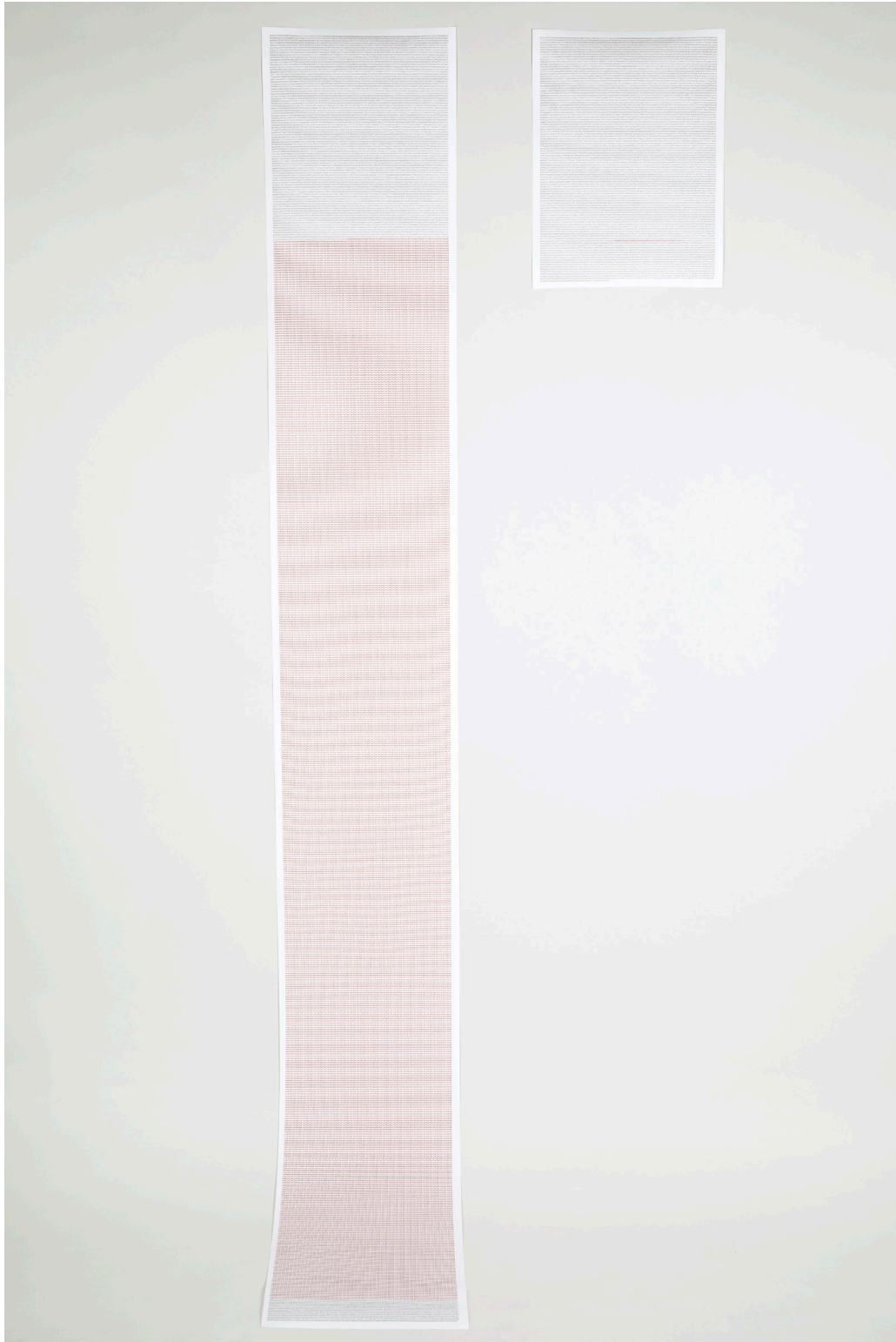
La obra representa, de forma dramáticamente visual, la diferencia entre el tamaño de la secuencia auténtica del gen DMPK normal, que todos portamos en el cromosoma 19, y la secuencia de la versión mutada del gen que desencadena la enfermedad familiar. En esta segunda versión, la secuencia de tres nucleótidos CTG se ha expandido mil veces en uno de los miembros de su familia afectado por la enfermedad. La obra reflexiona así sobre las consecuencias que suponen para nuestra integridad física las alteraciones del programa genético y el papel del azar en la transmisión hereditaria de los genes a lo largo de las generaciones.

DMS (Distrofia Miotónica de Steinert), 2024

Producción digital (editor de texto) sobre papel.

Dos piezas de 227 × 30,5 cm y 40 × 30,5 cm, respectivamente.





MARÍA DE IRACHETA MARTÍN

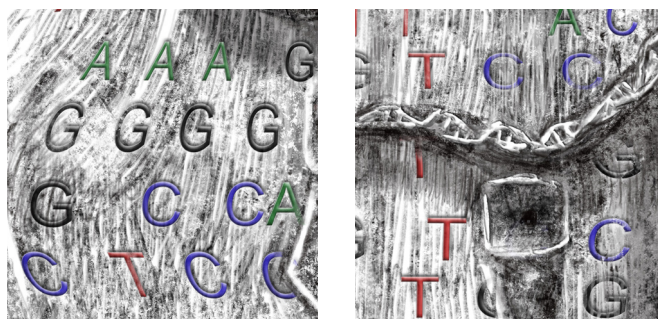
Esta obra plantea el interrogante eterno acerca de las dos fuentes que nos definen como individuos: lo heredado y lo adquirido a lo largo de la vida. La propuesta, en forma de mochila repleta, propone una metáfora de esa dualidad.

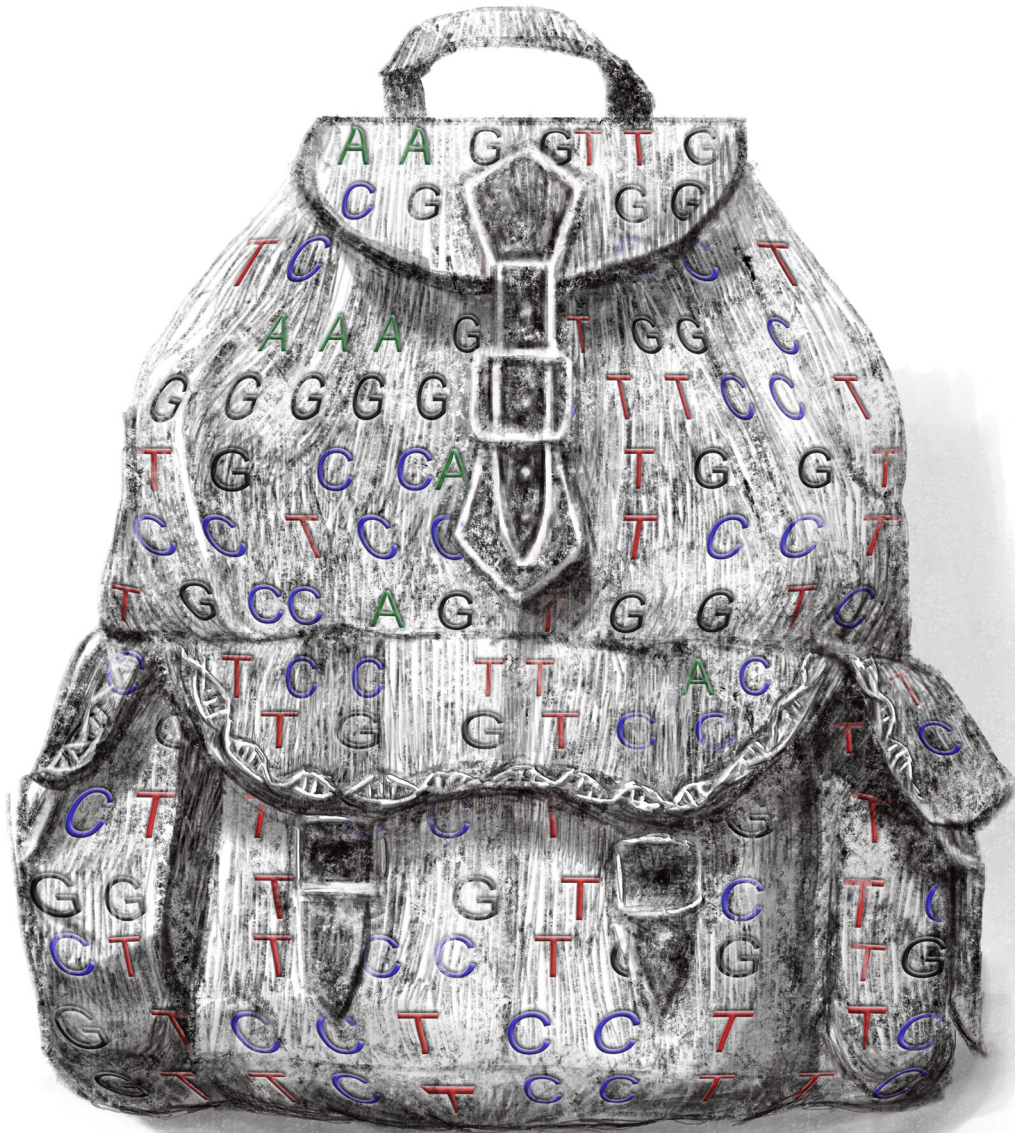
Uniando el dibujo con la tecnología digital, la secuencia de nucleótidos de ADN inscritos en la superficie de la mochila representa algo tan identitario como la secuencia de un fragmento del ADN de la propia autora que, a modo de patrón tipográfico textil, se acopla a esa mochila única y particular para recordarnos la herencia genética que heredamos de nuestros de nuestros padres y que no podemos modificar. Su interior, invisible a nuestros ojos, estaría ocupado tanto por la carga de las influencias familiares como por la cultura, la educación, el género, las creencias, la nacionalidad, la raza, y todo lo que, consciente o inconscientemente, pasa a formar parte de nosotros a lo largo de la vida.

Conceptualmente la obra representa la metáfora de cómo cada uno de nosotros cargamos con nuestra propia mochila. Una mochila, pesada en ocasiones, y cuya carga es tan difícil de descifrar que solemos pasar toda nuestra vida buscando la respuesta a la pregunta de por qué somos como somos.

Mi mochila, 2024

Dibujo digital impreso sobre papel.
50 × 50 cm.





EL LARGO CAMINO: DIVERSIDAD GENÉTICA Y EVOLUCIÓN

Una de las características más llamativas de la naturaleza es la enorme variedad de los organismos, lo que genera la pregunta sobre cuál es el origen de esa diversidad. A pesar de que la replicación del ADN transmite fielmente la información genética de una generación a la siguiente, existen mecanismos moleculares que generan una variabilidad que tiene como consecuencia que los miembros de la misma especie no sean genéticamente idénticos. Esas diferencias son el sustrato sobre el que actúa la selección natural, de manera que las variedades que mejor se adaptan a las condiciones ambientales tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y de transmitir sus genes a su descendencia. A pesar de que Darwin no podía tener ningún conocimiento acerca de las causas de la variabilidad genética ni de su herencia, la publicación de *El origen de las especies*, en 1859, supuso el primer intento racional para explicar la diversidad biológica y situó el origen de nuestra especie en el mismo contexto evolutivo que el del resto de los organismos vivos.

Las cuatro propuestas artísticas de esta sección se inspiran, bien en la transmisión hereditaria (como ocurre en la obra de Manuel Babero Richart), o bien en la divergencia y sinuosidad de la trayectoria evolutiva de las especies a lo largo de millones de años, desde el origen de la vida (representada en las obras de Carmen González García, Juan Sebastián González Rodríguez y Pablo S. Herrero).

MANUEL BARBERO RICHART

La primera propuesta de este autor, *AD(eus)N*, representa en un políptico a Dios/Origen como imagen totémica que permite contemplar la idea de lo sacro, pero *desacralizado*, y que, a su vez, nos invita al culto por lo científico.

Si el origen de lo que somos está en nuestro ADN, la segunda pieza, *Fuente Mnemosyne*, lo representa de forma poética, utilizando como metáfora el agua de una fuente o manantial, que va pasando de unas manos a otras, para invitarnos a pensar no solo en la permanencia de los organismos a lo largo de las generaciones, sino también en el propio origen de la molécula de ADN.

La corriente de agua recorre varias manos en sentido vertical, ya que las fuentes y manantiales siempre se han considerado, en sentido figurado, no solo un transcurrir a lo largo del tiempo, sino también el origen de algo. Con este planteamiento plástico, el artista ha asociado otros conceptos que le sirven para conformar su aspecto final como la idea de cadena, de agua, de secuencia, de corriente o de eslabón, así como la dualidad del significado que damos a todos esos términos en el diálogo que él establece entre la religión y la ciencia. Igualmente, la intención es que la obra propicie lecturas subyacentes relacionadas con la evolución y la transmisión de la información genética a lo largo de las generaciones y de los ciclos vitales de la materia viva.

Fuente Mnemosyne, 2024

Técnica mixta sobre madera, bomba de agua, luz y sensor.

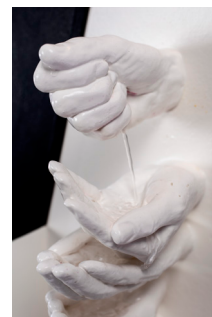
182 x 40 x 50 cm.

(Página siguiente)

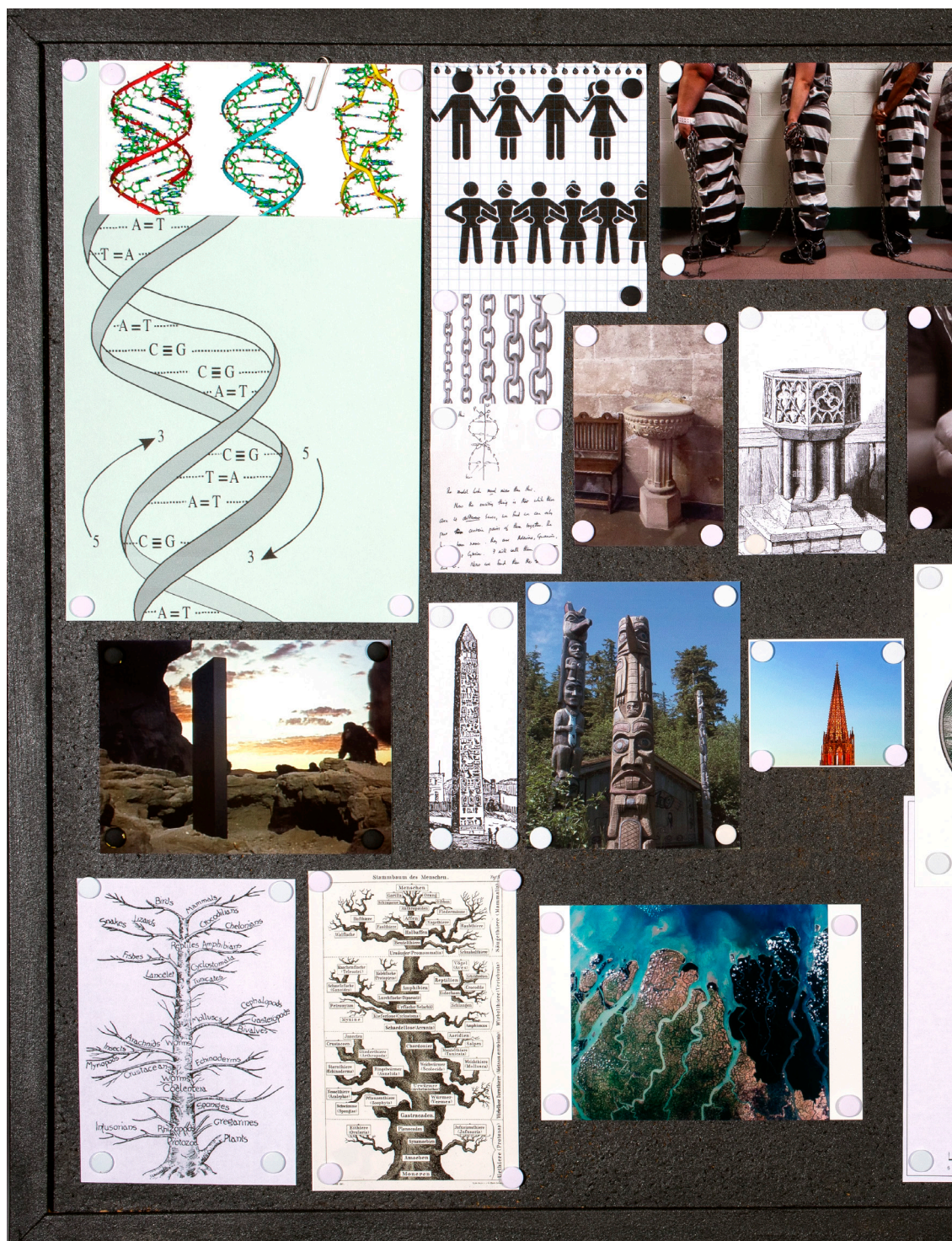
AD(eus)N, 2024

Impresión digital y corcho

89 x 58 cm.









CARMEN GONZÁLEZ GARCÍA

La propuesta de Carmen González se presenta en sintonía con los avances de nuestro conocimiento sobre la evolución, gracias a la disponibilidad de la secuencia del genoma de miles de organismos. Esta propuesta se concreta a nivel formal en una urna esférica de cerámica que representa a LUCA (*last universal common ancestor*), el primer ancestro hipotético a partir del que se originarían todos los demás, como si se tratase de la semilla primigenia que permitió que germinara el árbol de la vida a lo largo de la historia de la evolución.

Desde esa esfera inicial, trasunto del tronco común del árbol darwiniano, parten múltiples fichas circulares con diversas trayectorias esgrafiadas que dan continuidad a las líneas que conforman las diferentes ramas de la evolución de las especies. En unos casos, esas trayectorias dejan ver su aspecto azaroso y discontinuo, quedando truncadas en ocasiones cuando una especie se extingue; en otros, muestran un trazado continuo, en forma de cadena de individuos ininterrumpida, que llega hasta nuestros días. Por tanto, esta obra nos habla de la pervivencia de la herencia genética que, como el testigo que pasa de mano en mano en una carrera de relevos, parte de LUCA, como primer ancestro común a todas las especies, hasta llegar a cada uno de los organismos actuales, incluida la propia artista, que incluye un fragmento de su propia secuencia en una de las fichas al final de una de las ramas.

Arqueología genética (L.U.C.A.), 2024
Cerámica bruñida y esgrafiada.

Esfera central de 15 cm de diámetro,
con piezas en expansión de medidas
variables. 80 × 80 cm aprox.





JUAN SEBASTIÁN GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Para este artista la vida es un viaje en constante evolución, donde las acciones y decisiones que tomamos van forjando nuestro camino. Su obra se inspira en la teoría de la evolución de las especies por selección natural de Darwin. Según esta teoría, las especies que mejor se adaptan a su entorno tienen una probabilidad mayor de sobrevivir y de transmitir sus genes a la generación siguiente.

Desde esa perspectiva, la pieza constituye una metáfora visual de la vinculación entre todos los seres vivos y su continuidad genética a lo largo del tiempo. De igual forma, el artista introduce en la obra otro concepto bien conocido de la evolución de la especie humana respecto a los demás primates: su capacidad de desplazarse erguido sobre dos piernas. A su vez, las flores que aparecen en el extremo de algunas de las ramas configuran el símbolo de la creatividad, una capacidad única de nuestra especie sobre la que se sustentan la ciencia y el arte. La evocación de todos esos elementos nos invita a reflexionar sobre la conexión de nuestra especie con el resto de la naturaleza y sobre cómo nuestras acciones y decisiones impactan en el equilibrio y la armonía de la biosfera. De estas mismas decisiones y hechos depende el futuro de la naturaleza y de nosotros mismos.

Dimensión humana, 2024

Rama de flores secas, hojas, raíz y tierra.

17 × 10 cm.





PABLO S. HERRERO

A Pablo Herrero le interesan conceptos extraídos de la experiencia diaria que se emplean a veces con un significado muy diferente en el contexto de la ciencia, como pueden ser los términos *transcripción*, *traducción*, *mensajero*, *AUG (auge)*, *stop*, *enlace*, *punto* o *cadena*. Él afirma que estos conceptos le sugieren una relación especular entre lo que podemos visualizar directamente con los ojos y los recónditos procesos biológicos, no accesibles a nuestros sentidos. Para generar sus piezas, el autor se sirve de la línea negra hecha con tinta, concebida como uno de los elementos más utilizados por el ser humano para transmitir información como, por ejemplo, la representación narrativa desarrollada durante siglos con líneas negras que actúan como registro de la historia de nuestra especie.

En estas obras el artista utiliza la representación de árboles y ramas (una constante en su obra) como metáfora de la complejidad del material genético que, aunque invisible al ojo y a nuestra apreciación intuitiva, se diversifica, se recombina, muta y se replica para transmitirse de una generación a la siguiente, y para seguir generando la inconcebible diversidad de los organismos que integran la biosfera.

No adhesión, 2024

Tinta china sobre papel
56 x 37 cm.

(Página siguiente)

Reparación, 2024

Tinta china sobre papel
56 x 37 cm.





**FORMAS Y EXPERIENCIAS DE ENTREGUERRAS:
ARTISTAS, GENETISTAS Y CULTURAS VISUALES
DEL NORTE DE EUROPA Y DE AMÉRICA**

María Jesús Santesmases

Instituto de Filosofía (IFS), CSIC

Miguel Ángel Rego Robles

Universidad Rey Juan Carlos

A lo largo del primer tercio del siglo xx, la geometría circula entre espacios y prácticas emergentes del norte de Europa y de Estados Unidos como recurso de representación formal. Más intensamente durante el periodo de paz contenida, amenazante y creadora que fue el que transcurre entre las dos guerras mundiales, la circulación de recursos formales generados por un conjunto convergente de producción de imágenes hace de rectas y curvas simples —superpuestas, combinadas— una cultura geométrica de representación. La sencillez despojada es práctica política en el taller y en el laboratorio. Para quien dibujó el resultado de un experimento de división celular y para quien promueve arquitecturas y aprendizajes, esa sobriedad formal es representación de complejidades epistémicas y sociales. Artificio y naturaleza comparten creatividad y resistencia, realismo y abstracción. Imágenes sencillas recrean fenómenos y proyectos que aspiran a ser aceptados como fiables, promesas para su comprensión y aceptación. Generadoras de espacios nuevos o renovados, esa iconografía de líneas austeras queda entretejida en

Naturalismo y geometría

la cultura de las prácticas contemporáneas del saber, sea este plástico, artesano o experimental.

Este capítulo explora las conexiones que generan la geometría y el trazado sencillo que conecta imágenes procedentes del artificio experimental (Santesmases 2002; para otros periodos históricos, Marcaida y Pimentel 2011) y de las artes plásticas. Indagamos en las relaciones posibles, encarnadas en dibujos y óleos, entre las prácticas pictóricas de la genética y las artes para oficios sociales e industriales del periodo de entre-guerras. Se trata de atravesar fronteras entre profesiones al agarrarse a sus imágenes, detectar evocaciones mutuas para explicar iconografías creadas por experimentos sociopolíticos y de la genética.

En los casos que estudiamos en este capítulo, se trata no solo de alusiones formales; sugerimos que las imágenes de la genética y las de las artes plásticas contemporáneas a ellas se evocan entre sí. Esa evocación no es alegoría, que requeriría el conocimiento de al menos una de las partes sobre la otra. Al acercar sus formas, se puede trazar un continuo entre el experimento genético de cromosomas y el experimento de las artes: ambas son experiencias que manufacturan representaciones.

Este capítulo es en sí un experimento, una propuesta para atravesar fronteras y espacios de prácticas y experiencias creativas que presentamos como cercanas. Esas interrelaciones conducen a apreciar como experimento tanto las destrezas de las artes plásticas como las desplegadas en las mesas de los laboratorios de genética. La reubicación de esta imagería muestra que las fronteras entre ambos espacios —físicos y culturales— no serían tales, y que hay similitud en sus prácticas creativas: parecen compartir estrategias y recursos experimentales y formales de manualidades artesanas.

Ese sería el caso de la imaginería genética y las artes de las vanguardias rusas y alemanas del periodo de entreguerras.

La calidad —entendida como compuesta de cualidades y rasgos— de las imágenes requiere experiencia visual y del arte de (d)escribir en lugares y tiempos precisos, políticos y sociales (Alpers 1987). La práctica —de dibujar, pintar y fotografiar, entre otras— está compuesta de objetos artesanos, materiales de muchas clases elaborados por manos humanas cuyo protagonismo —el de las manos y el de sus artesanías— regresa una y otra vez al relato historiográfico de la genética y de las vanguardias artísticas del periodo de entreguerras. Este texto se inspira en la historiografía de las culturas visuales de la historia natural, entre ellos *La mano consciente* (Roberts *et al.* 2007); tanto como en los estudios sobre artesanías, artes decorativas e historia crítica de la creatividad y las prácticas expositivas (Alpers 1987; Gombrich 1980; Lamata 2017; Rego Robles 2020; 2023). Entre esos espacios de apariencia distante que son el taller y el laboratorio, circularon privilegios epistémicos, intelectuales, de autoría y autoridad. Elitismo y privilegio quedan incorporados a sus recursos formales. Intercambian, en este texto, estrategias y reconocimiento público.

La cultura visual de la genética fue el centro de la producción de evidencias sobre la teoría cromosómica de la herencia. Aquellas bases biológicas mostraban en imágenes el proceso por el cual se generan seres vivos. Cromosomas y especímenes de los que esos cromosomas se habían obtenido eran formas que generaban otras a partir de ellas mismas. Cuerpos y cromosomas obtenidos de ellos fueron recursos biológicos, materiales para la cultura de la herencia que desde 1900 William Bateson denominó *genética*.

Iconografía genética

Desde los primeros trabajos publicados sobre cromosomas de diversas especies en los primeros años del siglo xx (Campos y Schwerin 2010; De Chadarevian 2020; Santesmases 2020b, 2017), el proceso de la división celular pudo ser observado a través del microscopio. Un conjunto de formas iba cambiando sus contornos a lo largo de ese fenómeno en el que una célula se dividía en dos. En la experiencia histológica de examinar tejidos, el uso de sustancias que hicieran visibles sus partes era paso obligado del experimento.

En plena expansión de la biología celular y de la citología, se inventaron los métodos para ver las células y se desarrollaron destrezas desde lo que se denominó citología. Entre finales del siglo xix y principios del xx se difundieron los manuales. En ellos, las ilustraciones que mostraban a la célula en sus sucesivos momentos de división estaban hechas por personas distintas a los firmantes de los libros. En el de Edmund E. Wilson, reconocido biólogo y citólogo de Estados Unidos, él mismo concede, en el prefacio de la tercera edición de 1925, «especial reconocimiento a Mabel T. Hedge, Helen E. Fernald, y Helen Daniels (Mrs D. B. Young) su artístico y concienzudo trabajo en la preparación de las ilustraciones y de mucha otra ayuda y también a Alice B. Sheppard y Martha L. Clark (Mrs W. W. Bennett) del examen de las células al microscopio» (Wilson [1896] 1925, xiii). Lo cual sugiere que Wilson apenas dibujó, si es que lo hizo alguna vez. En cambio, Theodor Boveri, profesor de zoología y anatomía comparada de la Universidad de Wurzburg, en Alemania, usó él mismo el microscopio, técnicas de tinción sofisticadas y sus dotes dibujantes para demostrar las interacciones de los cromosomas con el citoplasma. Sus ilustraciones de la división celular en *Acaris* datan de 1899 (Satzinger 2008). Nunca trabajó solo: una de sus principales colaboradoras fue Marcella

O'Grady, antes y después de que se casaran, tras llegar ella al laboratorio de Boveri en busca de formación experimental (McKusick 1985).

Explorar los dibujos y su procedencia al adjudicarles su papel central en el saber de la herencia biológica y la genética ha desvelado la contribución del género y de las mujeres, participantes mayoritarias en la producción de la imaginaria celular (Santesmases 2020a), lo que Marsha Richmond (2007) calificó como «oportunidades para las mujeres en los orígenes de la genética». Una muestra es visible al microscopio tras su preparación, teñida o tratada con sustancias que, al colorearse, muestren sus diferentes partes: el citoplasma, el núcleo, la membrana celular y la pared, cuando la hay.

Dibujos y fotografías de las células y de sus diferentes fases de reproducción y desarrollo, tomadas a simple vista o a través del microscopio, se recibían como conocimiento. La expresión verbal que acompañaba a las figuras fotografiadas y dibujadas mostraba esas imágenes como evidencias, como prueba y testimonio visual de que los cromosomas encarnan y transmiten atributos que seres de toda diversidad de especies tienen. Es decir, los cromosomas eran portadores de la herencia biológica, de los rasgos de un ser vivo que su descendencia hereda. Eso observaron en los sucesivos pasos de la división celular. Los orígenes de la genética cromosómica pueden reconstruirse a partir de las destrezas de genetistas de muchos laboratorios que, inspiradas por los códigos de los testimonios visuales de la historia natural (entre otras, Bleichmar 2016), o herederas de tales prácticas, produjeron dibujos y fotografías de seres vivos y de sus cromosomas. Plantas, animales y seres humanos quedaron representados por imágenes de cromosomas.

Para exponer e historizar esas formas de representación en relación con manifestaciones de las artes plásticas de las vanguardias europeas, hemos seleccionado un conjunto de trabajos, dibujos y óleos de artistas y genetistas. La serie sugiere a simple vista conexiones formales que este texto explora al repasar la procedencia de cada una de ellas, los experimentos y las escuelas creativas a las que se adscribían, sus políticas y sus culturas materiales.

Sin pretensiones de abordar aquí un estudio sobre la similitud o la analogía como conceptos con significados cargados de matices, como sí hace Barbara M. Stafford (1999), nos dejamos inspirar por la introducción a su estudio sobre parecidos para explorar semejanzas y diferencias, para mostrar relaciones articuladas en torno a formas que comparten atributos, concordancias parciales, que no son ni ajenas entre sí ni idénticas. Proponemos atravesar las diferencias y ofrecer historias sobre recursos formales que dialogan y que a la vez se interpelan.

Pamela Smith (2004) ha estudiado la participación de las artes y artesanías, la carpintería y otros oficios en la producción de saberes calificados como científicos. El trabajo figurativo no solo determina el conocimiento que son sus imágenes, sino que resulta determinante para calificar esos saberes como científicos. El sentido de la vista se combina con otros sentidos, el del tacto sería su principal acompañante, y con instrumentos —lápices, luz y oscuridad, microscopios y sus elementos—, a los que se une la práctica de la reproducción de las imágenes originales en litografías, grabados, y tantas otras. Entre la ilusión que producía el instrumento y la verosimilitud de las imágenes, se dirime la epistemología visual de las ciencias y las artes, cuya iconografía exhibe cultura escrita, expresión textual.

Las imágenes que hemos seleccionado pertenecen al periodo de entreguerras. Los trazos rectos y curvos que aparecen en ellas pueden adscribirse a corrientes que estaban relacionadas o que formaban parte de las prácticas y los espacios de dos escuelas artísticas de influencia larga en la cultura contemporánea, la soviética Vkhutemas y la alemana Bauhaus. Cada una de estas escuelas o corrientes aspiraba a contribuir a las nuevas objetividades y subjetividades de la Unión Soviética, por un lado, y de la Alemania industrial de la República de Weimar, por el otro. Más que nacionales, esas experiencias se asociaban a nuevos tiempos industriales, sociales y políticos, en prácticas que integraron culturas materiales textiles y arquitectónicas además de las pintoras, dibujantes, en el plano y en tres dimensiones. Fueron escuelas en sentido literal, donde se organizaban talleres formativos, se impartían cursos y se entrenaba en la producción de formas, inspiradas en las escuelas de artes y oficios (Droste 2006; Bokov 2020).

Los saberes y prácticas de la genética tienen su espacio propio e innovador en los experimentos sobre la herencia biológica de ese periodo. Retrataron con ayuda de la cámara oscura muchas de las formas que observaron al microscopio durante la división celular y también los especímenes de la planta entera que estudiaban (Santesmases 2017), en un esfuerzo de naturalismo que evocan las propuestas de Svetana Alpers en su *Arte de describir* (1987). La cultura formal geométrica les permitió insistir en el valor de evidencias que eran sus imágenes: crearon esquemas —*diagramas* e *ideogramas* se llamaron también— para hacer comprensibles números y tamaños relativos de cromosomas. Los propios procesos de recombinación entre dos cromosomas para dar cuenta del azar propio de la división celular, ese encuentro entre cromosomas procedentes de dos

Historias de formas

células distintas, se esquematizaron con fines explicativos: una imagen explicaba a otra. Ese fue el caso de las dos imágenes que Barbara McClintock produjo en 1929, publicadas en 1930, y que forman parte de las que hemos incluido en este capítulo.

Aunque los dibujos empezarían a perder prestigio y caerían finalmente en desuso como evidencias de los resultados de las investigaciones en genética hacia finales de la década de 1950 (Santesmases 2014), la citogenética ha mantenido hasta hoy una buena parte de su protagonismo, y aporta evidencias para el diagnóstico genético basado en estudios cromosómicos. El periodo de entreguerras fue tan fructífero en la genética como lo fue en los recursos formales de los nuevos constructivismos y vanguardias rusas, alemanas y holandesas. Esa coincidencia temporal es también entretrejimiento formal: ambos tipos de prácticas, de espacios disciplinados y de recursos experimentales, son experiencias manuales que compartieron recursos de representación y la experiencia del experimento.

Empezamos por poner en relación a Sonia Delaunay con el trazo de los dibujos de la genetista Anne M. Lutz de los cromosomas de la onagra (figuras 1 y 2).

En 1907, en el laboratorio de Cold Spring Harbor (Long Island, estado de Nueva York) financiado por la Institución Carnegie en Washington, Anne M. Lutz había empezado a estudiar los cromosomas de la planta floral onagra, entre cuyas variedades encontró algunas en las que el número de cromosomas era el doble y otras el triple del número considerado propio de esta planta. Estudió esos números y su relación con la forma y su tamaño con el fin de explorar y demostrar la teoría cromosómica de Hugo de Vries sobre la caracterización de las especies y variedades por número de cromosomas

Sintonías formales

específicos. En el Congreso de Botánica que se celebró en Boston (Massachusetts, EE. UU.) ese mismo año, Lutz presentó sus primeros resultados sobre dos variedades de onagra que mostraban cambios genéticos cuyas causas investigaba. La botánica fue una de las primeras disciplinas en las que se estudiaron los cromosomas; las plantas y sus raíces fueron sistemas vivos principales en la invención de métodos para hacerlos visibles (Hsu 1979). Los recursos experimentales y sociales de Lutz no fueron suficientes para que ella conservara su trabajo en Cold Spring Harbor (Richmond 2010). El laboratorio perdió a una de sus profesionales más diestras de manera muy temprana pero los resultados de sus investigaciones fueron una de las más influyentes contribuciones a los estudios de variedades con números de cromosomas múltiplos de los que se establecieron como característicos. Una de las evidencias de sus cuentas de cromosomas está en los dibujos que aportó en un trabajo publicado en 1912 (figura 1).

Desde 1910 hasta su traslado a España en 1914, Sonia Delaunay convirtió su casa de París en un salón de exposiciones donde mostraban sus objetos y pinturas. Su defensa del concepto de «obra de arte total» —*Gesamtkunstwerk*—, antes de ser aplicado en escuelas como la Bauhaus como objetivo esencial dentro de su plan de estudios, llevó al arte textil a espacios como los salones de baile. Tanto su entorno doméstico como los círculos sociales que frecuentaba fueron convertidos por ella en escenarios para la exhibición de su experimentación plástica con el color sobre distintos soportes. Los trazos abstractos de Ann M. Lutz al dibujar los cromosomas de las variedades de onagra muestran una interrelación formal con algunos de los dibujos que Sonia Delaunay produjo en 1919 para el vestuario de una artista cuando vivió en Madrid durante la Primera Guerra Mundial. Este



Figura 1

Anne M. Lutz. *Dibujos de híbridos de Oenothera lata and Oenothera Lamarckiana en Triploid Mutants of Oenothera*, 1912. Aparecido en Lutz (1912, 387).

boceto de vestido, realizado para la bailarina Gaby des Fleurs, compuesto por óvalos, tintas planas y contraste cromático, pertenece a la serie que diseñó para el Petit Casino, antiguo Teatro Benavente, en Madrid (Anguiano de Miguel 2007, 316) (figura 2).

La simplicidad de las líneas de Ann M. Lutz y Sonia Delaunay en esas imágenes (figuras 1 y 2) anteceden, y pudieron haber inspirado, la sencillez formal posterior que algunas escuelas europeas propusieron y que devinieron referencias para geometrías rectas y curvas. Esas formas lograron en buena parte popularizar las bellas artes, su apreciación, su aprendizaje y su práctica —ese parece haber sido el proyecto soviético—, y, a su vez, participar en la industrialización con aportaciones formales al diseño de máquinas, edificios y utensilios de muchas clases —que fue una de las ambiciones de la Bauhaus (ver más adelante)—.

Las líneas de Lazar Khidekel en su pieza de 1920, titulada *Elementos cinéticos del suprematismo: movimiento circular*, podrían haber inspirado las que Albert F. Blakeslee y Amos Avery incluyeron en su publicación de 1937 (figura 3). Las líneas de Khidekel sintonizan con los dibujos que figuran en la base de los cuatro capullos de estramonio.

Blakeslee y Avery, genetistas del Departamento de Genética de la Carnegie Institution en Washington, habían incluido en una publicación anterior fotografías de la planta floral estramonio —de propiedades alucinógenas, medicinales y hasta venenosas, según sus formas de uso y las dosis administradas—, como prueba de que, aunque las variedades eran muy parecidas, unas eran de mayor tamaño que otras. Relacionaron el tamaño de la planta con los números de cromosomas que observaron en cada caso en experimentos de citogenética.¹ En esta

Geometrías y representación cromosómica: entre la Vkhutemas y la Bauhaus

¹ Ese fenómeno de números de cromosomas de una misma especie, múltiplos de uno que se consideró básico, se estudió en plantas y se denominó poliploidia. Para una historización de la poliploidia, Richmond (2010), Santesmases (2013) y Curry (2016).

ocasión, en su publicación de 1937 incluyeron bajo cada ejemplar de la variedad de estramonio un esquema de representación de los cromosomas de cada cual. Esas líneas rectas comunicaban números de cromosomas en un trazado que muestra que la forma lineal era una idealización de los que habían observado al microscopio, un extracto esquemático que representaba sus rasgos: mayor tamaño de las plantas a medida que el número de sus cromosomas aumentaba. No hay información sobre la autoría de los dibujos y las fotografías incluidas por Blakeslee y Avery en su artículo de 1937. No está claro, a la vista del artículo original, si los capullos son fotografías, parecen más bien dibujos, pero no hemos encontrado información sobre esto. Tampoco hay información autoral de las imágenes en los agradecimientos ni en los pies de las figuras, aunque es posible que fueran hechas por ayudantes, mujeres y hombres que se ocupaban de las labores propias de la mesa de laboratorio, la siembra de plantas y la vigilancia de su crecimiento en los invernaderos y también de los dibujos.²

Lazar Khidekel representa en esa propuesta la escuela soviética Vkhutemas desde su papel en la UNOVIS —grupo de artistas llamados *Afirmadores del Nuevo Arte*—, que hizo de la geometría recurso, método y epistemología principales. Vkhutemas fue un taller de arte y técnica creado Moscú en 1920 tras fundir los dos Talleres Libres del Estado, fundados tras la Revolución rusa. Aspiraban a «formar al pueblo en las bellas artes» con el fin de democratizarlas, tras abolir las dos academias, una purista y otra defensora del arte aplicado, que se habían creado en Rusia en 1825 (Mozgova 2017; Rego Robles 2019; Bokov 2020). La relación de Khidekel con los artistas que enseñaron en Vkhutemas, como Aleksander Rodchenko y Varvara Stepánova, se tradujo en un intercambio de influencias mutuas.



Figura 2

Sonia Delaunay. *Traje n.º 1540 para la artista Gaby des Fleurs*, 1919. Petit Casino, Madrid. Colección privada.

² Hay otros casos en las reconstrucciones de los orígenes de la genética médica. Véase Santesmases (2017) y referencias citadas en él.

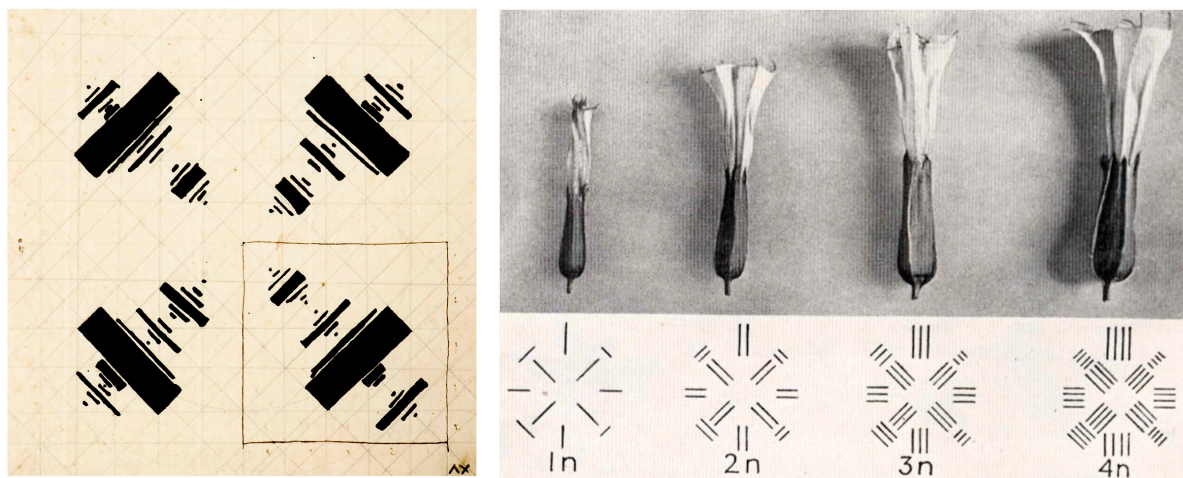


Figura 3

← Izquierda: Lazar Khidekel. *Elementos cinéticos del suprematismo: movimiento circular*, 1920.

Lazar Khidekel Family Archive and Collection.

→ Derecha: Albert F. Blakeslee y Amos G. Avery. *Incremento del tamaño de la flor con el número de cromosomas*, 1937. En Blackeslee y Avery (1937, 408).

En el curso de Gráfica dirigido por Rodchenko, las tareas contenían tres tipos de formas: círculo, rectángulo y triángulo. Los ejercicios fueron desarrollados en paralelo al trabajo creativo. Esas formas geométricas básicas y el uso de colores primarios fueron elementos que se trasladaron con Vasili Kandinski cuando, tras pasar él unos años en Moscú, regresó a Alemania para unirse a la Bauhaus, a la que se incorporó en 1922 tras absorber las nociones y los oficios de sus contemporáneos rusos en la Vkhutemas [Poling 1983].

Durante el período de entreguerras estaban surgiendo nuevas escuelas de formación, investigación y producción artística en la Unión de Repúblicas Socialistas

Soviéticas (URSS) tras la Revolución de Octubre de 1917, en la Alemania de la Constitución de Weimar firmada en 1919, y en otros países, entre ellos, los Países Bajos.

Pese a sus diferencias ideológicas, metodológicas y contextuales, el conjunto de culturas formales, representadas por esas escuelas artísticas, delinearon trayectorias propias y particularidades culturales y políticas. Las afinidades de su producción plástica parecen haber ocupado los espacios de representación y las culturas visuales de la también incipiente genética cromosómica, y compartieron con ella un conjunto de elementos constitutivos de sus formas y técnicas. La geometrización contribuiría a la promoción de una cultura de la comprensión y la participación: las líneas rectas y las curvas simples se convirtieron en herramientas de representación. Las formas sencillas se harían comprensibles, traductoras de un mundo en construcción que aspiraba a ser socialmente asumido, a capturar significados sociopolíticos, técnicos, científicos e industriales en la geometría.

Lazar Khidekel, bajo la influencia de Kazimir Malévich, así como László Moholy-Nagy desde la Bauhaus quedan aquí relacionados también con el trazo esquemático de la genetista de Estados Unidos Barbara McClintock (figuras 4 y 5). Sus hallazgos, muchos y muy reconocidos, en experimentos con diversas variedades del maíz, son una de las bases sobre la que se ha construido la genética contemporánea. Los primeros datan de 1929, cuando McClintock, en un laboratorio de mejora de cultivos de la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York), describió los diez cromosomas característicos de esta planta con un dibujo esquemático de figuras rectangulares en una breve publicación en la revista *Science*, de la Sociedad Americana (estadounidense) para el Avance de la Ciencia, y que amplió como resumen de su tesis doctoral en un artículo largo en la

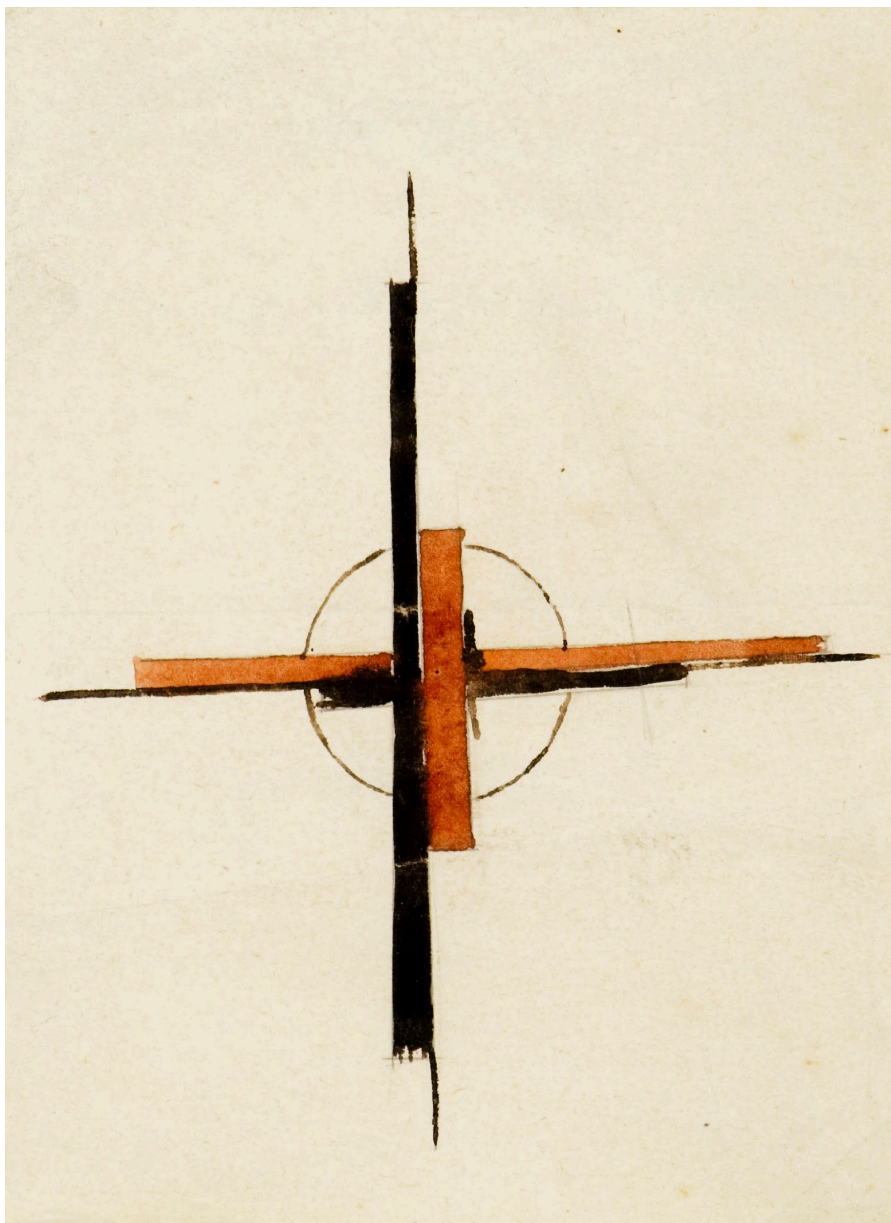


Figura 4

Lazar Khidekel. *Cosmic Habitat*, 1922. Lazar Khidekel Family Archive and Collection.

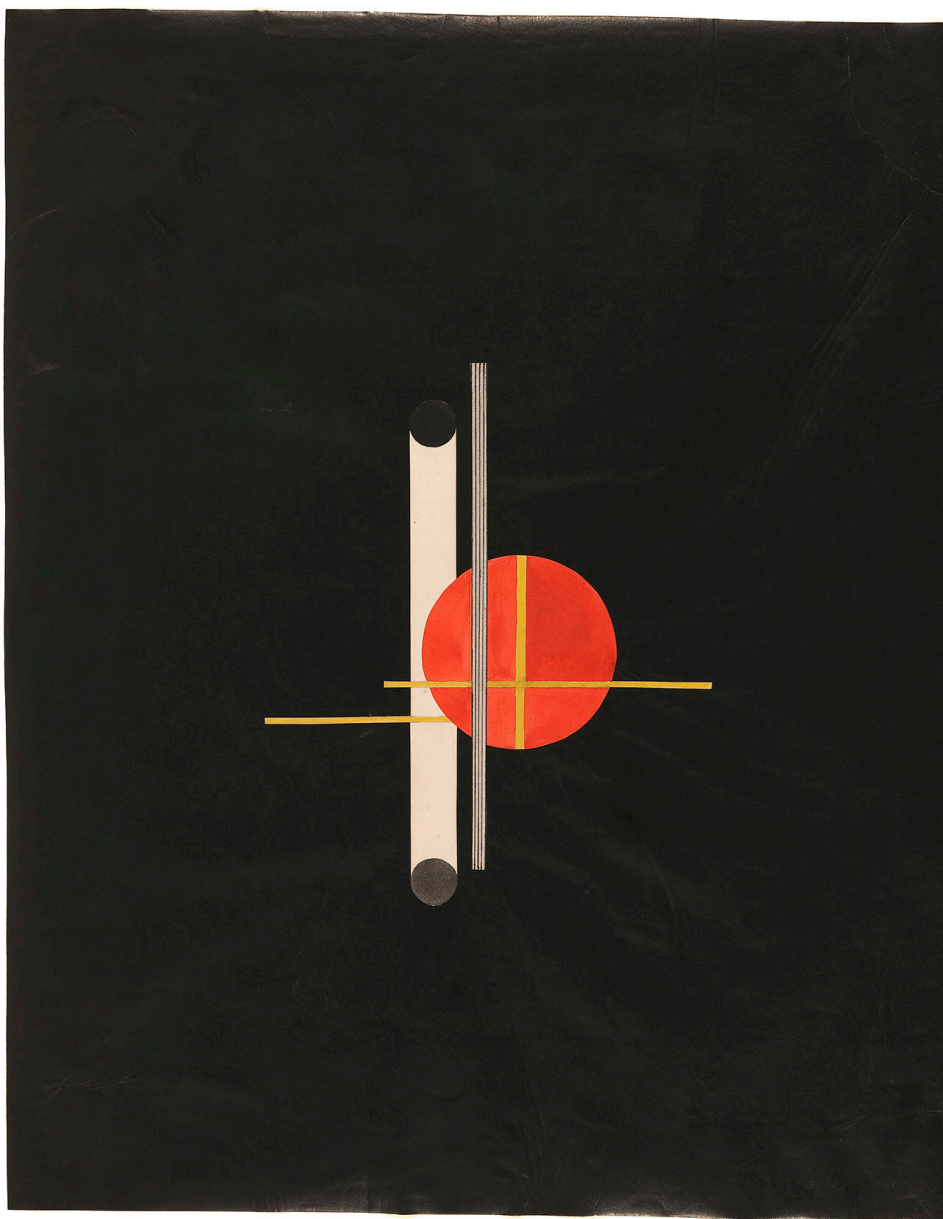


Figura 5

László Moholy-Nagy. *Composition Q*, 1922-1923. National Gallery of Art, Washington D. C. <https://commons.wikimedia.org>

revista de la Sociedad de Genética de Estados Unidos, *Genetics* (McClintock 1929a, 1929b). Su ambición fue estudiar los grupos de enlaces en esos cromosomas, es decir, los genes o pedazos de un cromosoma, los cuales, adyacentes entre sí en ese mismo cromosoma, tendían a heredarse juntos por su proximidad.

El dibujo del intercambio de fragmentos cromosómicos de uno de sus trabajos publicados en 1930 (aquí juntos en la figura 6) parece haber sido hecho por su propia mano. No hay mención alguna en los agradecimientos del artículo a nadie que hubiera dibujado para ella, y en sus biografías se menciona que no solía contar con ayudantes para los dibujos; nada se añade tampoco sobre alguna posible colaboración en el pie de la figura, al dar el detalle técnico del proceso de dibujo, hecho con ayuda de la cámara oscura y una ampliación de 1875 al microscopio óptico (McClintock 1930, 792; Keller 1983; Comfort 2001; Kass y Bonneuil 2004). La abstracción rectilínea de su primera imagen de los cromosomas del maíz parece haberse desarrollado después en la representación geométrica que hizo del fenómeno que ella misma observó y transmitió en un «diagrama» que aparece en la página siguiente del mismo artículo. Tal diagrama se presenta en el pie de la figura original como una explicación a lo que sus ojos y sus manos vieron y representaron como «complejo de intercambio» y que explica en el texto como un anillo formado por cuatro cromosomas (figura 6). Una de las figuras del artículo es un dibujo naturalista que parece describir con su trazo realista lo que observó a través de las lentes; la otra es un esquema explicativo. Estos fueron algunos de sus primeros dibujos de intercambio de segmentos de cromosomas durante la división celular que, por los métodos de tinción que usó, le permitían distinguir las partes de un cromosoma que se habían integrado en

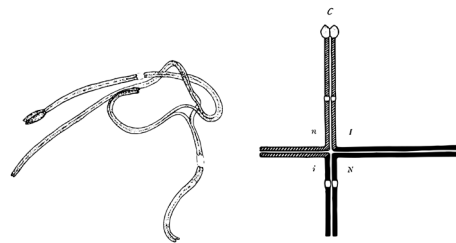


Figura 6

Barbara McClintock. *Complejo de intercambio cromosómico*, 1930. En McClintock (1930, 792 y 793).

otro para producir ese anillo o estructura compuesta por cuatro cromosomas. En sus propias palabras, había retratado una «traslocación recíproca» entre cromosomas (McClintock 1930, 794); es decir, dos cromosomas se habían intercambiado partes.

En esa década de 1930, McClintock compartió en la Universidad de Cornell sus trabajos sobre la genética del maíz con Marcus Rhoades, Rollins Emerson, Harriet Creighton, Charles Burnham, Harold Perry y H. W. Lee. El reconocimiento de Rhoades nada más llegar a la estación fue el principio del respeto de sus colegas por McClintock: admiraron sus preguntas de investigación y sus intereses. El grupo mantenía intercambios (seminarios) diarios sin profesores, solo Emerson se unía a veces (Keller 1983, 48-49; Fedoroff y Botstein 1992).

Para obtener tal imagen tan clara, McClintock utilizó varias técnicas que hicieron visibles los cromosomas. Estudió la división celular de los cromosomas del maíz en un momento temprano de ese proceso y aprendió a presionar la placa de la muestra de manera suave para romper la membrana celular y dejar los cromosomas a la vista (lo que se conoce como *squashing*, que habían practicado citogenetistas en esos años, entre ellos Blakeslee (Comfort 2001, 51). La producción de las imágenes, poder verlas al microscopio de manera infundible, evitando que cromosomas de una misma célula se superpusieran entre sí, requería esos experimentos preparatorios, experiencias de artesanía manual en el laboratorio que producía claridad en la muestra.

En el orden cronológico de la serie de imágenes, la obra seleccionada de Khidekel y la de Moholy-Nagy preceden a la de McClintock. En la imposible adjudicación de relaciones directas de la genetista de Cornell con estos artistas europeos, podría decirse que pertenecen

Recursos experimentales y formales: entrelazamientos

a la misma cultura de representación que, precisamente en ese tiempo de reivindicaciones políticas, conecta artes industriales y vida: unas artes para el pueblo que se elaboraban a partir de líneas simples, rectas y geométricas. Todo podía reducirse, presentarse en un complejo geométrico limpio, en el que unas obras se parecían a otras. Aunque no fueran iguales, estaban inspiradas por la misma escuela, por cursos compartidos, por aproximaciones metodológicas y por objetos (Bokov 2020) en el caso de Khidekel y Moholy-Nagy. La relación formal entre ambos artistas sugiere las conexiones entre Inkhuk-UNOVIS-Vkhutemas (Khidekel) y la Bauhaus (Moholy-Nagy). Anna Bokov propone que los modelos en barro que aparecen en las fotografías del archivo de Vkhutemas se parecen entre sí. Aunque distintos, son producto de lecciones sobre el uso de la arcilla en la elaboración de pequeñas propuestas arquitectónicas a partir de recursos geométricos sencillos. Eso mismo podría decirse de lo que los dibujos de McClintock, los cuales, junto a los que se han conservado de la escuela Vkhutemas y la de la Bauhaus, sugieren pertenecer a la misma cultura formal.

Las innovaciones científicas de McClintock —no solo su práctica experimental, sino también el hecho de que sea inseparable de su destreza dibujante creativa de esquemas— son contemporáneas a movimientos de escuelas que relacionaban políticas sociales, artes, artesanías e industrias. Para hacerse creíble y convencer de los fenómenos que observó, las pruebas que las imágenes que McClintock proporcionaban fueron protagonistas epistémicas. La cultura formal que parecen compartir esas obras de Khidekel y Moholy-Nagy se extiende a otros espacios, geográficos y profesionales, y que transitaron de la Vkhutemas y la Bauhaus, al laboratorio de genética de Cornell en Ithaca, Nueva York.

La vida cotidiana del laboratorio y del campo experimental, en donde ese grupo de genetistas del maíz trabajaba, incluía la mirada entrenada al microscopio para reconocer formas y experiencias de la biología, en placas de vidrio y en las propias plantas y sus partes —tallos, hojas, granos (véase Latour y Woolgar 1979)—. Y para esquematizarlas al amparo de la geometría, de los recursos formales de movimientos de las artes contemporáneas, McClintock produjo su propio diagrama (figura 6). Cultivaban las plantas tanto para observarlas y analizar sus partes a la vista como para estudiar sus cromosomas al microscopio. Las fotos de mazorcas, tallos y hojas se hacen corresponder con las formas tanto naturalistas como esquematizadas de sus cromosomas.

Había una comunidad en desarrollo que cultivaba el maíz en el campo experimental y en la placa de Petri. Firmaban en solitario, aunque esa práctica puede confundir, ya que trabajaban en equipo, formando parte de un grupo, como lo recordó Barbara McClintock, en conversación con Evelyn Fox Keller (1983). Su cultura visual no era el «saber solitario», cuya representación ha analizado de forma crítica Aurora Fernández Polanco (2019). En este caso, un trabajo de artesanía industrial queda situado, y a veces oculto, en el anonimato habitual propio de los dibujos de publicaciones científicas, inserto en esas geometrías de las vanguardias del periodo de entreguerras. Ese carácter artesanal muestra que es posible conectar «lo que podríamos llamar cultura material (funcional, industrial, popular, anónima) y arte (simbólico, intelectual, elitista, autorial)» (Blasco y Molins 2025).

En los cursos de Gráfica de la Vkhutemas (Bokov 2020), el círculo, el rectángulo y el triángulo eran formas geométricas básicas y elementos compartidos con la Bauhaus (Droste 2006). De la URSS a Alemania, de

Vkhutemas a la Bauhaus, en ese tránsito, Vasili Kandiski, otro de los participantes, estuvo siempre acompañado, pese a su protagonismo y fama pública e historiográfica. En la URSS había fundado y presidido el Inkhuk, dedicado a la investigación de «los elementos fundamentales de las artes en general y de cada arte en particular» (Gough 2005, 29). Allí impulsó una asociación de investigación teórica para el análisis interdisciplinar del arte. El estilo artístico personal de Kandinski se desarrolló en paralelo como pedagogo, teórico e investigador en las diferentes instituciones que transitó. El salto de la «abstracción expresionista de los años muniqueeses inmediatamente anteriores al estilo geométrico de su periodo en la Bauhaus» comienza a apreciarse durante los mismos años que presidió la Inkhuk, cuando adquiere las nociones estructurales del arte vanguardista ruso (Poling 1983, 14). Razones políticas, estéticas y personales se combinan para explicar los contactos formales entre la Vkhutemas y la Bauhaus, que dieron lugar a una cultura formal que parece haber circulado entre espacios profesionales. El grupo compuesto por Aleksander Rodchenko, Varvara Stepánova, Liubov Popova y Varvara Bubnova se concentró en el materialismo y en el arte de la producción —industrial también— y se les considera origen del constructivismo. Los debates con Kandinski, que creía en el arte puro, fueron el origen de su marcha a Alemania.

La artista plástica suiza Sophie Taeuber-Arp consideraba el círculo como contenedor del resto de las formas. A partir de la década de 1930, «Taeuber-Arp comenzó a producir obras sobre fondos monocromáticos

Sophie Taeuber-Arp y McClintock

en blanco y negro, en las que el juego dominante de círculos se ve contrastado por una ordenación de triángulos» (Lanchner 1981, 13) (figura 7, derecha). Profesora de la escuela de artes y oficios de Zurich, trabajó, entre otros materiales, con tejidos en unos proyectos de «arte total» —*Gesamtkunstwerk*— que se podrían relacionar con los de Sonia Delaunay. Se fotografiaron juntas muchas veces, y ese testimonio gráfico evidencia una relación; en una de esas fotos, datada en 1929, aparecen juntas en una playa con trajes de baño diseñados

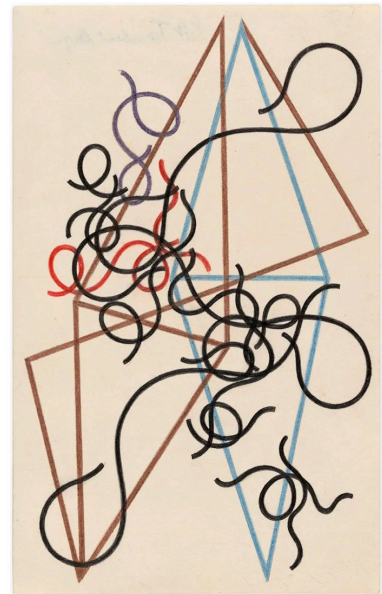
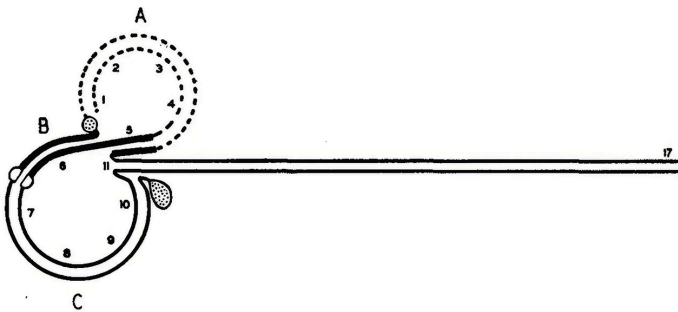


Figura 7

← Izquierda, Barbara McClintock. «Configuración sináptica» compuesta de dos cromosomas en el momento de la división celular en que se acercan entre sí e intercambian segmentos, 1941. En McClintock (1941, 239).

→ Derecha, Sophie Taeuber-Arp. *Lignes géométriques et ondoyantes*, 1941. Stiftung Arp e.V., Berlin/Rolandswerth. <https://commons.wikimedia.org>

por Delaunay (Mair 2018, 127). Uno de los trabajos más famosos de Taeuber-Arp fue su intervención en el café de L'Aubette de Estrasburgo en 1928, en colaboración con Theo van Doesburg, artista holandés del movimiento De Stijl, y con su propio marido, Hans Arp (Mair 2018).

Las obras de su última etapa (murió en 1943), aunque pudieran parecer abstractas, suelen contener motivos figurativos de estados emocionales. Este periodo de la carrera de Sophie Taeuber-Arp estuvo condicionado por el estallido de la Segunda Guerra Mundial y su exilio a Francia, durante el que recurrió a materiales modestos, como lápices de colores. *Lignes géométriques et ondoyantes* (1941) es un ejercicio sobre la tensión entre la curva —característica de sus exploraciones en la década de los treinta— y las líneas rectas de los triángulos. Estas últimas obras sintetizan sus dos grandes intereses: lo geométrico, presente en sus marionetas tempranas (figura 7), su acercamiento al movimiento De Stijl, y lo orgánico, reflejado en la fluidez de la línea curva que remite, también, a su formación como bailarina (Mair 2018).

En esa combinación de líneas curvas y rectas de Taeuber-Arp hay resonancias con las de Barbara McClintock al representar en 1940, una década después de los dibujos presentados más arriba, su composición de dos cromosomas (figura 7). Paralelos entre sí, esos dibujos están representados por trazos de dos grosores para reflejar los pedazos de cada uno que proceden del dibujado a su lado. Otra vez sugerimos evocaciones mutuas y culturas figurativas compartidas.

La morfología cromosómica que se investigaba, y sobre la que algunos genetistas de Estados Unidos publicaban durante el periodo de entreguerras, tiene conexiones formales y visuales con obras expuestas por artistas de esos mismos años. Este texto propone que

**Comentarios finales:
formalidades y geopolítica**

esas sintonías muestran una cultura visual común de gente de las ciencias y las artes que carecían de contacto directo entre sí. Al reunir formas para proponer evocaciones mutuas, las culturas visuales de las ciencias y de las artes plásticas del periodo de entreguerras, entre Europa (artes plásticas) y Estados Unidos (genetistas), exhiben morfologías compartidas, productos de un trabajo artesano que en el taller y en la mesa de laboratorio generaron experimentos que incluían sustancias y trazos cuya diversidad permite replantear creatividades. Trazados de prácticas experimentales y plásticas parecen haberse producido en conexión, como parte de una cultura formal compartida.

A lo largo del periodo de entreguerras, en la reciente URSS se crearon, entre otras, el UNOVIS, Afirmadores del Nuevo Arte (1919-1921); el LEF, Frente de izquierdas de las Artes (1923-1929); el Inkhuk, Instituto de Cultura Artística (1920-1924) y la escuela Vkhutemas (1920-1930) (Poling 1983; Gray 1986; Khan-Magomedov 1987; Gough 2005). La escuela de la Bauhaus en Alemania (Droste 2006) y el movimiento holandés De Stijl coincidieron también en ese periodo. Algunos miembros de ellas se movieron de una a otra, lo que pudo haber contribuido a la conexión entre sus ideas y sus prácticas de formación y artísticas, un *zeitgeist* (espíritu de tiempo) entrelazado por cruces de influencias mutuas (Arp y Lissitzky [1925] [1990]; Poling 1983; Stangos 2000). Las líneas circulares y geométricas superpuestas generaron combinaciones para el entrenamiento artístico y para diseños con aspiración de utilidad.

Los medios formales producidos en el taller artista y en el laboratorio de genética, en cada uno de sus espacios aparentemente separados o distantes, no fueron únicos. Convivían una diversidad de estilos creativos, aunque fuera en aparente lejanía geopolítica, cultural

y simbólica. La creatividad ha tomado muchas formas en un mismo periodo histórico: como muestra la historia crítica del arte y, más recientemente, también la historiografía de las culturas visuales de las ciencias, se han producido medios formales de complejidad comparable en diversos espacios expositivos. Este texto pretende mostrar que, durante el periodo de entreguerras, y hasta los primeros años de la Segunda Guerra Mundial, experimentos de la genética en Estados Unidos y de los talleres artesanos y artísticos en la URSS, Alemania y Holanda han compartido experiencias creativas. Las fronteras se han atravesado y con ello se hicieron borrosas. Sin que sintonizaran todas las imágenes de las ciencias con cualquier forma de arte, lo que sugerimos es una cultura formal, visual, mutuamente evocadora entre las vanguardias artísticas europeas y la imaginación genética de esquemas de ese mismo periodo. Unas proceden del polvorín político y cultural europeo, la otra de la paz lejana que llegaron a disfrutar en los laboratorios de Estados Unidos hasta que se involucraron con los aliados en la Segunda Guerra Mundial.

Pese a que los hombres conservan el protagonismo historiográfico tanto de la genética como de las prácticas de los espacios expositivos, muchas mujeres trabajaron en instituciones implicadas en los orígenes del diseño contemporáneo. Destacamos aquí a Ann M. Lutz y a Bárbara McClintock en la genética, y sus cualidades para producir imaginación sencilla, simple y despojada. Sus diagramas se presentan como propuestas para una evocación que incorpora a artistas de ese mismo periodo, cuyos recursos formales sintonizan con trazos posteriores, como es el caso de la obra de Sonia Delaunay y de la de Sophie Tauber-Arp, que participaron de algunos de los rótulos propios del arte funcional soviético y del diseño industrial alemán del periodo de entreguerras.

Las investigaciones para este capítulo son parte del proyecto de investigación «Ontologías híbridas: objetos científicos y culturas visuales entre la industria, la clínica y el laboratorio» (PID2019-106971GB-I00), subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Agradecimientos

Referencias bibliográficas

- ALPERS, Svetlana. 1987. *El arte de describir. El arte holandés en el siglo XVII*. Traducción de C. Luca de Tena. Blume.
- ANGUIANO DE MIGUEL, Aida. 2007. «Sonia Terk y la sociedad española (1914-1918). De la pintura no objetiva al diseño». En *Castilla-La Mancha: 25 años de autonomía*, coordinado por R. J. Pérez Redondo y A. Martín Cabello. ACMS, 306-315. https://acmspublicaciones.revistabarataria.es/wp-content/uploads/2017/11/Almagro.art_.20.2007.Aida_.306_315.pdf
- ARP, Hans, y EL LISSITZKY. [1925] 1990. *Die Kunstismen = Les ismes de l'art = The isms of art*. Eugen Rentsch Verlag.
- BLAKESLEE, Albert Francis, y AMOS G. AVERY. 1937. «Methods of inducing doubling of chromosomes in plants. By treatment with colchicine». *Journal of Heredity* 28, n.º 12: 393-412.
- BLASCO, Selina, y PATRICIA MOLINS. 2025. *Memorias, tejidos, museos. Los barrios bajos de la atención*. Ministerio de Cultura. <https://www.cultura.gob.es/cultura/museos/destacados/memoria-tejidos.html>
- BLEICHMAR, Daniela. 2016. *El imperio visible. Expediciones botánicas y cultura visual en la Ilustración hispánica*. Fondo de Cultura Económica.
- BOKOV, Anna. 2020. *Avant-garde as Method: Vkhutemas and the Pedagogy of Space, 1920-1930*. Park Publishing.
- CAMPOS, Luis, y ALEXANDER VON SCHWERIN. 2010. *Making Mutations: Objects, Practices, Contexts*. Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte.
- COMFORT, Nathaniel C. 2001. *The Tangled Field: Barbara McClintock's Search for the Patterns of Genetic Control*. Harvard University Press.
- CURRY, Hellen A. 2016. *Evolution Made to Order: Plant Breeding and Technological Innovation in Twentieth-Century America*. University of Chicago Press.
- DE CHADAREVIAN, Soraya. 2020. *Heredity under the Microscope: Chromosomes and the Study of the Human Genome*. University of Chicago Press.

- DROSTE, Magdalena. 2006. *Bauhaus, 1919-1933*. Taschen.
- FEDOROFF, Nina V., y David BOTSTEIN, eds. 1992. *The Dynamic Genome. Barbara McClintock's Ideas in the Century of Genetics*. Cold Spring Harbor Laboratory.
- FEDOROFF, Nina V. 1994. «Barbara McClintock [June 16, 1902-September 2, 1992]». *Genetics* 136: 1-10.
- FERNÁNDEZ POLANCO, Aurora. 2019. *Crítica visual del saber solitario*. Consonni.
- GOMBRICH, Ernest Hans Josef. 1980. *El sentido de orden. Estudio sobre la psicología de las artes decorativas*. Traducción de E. Riambau i Saur. Gustavo Gili.
- GOUGH, Maria. 2005. *The Artist as Producer: Russian Constructivism in Revolution*. University of California.
- GRAY, Camilla. 1986. *The Russian Experiment in Art, 1863-1922*. Thames & Hudson.
- HSU, Tao-Chiuh. 1979. *Human and Mammalian Cytogenetics: An Historical Perspective*. Springer-Verlag.
- KASS, Lee B., y Christophe BONNEUIL. 2004. «Mapping and Seeing: Barbara McClintock and the Linking of Genetics and Cytology in Maize Genetics, 1928-1935». En *Classical Genetic Research and its Legacy: The Mapping Cultures of Twentieth-Century Genetics*, coordinado por J.-P. Gaudillière y H.-J. Rheinberger. Routledge.
- KELLER, Evelyn F. 1983. *A Feeling for the Organism. The Life and Work of Barbara McClintock*. Freeman.
- KHAN-MAGOMEDOV, Selim O. 1987. *Pioneers of Soviet Architecture: The Search for New Solutions in the 1920s and 1930s*. Thames & Hudson.
- LAMATA, Ana M. 2017. *Superrealistas. Rayos X y vanguardias artísticas*. Marcial Pons - Fundación Jorge Juan.

- LANCHNER, Carolyn. 1981. *Sophie Taeuber-Arp*. Museum of Modern Art.
- LATOUR, Bruno, y Steve Woolgar. 1979. *La vida del laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Traducción de Eulalia Pérez Sedeño. Alianza.
- LUTZ, Anne M. 1912. «Triploid Mutants of *Oenothera*». *Biologisches Centralblatt* 32, 7: 385-435.
- MAIR, Roswitha. 2018. *Sophie Taeuber-Arp and the Avant-Garde: A Biography*. University of Chicago Press.
- MARCAIDA, José Ramón, y Juan PIMENTEL. 2011. «Dead Natures or Still Lives? Science, Art, and Collecting in the Spanish Baroque». En *Collecting Across Cultures. Material Exchanges in the Early Modern Atlantic World*, editado por Daniela Bleichmar y Peter C. Mancall. University of Pennsylvania.
- McCLINTOCK, Barbara. 1929a. «Chromosome Morphology in Zea Mays». *Science* 69, n.º 1798: 629. <https://doi.org/10.1126/science.69.1798.629>
- McCLINTOCK, Barbara. 1929b. «A Cytological and Genetical Study of Triploid Maize». *Genetics* 14, n.º 2: 180-222. <https://doi.org/10.1093/genetics/14.2.180>
- McCLINTOCK, Barbara. 1930. «A Cytological Demonstration of the Location of an Interchange between Two Non-Homologous Chromosomes of Zea Mays». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 16, n.º 12: 791-796. <https://doi.org/10.1073/pnas.16.12.791>
- McCLINTOCK, Barbara. 1941. «The Stability of Broken Ends of Chromosomes in Zea Mays». *Genetics* 26, n.º 2: 234-282. <https://doi.org/10.1093/genetics/26.2.234>
- McKUSICK, Victor A. 1985. «Marcella O'Grady Boveri (1865-1950) and the Chromosome Theory of Cancer». *Journal of Medical Genetics* 22, n.º 6: 431-440. <https://doi.org/10.1136/jmg.22.6.431>

- MOZGOVA, Viktoriya K. 2017. «VKHUTEMAS y su papel en el diseño posrevolucionario soviético». *Revista Eviterna* 1, n.º 1: 45-56. <https://doi.org/10.24310/Eviternare.v1i1.8208>
- POLING, Clark V. 1983. *Kandinsky: Russian and Bauhaus Years, 1915-1933*. Solomon R. Guggenheim Museum.
- REGO ROBLES, Miguel Ángel. 2020. «Nuevas formas de habitabilidad y relación con el mundo: Gordon Matta-Clark y Tomás Saraceno». *Accesos. Prácticas Artísticas y Formas de Conocimiento Contemporáneas* 3: 162-175.
- REGO ROBLES, Miguel Ángel. 2023. «Stereoscopic Vision in Wilfrid Sellars' Thought: Ontological Approaches through Post-Contemporary Art». *Artnodes. Revista de Arte, Ciencia y Tecnología* 32: 1-9. <https://doi.org/10.7238/artnodes.v0i32.410394>
- RICHMOND, Marsha L. 2007. «Muriel Wheldale Onslow and Early Biochemical Genetics». *Journal of the History of Biology* 40: 389-426.
- RICHMOND, Marsha L. 2006. «The "Domestication" of Heredity: The Familial Organization of Geneticists at Cambridge University, 1895-1910». *Journal of the History of Biology* 39: 565-605.
- RICHMOND, Marsha L. 2010. «Women in Mutation Studies: The Role of Gender in the Methods, Practices, and Results of Early Twentieth-Century Genetics». *Campos and Schwerin, Making Mutations: Objects, Practices, Contexts*: 11-48.
- ROBERTS, Lissa, Simon Schaffer y Peter Dear, eds. 2007. *The Mindful Hand: Inquiry and Invention from the Late Renaissance to Early Industrialization*. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.
- SANTESMASES, María Jesús. 2002. «¿Artificio o naturaleza? Los experimentos en la historia de la biología». *Theoria* 17, n.º 44: 265-289.

- SANTEMASES, María Jesús. 2013. «The Biological Landscape of Polyploidy: Chromosomes under Glass in the 1950s». *History and Philosophy of the Life Sciences* 35, n.º 1: 91-97. <http://www.jstor.org/stable/43862146>
- SANTEMASES, María Jesús. 2014. «Human Chromosomes and Cancer: Tumors and the Geographies of Cytogenetic Practices, 1951-1956». *Historical Studies in the Natural Sciences* 45, n.º 1: 85-114.
- SANTEMASES, María Jesús. 2017. «Circulating Biomedical Images: Bodies and Chromosomes in the Post-Eugenic Era». *History of Science* 55, n.º 4: 395-430.
- SANTEMASES, María Jesús. 2020a. «Women in Early Human Cytogenetics: An Essay on a Gendered History of Chromosome Imaging». *Perspectives on Science* 28, n.º 2: 170-200. https://doi.org/10.1162/posc_a_00337
- SANTEMASES, María Jesús. 2020b. «Standard Making in Cytogenetics: The Manufacture, Circulation and Reproduction of Chromosome Images». *Journal of History of Science and Technology* 14, n.º 1: 27-54. <https://doi.org/10.2478/host-2020-0004>
- SATZINGER, Helga. 2008. «Theodor and Marcella Boveri: Chromosomes and Cytoplasm in Heredity and Development». *Nature Reviews Genetics* 9, n.º 3: 231-238.
- SMITH, Pamela H. 2004. *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*. University of Chicago Press.
- STAFFORD, Barbara M. 1999. *Visual Analogy: Consciousness and the Art of Connecting*. MIT Press.
- STANGOS, Nikos. 2000. *Conceptos del arte moderno. Del fauvismo al posmodernismo*. Destino/Thames & Hudson.
- WILSON, Edmund B. 1925. *The Cell in Development and Heredity*. Macmillan.

Pablo Álvarez Couso (Madrid, 1962): Doctor en Bellas Artes por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) (2014) y licenciado en Historia del Arte por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) (2002). Posee estudios en Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones (especialidad Imagen y Sonido) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (1986-1990). Máster en Fotografía Profesional en EFTI (1995-1996). Desde 2014, es profesor en el Departamento de Diseño e Imagen de la UCM, y lo fue también en la Universidad Francisco de Vitoria (2014-2020). Impartió docencia en Institutos de Enseñanza Secundaria como profesor de Equipos y Sistemas Electrónicos en Ciclos Formativos de grado superior y grado medio de Formación Profesional desde 1990. Como fotógrafo ha colaborado con varios estudios de arquitectura, publicando en revistas del sector. Acompañó al estudio MTM Arquitectos en la VIII Bienal de Venecia de Arquitectura como artista invitado. Sus líneas de investigación se centran en el uso de la tecnología en el arte contemporáneo, en especial, la revolución del medio fotográfico en su transición al universo digital.

Francisco Antequera Márquez (Cáceres, 1958): Doctor en Biología por la Universidad de Salamanca. Es Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y miembro de la European Molecular Biology Organization (EMBO). Realizó su investigación posdoctoral en el Centre for Cell Biology (Edimburgo) y en el Institute of Molecular Pathology (Viena). Dirige un laboratorio de investigación en el Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG), CSIC-Universidad de Salamanca, que estudia la estructura, función y evolución del genoma eucariótico. Los resultados de su grupo de trabajo han sido publicados en revistas de primera línea y presentados en congresos y centros de investigación internacionales. Ha dirigido 17 tesis doctorales y es profesor del programa de doctorado en Biología Funcional y Genómica de la Universidad de Salamanca.

Carmen Ayala Rodríguez (Valladolid, 2002): Es graduada en un ciclo formativo de grado superior en técnicas escultóricas. Actualmente cursa el grado en Bellas Artes en la Universidad de Salamanca. Su trabajo se centra en el estudio del volumen, la materia y la relación entre forma y espacio, con especial interés en los procesos escultóricos contemporáneos. En esta etapa inicial de su trayectoria artística, Carmen combina la técnica con la exploración conceptual. Su práctica se caracteriza por la sensibilidad hacia los materiales y su compromiso constante con el aprendizaje y la investigación en el arte plástico.

Manuel Barbero Richart (Murcia, 1967): Doctor en Bellas Artes. Compagina la docencia con su actividad artística. Ha sido profesor en la Facultad de Bellas Artes de Cuenca y, actualmente, en la Universidad Complutense de Madrid. Ha publicado libros y artículos en diferentes editoriales: SM, Cátedra, Revista para el Arte, Avam, Revista de la Universidad de Alcalá, UCM, UCLM. Ha disfrutado de varias becas de investigación artística dentro y fuera de España: beca de Investigación de la Comunidad de Castilla-La Mancha en la Facultad de Bellas Artes de Cuenca; Escuela de Bellas Artes de la UNAM (México); Departamento de Estudios Hispánicos (Brown University, EE. UU.). Ha expuesto en distintas instituciones y galerías de arte nacionales e internacionales (Galería Estampa, Galería Max Estrella, Galería Blanca Soto, R. J. Botánico, Art Madrid, COAM, Museo de la Evolución Humana, Centro de Arte Complutense, Museo López Villaseñor, Matadero, Sangsangmadang (Seúl), La Galería (México), Museo Nogueira da Silva (Braga), Colegio de España (París).

Luis Castelo Sardina (Barruelo de Santullán, Palencia, 1961): Es artista, investigador y profesor titular de Fotografía en la Facultad de Bellas Artes de la UCM. Doctor en Bellas Artes (1995), su obra se sitúa en la confluencia entre arte, ciencia y tecnología. Ha impartido docencia en universidades de España, Colombia o Francia, y participado en festivales internacionales de fotografía como PhotoEspaña. Su obra fotográfica forma parte de colecciones como el Museo Reina Sofía o el Real Jardín Botánico. Es autor de libros como *Del ruido al arte* y *Herbarios imaginados*, y miembro del grupo de investigación IMPACT. Su enfoque interdisciplinar aborda la imagen, la naturaleza y los dispositivos técnicos contemporáneos.

Laura Durán Prieto (Madrid, 1984): Licenciada en Bioquímica (2008) y doctora por la Universidad de Salamanca (2015); máster en Análisis de Datos Multivariantes (2015) y diploma de Especialización en Bioinformática y Genómica Computacional (2022). Es miembro del Grupo Organización Funcional del Genoma Eucariótico, en el IBFG (CSIC-Universidad de Salamanca), desde 2016. En los últimos años se ha especializado en el análisis de datos genómicos. Los resultados de sus trabajos se han publicado en revistas con alto índice de impacto. Es profesora externa del Diploma de Especialización en Bioinformática y Genómica Computacional, de la USAL.

José Carlos Espinel (Salamanca, 1984): Artista, docente e investigador. Su trabajo se centra en la exploración de la sostenibilidad en el arte y en el diálogo entre tecnologías digitales y prácticas plásticas tradicionales. Es licenciado en Bellas Artes por la UCM (2007), donde también obtuvo el máster en Investigación en Arte y Creación (2008) y el doctorado en Bellas Artes. Su tesis doctoral abordó el uso del prototipado digital aditivo en la escultura de pequeño formato. En 2010, llevó a cabo una estancia de investigación predoctoral en la University of California. Es miembro fundador de The Algae Society, un colectivo internacional que vincula ciencia y arte. Dirige el Grupo de Investigación Complutense Sostenibilidad, Ciencia y Arte. Es profesor en el Departamento de Escultura y Formación Artística de la Facultad de Bellas Artes de la UCM.

Vanessa Gallardo Fernández (Soria, 1984): Doctora en Arte, Producción e Investigación por la Universidad Politécnica de Valencia. En su tesis «La estampa que habita el espacio. Arte múltiple e instalación», formula una nueva visión de gráfica expandida relacionada con la multiplicidad y su carácter transdisciplinar. En esta exploración esboza una nueva gráfica que rapta e invade el espacio, vinculando arte múltiple e instalación. Compagina su labor docente en la Facultad de Bellas Artes de la USAL con su labor investigadora, como miembro de ITACA (Investigación y Transferencia en Arte y Cultura Audiovisual), grupo de investigación de la USAL, cuyas investigaciones incluyen conexiones entre arte y ciencia. Sus líneas de investigación y de producción artística se centran en los límites de procesos interdisciplinarios contemporáneos, poniendo el foco en las sinergias en torno a la multiplicidad, la instalación y la pintura. Su obra ha sido premiada y seleccionada por centros y certámenes de prestigio nacional e internacional.

Alicia García Martínez (Valladolid, 1984): Licenciada en Biología (2007) y en Bioquímica (2011), y doctora en Biología (2012) por la Universidad de Salamanca (USAL). Es miembro del Grupo Organización funcional del Genoma Eucariótico, en el IBFG (CSIC-Universidad de Salamanca) desde 2013. Su investigación se centra en estudiar la organización en cromatina del genoma eucariótico y su impacto en otros

procesos biológicos, como la expresión génica o la reparación del daño en el ADN. Los resultados de sus trabajos han sido publicados en revistas especializadas con alto índice de impacto. Es profesora externa del Diploma de Especialización en Bioinformática y Genómica computacional, de la USAL.

Elsa Gil Benito (Madrid, 1999): Estudiante de doctorado especializada en biodiseño, en la intersección entre biología, arte, diseño y tecnología. Su tesis fue defendida en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid. Es investigadora con contrato predoctoral asociado a la Universidad de Diseño, Innovación y Tecnología (UDIT), a la que está vinculada como miembro del grupo de investigación de Diseño Integral Regenerativo. Ha publicado en revistas como *The Design Journal* y ha expuesto en diversas ferias de renombre como la Dutch Design Week, la Milan Design Week o la Surface Design Show de Londres.

José Gómez-Isla (Madrid, 1966): Licenciado (1989) y doctor en Bellas Artes por la UCM (1997). Profesor titular e investigador en distintas universidades españolas: Universidad Europea de Madrid, Universidad de Salamanca y, actualmente, en la UCM. Imparte cursos de doctorado y máster en universidades como la Universidad de Puerto Rico, Universidad de Buenos Aires, Universidad de la Plata o Universidade do Porto. *Visiting scholar* en la Harvard University (2017-2018). Compatibiliza su docencia e investigación con la crítica de arte y el comisariado de exposiciones en centros nacionales e internacionales. Ha publicado libros de arte y fotografía, así como ensayos y artículos en revistas especializadas en arte y comunicación. Sus líneas de investigación se centran en cultura visual, fotografía, arte, ciencia, tecnología y sus implicaciones sociales y culturales. Pertenece al grupo de investigación IMPACT (UCM) y anteriormente a ITACA (USAL).

Aquilino González Barrio (León, 1961): Artista interdisciplinar, docente e investigador. Su búsqueda se ha centrado en el pensamiento humano, la reflexión sobre la naturaleza, así como la exploración y creación del espacio artístico. Licenciado en Bellas Artes (especialidad de Escultura) por la Universidad de Salamanca (1993), completó sus estudios con el máster de Arquitectura y Diseño de Interiores (2005). Es integrante del grupo de investigación (CEXEXX/XXI ESCULTURA EXPANDIDA) (2019). Fue artista en residencia (2001/2008) en la universidad norteamericana de Middlebury College (Vermont). Ha expuesto en Europa y EE. UU., con varios premios y obras adquiridas en distintas instituciones y universidades. Actualmente realiza su tesis doctoral y compagina su labor artística con la docencia en grado y máster en la USAL.

Carmen González (Salamanca, 1973): Licenciada en Bellas Artes (2000) y doctora en Estética y Teoría del Arte por la Universidad de Salamanca (2008). Ha realizado estancias de investigación artística en Northwestern University, Chicago (EE. UU., 2004); Changdong National Art Studio, Seúl (Corea del Sur, 2007); Bauhaus Universität Weimar (Alemania, 2013) y Crawford College of Art & Design, Cork (Irlanda, 2016, 2017 y 2019). Desde 2012 ha compaginado la creación artística con la docencia en Pintura, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Salamanca, y desde 2016 es miembro del grupo de investigación reconocido de la Universidad de Salamanca ITACA.

Juan Sebastián González (Badajoz, 1979): Es artista, docente e investigador. Su obra se vincula profundamente con la naturaleza, la ciencia y la biodiversidad. Desde una práctica contemporánea, explora

las relaciones entre el ser humano y su entorno natural, combinando estética, pensamiento crítico y conocimiento interdisciplinar. Doctor en Historia del Arte y Bellas Artes (2017) y licenciado por la Universidad de Salamanca (2005), complementa su formación con estudios musicales en las especialidades de piano y acordeón en el Conservatorio Superior de Música de Badajoz. Ha recibido numerosos premios y becas, y ha expuesto en Europa, Asia y América. Actualmente, compagina su labor artística con la docencia y la investigación en la USAL, como investigador responsable del grupo de investigación reconocido ITACA y colaborador en el grupo IExCO, ambos de la USAL.

Martha Marisol Guayllas Macas (Torre-Pacheco, Murcia, 2002): Artista visual especializada en pintura y diseño gráfico. Licenciada en Bellas Artes por la Universidad de Salamanca (2024), ha centrado su trabajo en la representación del cuerpo en diálogo con el campo, temática que desarrolló en profundidad en su trabajo de fin de grado, influida por su experiencia personal en un entorno agrícola. Su obra reflexiona sobre identidad, territorio y memoria corporal. Actualmente, amplía su práctica artística incursionando en medios digitales y diseño visual, cursando un grado superior en Gráfica Publicitaria (2025). Su enfoque combina técnicas tradicionales con lenguajes contemporáneos, explorando nuevas formas de narrar lo íntimo y lo rural a través de la imagen.

María de Iracheta Martín (Madrid, 1982): Es doctora en Bellas Artes por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente compagina la docencia en la facultad de Bellas de Artes (UCM) con la investigación y su proyecto artístico, que gira en torno a la identidad, las nuevas tecnologías y el *concept art*. Para ello hace uso de diferentes narrativas visuales, entre las que prevalece el dibujo, la imagen digital o la animación. Su obra más personal ha sido expuesta en ferias como ARCO o ESTAMPA y en diversas galerías tanto nacionales como internacionales. En paralelo ha trabajado en cine y publicidad, en dirección artística y *concept art*.

Silvia Carmen López Rebollo (Madrid, 1980): Licenciada en Bellas Artes por la UCM (2005). Becada por el Programa Erasmus en Wimbledon School of Arts, Londres (Reino Unido). Ha expuesto en Affordable Art Fair (Nueva York, 2012), en Room Art Fair (Madrid, 2012), en el Premio Ibercaja Pintura Joven (Museo Ibercaja Camón Aznar, Zaragoza, 2012), en Art International (Zurich, 2013), en el concurso de artes plásticas Hotel Four Seasons (Madrid, 2017), o en el KoMASK Award Masters Salon Painting (Bélgica, 2017), entre otros. Es máster en Investigación en Arte y Creación por la UCM (2018). Investiga sobre las relaciones entre el arte, la ecología y la sostenibilidad, creando obras procesuales transdisciplinares con organismos vegetales vivos. Recibió el Premio Emprendedor Universitario de la UCM (2019), en la categoría TFM en Artes y Humanidades, en su IX Edición. Se encuentra inscrita en programa doctorado en la UCM.

Clara I. Lurueña Miguel (Salamanca, 1972): Artista visual e investigadora especializada en las relaciones entre naturaleza, mujer, espiritualidad y ciencia. Es licenciada en Bellas Artes (Pintura y Escultura) por la USAL (1995-1997). Desarrolla su actividad profesional como artista visual, ilustradora y diseñadora. Participa en proyectos culturales individuales y colectivos, a los que contribuye con sus obras y su visión en torno a conceptos como lo doméstico, la naturaleza, la ecología, la femi-nidad, la meditación, la comunicación, lo rural, la memoria, lo arcaico o lo ritual. Ha participado en numerosas exposiciones y proyectos a lo largo de 27 años de trayectoria, destacando últimamente

las siguientes: «Human Gravity» (Turín), «Transformations» (Igualada), «Arqueología performática» (Madrid), instalaciones land art (Sierra de Salamanca), «HUSO espacio» (Salamanca), «21g36h» (Salamanca), «Íntimo I-II» «Carnívoras», «Aprox» (Salamanca), «Reciclaje columna ascendente» (Valdelarte-Huelva), «Museo efímero» (Villarejo de Salvanés-Madrid), «It's coming (Salamanca)», «Ausencia-presencia» (Salamanca) o «Ubi es?». Como docente imparte talleres (acuarela, cómic o dibujo) en instituciones tanto públicas como privadas.

Laura de Miguel Álvarez (Madrid, 1980): Profesora e investigadora del Departamento de Dibujo y Grabado en la Facultad de Bellas Artes de la UCM, en el área de Proyectos. Doctora en Bellas Artes (2010) y licenciada en Bellas Artes (2004) por la UCM. Actualmente es docente de Proyectos y Producción Artística. Su labor académica se complementa con una práctica artística multidisciplinar: ha comisariado exposiciones colectivas e individuales, y dirige piezas audiovisuales (documentales y animación) centradas en visibilizar realidades a menudo invisibles. Su enfoque teórico y creativo plantea lo gráfico y visual como herramienta para acercar conceptos complejos a nuestra experiencia vital cotidiana. Más allá de su faceta profesional, Laura es una persona entusiasta y accesible, amante de las pequeñas cosas. Valora profundamente la amistad y las conexiones humanas.

Idoia Ortega Rodríguez (Santander, 1979): Licenciada en Bellas Artes por la UCM. Completó su formación académica al estudiar el máster de Fotografía Digital en el Centro Internacional de Fotografía y Cine EFTI, además del máster de Investigación en Arte y Creación, en la UCM. En la actualidad su investigación doctoral se desarrolla en torno a la imagen digital y el paisaje. Ha participado en diversas exposiciones, entre las que cabe destacar el Festival de Arte Emergente Franqueados, JustMAD (Madrid, 2017) o el máster Printmaking (en la Real Academia de Bellas Artes de Amberes, Bélgica). Además, ha participado en el programa internacional IMACLA (2019) con la colaboración de la Facultad de Bellas Artes de la UCM (Madrid) y la Academia Nacional de las Artes de Oslo (KHiO), Noruega.

Elena Pou Merina (Madrid, 1982): Licenciada en Comunicación Audiovisual por la Universidad CEU San Pablo. Desde 2011 se especializó en la fotografía y las artes, y se formó en la escuela EFTI (Madrid), en el International Center of Photography (ICP, New York) y en la School of Visual Arts (SVA, New York). Posteriormente realizó el máster en Investigación en Arte y Creación (UCM, Madrid). En 2019 comenzó sus estudios de doctorado en la Facultad de Bellas Artes de la UCM y participó en el grupo permanente de investigación En los Márgenes del Arte. Ensayando Comunidades, de la Subdirección General de Bellas Artes de la Comunidad de Madrid. Ha participado en diversas exposiciones en New York (en Soho Gallery for Digital Art, en SVA y en Photoville, 2013), así como en Madrid (en Espacio Oculto, 2014 y 2015, en JustMAD08 y en Casa Decor, 2017).

Miguel Ángel Rego Robles (Madrid, 1985): Profesor ayudante doctor en el Área de Escultura en la Universidad Rey Juan Carlos, con un sexenio de investigación reconocido por ANECA. Doctor Internacional en Bellas Artes por la Universidad Complutense de Madrid y el CSIC mediante contrato FPU (2016-2021). Realizó estancias académicas en la Universidad Nacional Tres de Febrero (2019) y la Universidad de Buenos Aires (2020). Su investigación se centra en las relaciones entre arte

y neurociencias, con participación en proyectos I+D+i financiados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España. Ha publicado en revistas científicas y ha expuesto su obra en contextos nacionales e internacionales. Es miembro de los grupos de investigación Cultura Visual y Prácticas Artísticas Contemporáneas (URJC) e Investigación, Arte, Universidad: Documentos para un Debate (UCM).

Pablo Sánchez Herrero (Salamanca, 1977): Artista plástico especializado en muralismo. Licenciado en Bellas Artes por la USAL (2001). Ha colaborado en proyectos de arte público en ciudades y pueblos de distintos países. Estos nacieron con un marcado carácter regenerativo, sosteniendo diversas líneas de acción social, pedagogías alternativas o concienciación medioambiental. Entre estos proyectos se encuentran: A Mano Cultura (Salamanca, 2012 / Madrid, 2018 / Valladolid, 2018), PROCONTRA (Stavanger, Sandnes, Noruega, 2012), Galería Urbana del Barrio del Oeste (Salamanca, 2013), Memorie Urbane (Lacio, Italia, 2014-2015), Emergence Urban Action (Giardini Naxos, Italia, 2014), Art en Ville (París, Francia, 2015), Pintó la Isla (Buenos Aires, 2016), Cvtá Street Fest (Molise, Italia, 2016), Libro Abierto (Salamanca, 2016), MSAP (Madrid, 2014 y 2023) o Vía Oeste (Salamanca, 2023-2024). Combina el mural con la producción de obra en tinta china sobre papel. Ha impartido talleres murales participativos y colaboraciones en diversos centros temáticos para ofrecer vías alternativas de sensibilización desde la artesanía y el humanismo.

Francisco Sánchez Rico (Villar de Vildas, Asturias, 1948): Estudiante de grado en Bellas Artes (USAL). En su obra profundiza sobre la conexión entre arte y ciencia, realizando un TFG en esta misma línea, con el título «Arte y Ciencia como forma de entender la realidad». Ha realizado un máster en Enología (Escuela Técnica de Ingeniería Agrícola de Madrid). Ha cursado el Programa de Dirección General (PDG) en el IESE Business School. Ha participado en los encuentros de la Facultad de Bellas Artes (USAL) en ValdelArte, Centro de Arte Contemporáneo Medioambiental (Valdelarco, Huelva, 2023 y 2024). Actualmente está jubilado. Sigue muy interesado en continuar con sus estudios de Bellas Artes en la USAL, a través de la investigación y la producción de obra gráfica en tres dimensiones.

María Jesús Santesmases (Madrid): Profesora de Investigación del CSIC en el Instituto de Filosofía (IFS), CSIC. Investiga sobre historia y epistemología de la biología y la biomedicina del siglo xx. Sus publicaciones recientes tratan de la participación de las mujeres y el género en la historia de la genética, la historia de la imagería del embarazo y la participación de las mujeres en la microbiología y los estudios sobre resistencias a los antibióticos. Entre ellas, «The Public Fetus in Franco's Spain: Women, Doctors, and Feminists in the Circulation of Images of Pregnancy». En Elisabet Björklund and Solveig Jülich, eds.: *The Coming of Age of the Public Fetus*. Rutgers University Press, 2024; «Gendered Images of Chromosomes». En Maria Rentetzi, ed.: *The Gender of Things: How Epistemic and Technological Objects Become Gendered*. Routledge, 2024; y junto a Ana Romero de Pablos, la edición del monográfico, *Ontologías híbridas: materiales, género y culturas experimentales*, dossier de *Dynamis*, 42 (2023).

Laura Rodríguez Santos (Salamanca, 1996): Graduada en Biología (2018) y Doctora en Biología (2025) por la Universidad de Salamanca (USAL), Diploma de Experto en Bioinformática y Genómica

Computacional (2025). Miembro del Grupo Organización Funcional del Genoma Eucariótico en el IBFG (CSIC-Universidad de Salamanca) desde 2018. Su trabajo se centra en la regulación de la expresión génica mediada por la cromatina, factores de transcripción y elementos de secuencia del ADN.

María Reina Salas Alonso (Salamanca, 1959): Docente e investigadora especializada en obra múltiple. Actualmente es profesora titular de universidad en la Facultad de Bellas Artes de Salamanca. Licenciada en Bellas Artes por la Universidad de Sevilla. Diplomada en la especialidad de Grabado Calcográfico obtenido en la Escuela Internacional para la Gráfica de Arte Il Bisonte, en Florencia, Italia. Fue becaria del Plan de Formación de Personal Investigador en la Universidad de Salamanca. Es doctora en Bellas Artes por la Universidad de Salamanca. Ha ejercido docencia como profesora invitada en las universidades de Venecia, Nápoles, Bolonia y Lecce, en Italia. Su obra se desarrolla fundamentalmente en el campo de la imagen múltiple, en el que también lleva a cabo su investigación. Pertenece al grupo de investigación reconocido ITACA.

Manuel Sesma Prieto (Segovia, 1970): Doctor en Bellas Artes por la Universidad de Barcelona. Es profesor, investigador, editor y traductor especializado en tipografía. Inició su trayectoria profesional como fotógrafo y diseñador gráfico, para pasar posteriormente al mundo académico. Durante más de una década ha codirigido Tipo e Editorial, un proyecto dedicado a la edición de libros sobre tipografía en el contexto hispanoamericano. Ha impartido clases en diversas instituciones de enseñanza superior en España, tanto públicas como privadas. Es profesor en el grado de Diseño de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), donde actualmente ocupa el cargo de director del Departamento de Diseño e Imagen.

Dusan Vrga Tasic (Belgrado, Serbia, 1962): Artista plástico. Se formó en la Escuela de Diseño de Belgrado. Licenciado en la Facultad de Bellas Artes de Belgrado (1986), también curso el máster de Pintura en esa misma facultad (1988). Ha sido becado por el Ministerio de Asuntos Exteriores de España (1990) y por la Fundación Pollock-Krasner Inc. New York (2000). También disfrutó de la Beca Cité Internationale des Arts, París (2003). Ha sido corresponsal de OArt Channel TV Paris. Miembro de la Asociación de Artistas Plásticos de Serbia (ULUS) y de la Asociación Internacional de Artistas Profesionales (IAA AIAP), UNESCO, París. Ha realizado 18 exposiciones individuales y 43 colectivas en diversos países como España, Japón, Bélgica, Taiwán, Tailandia, Andorra, Francia, Italia, Portugal y Serbia. Vive y trabaja en Madrid desde 1992.

Inmaculada Zoilo Gutiérrez (Sevilla, 2001): Su práctica fotográfica se centra en la construcción de una narración visual a través de la puesta en escena, reconstruyendo la realidad para reflexionar y argumentar sobre ella. Graduada en Bellas Artes por la Universidad de Sevilla (2023) y máster universitario en investigación en Arte y Creación por la UCM (2024). Ha participado en diversas exposiciones colectivas: «Como en un salón abandonado», en Espacio Laraña (Sevilla, 2024), «La cuestión palpitante», en Centro de Arte Complutense (Madrid, 2024) y «Outsiders VOL. 1» (2024) y «Outsiders VOL. 2» (2025), en la Galería Zunino (Sevilla). Ha colaborado en la cuarta y quinta edición de la Feria del Libro Fotográfico de la Galería Est_Art (Madrid). Actualmente es investigadora predoctoral en la Universidad Complutense de Madrid.

ADN: Siglas de ácido desoxirribonucleico. El ADN es el componente fundamental de los cromosomas y lo que constituye el genoma. Está compuesto por cuatro tipos de unidades estructurales diferentes denominadas desoxirribonucleótidos. Su sucesión a lo largo de la molécula de ADN es lo que se denomina *información genética*, que difiere entre las distintas especies y les confiere características específicas a cada una de ellas. La estructura en doble hélice característica del ADN permite la síntesis de moléculas idénticas a la original para transmitir la información genética de una generación a la siguiente.

alelo: Cada una de las diferentes versiones de un mismo gen que son responsables de algunas de las diferencias entre individuos de la misma especie, como el color de los ojos o los grupos sanguíneos. Cada humano tiene dos alelos de cada gen, cada uno procedente de un progenitor. Si los dos alelos del mismo gen son iguales, el individuo es homocigótico para ese gen; si son diferentes, es heterocigótico.

aminoácido: Cada una de los 20 elementos que forman las proteínas. Todos tienen en común un grupo amino (-NH₂) y uno carboxilo (-COOH), además de un grupo lateral específico que confiere propiedades diferentes a cada uno. Los aminoácidos forman cadenas en las que el grupo amino de uno de ellos forma un enlace con el grupo carboxilo del aminoácido siguiente. Esas cadenas son las proteínas, que adoptan estructuras tridimensionales y que poseen propiedades diferentes en función de la distribución de sus aminoácidos (véase código genético). Algunos aminoácidos son sintetizados por el organismo, pero otros, denominados *esenciales*, no lo son, y deben ser ingeridos en la dieta.

antropoceno: Término acuñado por el químico Paul Crutzen en 2000. Este término define un nuevo periodo en la edad geológica de la Tierra, donde los efectos de la actividad humana han conseguido alterar el equilibrio natural del planeta. Los cambios producidos durante este periodo son tan profundos y radicales que han sido comparados con los de otras fuerzas geológicas de periodos anteriores. El impacto de la sobreexplotación humana de los recursos naturales y la contaminación se ha medido y demostrado científicamente a través de fenómenos como el cambio climático, el calentamiento global —por emisión de gases de efecto invernadero—, la pérdida de biodiversidad o la deforestación.

artes plásticas: Actividad propia de la especie humana que implica la creación de obras sensibles realizadas con materiales y técnicas diversas, a través de disciplinas como la pintura, la escultura, el dibujo, el grabado, la cerámica, etc. Con estas obras, la humanidad ha querido representar y expresar, bien sea de modo naturalista, simbólico o abstracto, distintos aspectos y visiones de la realidad circundante. Con el concurso de la imaginación, las artes plásticas también son capaces de dar forma concreta a pensamientos abstractos, reflexiones, creencias, ideas o sentimientos personales y sociales.

artes visuales: Constituyen un conglomerado diverso de expresiones artísticas percibidas esencialmente a través de la vista. Este amplio espectro incluye tanto a las artes plásticas tradicionales (pintura, escultura, dibujo, grabado...) como a otro tipo de disciplinas que utilizan tecnologías audiovisuales u otros sistemas de registro, modelado o animación, como la fotografía, el cine, el video, el diseño gráfico, el 3D, el arte digital o el multimedia. Asimismo, las artes visuales incluyen otras manifestaciones artísticas contemporáneas como la *performance* o la instalación.

base nitrogenada: Véase desoxirribonucleótido.

Bauhaus: Fue una escuela de arte que estuvo en funcionamiento durante la República de Weimar (actual Alemania) entre 1919 y 1933, donde se desarrollaron todo tipo de artes visuales y artes aplicadas al diseño, la artesanía o la arquitectura. Su nombre proviene de los términos alemanes *bau* (construcción) y *haus* (casa). Fundada por el arquitecto Walter Gropius, la Bauhaus se caracterizaba por un enfoque innovador e integrador entre artes, artesanía y diseño, otorgando un protagonismo inédito a la funcionalidad de los productos artísticos en la sociedad. En esta escuela impartieron clase grandes artistas, diseñadores, artesanos, fotógrafos o arquitectos. Con el ascenso del partido nazi al poder en 1933, la escuela cerró sus puertas y la mayoría de sus profesores tuvo que emigrar fuera de Alemania.

bioarte: Modalidad artística surgida a finales del siglo xx que emplea métodos, materiales y conceptos provenientes de la biología y la biotecnología —como cultivos celulares, organismos transgénicos o tejidos vivos— con una finalidad expresiva, crítica y especulativa. El bioarte actúa en un terreno híbrido entre el arte y la ciencia, explorando o cuestionando los límites entre lo vivo y lo artificial, o generando reflexiones éticas y estéticas sobre los avances, intervenciones y manipulaciones propias de las ciencias de la vida. El bioarte también engloba al arte genético, donde los artistas incorporan a sus obras nuevos elementos, como tejidos y cultivos celulares, síntesis de secuencias de ADN producidas artificialmente u otras experimentaciones médicas y biotecnológicas.

biocomposites: También conocidos en castellano como *biocompuestos*. Engloban un conjunto de materiales biológicos formados a base de resina que son reforzados con fibras de origen natural, como el lino, el yute o el cáñamo, u otros compuestos naturales, como el derivado de las cáscaras y huesos de fruta. Se utilizan como alternativa ecológica a las fibras sintéticas, sustituyendo a metales, plásticos y otros derivados del petróleo.

biotecnocultura: Concepto que describe la forma en que la biotecnología —mediante la aplicación de conocimientos biológicos a procesos vivos— se integra de manera profunda en la cultura y la vida social. Implica tanto la difusión tecnológica y científica en ámbitos culturales —arte, educación, legislación— como la formación de nuevas prácticas, valores y narrativas colectivas que emergen como fruto de esa integración.

Burgess Shale: Formación geológica rica en fósiles de invertebrados, ubicada en el Parque Nacional de Yoho, en Canadá. Es uno de los yacimientos fósiles más importantes del mundo para el estudio de la evolución, gracias a su contenido en una gran variedad de fósiles de organismos, tanto con partes duras como de cuerpo blando, que no suelen preservarse durante la fosilización. Contiene fósiles de hace unos 520-540 millones de años, periodo coincidente con la denominada *explosión cámbrica*, que generó una gran diversidad de organismos.

cientificismo: Es un posicionamiento filosófico y cultural reduccionista que postula que, únicamente a través de las ciencias experimentales, podemos obtener una cosmovisión válida de la realidad para alcanzar el conocimiento, excluyendo así cualquier otro punto de vista. En consecuencia, esta postura sostiene la aplicabilidad universal del método científico a todas las esferas de nuestra realidad física.

código genético: Correspondencia entre la información de la secuencia de desoxirribonucleótidos del ADN y los aminoácidos de las proteínas. La información del ADN específica para cada aminoácido está codificada en grupos de tres desoxirribonucleótidos. Eso genera 64 tripletes posibles, también llamados *codones* por su capacidad de codificación. Las proteínas contienen 20 tipos de aminoácidos diferentes, por lo que cada uno de ellos está codificado por más de un codón. Ese es el motivo por el que el código genético se denomina «degenerado».

cromosoma: Estructura localizada en el interior del núcleo de las células formada por una molécula de ADN asociada a proteínas. El número de cromosomas se denomina cariotipo y es diferente entre las distintas especies. Las células humanas contienen 46 cromosomas, la mitad de los cuales procede del espermatozoide y la otra mitad del óvulo. El genoma de un organismo es el ADN total que forma sus cromosomas (véase ADN).

desoxirribonucleótido: Cada una de las cuatro unidades de las que está formado el ADN. Cada uno de ellos está integrado por un átomo de fosfato —que forma un enlace fosfodiéster entre cada dos desoxirribonucleótidos consecutivos—, una molécula del azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada, que puede ser de adenina (A), citosina (C), guanina (G) o timina (T). En la estructura de doble hélice del ADN, A en una cadena siempre forma pareja con T en la cadena complementaria. Lo mismo ocurre con C y G (véase ADN).

distrofia miotónica de Steinert: Patología hereditaria causada por la expansión del triplete CTG (véase código genético) en el gen DMPK del cromosoma 19 humano. La enfermedad deteriora gravemente el funcionamiento de los músculos y causa problemas cardíacos y del sistema circulatorio y nervioso. Actualmente, no tiene cura.

electroforesis: Técnica para separar moléculas en función de su carga eléctrica y de su masa. Al aplicar un campo eléctrico, las moléculas se desplazan a velocidad diferente a través de soportes semisólidos porosos, como son los geles de agarosa, para moléculas de gran tamaño como el ADN, o de acrilamida para moléculas más pequeñas como las proteínas.

epigenética: Hace referencia a los cambios en la expresión de los genes que no dependen de cambios en la secuencia del genoma. En el caso del ADN, la epigenética está representada por modificaciones químicas de algunas de sus cuatro bases. El catálogo de modificaciones epigenéticas es mucho mayor en el caso de las histonas, que son las proteínas que ayudan a compactar la molécula de ADN dentro del núcleo de las células. Aunque las modificaciones epigenéticas tienen un papel claro en la expresión génica, su transmisión entre generaciones no es tan evidente y es objeto de debate actualmente.

escópico: Término relativo a lo percibido a través del sentido de la vista. Se considera régimen escópico al que se construye mediante la observación y comprensión de la realidad con nuestros ojos. Es un término que se ha utilizado esencialmente en artes plásticas y en estudios psicoanalíticos (análisis de la pulsión escópica). Este deseo por conocer a través de lo que vemos se considera la base para el desarrollo y el crecimiento de la capacidad estética de cada individuo.

especie: Grupo de organismos que pueden reproducirse entre ellos en condiciones naturales y generar descendencia fértil.

estudios decoloniales: Conjunto de enfoques teóricos y metodológicos que analizan críticamente las continuidades históricas y simbólicas del colonialismo, en cuanto que invasión territorial e imposición por la fuerza de una cultura e ideología propias a otros pueblos. Los estudios decoloniales denuncian la persistencia de las estructuras de poder y los efectos del colonialismo en la producción de conocimiento o en la configuración de identidades. A través de una perspectiva descolonizadora, estos estudios cuestionan el legado del imperialismo y promueven epistemologías alternativas.

fenotipo: Rasgos externos que expresa el ADN a través de la fisiología corporal. Es común hablar del fenotipo expresado a través de los rasgos faciales o corporales de un individuo, estableciendo, en muchas ocasiones, parecidos familiares que nos hablan del carácter hereditario de nuestro ADN y sobre cómo determinados caracteres (dominantes y recesivos) del código genético se transmiten de padres a hijos.

gemelidad: Condición de hermandad en el reino animal que define el estado de dos o más individuos que han sido originados en un mismo embarazo y mediante la fertilización de un solo óvulo (gemelos monocigóticos). Tras su fecundación por el espermatozoide, el óvulo se divide en el caso de los gemelos, lo que produce dos o más individuos que comparten un ADN idéntico y también el mismo sexo.

gen codificante: Región del genoma que codifica la secuencia de aminoácidos de una proteína específica. También hay genes no codificantes, que se expresan igual que los codificantes, aunque no generan proteínas (véase código genético)

genoma: Véase ADN.

L. U. C. A.: Acrónimo de *last universal common ancestor*. LUCA es una abstracción que no se corresponde con ningún organismo ni fósil específico. Hace referencia a un primer organismo que debió originarse hace unos 3800 millones de años y a partir del cual habrían derivado todos los demás seres vivos.

marcador genético: Alteración en la secuencia del genoma que puede ser utilizada para identificar miembros diferentes de la misma especie o genes implicados en diversas patologías de origen genético. Los más frecuentes afectan a nucleótidos individuales, aunque también pueden estar representados por repeticiones, inversiones o ausencia de secuencias de tamaño variable.

micomateriales: Son materiales biológicos hechos a base de hongos, concretamente de su micelio, que constituye la parte vegetativa del hongo compuesta por una red de filamentos, similares a las raíces de las plantas. Son materiales biodegradables utilizados en actividades como la agricultura, la construcción, la manufactura, la biomedicina o el arte visual.

Mnemosyne: Así se llamaba a la diosa griega de la memoria. En el contexto del arte contemporáneo, esta acepción alude al influyente *Atlas Mnemosyne*, un proyecto del historiador alemán Aby Warburg, iniciado en 1924, que quedó incompleto debido a su fallecimiento en 1929. Este atlas consiste

en 60 grandes tableros negros que contienen más de 2000 imágenes, concebidas como una cartografía abierta a interpretaciones diversas, y que propone una red de relaciones y analogías para reflexionar sobre la imagen y su pervivencia a lo largo de la historia.

multiespecie: El enfoque multiespecie plantea una orientación crítica e interdisciplinar que reconoce la agencia y relevancia existencial, epistemológica y política de los seres no-humanos en la configuración del mundo social. Implica superar la visión antropocentrista, atendiendo a las redes de interdependencia, coevolución y afectividad existentes entre múltiples formas de vida, en diversos contextos que van desde lo ecológico hasta lo simbólico. Este enfoque no solo trata de estudiar otras especies, sino de pensar con ellas, analizando cómo las relaciones interespecie configuran los modos de vida, las prácticas culturales, los paisajes y las distintas formas de conocimiento.

necropolítica: Este término hace referencia a un régimen de poder que, en lugar de gestionar la vida para optimizarla (como ocurre en la biopolítica), administra y normaliza la muerte como mecanismo de control social. Se ejerce mediante la militarización, la racialización, la desposesión o la creación de «zonas de muerte» en la que ciertos individuos son excluidos de su condición de ciudadanía plena o humanidad reconocida.

next generation sequencing: También denominadas *técnicas de secuenciación masiva* o *de segunda generación*. Son técnicas de alto rendimiento basadas en la secuenciación simultánea y paralela de millones de moléculas individuales de ADN. Estas tecnologías han hecho posible la secuenciación rápida y a precios asumibles de millones de genomas humanos y de otros organismos. Dependen de herramientas bioinformáticas capaces de analizar la enorme cantidad de secuencias generadas en cada experimento.

periodo de entreguerras: También conocido como *Interbellum*, se trata de un momento histórico crucial del siglo xx, comprendido entre el final de la Primera Guerra Mundial (1918) y el comienzo de la Segunda Guerra Mundial (1939). Durante este periodo se produjeron grandes convulsiones sociales, económicas, políticas y culturales en el mundo que redefinieron y dieron nueva forma y sentido a la edad contemporánea. En el ámbito de las artes, por ejemplo, durante esta etapa se desarrollaron la mayoría de las vanguardias que ayudaron a cambiar por completo nuestra cosmovisión del mundo actual.

perspectiva cónica: Proviene del término latino *item perspectiva*, que significa 'mirar a través de'. Es un sistema de representación geométrico y matemático, instaurado en el siglo xv, durante el Renacimiento italiano. Está basado en el punto de vista que adopta el observador y en el punto de fuga donde van a converger las líneas paralelas que se juntan en el horizonte. Este sistema se expandió rápidamente desde Italia al resto del mundo como el método de representación visual más realista conocido hasta entonces. Concebido como si viésemos la realidad a través de una ventana, la perspectiva produce un efecto de profundidad espacial (la ilusión visual de una tercera dimensión) de forma naturalista al dibujar o pintar sobre un soporte bidimensional, como un cuadro o un papel. Filippo Brunelleschi y Leon Battista Alberti fueron los primeros autores que formularon los principios de la perspectiva.

positivismo: Corriente de pensamiento nacida en el siglo xix, también conocida como *filosofía positiva*. Presenta un posicionamiento filosófico, surgido a partir de los escritos de Auguste Comte (publicados entre 1830 y 1842), que sostiene que el verdadero conocimiento de la realidad solo puede obtenerse mediante la observación directa de la misma y de la experimentación con fenómenos físicos observables y verificables a través del método científico.

posgenómica: Designa un paradigma contemporáneo en las ciencias de la vida que, tras la secuenciación completa del genoma humano, reconoce la complejidad regulatoria, epigenética y contextual de los procesos biológicos, descentrando la idea del gen como causa única y primera para adoptar otros modelos sistémicos, dinámicos y multiescales de interpretación funcional del material genético.

poshumanismo: Es una corriente filosófica, crítica e interdisciplinar que cuestiona la centralidad (ontológica, epistemológica y ética) del ser humano tal como fue concebida por el humanismo clásico y moderno. El poshumanismo se replantea las categorías de «lo humano», «la naturaleza», «el cuerpo» y «la tecnología», proponiendo una visión descentralizada, relacional y no antropocéntrica del sujeto. Reconoce la agencia de entidades no-humanas, como los animales, las tecnologías o los ecosistemas, y aboga por una concepción expandida del vivir, el pensar y el actuar en el mundo.

vanguardias artísticas del siglo xx: Movimientos artísticos o literarios que se produjeron desde comienzos hasta mediados del siglo xx. Debido al inconformismo de sus creadores, las vanguardias quisieron romper con la tradición clásica del arte y el academicismo para crear nuevos códigos lingüísticos y nuevos modos de ver el mundo. Desafiando las normas y convenciones sociales de su época, los artistas de las vanguardias buscaron la originalidad y la innovación a ultranza, ya fuese a través de los materiales, las técnicas o de las formas y discursos que originaron. Entre los movimientos más emblemáticos de vanguardia están el cubismo, el futurismo, el arte abstracto, el expresionismo, el constructivismo, el dadaísmo o el surrealismo.

Vkhutemas: Fue una escuela de arte y técnica ubicada en Moscú que estuvo en funcionamiento desde 1920 a 1930. Su nombre obedece al acrónimo en lengua rusa de los *Talleres de Enseñanza Superior del Arte y de la Técnica*. Su filosofía cobra sentido en el marco del espíritu de Revolución rusa de octubre de 1917, que propugnaba la creación de un ser humano nuevo para una nueva sociedad y, por tanto, con medios materiales e industriales nuevos. Con sus enseñanzas se impulsaron todo tipo de proyectos que integraban arte, diseño y tecnología, abordando las necesidades de la nueva sociedad soviética en los campos de la industria, la construcción, la artesanía y el arte.

Coordinación y comisariado:

Francisco Antequera Márquez, José Gómez-Isla y Luis Castelo Sardina

El proyecto de transferencia del conocimiento «La condición humana desde el arte y la genética» (Ref. FCT-22-18225) ha sido financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Grupos de investigación participantes en el proyecto:

Organización Funcional del Genoma Eucariótico, Instituto de Biología Funcional y Genómica (IBFG, CSIC-Universidad de Salamanca): Francisco Antequera Márquez, Laura Durán Prieto, Alicia García Martínez, Laura Rodríguez Santos e Isabel Vaquero Eusebio

ITACA (Investigación y Transferencia en Arte y Cultura Audiovisual), Universidad de Salamanca: Vanessa Gallardo Fernández, Carmen González García, Juan Sebastián González Rodríguez y María Reina Salas Alonso

IMPACT (Imagen, Patrimonio, Arte, Conservación y Tecnología), Universidad Complutense de Madrid: Luis Castelo Sardina y José Gómez-Isla

Artistas participantes en el proyecto:

Pablo Álvarez Couso, Carmen Ayala Rodríguez, Manuel Barbero Richart, José Carlos Espinel Velasco, María de Iracheta Martín, Laura de Miguel Álvarez, Vanessa Gallardo Fernández, Elsa Gil Benito, Aquilino González Barrio, Carmen González García, Juan Sebastián González Rodríguez, Martha Marisol Guayllas Macas, Silvia López Rebollo, Clara Lurueña Miguel, Elena Pou Merina, Idoia Ortega Rodríguez, María Reina Salas Alonso, Pablo Sánchez Herrero, Francisco Sánchez Rico, Manuel Sesma Prieto, Dusan Vrga Tasic e Inmaculada Zoilo Gutiérrez

Textos:

Francisco Antequera Márquez, José Gómez-Isla, Luis Castelo Sardina, Alicia García Martínez, Laura Rodríguez Santos, Laura Durán Prieto, María Jesús Santesmases y Miguel Ángel Rego Robles

Coordinación editorial y corrección:

María Sánchez (Editorial CSIC)

Edición gráfica y diseño:

Lucía Moreno Diz

Impresión y encuadernación:

Impresos Izquierdo, S. A.

Impreso en Arena Natural Smooth (interior)
y Sirio All Pack Guava (cubierta) de Fedrigoni Paper

Agradecimientos:

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)
Lazar Khidekel Family Archive and Collection
Legado Cajal, CSIC
Royal Collection Trust

© CSIC

© **De las ilustraciones y las obras de arte:**

Las autoras y autores de las obras, así como las instituciones y personas mencionadas a pie de figura.

© Figura 1, página 70: 2025 The Estate Edward Steichen / VEGAP

© Figura 2, página 73: Salvador Dalí, Fundació Gala-Salvador Dalí, VEGAP, Madrid, 2025

Fotografías de Luis Castelo: todas las imágenes del capítulo «La interpretación del genoma y la evolución humana desde el arte», de la figura 11 en la página 60 y figura 1 en la página 96.

© **De los textos:**

Sus autoras y autores

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es/>

Editorial CSIC:

<http://editorial.csic.es>

editorialcsic@csic.es

ISBN: 978-84-00-11483-1

e-ISBN: 978-84-00-11484-8

NIPO: 155-25-159-6

e-NIPO: 155-25-160-9

Depósito legal: M-21267-2025

Primera edición: septiembre de 2025

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado ECF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.

A pesar de nuestras indagaciones, en algún caso no hemos encontrado referencias al derecho de reproducción. Queremos expresar nuestras disculpas a cualquier persona o institución titular de este derecho que no haya sido nombrada aquí y le rogamos se ponga en contacto con la editorial para incluirla en próximas ediciones.



Financia:



Organiza:



