

## El cineasta automático

*La fascinación por objetos a los que se les atribuye una especie de ánima ha acompañado al humano a lo largo de su historia. Desde que se construyeron los primeros autómatas, se ha tratado de transmitir esa sensación de espíritu dotándolos de capacidades que los humanos atribuimos a nuestra especie para proclamar nuestra exclusividad sobre la inteligencia y la espiritualidad y sentirnos seres superiores. En la búsqueda de la vida sintética, uno de los grandes hitos es el de conseguir que una entidad creada por el ser humano llegue a expresarse artísticamente por sí misma. Si esta criatura es capaz de igualar (o, por qué no, superar) a un humano mostrando una sensibilidad ligada al espíritu, se nos antoja menos máquina, más humano. Los avances técnicos propiciados por la industrialización hicieron volar la imaginación de pensadores y visionarios que previeron máquinas hechas a nuestra imagen y semejanza. Pero es en las décadas de los 50 y 60 del pasado siglo, con la disponibilidad de computadores, cuando este sueño comienza a materializarse, se plantean las bases de la vida artificial, y con ellas las de la creatividad artificial. La expresión artística empieza a dejar de ser una parcela exclusiva del humano, y el software amplía las fronteras estéticas. En el campo del cine computacional las posibilidades son prometedoras. Aunque la mayoría de iniciativas que exploran nuevas estrategias creativas siguen reduciéndose al ámbito experimental, hoy ya contamos en nuestros dispositivos móviles con aplicaciones capaces de igualarnos como cineastas, sintetizando nuestras memorias en forma de vídeos editados de forma automática. En el futuro, independientemente de la consecución de la fusión humano-máquina vaticinada por pensadores como Ray Kurzweil, nuestros cohabitantes sintéticos colaborarán activamente con nosotros en la creación de todo tipo de obras creativas, y llegarán a ser nuestros compañeros y maestros a la hora de explorar nuevas experiencias estéticas.*

**Palabras clave:** autómatas, creatividad artificial, cine computacional, estética.

### Introducción

Los cambios que la tecnología está propiciando en todas las áreas de la actividad humana genera también un cambio en la perspectiva que tenemos del ser humano y del dispositivo, y de los roles de ambos en la forma de entender nuestro universo. La progresiva incorporación en nuestras rutinas cotidianas de aparatos capaces de analizar el entorno y tomar decisiones, hace que deleguemos cada vez más en los dispositivos dándoles poder sobre multitud de aspectos de nuestras vidas, poniéndolas bajo su responsabilidad. Pensemos por ejemplo en los actuales sistemas de conducción automática de trenes, o los inminentes sistemas de conducción automática de coches (que en su fase experimental han demostrado ya tener una tasa de accidentes prácticamente nula).

Si en la época de la industrialización la máquina se hacía cargo de los procesos mecánicos (Giedion, 1948), ahora es el software quien “toma el mando” (Manovich, 2008), asumiendo el control de casi todos los procesos que se desarrollan en nuestra sociedad. El cambio en los roles en la relación humanidad-dispositivos se manifiesta asimismo en el campo de las disciplinas creativas, y son muchos los ejemplos de trabajos que exploran las posibilidades que los sistemas informáticos y robóticos ofrecen, cediéndoles en mayor o menor medida el control del resultado. Este cambio también llega al arte, que se hace eco del fenómeno demostrando un creciente

interés por explorar la desvinculación del ser humano como responsable del resultado artístico. Tanto desde la comunidad científica, la académica o los foros y publicaciones relacionados con el arte y la creatividad crece el número de debates, iniciativas y producciones entorno a estos temas. A su vez, a medida que aumenta la proporción de artistas que se interesan por tecnologías recientes, y de científicos cuyas investigaciones se adentran en el campo de la creatividad artística ambos intereses convergen y se recupera el vínculo entre ciencia y arte (ese vínculo histórico ejemplificado por figuras paradigmáticas de científico-artistas como Leonardo da Vinci).

*“Art, science, and metaphysics, separated for so long in the specialized world of Western man, are reconverging” (Youngblood, 1970).*

## La cuestión de la autoría

Una de los principales argumentos que surgen para rebatir la idea del dispositivo creador es la de la autoría: si un humano desarrolla un dispositivo creador, ¿no es el propio humano el autor, quien determina el resultado? ¿Cuándo deja de ser el dispositivo una simple herramienta programable en manos del artista humano? ¿Es posible desarrollar un dispositivo creador sin dejar nuestra impronta de intencionalidad en el resultado de sus obras?

La Historia del Arte, por lo menos aquella que está escrita, ha situado generalmente en la posición de Artista Autor de la Obra de Arte a un ser humano más o menos visionario y virtuoso caracterizado por su singular genialidad. Además, estas cualidades hacen que sea percibido por muchos de sus congéneres como un ser misterioso y enigmático, digno de admiración y respeto, capaz de crear, por sí mismo y de la nada, algo de lo que la Obra representa o simboliza, algo que no existía con anterioridad. Por otra parte, el resto de humanos que, individualmente o en grupo, generan un artefacto que no es incluido en la categoría anterior, han de contentarse con que se les atribuyan (*¿artibuya?*) las acciones físicas y/o intelectuales que han transformado unos materiales y/o conceptos en otros distintos, y el mayor o menor virtuosismo que han demostrado al realizar dichas acciones.

Si bien es cierto que, como oposición a esta clasificación, en determinados momentos históricos han surgido movimientos reivindicativos de la generación colectiva, anónima, efímera, o cualquier otro atributo que trate de desmitificar el concepto de Artista Autor, en la actualidad concurren una serie de factores significativos que indican un posible cambio en el imaginario colectivo con respecto a dicho concepto. La aparición de estos factores, y el hecho de que no hayan aparecido con anterioridad, se debe a los cambios que la informatización de todos los aspectos de nuestra sociedad propician en la manera de relacionarse los seres humanos con la tecnología y unos con otros, y por lo tanto en la imagen que el individuo tiene de sí mismo, de los que le rodean y de la humanidad en su conjunto.

Uno de los factores es la accesibilidad a la información y al *saber hacer*. En la actualidad, gracias a Internet, han proliferado las publicaciones de libre acceso con información y experiencias compartidas por instituciones, profesionales y aficionados de manera que, teniendo acceso a este canal de información, resulta posible adquirir conocimientos de prácticamente cualquier campo de forma accesible, cómoda, práctica, rápida e intuitiva. Esta posibilidad facilita que se recupere progresivamente el interés por hacer objetos y realizar actividades uno mismo en lugar de adquirirlos ya hechos o contratar los servicios de un profesional. En las sociedades industrializadas, este interés se ha dejado de lado por motivos como los balances valor/precio y economía/tiempo, la depreciación cultural de los trabajos manuales y los productos artesanales o la alta especialización

laboral de sus individuos, de manera que hasta una acción simple como el cambio de una bombilla o de un enchufe en casa pueden suponer una llamada a un profesional.

*“Society assumes that specialization is natural, inevitable and desirable. Yet in observing a little child we find it is interested in everything and spontaneously apprehends, comprehends and coordinates an ever-expanding inventory of experience.”* (Fuller, 1969).

Esta alta especialización hace que exista una polarización de las capacidades y del concepto que los individuos tienen de sí mismos. Muchas personas no tienen la confianza en sus posibilidades de adquirir nuevas habilidades, y sobrevaloran la capacidad de los que ya las tienen. Con la progresiva recuperación del interés por las cosas hechas por uno mismo, equilibramos el valor que concedemos a nuestras capacidades con respecto al valor que concedemos a las capacidades de los demás, reduciendo la diferencia.

Hoy en día la mayoría de individuos pueden acceder a los conocimientos y los medios precisos para producir o reproducir muchos artefactos que en otra época habría sido considerado una Obra de Arte, suponiendo que esté dispuesto emplear el esfuerzo, el tiempo y los recursos necesarios.

*“Debido a que actualmente todo el mundo produce imágenes, textos, vídeos, música... se concluye que se ha diluido la frontera entre la audiencia y el artista. Sin embargo, la producción del arte depende del talento, no solamente en la creación material de la pieza.”* (Pérez-Bustamanteamón, 2012).

Al diluirse el valor del virtuosismo, el mérito atribuido popularmente a los artistas ha ido pasando de basarse en la factura técnica, a centrarse en la originalidad del estilo y finalmente en la capacidad de reflejar un concepto de una manera particular. Con el progresivo trasvase del volumen de producción artística de los medios tradicionales a los nuevos medios y en particular a los medios interactivos, el valor de la labor del artista se traslada ahora a la calidad de la interacción que la obra proporciona, medida por la capacidad de la misma para proporcionar experiencias valiosas para el público, que pasa de ser espectador a ser participante. En estas obras el artista se convierte en una suerte de coreógrafo, y el público y el sistema interactivo son los intérpretes y protagonistas de la pieza, “los participantes también se convierten en creadores” (Krueger, 1990).

Otro factor que propicia el cambio en los conceptos de Autor y de Obra de Arte es la capacidad de las obras de nuevos medios para mutar. Manovich nos explica que los objetos de los nuevos medios, al ser representados numéricamente, pueden ser distribuidos, copiados, procesados y modificados automáticamente por medio de computadores, mutando en múltiples instancias y variaciones (Manovich, 2001). Ya no podemos seguir en las obras el rastro de la línea genealógica de estilos, inspiraciones, referencias o de relaciones maestro-aprendiz. La información, los conceptos, los estilos, los medios, fácilmente accesibles han variado y cambiado de manos tantas veces que la obra se independiza y queda huérfana al desvincularse de sus *manipuladores* humanos.

El tercer factor que voy a comentar es el de desarrollo colaborativo. Gracias a la posibilidad de comunicación y trabajo en grupo, los profesionales recuperan el interés personal por su especialidad al desarrollar proyectos de forma colaborativa con homólogos, por iniciativa propia y sin las imposiciones del contexto laboral. A la satisfacción de conseguir las metas que se ponen, se añade la de las relaciones con una comunidad afín, la de sentirse útil y generoso con los demás, ser a su vez objeto de generosidad y la posibilidad de que los proyectos deriven en productos de carácter co-

mercial con un balance más equilibrado entre trabajo y beneficios y sobre todo entre trabajadores y beneficiarios. En este sentido, al ser proyectos abiertos el beneficio se autorregula, ya que es posible obtener toda la información necesaria para competir en igualdad de condiciones: al adquirir el producto lo que se recompensa no es tanto la inversión económica del emprendedor, sino la personal.

Al estar desarrollados públicamente y en colectividad, es de conocimiento común que los proyectos colaborativos, ya sean productos u obras de arte, no son autoría de ningún individuo visionario. La globalización llega también aquí, de manera similar a las invenciones de radio, teléfono, tv, cine, etc. que ocurrieron casi simultáneamente en diferente partes del mundo gracias al aumento en número y velocidad de las comunicaciones y de la transmisión de conocimientos. Hoy en día mucho más, al estar todos conectados a la misma información que se transmite como un pulso de sonar a lo largo de la estructura de la Red.

Además, la popularización y democratización de las iniciativas de financiación colectiva (conocidas en inglés como *crowdfunding*), hace que se establezcan nuevos vínculos entre los desarrolladores y los receptores de la obra, que se convierten en parte del proceso de creación como promotores de proyectos interesantes, inspiradores y que proyectan las pasiones de los que los llevan a cabo.

Poco a poco cobramos conciencia colectiva como especie, lo cual se traduce en el campo artístico en un sentimiento de que todos somos creadores, de que la generación de experiencias estéticas sensoriales o intelectuales no es patrimonio exclusivo de una serie de individuos privilegiados, y de que ni siquiera requiere de la mediación del ser humano.

Por lo tanto, en el contexto actual y dentro del campo de las nuevas tecnologías, si realmente se pretende ocupar la vacante que los autores de arte tradicional han dejado libre, es probable que el mejor candidato para el puesto sea el propio medio, el sistema como creador, que formaría un tándem con cada espectador-participante humano para representar juntos la obra. Con la tendencia antropomórfica que nos caracteriza a los humanos, no es raro que comencemos a percibir rasgos personales en determinado software o dispositivo, como cuando decimos “mira lo que es capaz de hacer” tal o cual instalación, aplicación o dispositivo, en lugar de “mira qué aparato ha hecho este artista” (si somos capaces de concebir algo como las “personas jurídicas”, ¿porqué no puede haber personas robóticas, personas no basadas en el carbono?). Progresivamente asumimos la presencia de la tecnología en nuestras vidas como una especie más, por el momento la más inteligente de las especies que conocemos aparte de la nuestra (Kurzweil, 1999). Y dentro de esa especie hay todo tipo de desempeños, incluido el de artista.

*Rather than just seeing the computer as a tool to help human creators, we could see it as a creative entity in its own right. (Colton et al., 2009)*

## Una genealogía del autómatas artista

La cuestión del dispositivo artista no es ni mucho menos nueva. Si observamos la Historia del Arte desde la perspectiva de la automatización, podemos identificar dos tipos de propósito en el origen de los automatismos. Uno de los propósitos sería el de la productividad, cuyo fin es el de optimizar el acto artístico o la producción artística, automatizándolos por medio de la aplicación de nuevos conocimientos técnicos. Los ingenios mecánicos destinados a sustituir en el trabajo a los humanos tienen su apogeo a finales del s.XIX y principios del s. XX, con la instalación de primeras

líneas de ensamblaje en las fábricas de Henry Ford en 1913. Unos años más tarde Capek acuñó el término “robot” a partir de la palabra checa “robota”, que significa trabajo forzado, y en 1947 surgió el término automatización (Manovich, 1994). El otro propósito es el que llamaré “la fascinación” y no busca reemplazar al humano en la realización de un trabajo útil, sino que explora el concepto del ser mecánico animado. Emparentada con el concepto de lo sublime, la fascinación se centra en la capacidad de asombro que tenemos los humanos y que se produce principalmente en tres tipos de situaciones relacionadas con la percepción y el contraste: lo inesperado, lo no familiar y lo incomprendido. Estas tres situaciones tienen evidentes nexos entre sí, y pueden coexistir mezcladas en diferentes grados. Llamaremos fascinación a la emoción intelectual que se produce tras el asombro, y ha sido frecuentemente explotada por parte de magos e ilusionistas. Cuando la situación deja de ser asombrosa la fascinación se desvanece, esto es: cuando nuestras expectativas se ven satisfechas (ya no hay nada inesperado), cuando ya estamos familiarizados con la situación (estamos acostumbrados), o cuando comenzamos a comprender aquello que nos asombra (asimilamos su funcionamiento). Estos dos tipos de propósito que hemos definido no pretenden establecer, ni mucho menos, divisiones estrictas. De hecho es habitual que los artilugios automáticos destinados a aumentar la productividad nos generen asombro y fascinación, sobre todo cuando los vislumbramos por primera vez. También ocurre con frecuencia que un artefacto automático usado inicialmente para fascinar acaba derivando en un modelo de producción industrial, como ocurrió con el cinematógrafo, que comenzó siendo un instrumento científico, luego se convirtió en una atracción de feria que más tarde derivó en un lenguaje artístico hasta que actualmente es usado fundamentalmente como herramienta de producción de entretenimiento a escala industrial. Aún así, la distinción de tipos de autómatas nos servirá para estudiar el interés que ha generado a lo largo de la Historia la fascinación que produce contemplar el reflejo de un ánima en un artilugio construido por el ser humano, que es la fascinación que experimentamos al ver que un objeto inerte *cobra vida*. A los artilugios automáticos con esta capacidad los llamaré *autómatas fascinantes*.

Dentro del contexto del arte computacional, centraremos aún más nuestra atención para ocuparnos de los casos en los que confluyen los autómatas fascinantes y la expresión artística. Uno de los aspectos más interesantes de estos artilugios es que, al ser la expresión artística una de las parcelas que los humanos reservamos para nosotros mismos (para proclamar nuestra exclusividad sobre la inteligencia y la espiritualidad y diferenciarnos de los animales y de las máquinas), nos resulta especialmente fascinante contemplar un autómata capaz de mostrar expresividad artística, de manera que en la búsqueda de la *vida sintética*, uno de los grandes hitos es el de conseguir que una entidad creada por el ser humano llegue a expresarse artísticamente por sí misma. Si un autómata es capaz de igualar a un humano mostrando sensibilidad artística (uno de los frutos de la inteligencia y capacidad creativa), se nos antoja menos máquina, más humano.

*But perhaps this is also symptomatic of scepticism: perhaps creativity is, for some proponents of AI, the place that one cannot go, as intelligence is for AI's opponents. After all, creativity is one of the things that makes us human; we value it greatly, and we guard it jealously.* (Colton et al., 2012)

Los primeros autómatas fascinantes relacionados con la creación o la expresión artística de los que se tiene constancia datan del s.III a.C. Estas primeras manifestaciones de autómatas artistas se producen en el ámbito de la música, el teatro y la danza. En China, cuando el emperador Gaozu de la dinastía Han se hizo en el año 206 a.C. con el tesoro de Qin Shi Huang, encontró una orquesta musical de muñecos en miniatura de un metro de alto, capaces de hacer sonar instrumentos de viento al ser manejados por

medio de cuerdas y soplando a través de tubos (Needham, 1986). También en el s. III a.C., Filón de Bizancio construyó un teatro automático que fue mejorado más tarde, en el s. I d.C., por Herón de Alejandría que añadió un sistema similar al binario, con cuerdas, nudos y máquinas simples. Incluía un temporizador mecánico que era programado para dejar caer bolas metálicas sobre unos timbales para generar el sonido de una tormenta en sincronización con la narración. Otro *autómata fascinante* de Herón relacionado con el arte escénico fue un altar en miniatura en el que una pira iluminaba figuras de dioses bailarines, que se movían impulsados por las corrientes de aire caliente de la pira, conducidas desde el fuego a través de canalizaciones. Herón sentó las bases del control automático moderno en su obra *Automatopoeitica*, donde describe el funcionamiento de sus inventos capaces de realizar movimientos predefinidos sin la intervención del ser humano (Valavanis, et al., 2007). Un teatro similar al de Herón fue desarrollado en el s. III d.C., por el inventor e ingeniero chino Ma Jun para el emperador Ming de la dinastía Wei, con un complejo sistema dotado de mecanismos movidos por energía hidráulica.

El diseño más antiguo que se conoce de una máquina programable es el autómata tocador de flauta descrito en el s. IX por los hermanos Musa en su Libro de Mecanismos Ingeniosos. Su trabajo estaba influenciado por sus predecesores helenos pero incorporaba notables avances. El artilugio descrito como “El instrumento que toca por sí mismo” constaba de un cilindro con una serie de clavijas que iban levantando las palancas que taponaban los orificios de una flauta, mientras que el viento necesario para la flauta era generado por el aire desplazado al llenarse un contenedor de agua a la vez que un molino de agua ejecutaba la percusión (Koetsier, 2001).

Durante el renacimiento temprano progresaron los avances en el desarrollo de autómatas musicales. El ingeniero árabe Al-Jazari describió en el 1206 en “*El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos*” describe como una orquesta de cuatro músicos automáticos situada en un bote, navegaba sobre una piscina deleitando con su música a los asistentes a las fiestas reales (Nadarajan et al., 2007). Posteriormente, en un manuscrito catalán datado en torno al año 1300 se describe los que también podría ser un autómata musical programable, un carillón de campanas sobre un reloj de agua o clepsidra.

Se cree que el primer androide mecánico artista fue construido en 1525 por Hans Bullmann en Nurenber, Alemania. Algunos de sus autómatas eran capaces de tocar instrumentos de percusión o de viento (Wilkes , 1812). Coetáneo a Bullman fue el italiano Giovanni Torriani, que trabajó al servicio de Carlos V en España con el nombre de Juanelo Turriano. Allí desarrolló a finales de la década de 1550 el autómata *Tocadora de Laúd*, que se conserva aún en el Kunstkammer del Kunsthistorisches Museum en Viena. Un siglo después, nuevamente en Nuremberg, Athanasius Kircher desarrolló en la década de 1660 varios automatismos, entre ellos un órgano automático que era capaz de reproducir sonidos de pájaros y otros animales.

En Japón se desarrollaron paralelamente, con la influencia de la tecnología china y los conocimientos de mecanismos de relojería europea transmitidos por misioneros jesuitas, los muñecos mecánicos *Karakuri ningyō*, de los cuales los *Butai karakuri* eran utilizados en obras teatrales, como las del pionero Takeda Omi I que inauguró su teatro de autómatas en 1662 con gran éxito.

En el siglo XVIII proliferó la fabricación de autómatas dedicados a fascinar a la aristocracia europea, muchos de ellos capaces de recrear un comportamiento artístico. Una de las motivaciones originales para crear este tipo de autómatas se derivó de los órganos musicales destinados a facilitar que los privilegiados dueños de un pájaro canario lo entrenasen para

aprender a cantar una melodía por imitación, tras oírla repetidas veces. Para recuperar la atención y el reconocimiento (que recaía finalmente en el pájaro) los inventores de estos dispositivos solo tuvieron que añadirles un mecanismo de cuerda y dotarles de un aspecto que imitase a un pájaro o a un humano. La mayoría de los autómatas de ese siglo se inspiraron en el *Flûteur automate* y el *Tambourinaire* que fabricó Jacques Vaucanson en 1738, como el tocador de flauta automático de Defrance en 1746; la pareja de autómatas musicales *Annette y Lubin* de Abbé Mical en los años 1750; el autómata tocador de fagot de Friedrich von Knauss en 1757; *La musicienne* tocadora de órgano y el escritor-dibujante de Pierre Jaquet-Droz a finales de los 1760, de los cual se hicieron múltiples réplicas; los músicos automáticos que tocaban un hapsicordio, un violín y un violonchelo, de Robert Richard en los años 1770; el *Joueuse de Tympanon* de David Roentgen y Pierre Kintzing en la misma década; o los tocadores de tambor y flauta de François Pelletier, y el escritor-dibujante de los Maillardet (con la forma de un chico arrodillado con un lápiz en su mano que escribe en inglés y en francés y dibuja paisajes) entre finales del siglo XVIII y principios del XIX (Metzner 1998).

En el s.XIX los avances en las ciencias y la tecnología y la proliferación de mecanismos fascinantes en la vida social comienzan a tener una repercusión generalizada en los pensadores de la época. En su libro texto *L'Homme machine* (El Hombre Máquina, 1748), el pionero del materialismo Julien Offray de La Mettrie describe el cuerpo humano como un admirable mecanismo de precisión, y permite vislumbrar un futuro autómata que replicase completamente al ser humano:

“[...] si Vaucanson necesitó más arte para hacer su flautista que para su pato, hubiera tenido que emplear todavía más para hacer un hablador, máquina que no puede considerarse ya imposible, sobre todo en las manos de un nuevo Prometeo. Era, pues, igualmente necesario que la Naturaleza emplease más arte y aparato para construir una máquina que durante un siglo entero pudiese marcar todos los latidos del corazón y del espíritu pues si las horas no se ven en el pulso, existe por lo menos el barómetro del calor y de la vivacidad por el cual se puede comprender el estado del alma. No me engaño. El cuerpo humano es un reloj, aunque inmenso y construido con tanto artificio y habilidad, que si la rueda que sirve para marcar los segundos llega a detenerse, la de los minutos gira y sigue siempre su ritmo, así como la rueda de los cuartos y las otras continúan moviéndose cuando las primeras, herrumbradas o descompuestas por lo que fuere, han interrumpido su marcha.” (De La Mettrie, 1865).

Se produce un progresivo aumento de la valoración de la técnica humana frente al poder divino, por parte de la ilustración, y con la llegada de la revolución industrial se multiplica la producción de mecanismos automáticos. Esta producción se centra más en el propósito de la productividad (como pianolas, órganos y demás instrumentos mecanizados) y menos en la fascinación. Casi todos los ejemplos de autómatas fascinantes relacionados con el arte se siguen reduciendo al ámbito del teatro o la música, como el trompetista y el Panharmonicon de Maelzel, la organista de Jean-Frédéric Leschot, la arpista de Gustave Vichy, o el violinista de C. Lambert; con algunas excepciones como el autómata escritor-dibujante *Écrivain-Dessinateur* de Robert-Houdin, premiado en la Exposición Nacional de 1844 en París, y del cual se sospecha hoy en día que era una copia de los diseños de Jaquet-Droz. Barnum, el coleccionista que compró el autómata, escribió:

“Estaba sentado delante de una mesilla, un lápiz en la mano y si le preguntaba por ejemplo un emblema de la fidelidad, dibujaba inmediatamente un hermoso perro; si le preguntaba el del Amor, trazaba un delicioso Cupido”. (Chapuis et al., 1984).

A pesar de servir principalmente de instrumentos de investigación para matemáticos y pensadores, es importante mencionar también algunos autómatas fascinantes desarrollados para dibujar automáticamente curvas complejas. Estos dispositivos, comenzaron a aparecer a mediados del s. XIX y tuvieron su apogeo en la década de 1890. Uno de los más llamativos es el armonógrafo, atribuido a Hugh Blackburn, un aparato mecánico que emplea péndulos para crear dibujos geométricos altamente complejos compuestos generalmente de curvas de Lissajous (Turner, 1997) (Taimina, 2007). Un aspecto significativo de estos aparatos es que son antecesores del arte generativo por computador, ya que la esencia de su funcionamiento es la misma: se utiliza un medio físico (hardware) para representar formas de expresión con una gran capacidad de fascinación y de generar experiencias estéticas, a partir de un algoritmo (software), en este caso una fórmula matemática, y de unos parámetros iniciales.

La invención de la fotografía en las décadas de 1820 y 30, y el posterior desarrollo de aparatos fotográficos supone una revolución en la automatización de las artes visuales, que hasta ahora se había limitado al uso de las técnicas pictóricas, para facilitar el dibujo en perspectivas desarrolladas desde el renacimiento (Manovich). Por fin, las máquinas son capaces de ver y de mostrar lo que ven de manera análoga a los humanos que plasman su visión en el lienzo.

*“Por primera vez una imagen del mundo se forma automáticamente sin intervención creadora por parte del hombre, según un determinismo riguroso (...) Todas las artes están fundamentadas en la presencia del hombre; tan solo en la fotografía gozamos de su ausencia” (Bazin, 2001).*

Está claro que a esto habría que alegar toda la carga intencional que el fotógrafo pone en el acto de fotografiar, y la gran cantidad de parámetros con los que juega desde los más esenciales, como el punto de vista y el encuadre, hasta la profundidad de campo y otros convencionalismos cuya interpretación/lenguaje evolucionan con el tiempo e incluso con la moda.

Aunque la fascinación por la fotografía fue intensa, su capacidad de fascinación como dispositivo autómatas-artista visual capaz de sustituir al pintor en la interpretación de la realidad se fue diluyendo a medida que proliferaban los aparatos fotográficos y se iban convirtiendo en dispositivos de producción de imágenes habituales en la vida cotidiana. El protagonismo volvió al ser humano, a los fotógrafos y su habilidad a la hora de manejar el aparato, que se convertía en una herramienta más, un *hiperpincel* en las manos del pintor humano.

Mientras tanto, la automatización musical se aleja también de la fascinación en pos de la productividad (como demuestra la popularización de las pianolas a finales del s.XIX y principios del XX), aunque cabe mencionar los experimentos que, a raíz de los avances en la aplicación de la electricidad, indagan en nuevas formas de automatizar la generación de música por medio de sistemas eléctricos y electromecánicos. El *Resonator* de Helmholtz, el *Telegrafo Musical* de Elisha Gray, el *Telharmonium* de Cahill, el *Choralcello* de Severy, el *Audion piano* de Lee De Forest, el *Theremin* de Leon Theremin, el *Ondes Martenot* de Maurice Martenot, o el *Electrocompositor Musical* de Castillejo, son tan solo algunos de los ejemplos de esta vía de investigación en la automatización musical que también acabará por abandonar la fascinación y ser asimilada casi por completo por los sistemas de producción, con el posterior desarrollo de la música industrial de síntesis y electrónica en el S.XX. Parece que, igual que ocurriera con los primeros autómatas mecánicos, la música es el campo artístico que primero se ha beneficiado de la aparición de nuevas tecnologías, en este caso eléctricas, que posibilitan la automatización.

Con la excepción de algunos trabajos de Peter Carl Fabergé, la producción de costosos autómatas antropomórficos fascinantes dedicados al entretenimiento cesa casi por completo a principios del s.XX debido a la ausencia de artesanos especializados así como a la disminución de encargos de clientes adinerados, que se dedican a coleccionar ejemplares de autómatas históricos (Enciclopedia Británica , 2013).

Dejaré de lado de momento la evolución de los autómatas musicales para centrarme en los que desarrollan sus creaciones en las artes visuales. Paralelamente al desarrollo de aparatos eléctricos musicales, siguen las investigaciones en la automatización de la imagen-tiempo, con el desarrollo de autómatas precinematográficos fascinantes. Aparatos de nombres intrincados como el taumátropo, el fenaquistiscopio, el estroboscopio, el zootropo, el praxinoscopio, el zoopraxiscopio, etc., automatizaban fragmentos de narración y se convertían en marionetistas y narradores automáticos para deleite de los curiosos de la época. A finales del siglo XIX culmina este desarrollo, cuando la fascinación que una vez generó la fotografía, con su capacidad de aprehender un retazo de realidad, resurge con la invención del cinematógrafo de la mano de los hermanos Lumière. Las máquinas adquieren la capacidad de preservar el espacio-tiempo, de recordarlo, y de usarlo para generar formas narrativas derivadas de su nueva y singular naturaleza (Manovich). Aunque inicialmente el cinematógrafo genera sobre todo interés científico como medio de documentación, no tarda en llamar la atención su potencial para generar nuevos lenguajes de expresión visual. Podemos ver en cierta medida al cinematógrafo como un autómata que tiene su propio lenguaje artístico, no heredado de los humanos.

*“Mago y cirujano se comportan uno respecto del otro como el pintor y el cámara. El primero observa en su trabajo una distancia natural para con su dato el cámara por el contrario se adentra hondo en la textura de los datos. Las imágenes que consiguen ambos son enormemente diversas. La del pintor es total y la del cámara múltiple, troceada en partes que se juntan según una ley nueva. La representación cinematográfica de la realidad es para el hombre actual incomparablemente más importante, puesto que garantiza, por razón de su intensa penetración con el aparato, un aspecto de la realidad despojado de todo aparato que ese hombre está en derecho de exigir de la obra de arte.”* (Benjamin, 1936).

En esta época se originan los primeros movimientos de cámara, atribuidos tradicionalmente a Alexandre Promio, con un plano del gran canal de Venecia grabado en 1897 desde un bote en movimiento (Abel, 2005). Dado que presumiblemente no había ningún tipo de predeterminación humana en lo que acontecía ante la cámara, las imágenes que registradas se convierten en una especie de muestra de lo que la cámara vio en ese momento de su vida: el sistema es el realizador del material audiovisual, que en este caso es el *reality* de su propia vida.

*“Toda película procede, en efecto, de un fluir indiferente y automático, el de la proyección, que provoca en la pantalla y en los altavoces simulacros de movimientos y de vida, y este fluir debe ocultarse y olvidarse. ¿Qué hace la música anemática, sino develar su verdad, su aspecto robótico? Ella es la que hace surgir la trama mecánica de esta tapicería emocional y sensorial.”* (Chion, 1993).

Este nuevo lenguaje es explorado con avidez por los cineastas de principios de siglo. Desde diferentes enfoques, los realizadores aprovechan los conocimientos que van adquiriendo para estructurar las obras audiovisuales con el andamiaje de las nuevas relaciones causa-efecto (Kulechov, Eisenstein) o haciendo énfasis en el propio medio como cine-ojo (Moholy-Nagy, Rodchenko, Vertov), dos vertientes que apuntaban ya la separación

entre el cine que acabará siendo generalista y el experimental, en el que nos movemos en el presente estudio. El trabajo de Vertov es un paso pionero en la revelación del propio medio como entidad capaz de ver de una manera diferente a la que vemos los humanos, y ha supuesto una influencia fundamental en los trabajos de muchos cineastas experimentales del s.XX como José Val del Omar, Jean-Luc Godard, Jean-Pierre Gorin, o el movimiento Dogma 95, por mencionar algunos.

Pero mientras la máquina trata aún de acostumbrarse a ver (a través del ojo químico-mecánico del celuloide) y comienza a imaginar (sintetizando la imagen tiempo por medio de las técnicas de animación incorporadas al cine), se suceden los avances en el desarrollo de la televisión, que dan sus frutos cuando los primeros ojos electromecánicos de las cámaras de televisión “ven la luz” hacia mediados de los años 20 del S.XX, y les siguen unos años más tarde los de las cámaras electrónicas. Se hacían realidad los dispositivos capaz de registrar la luz, codificarla en señales eléctricas y volverlas a recomponer a distancia. Las máquinas ya no solo podían ver sin depender de la tira de celuloide, sino que además podían ver a distancia y transmitir su visión al resto de máquinas que empezaban a componer el enjambre de televisores.

A partir de entonces estas dos líneas de ojo-máquina, la línea química del celuloide y la electrónica del vídeo, evolucionarán en paralelo hasta la actualidad influenciándose mutuamente en lo que al lenguaje audiovisual respecta, aunque todo parece indicar que el uso del celuloide parece tener sus días contados dadas las ventajas productivas del cine digital. El ojo-máquina químico-mecánico del cine experimentará con las posibilidades de los movimientos, ajustes y manipulaciones de las cámaras cinematográficas y sus lentes, y con el montaje y los efectos especiales en la mesa de edición.

Si las posibilidades de la mecánica ya hacían volar la imaginación de los científicos y escritores de ciencia ficción como Čapek, con los avances de la electromecánica se disparan las historias que fantasean con la posibilidad de crear un ser artificial autoconsciente, como los relatos cortos que comenzó a publicar Asimov desde 1939. Ese mismo año se celebró la Exposición General de Nueva York con el lema “Construyendo el mundo del futuro”. Allí la Westinghouse Electric Corporation exhibió el autómata humanoide “Elektro”, que podía responder a comandos de voz, hablar, fumar, inflar globos, etc., para fascinación del público.

Una década más tarde, William Grey Walter construyó un par de robots autónomos a los que llamó tortugas mecánicas: Elmer y Elsie. Éstas tenían la capacidad de navegar hasta el lugar donde podían recargar sus acumuladores eléctricos. La revista Life publicó en 1950 un artículo al respecto, en el que figuraban unas fotografías time-lapse (de larga exposición) donde quedó registrada la trayectoria descrita por estos robots gracias a una luz que llevaban encima. Éstas constituyen probablemente el primer ejemplo de un autómata que realiza pinturas de luz en fotografía (Holland et al., 2001). Este tipo de expresión estética se ha venido repitiendo con posterioridad, como en el caso de las populares fotografías time-lapse que registran el rastro de luz dejado por robots aspiradores en su recorrido mientras realiza sus rutinas de limpieza.

En 1950, con un resultado estético sorprendente similar, Ben Laposky usó un osciloscopio para visualizar formas de onda y fotografiarlas con fines artísticos, bautizándolas como “oscilones” y “abstracciones electrónicas”. Su osciloscopio fue el primer autómata electrónico analógico generador de gráficos artísticos, que recuerdan nuevamente a las máquinas de representación gráfica de curvas como los armonógrafo, citado anteriormente.

Con la llegada de la era del computador digital se visualiza el concepto de la máquina que es capaz de pensar por sí sola, lo cual genera todo tipo de opiniones (Turing, 1950), y tiene también su repercusión en el campo artístico.

*“Not until a machine can write a sonnet or compose a concerto because of thoughts and emotions felt, and not: by the chance fall of symbols, could we agree that machine equals brain - that is, not only write it but know that it had written it.”*. (Jefferson, 1949).

El CYS P 1, creado en 1956 por Nicolas Schöffer se considera la primera escultura de la historia del arte en hacer uso de computación electrónica. El autor llamó a estos dispositivos esculturas espaciodinámicas, concibiéndolos como un ser autónomo, artistas a modo de danzarines que podían participar en instalaciones, performances e incluso películas, interactuando con humanos. Su funcionamiento se basa en la homeostasis, de manera que se mueven para recuperar el equilibrio estático cada vez que lo pierden. Este concepto de ente-escultura es el equivalente a los humanos-estatuas que podemos ver en algunos de nuestros paseos: un ser que adopta el papel de pieza escultórica.

En el campo de los computadores artistas son pioneros los trabajos de los científicos y artistas del Bell Labs en Estados Unidos, donde nace en 1959 el estereograma de puntos aleatorios (Béla Julesz) y se forjan los inicios del arte gráfico digital por computador (A. Michael Noll), la animación digital por computador (Edward E. Zajac, Frank Sinden, y Kenneth C. Knowlton), y la música digital por computador (Max V. Mathews y John R. Pierce) (Irvine, 2001).

*A digital computer and microfilm plotter were used to produce a semirandom picture similar in composition to Piet Mondrian's painting "Composition with lines" (1917). Reproductions of both pictures were then presented to 100 subjects whose tasks were to identify the computer picture and to indicate which picture they preferred. Only 28% of the Ss were able to correctly identify the computer-generated picture, while 59% of the Ss preferred the computer-generated picture.* (Noll, 1966).

En los albores del arte digital, conviven los sistemas digitales con los sistemas mecánicos generadores de objetos artísticos, como los desarrollados por Jean Tinguely a partir de 1959. “Las meta-matics, o Machines à dessiner, son obras de diferentes tamaños y formas que podían dibujar de una manera autónoma. En muchas de ellas, desde el conjunto escultórico sobresalía un mecanismo con una cierta forma antropomórfica (como un brazo, un dedo, un mano o una pinza) que disponía o “agarraba” algún tipo de rotulador, lápiz, o pincel, y que gracias a un motor realizaba dibujos y manchas en papel.” (Iglesias, 2012).

La apreciación artística de estas representaciones abstractas no habría sido posible sin el trabajo de los artistas pioneros en investigar la abstracción, que hicieron replantear los valores estéticos, desde los puntillistas como Seurat, hasta los trabajos de Pollock.

Las bases técnicas de estas máquinas son sencillas y su construcción (por lo menos de las que son sólo mecánicas) habría sido posible con anterioridad; lo que marca la diferencia es el valor de la experiencia estética. De igual manera vemos un cambio en la apreciación de la posición del ser humano en la generación de esa experiencia. Ahora, además de la cuestión acerca de la posibilidad de crear una máquina capaz de pensar, se replantea la cuestión del dispositivo generador automático de arte independiente del ser humano, o que como mucho, en algunos casos depende del mismo tan sólo en la elección de unos parámetros iniciales, y como fuerza motriz. El humano al servicio de la máquina artista.

Contemporáneo a Tinguely, Desmond Paul Henry también experimentó con máquinas de dibujar electromecánicas, diseñadas a partir de aparatos de desecho del ejército británico.

En 1961 Gustav Metzger, claramente influenciado tanto por el contexto de la guerra fría como por los avances tecnológicos, proclama su tercer manifiesto ADA (Auto-Destructive Art) con el título Auto-Destructive Art Machine Art Auto-Creative Art, poniendo las esperanzas de la humanidad en manos de la tecnología.

*"Each visible fact absolutely expresses its reality. Certain machine produced forms are the most perfect forms of our period. In the evenings some of the finest works of art produced now are dumped on the streets of Soho. Auto creative art is art of change, growth movement. Auto-destructive art and auto creative art aim at the integration of art with the advances of science and technology. The immediate objective is the creation, with the aid of computers, of works of art whose movements are programmed and include "self-regulation". The spectator, by means of electronic devices can have a direct bearing on the action of these works. Auto-destructive art is an attack on capitalist values and the drive to nuclear annihilation."* (Stiles et al., 1996) 13.

## Arte Emergente, Arte Generativo y Creatividad Computacional

Hemos visto hasta ahora una selección de lo que podríamos entender como la genealogía de artistas automáticos hasta la aparición de los primeros computadores digitales. A partir de entonces, surge una explosión creativa a raíz de las nuevas posibilidades prácticas, y del potencial que implica la tecnología de computación desde la perspectiva filosófica y cosmológica. Aparte de la mención hecha a los pioneros, dejaremos para otro estudio la recopilación exhaustiva de los autómatas artistas digitales y nos limitaremos a mencionar a partir de ahora aquellos que nos sirvan de ejemplo para ilustrar diferentes grados y formas en las un dispositivo genera una experiencia estética mostrando aparentemente cualidades análogas a la creatividad en un humano.

La coincidencia histórica de la aparición de los computadores electrónicos y de la consolidación de las ciencias cognitivas no es casual. Ambos acontecimientos se desarrollan en la década de los años 50 del pasado siglo. Por un lado, los computadores electrónicos basados en transistores se pusieron a la cabeza de la evolución de las máquinas, igual que hicieron los organismos basados en redes neuronales con conexiones electroquímicas hace millones de años (Costandi, 2009). Por otro lado, los nuevos descubrimientos sobre la fisiología del cerebro propician la fundación de la neurociencia cognitiva con el objetivo de descifrar cómo los circuitos cerebrales determinan el funcionamiento psicológico (Kandel, 2000). La invención de nuevas herramientas y el descubrimiento de conocimientos abre puertas a la imaginación, que prevé el futuro que nos brindan estas nuevas capacidades. Cuando científicos y pensadores de otros campos como la sicología o la filosofía vieron muchos de los principios de síntesis y procesado de información que realiza el cerebro humano formalizados en la lógica binaria y en los algoritmos de los computadores, comprendieron el camino convergente entre el desarrollo de estos dispositivos y la comprensión de los procesos cognitivos del ser humano. Fue entonces cuando la inteligencia artificial dejó de ser un concepto concebible únicamente en los mitos y la literatura de ficción, para plantearse como un objetivo real, una meta alcanzable ahora gracias al desarrollo de los computadores digitales.

Al mismo tiempo que aparecían teorías e iniciativas en la investigación de la Inteligencia Artificial, desde la década de 1960 un número cada vez mayor de artistas comenzaron a sumarse a la producción de autómatas creativos fascinantes aprovechando las nuevas herramientas proporcionadas por la tecnología del momento. Es cuando comienza la era de los artistas automáticos digitales, cuya capacidad de fascinación supera ampliamente la de sus ancestros mecánicos y electromecánicos. Uno de los experimentos históricamente innovadores más representativos en los que se utiliza un computador como creador en las artes visuales es sin duda el pintor digital AARON, de Harold Cohen, que ha sido objeto de desarrollo durante más de 40 años, obteniendo más atención y prestigio que la mayoría de pintores humanos que han trabajado en el mismo período (Cohen, 1994). Experimentos como el de Cohen comienzan a llamar también la atención de los teóricos por la capacidad creativa de los dispositivos, siendo Margaret Boden la pionera en intentar dotar de un marco teórico al estudio de la creatividad en el contexto de la Inteligencia Artificial, en su “Artificial Intelligence and Natural Man” (Boden, 1977). Boden, cuyo interés se centra en estudiar la creatividad artificial para comprender mejor la creatividad en el ser humano, clasifica esta última en tres categorías:

- **Creatividad combinacional:** a partir de conjuntos de ideas o espacios conceptuales diferentes hacer combinaciones poco convencionales, identificando aquellas que aportan valor.<sup>14</sup>
- **Creatividad exploratoria:** ampliar un espacio conceptual o conjunto de ideas incorporándole otras ideas que se ajustan a los parámetros que definen el conjunto.
- **Creatividad transformacional:** modificar los parámetros que definen un espacio o conjunto conceptual, de manera que esos parámetros permitan generar e identificar las ideas que formarán parte del nuevo espacio.

Para comprender estos espacios conceptuales podemos utilizar modelos comunes con la Inteligencia Artificial. Con ellos podemos tratar de articular los procesos creativos que ocurren en nuestra mente e intentar formalizarlos. Esto formaría parte de las relaciones computador → humano, con las que podemos aprovechar las estructuras de los primeros para comprender las de los segundos.

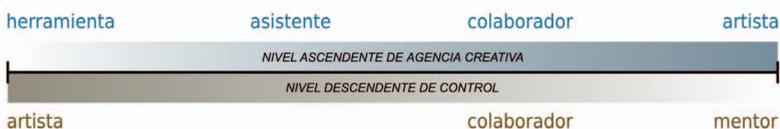
El reto que supone descifrar el funcionamiento del software cerebral a partir de un hardware neuronal sin contar con “planos constructivos” del cerebro es comparable al que se enfrentaría un alquimista del s.XVI si tuviese que descifrar el funcionamiento de un computador y su software a partir de los conocimientos de su época. Pero cada vez contamos con herramientas más sofisticadas, con las que comenzamos a observar el funcionamiento de nuestro cerebro a nivel molecular, y a recrearlo por medio de modelos teóricos y sistemas avanzados de simulación. Creando estrategias conjuntas entre disciplinas como la arquitectura de computadores, la ingeniería del software, las matemáticas, etc., por un lado y la neurología, psicología, psiquiatría, filosofía, arte, etc., por otro, se aúnan fuerzas y surgen soluciones más creativas. La creciente importancia que tienen hoy en día estas iniciativas multidisciplinares se hace patente con proyectos como The Human Brain Project<sup>15</sup>, o el proyecto ProSECCo<sup>16</sup>, ambos financiados por la Unión Europea. El propósito del primero es desarrollar una simulación completa del cerebro humano a nivel molecular con objetivos múltiples, como el de comprender el funcionamiento de las redes neuronales (neurociencia), estudiar el impacto de las enfermedades y lesiones cerebrales (medicina) o tomar como modelo el cerebro humano para el desarrollo de supercomputadores (ciencias de la computación). El segundo supone un esfuerzo de coordinación entre investigadores de

varias universidades europeas para apoyar las acciones conjuntas manteniendo la coherencia de las distintas líneas de investigación en Creatividad Computacional (CC).

*Computers and creativity make interesting partners with respect to two different projects. One, which interests me the most, is understanding human creativity. The other is trying to produce machine creativity -- or anyway, machine "creativity" -- in which the computer at least appears to be creative, to some degree.* (Boden, 2004).

En la dirección, humano → computador, podemos beneficiarnos de establecer relaciones y paralelismos entre un funcionamiento y otro para estudiar y desarrollar sistemas computacionales creativos. La CC es un campo de estudio que se enmarca en la Inteligencia Artificial (IA), pero que tiene particularidades que la diferencian de otras áreas de esta. Actualmente la tendencia en las investigaciones en IA es la de resolver problemas concretos desarrollando sistemas que aprenden y evolucionan autorregulándose (inicialmente se enfocó tratando de crear un sistema inteligente completo, capaz de razonar, resolver cualquier tipo de problema o incluso cobrar consciencia de sí mismo). La CC, por su parte, no establece como objetivo la resolución de problemas concretos establecidos a priori, sino que trata de desarrollar sistemas que manifiesten un comportamiento creativo en un determinado ámbito, y cuyas características sirvan para ampliar las capacidades y habilidades de los sistemas inteligentes a la hora de resolver problemas y adaptarse a nuevos retos. Este enfoque, ya desde su planteamiento, establece varios retos. Primero, el término *creatividad* conlleva una interpretación muy subjetiva, de manera que se hace necesario sintetizar una definición que permita una evaluación cuantitativa para poder hacer un análisis científico. Segundo, hace falta concretar y consensuar la metodología de evaluación de los resultados de los sistemas que aspiran a ser considerados "creativos" (Colton, 2008). Los requisitos que se exigen a un sistema computacional para que sea considerado creativo, no están aún consensuados, pero al fijarnos en los criterios por los que consideramos que una acción humana es creativa podemos tratar de establecer parámetros que nos permitan también evaluar la creatividad de un sistema computacional. En este sentido la principal discrepancia surge a la hora de diferenciar los sistemas generativos de los sistemas creativos, o lo que viene a ser lo mismo, determinar el nivel de intervención, responsabilidad y/o control que se reparten el ser humano y el computador en el proceso creativo.

## COMPUTADOR



## HUMANO

Reproducido con el permiso de los autores: McCormack, J., et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art" (versión extendida). Leonardo, MIT Press, publicado en línea en febrero de 2013: [http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON\\_a\\_00533](http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON_a_00533).

Una de las panorámicas más completas del estado de la cuestión la encontramos en *Computers and Creativity* (McCormack y d'Inverno, 2012). El arte generativo, explica McCormack, supone una mecanización del proceso y por lo tanto del resultado artístico. Consiste básicamente en desarrollar un sistema (no necesariamente basado en computadores) o un método que genere un resultado (ya sea musical, visual o de otro tipo) que varía en relación a las modificaciones de los parámetros utilizados en el proceso. El

humano a cargo del sistema puede realizar directamente estas modificaciones o puede reducir su participación/responsabilidad/control haciendo que los parámetros del proceso dependan de otros parámetros/sistemas. El grado de aleatoriedad dependerá del nivel de comprensión de las relaciones causa-efecto por parte del ser humano.

*In essence, all generative art focuses on the process by which an artwork is made and this is required to have a degree of autonomy and independence from the artist who defines it. (Boden y Edmonds, 2009).*

Las implicaciones no son menos impactantes que el resultado de este tipo de arte: "Si el arte es mecanizable, ¿qué hay de especial en los artistas?" (McCormack et al., 2012). Establecido un sistema o metodología de creación artística (como se hacía en la antigüedad con los pasos para, con la ayuda de una rejilla, diseccionar y volcar en papel la panorámica de un paisaje, o para calcar en un cuadro la proyección de una *cámara obscura*), cabría reflexionar si el artista no sería realmente el propio sistema-método, y el humano (o el robot/computador) que realiza los pasos un mero periférico del mismo, una especie de impresora, reducido a simple hardware.

*"The idea becomes a machine that makes the art."* (LeWitt, 1967).

Si se entiende como un resultado de aplicar una serie de reglas, puede considerarse una variante del arte generativo lo que se denomina arte emergente. Este suele basarse en el desarrollo de manadas o enjambres de agentes ya sean reales (robots) o virtuales, que obedecen a una serie de reglas que determinan su comportamiento. Al tratar de coexistir un conjunto más o menos numeroso de individuos las interacciones entre ellos condicionan sus acciones de manera similar a como ocurre con las bandadas de pájaros o los bancos de peces. Bajo la perspectiva del ser humano este tipo de sistemas y sus comportamientos producen resultados que juzgamos de manera estética. Algunos autores denominan esta capacidad como creatividad computacional débil, es decir, que la que trata de simular la creatividad humana para obtener resultados similares, frente a la creatividad computacional fuerte, cuya meta sería reproducir el funcionamiento cognitivo y creativo del ser humano en una máquina (Majid al-Rifaie, M., y Bishop, M., 2012).

Si tomamos como modelo de sistema creativo al humano, otra de las características en que los investigadores coinciden al caracterizar la creatividad es que ha de generar resultados novedosos. Boden clasifica lo novedoso en dos categorías: innovación personal (nuevo para el individuo) e innovación histórica (nuevo en la historia de la humanidad).

*Creative ideas, then, are new. But of course, there's new -- and there's new. Ask a teacher, for instance. Children can come up with ideas that are new to them, even though they may have been in the textbooks for years. (Boden, 2004).*

Se trataría en definitiva de que sea el mismo sistema el que reajuste los parámetros de su proceso de creación, en base a los criterios adecuados al campo de aplicación (por ejemplo estéticos, entre otros, en el campo del arte), aprendiendo en el proceso por medio de la autoevaluación (de manera que a la vez también hace evolucionar sus criterios estéticos) y generando así resultados innovadores.

Para desarrollar un comportamiento así podemos tratar de replicar una o más de las categorías en las que Boden clasifica la creatividad humana y que vimos anteriormente (combinacional, exploratoria o transformacional), aunque habría que añadir también la categoría de creatividad emergente:

“aquella en la que nuevos símbolos o estructuras emergen *ex nihilo*” (McCormack et al. 2012), y que los humanos interpretamos como un resultado creativo. Aquí es donde entra en juego otro de los factores que complican la parametrización de la creatividad: el criterio subjetivo del observador (Cardoso, A. et al., 2009). Por ello muchos esfuerzos se centran en satisfacer la *apariencia de creatividad* percibida por los observadores antes que tratar de unificar los diferentes criterios acerca del tema.

También hay argumentaciones que defienden que la CC proviene de una naturaleza diferente, de manera que no tiene por que revelarse de igual forma que la creatividad humana, ni reproducirla. Lo cual no simplifica ni mucho menos la labor, ya que habría que determinar cómo identifica el “computador observador” las manifestaciones de CC en el “creador computador”.

Colton y Wiggings (2012) han propuesto una serie de máximas que, según ellos, deberían ser fundamentales en los futuros proyectos de CC:

- Considerar que el éxito creativo no radica únicamente en el artefacto resultante (poema, pintura o teorema) sino también en el propio acto de producirlo.
- El artefacto resultante de un acto creativo debe percibirse como una invitación al diálogo con el artefacto y/o el creador y/o la cultura y/o uno mismo.
- El software no es humano, así que no podemos apoyarnos en las ideas irracionales (y a menudo románticas) acerca del proceso creativo de las personas. De manera que nuestro software debe generar el contexto de sus propios procesos y productos.

Como podemos ver la cosa no es trivial y se entiende que en esta joven rama de la Inteligencia Artificial aún queden muchas bases por asentar y criterios por unificar.

## Aplicaciones en el audiovisual

Mientras estas cuestiones siguen siendo objeto de debate, los investigadores continúan trabajando en sistemas que, como mínimo, aparenten un comportamiento creativo a través de su forma de actuar o a través de los resultados de sus actos. Entre los campos investigados el más prolífico es una vez más, tal como hemos visto en la historia de la automatización artística, el de la creación musical, aunque abundan igualmente ejemplos en creación literaria, ya sea narrativa o cómica (chistes), y en creación visual. Pero también hay ejemplos exitosos de sistemas creativos capaces de desarrollar nuevas teorías matemáticas, jugar al ajedrez, etc.

En lo que concierne al vídeo y al cine, la mayoría de iniciativas basadas en la cesión de control a un computador parten del campo artístico más que del científico, y manifiestan un reducido nivel de creatividad o creatividad aparente si los evaluamos bajo los diferentes criterios expuestos anteriormente, pudiendo más bien ser consideradas como arte generativo y en algunos casos deliberadamente aleatorio.

Aparte de la fase, en caso de haberla, de generación del guión narrativo (actividad que consideramos aquí más literaria que visual), los momentos del proceso audiovisual en los que se puede transferir la responsabilidad creativa son la adquisición, la edición y la proyección. También hay que tener presente que si cedemos el control a un sistema computacional podemos partir del mundo real como materia registrable/registrada en

secuencias de imágenes (adquisición-registro), pero también se puede generar todo un mundo virtual en el propio sistema, con infinidad de posibles variaciones (adquisición-generación).

Uno de los primeros cineastas en emplear un computador en el proceso de registro de material fílmico fue John Whitney, que experimentó a partir de la década de 1960 usando antiguos computadores antiaéreos analógicos para controlar los movimientos de una cámara de cine generando animaciones y efectos visuales, primero en el cine experimental y después en el de masas (Youngblood, 1970). Otro hito en la automatización del proceso creativo en el cine es si duda la grabación del material utilizado en *La Région Centrale* (1971) de Michael Snow y Pierre Abeloos. Para la realización de este film, se desarrolló específicamente un dispositivo robótico que permitía que la cámara programada se moviese en infinidad de maneras, girando alrededor de un punto central, sin que los movimientos ni los puntos de vista generados se sometiesen a ningún tipo de convencionalismo. El robot que realizaba los movimientos de la cámara no incorporaba técnicas de visión artificial para analizar la imagen, de modo que, en cierta manera, era un robot que miraba pero no veía, con un registro visual pero sin capacidad de utilizarlo. Pero Snow se apropió del material captado en ese registro y nos mostró el mundo a través de una mirada no humana (nosotros que, a diferencia de aquel robot, sí podemos ver).

*“But cameras have a life of their own. Cameras care nothing about cults or isms. They are indifferent mechanical eyes, ready to devour anything in sight.”* (Smithson, 1996).

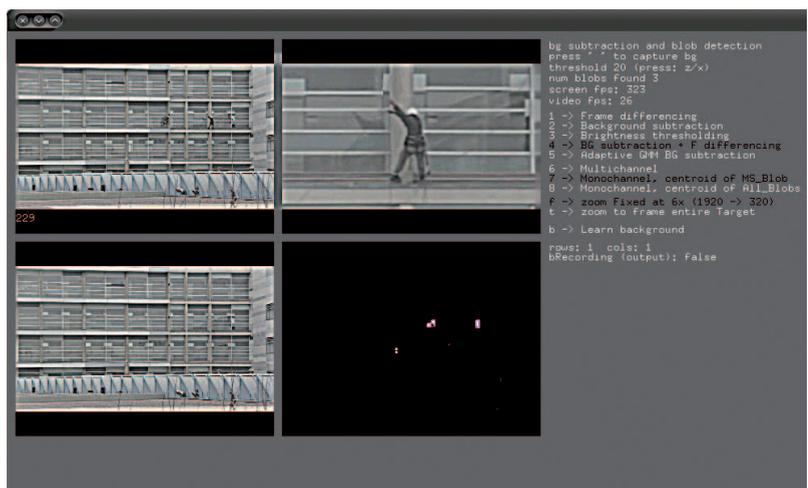
Por supuesto, la industria cinematográfica no tardó en aprovechar esta tecnología para un uso más comercial (y convencional), aunque hay intentos de alcanzar un término medio entre experimentación y adecuación al mercado, como la película *The boss of it all* (Lars Von Trier, 2006). En ella el director, siguiendo su línea de experimentación con la deconstrucción del lenguaje del cine y la separación entre ficción y realidad, se sirve de un sistema automatizado de grabación denominado *Automavision* desarrollado a propósito para limitar la influencia humana y permitir que el azar muestre una perspectiva libre de convencionalismos narrativos y estéticos. Una vez escogidos de forma arbitraria los parámetros de la cámara y los micrófonos, el sistema crea una lista de variaciones aleatorias aplicables a la imagen (inclinación, panorámica, enfoque, apertura, posición vertical y horizontal) y al sonido (filtros, niveles, etc.). Posteriormente el plano se graba con esos parámetros y el director decide si lo incorpora al montaje final.

En cuanto a obras en las que el sistema es el responsable del montaje del material, tenemos un ejemplo en *Brakelights* (Hessels, 2004), una narración audiovisual controlada por un sistema informático que selecciona los planos previamente grabados de entre una serie de diálogos de una pareja, con distintos tonos de intensidad emocional. Esta selección se realiza tomando como input, la densidad de luces de freno de los coches en una autopista de Los Ángeles captadas por una cámara. Jugando con el término inglés *brake* (que significa frenar, pero también es una forma arcaica de *break*, que significa ruptura), según haya más o menos luces de freno encendidas se seleccionan planos clasificados en una escala de cinco emociones: ira, irritación, indecisión, esperanza y amor. Por su parte, combinando también material audiovisual almacenado en una base de datos, la acción narrada por el *Soft Cinema* (Manovich, 2002-2004) está dividida en un número de partes secuenciales, cada una de las cuales supone un cortometraje. Al comienzo de cada segmento, el programa genera una nueva composición visual y selecciona además los fragmentos de vídeo y las animaciones que se proyectarán, y en qué orden se verán. Este proceso se repite para cada parte de la narración.

Uno de los contados proyectos que aplican conceptos tratados en el campo de la CC al campo audiovisual es The Filmmaking Robot (Bagnall, 2004), del cual dice su desarrollador: “solía ser un cineasta, ahora ayudo a robots a hacer cine”. El sistema tiene su centro neurálgico fijo, ubicado en una galería, mientras que las cámaras que hacen de ojos viajan sobre autobuses urbanos por la ciudad. Cada cámara-ojo captura fragmentos de vídeo que envía al cerebro en los momentos en los que el autobús pasa cerca de uno de los nodos de acceso inalámbrico de una cadena de cibercafé. El cuerpo del robot divide los vídeos en fotogramas individuales y analiza cada uno de ellos, obteniendo una serie de parámetros como la disposición de colores, formas y detalles en el cuadro. Estos valores se utilizan para ubicar las imágenes en una base de datos, que conforma una especie de espacio clasificado por similitud visual. Durante doce horas diarias, siguiendo el recorrido del bus, el robot recorre en zigzag los lugares de este espacio virtual, creando secuencias de vídeo a su paso, que forman el “sueño” o la “estela de consciencia” del robot. Al final de su jornada, el robot recuerda los mejores momentos del día y compone con ellos un film. Para las elegir trayectorias de su sueño diario el robot usa redes neuronales y reglas heurísticas, pero el film final se genera siguiendo un criterio que favorece la suavidad del movimiento por el espacio-memoria, o sea, la continuidad visual determinada por los parámetros del análisis. El robot recuerda todo aquello que ve hasta almacenar cinco millones de imágenes en su mente, a partir de entonces las nuevas imágenes reemplazarán a las menos interesantes en la base de datos. Además de obtener imágenes por medio de los ojos, el robot crea falsos recuerdos combinando y manipulando las imágenes preferidas y más usadas.

De nuestra propia producción mencionaremos el proyecto Computer Vision Cinema, donde usamos técnicas y herramientas de visión artificial con el propósito de explorar nuevas formas de expresión audiovisual que pueden surgir al ceder al medio el control de los parámetros de adquisición y montaje. En nuestra investigación hemos realizado experimentos en tres ámbitos de aplicación: cine experimental, realización visual en directo, e instalación artística.

En el cortometraje experimental “At one’s fingertips”, grabamos un plano general de una escena casual con una cámara de alta definición. Posteriormente introdujimos esta grabación como input de un sistema que aplica algoritmos convencionales de análisis de movimiento por comparación de fotogramas consecutivo, utilizados normalmente en aplicaciones de videovigilancia. La zona de máximo movimiento puede ser entendida como



el centro de interés del sistema y por lo tanto aquello en lo que fijaría su atención al darle la responsabilidad de realizar un reencuadre de los fotogramas originales. Con esta correspondencia entre nivel de movimiento y reencuadre, el sistema produce a la salida un audiovisual que depende de los parámetros del algoritmo de detección y también las imágenes filtradas por el sistema para poder hacer el análisis. Tras procesar el input con distintos parámetros generando otros tantos outputs, realizamos el montaje de estos fragmentos generados.

En las realizaciones en directo se empleó el mismo sistema mencionado anteriormente, solo que esta vez en lugar de utilizar un video grabado previamente y producir material para editar, la entrada al sistema consistía en las imágenes de un escenario de un concierto musical, capturadas de una cámara en tiempo real. La salida se visualizaba en el medio disponible, ya sea pantalla de leds o proyección. El resultado, que tuvo mucha aceptación, era una especie de VJ o realizador audiovisual automático pero cuya estética y dinamismo recordaba más a un videoclip que a una realización en directo, con múltiples cortes y planos que en ocasiones duraban apenas 3 o 4 fotogramas.



En la instalación artística, una serie de dispositivos dotados de cámaras y sensores utilizan técnicas de visión artificial usadas en videovigilancia, robótica o videojuegos para analizar el espacio de una galería y los movimientos detectados, que serán el centro de atención de sus miradas. La visión de estos dispositivos es enviada en forma de flujo de imágenes a un sistema que las gestiona y asigna una prioridad a cada una de estas miradas en base a parámetros obtenidos del análisis del sonido que se produce en la sala. La prioridad se materializa en valores de opacidad para cada flujo visual y la mezcla de todos los flujos se muestra finalmente en una pantalla de proyección. Entre los dispositivos hay cámaras robotizadas, cámaras de videovigilancia, sensores 3D o un robot aspirador con una cámara incorporada, que se mueve en un espacio acotado dentro de la sala. La visión que nos proporcionan estos dispositivos es una especie de registro visual de su existencia, un plano subjetivo condicionado por la naturaleza del propio dispositivo y de su funcionamiento (su “forma de ser” previa a su incorporación al proyecto).



Una reflexión similar la encontramos en *Robots in Residence* (Reben y Hoff, 2012), un proyecto comisionado por el IDFA DocLab. En este proyecto, que también refleja la capacidad empática y antropomorfizante del ser humano, se dejan en libertad una serie de robots autónomos de aspecto amable y afectivo que, cuando detectan una persona, comienzan a reproducir un discurso en el que la invitan a hacerle confesiones mientras las registra con su cámara-ojo, con preguntas como “cuéntame algo que no le hayas contado nunca a nadie”. Los humanos que establecen un vínculo emocional con el robot, acaban contando experiencias que normalmente no hubieran compartido con un extraño. Posteriormente el conjunto de grabaciones son editadas por medios convencionales para producir un documental.

*Las máquinas (bien construidas y programadas) son capaces de sutilezas de expresión emocional imposibles de alcanzar para un ser humano.*  
Piercy Grainer (Simon, 1983).

Aparte del campo artístico, se están realizando investigaciones académicas sobre automatización de realización audiovisual, principalmente en lo que respecta a grabación de las acciones realizadas en entornos acotados como platós o aulas de clases magistrales. Éstas también manejan tecnología similar para evaluar la escena, seleccionar los puntos de interés, mover cámaras motorizadas al encuadre óptimo y hacer la selección de planos de salida del sistema, ya sea para su emisión en tiempo real o para generar directamente el material que será difundido posteriormente. Algunas de estas investigaciones son (Mullender, S., 1994), (Pinhanez y Bobick, 1995), (Kameda et al., 2002), (Sun et al., 2005), (Lampi et al., 2006), (Ranjan et al., 2007), (Nagai, 2009) y (Chou et al. 2010).

Por último, pero no menos importante, merecen una mención las iniciativas que trabajan con material virtual, es decir, en las que el producto audiovisual se genera por completo en computadoras sin usar material registrado del mundo real. La mayor parte de estas iniciativas las encontramos en el mundo de los videojuegos, en el que se desarrollan algoritmos que adaptan el punto de vista virtual a través del cual vemos la acción, tanto en los momentos en los que participamos en ella a través de nuestro avatar como en los interludios narrativos en los que somos tan solo espectadores en manos del sistema director.

*“Whose vision is it? It is the vision of a computer, a cyborg, a automatic missile. It is a realistic representation of human vision in the future when it will be augmented by computer graphics and cleansed from noise. It is the vision of a digital grid. Synthetic computer-generated image is not an inferior representation of our reality, but a realistic representation of a different reality.”* (Manovich, 2001).

## Creatividad computacional al alcance de la mano

Aunque la mayoría de iniciativas audiovisuales que exploran nuevas estrategias basadas en computación creativa siguen reduciéndose al ámbito experimental, hoy ya contamos en nuestros dispositivos móviles con aplicaciones capaces de igualarnos como cineastas, sintetizando nuestras memorias en forma de vídeos editados automáticamente o eligiendo de una serie de fotogramas aquel que mejores cualidades estéticas ofrece como fotografía. Este tipo de aplicaciones son un ejemplo práctico de cómo los dispositivos pueden hacerse cargo de tareas que hasta ahora requerían no solo ciertos conocimientos técnicos, sino también conocimientos teóricos sobre teoría de comunicación y estética, además de capacidades creativas.

Otros productos que han llegado ya al mercado incluyen un hardware específico que incluye un dispositivo emisor que es localizado por el sistema de detección de manera que es capaz de realizar el seguimiento y grabar deportistas en movimiento como un surfista o un esquiador con una cámara.

En el futuro, independientemente del grado que alcancemos de fusión humano-máquina (vaticinada por pensadores como Ray Kurzweil), nuestros cohabitantes sintéticos colaborarán activamente con nosotros en la creación de todo tipo de obras creativas, y llegarán a ser nuestros compañeros y maestros a la hora de explorar nuevas experiencias estéticas.

### COMPUTADOR



### HUMANO

Adaptado del original con el permiso de los autores: McCormack, J., et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art" (versión extendida), Leonardo, MIT Press, publicado en línea en febrero de 2013: [http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON\\_a\\_00533](http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/LEON_a_00533).

No es difícil imaginar que con el avance de la tecnología podamos disponer en nuestros hogares de un dispositivo capaz de detectar nuestro estado de ánimo y, habiendo aprendido y comprendido cómo somos, nuestros gustos y preferencias, generar instantáneamente para nosotros un entretenimiento audiovisual único con la medida de interactividad adecuada y que incluya, por qué no, como actores a nuestros caracteres históricos favoritos (ficticios o reales). Podríamos ver (o *vivir*) una película de una saga de Star Wars, con un Cleant Eastwood de mediana edad haciendo de Maestro Jedi y luchando contra un malvado Lord Sith interpretado por Béla Lugosi, todo ello dirigido al estilo del *plugin Stanley Kubrik*, del *plugin Steven Spielberg*, etc. En cualquier momento que decidiésemos (o que el sistema estimase oportuno) podríamos intervenir en la acción y/o variar el rumbo de la historia.

También resulta posible prever, con la multiplicación de dispositivos con cámaras cuyo contenido es compartido con nuestro entorno social, un documentalista computacional que nos narre cualquier fragmento de nuestra vida o de la de nuestros allegados a partir del material grabado de la multitud de cámaras que habrá por todas partes. Podremos elegir el tono, el tono, el estilo, etc. o dejar que lo elija el sistema.

Hasta ahora sólo nos limitaba nuestra imaginación. En el futuro, ¿que maravillas imaginarán nuestros compañeros computacionales por nosotros?

## Referencias bibliográficas

AA.VV. "Automatons since the Renaissance", Enciclopedia Britannica, Recurso en línea: <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/44951/automaton/284646/Automatons-since-the-Renaissance> (accedido el 21/03/2013).

**Abel, R.** (Ed.). (2005). "Encyclopedia of Early Cinema", Routledge, p. 92.

**Bazin, A.** (2001). "¿Qué es el cine?", Ed. Rialp.

**Benjamin, W.** (1936). "La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica" Traducción de Jesús Aguirre. Ed. Taurus, Madrid, 1973.

**Boden, M. A.** (1977). "Artificial Intelligence and Natural Man", Hassocks, Sussex: The Harvester Press.

**Boden, M. A. y Edmonds, E.A.** (2009). "What is generative art?" Digital Creativity 20(1-2): 21-46.

**Boden, M. A.** (2004). "The Creative Mind: Myths and Mechanisms", London: Routledge, pp. 1-10.

**Cardoso, A.**, et al. (2009). "Converging on the Divergent: The History (and Future) of the International Joint Workshops in Computational Creativity", AI Magazine, Volumen 30, Número 3.

**Chapuis, A. y Gélis, E.** (1984). "Le Monde Des Automates: Etude Historique et Technique". 2ª ed. Ed. Slatkine, Geneva, Switzerland.

**Chion, M.**, (1993). "La audiovisión", trad. Antonio López Ruiz, Paidós Comunicación.

**Chou, H.**, et al. (2010). "Automated Lecture Recording System", International Conference on System Science and Engineering.

**Cohen, H.**, (1995). "The further exploits of AARON, painter", Stanford Humanities Review, volumen 4, número 2: Constructions of the Mind.

**Colton, S.** (2008). "Creativity Versus the Perception of Creativity in Computational Systems", AAAI Symposium.

**Colton, S.**, et al. (2009). "Computational Creativity: Coming of Age", en AI Magazine, Volumen 30, Número 3. Disponible en línea en: <http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/issue/view/187/showToc> (accedido a 21/05/2013).

**Colton, S., y Wiggings, G.** (2012). "Computational Creativity: The Final Frontier?", Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Volumen 242, ECAI 2012, pp. 21-26. Versión en línea disponible en: [http://www.doc.ic.ac.uk/~sgc/papers/colton\\_ecai12.pdf](http://www.doc.ic.ac.uk/~sgc/papers/colton_ecai12.pdf) (accedido a 21/05/2013).

**Costandi, M.**, (2009). "Evolutionary origins of the nervous system", recurso en línea: <http://scienceblogs.com/neurophilosophy/2009/07/03/evolutionary-origins-of-the-nervous-system/> (accedido el 02/06/2013).

**Fuller, B.** (1969). "Operating Manual for Spaceship Earth". Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press, p. 13.

**Giedion, S.** (1948). "Mechanization takes command: a contribution to anonymous history", Oxford University Press.

**Holland, O., y McFarland, D.** (2001). "Artificial Ethology", Oxford University Press, p.28.

- Iglesias, R.** (2012). "La robótica como experimentación artística", tesis doctoral, Facultad de BB.AA., Universidad de Barcelona.
- Ikeuchi, K.**, et al., (2007). "Arts and Robots Workshop", Intelligent Robots and Systems 2007, San Diego, EE.UU. Recurso en línea: [http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots/course\\_note.pdf](http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots/course_note.pdf) (accedido el 23/02/2013).
- Ikeuchi, K.**, et al., (2008). "Arts and Robots Workshop", Intelligent Robots and Systems 2008, Niza, Francia. Recursos en línea: [http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots2/course\\_note.pdf](http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/ArtAndRobots2/course_note.pdf) (accedido el 23/02/2013).
- Irvine, M.**, (2001). "Early Digital Computers at Bell Telephone Laboratories, Annals of the History of Computing", IEEE, Volume 23, Issue: 3, pp. 22-42.
- Jefferson, G.**, (1949). "The mind of mechanocological man", British Medical Journal.
- Kandel, E.** (2000), "Principles of Neuroscience", 4a edición, McGraw-Hill, New York.
- Kameda, Y.** Et al. (2002). "Carmul : Concurrent Automatic Recording For Multimedia Lecture", Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University.
- Krueger, M.**, (1990). "Artificial Reality II", Addison-Wesley Professional.
- Koetsier, T.**, (2001). "On the prehistory of programmable machines: musical automata, looms, calculators, Mechanism and Machine Theory", Elsevier 36, pp. 589-603.
- Kurzweil, R.**, (1999). "The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence", Penguin Books.
- Lampi, F.**, et al. (2006). "Automatic Camera Control for Lecture Recordings", World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (EDMEDIA), Orlando, FL, USA. Información en línea: <http://pi4.informatik.uni-mannheim.de/pi4.data/content/projects/alr/index.html> (accedido el 03/06/2013).
- Lampi, F.**, et al. (2008). "A Virtual Camera Team for Lecture Recording", MultiMedia, 15(3), pp. 58-61.
- LeWitt, S.**, (1967). "Paragraphs on Conceptual Art" Artforum.
- Majid al-Rifaie, M., y Bishop, M.**, (2012). "Weak vs. Strong Computational Creativity", 5th AISB Symposium on Computing and Philosophy, University of Birmingham, UK.
- Manovich, L.**, (2013). "The automation of sight: from Photography to Computer Vision", recurso en línea: <http://manovich.net/DOCS/automation.doc>, (accedido el 08/04/2013).
- Manovich, L.**, (2001). "The Language of New Media", MIT Press.
- Manovich, L.**, (2008). "Software takes command", recurso en línea: <http://lab.softwarestudies.com/2008/11/softbook.html> (accedido el 21/05/2013).
- McCormack, J., y d'Inverno, M.** (Eds.), (2012), "Computers and Creativity", Springer.
- McCormack, J.**, et al. (2012) "Ten Questions Concerning Generative Computer Art", Leonardo, MIT Press, aceptado en julio de 2012, publicado en línea en febrero de 2013, pendiente de publicación a 31/05/2013. Versión extendida en línea: <http://diotima.infotech.monash.edu.au/~jonmc/sa/wp-content/uploads/2012/10/TenQuestionsV3.pdf> (accedido el 29/05/2013).
- Mettrie, de la, J.O.**, (1747). "El Hombre Máquina". Trad. Ángel J. Cappelletti. Ed. Universitaria De Buenos Aires, 2ª ed. 1962.

**Metzner, P.**, (1998). "Crescendo of the Virtuoso: Spectacle, Skill, and Self-Promotion in Paris during the Age of Revolution". Berkeley: University of California Press. Disponible en línea en: <http://ark.cdlib.org/ark:/13030/ft438nb2b6/> (accedido a 02/02/2013).

**Mullender, S.** (1994). "Specification of the Digital TV Director", University of Twente, The Netherlands.

**Nadarajan, G.**, (2007). "Automation Robotics in Muslim Heritage". Recurso en línea: [http://www.muslimheritage.com/uploads/Automation\\_Robotics\\_in\\_Muslim%20Heritage.pdf](http://www.muslimheritage.com/uploads/Automation_Robotics_in_Muslim%20Heritage.pdf), (accedido el 21/03/2013).

**Nagai, K.**, (2009). "Automated Lecture Recording System with AVCHD Camcorder and Microserver", Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University, Japan. SIGUCCS.

**Needham, J.**, (1986). "Science and Civilization in China: Volume 4, Physics and Physical Technology; Part 2, Mechanical Engineering". Taipei: Caves Books Ltd.

**Noll, M. A.**, (1966). "Human or Machine: A Subjective Comparison of Piet Mondrian's 'Composition with Lines' and a Computer-Generated Picture", The Psychological Record, Vol. 16. No. 1, pp. 1-10. Versión en línea disponible en: <http://noll.uscannenberg.org/Papers.htm> (accedido el 29/04/2013).

**Pérez-Bustamanteamón, B.**, (2012). "El Live cinema: Hacia el transmedia y la desaparición de la forma", Comunicación21, número 2.

**Pinhanez, C. y Bobick, A.**, (1995). "Intelligent Studios: Using Computer Vision to Control TV Cameras", IJCAI'95 Workshop on Entertainment and AI/Alife.

**Ranjan, et al.** (2007). "Dynamic Shared Visual Spaces: Experimenting with Automatic Camera Control in a Remote Repair Task", CHI 2007 Proceedings, San Jose, CA, USA.

**Reichardt, J.**, (1968). "Cybernetic Serendipity. Getting Rid of Preconceptions". en: Studio International, vol. 176, no 905, pág. 176.

**Ritchie, G.** (2007), "Some Empirical Criteria for Attributing Creativity to a Computer Program", Minds & Machines 17, pp 67-99.

**Ritchie, G.**, (2012), "A closer look at creativity as search", ICCO 2012, <http://computationalcreativity.net/iccc2012/wp-content/uploads/2012/05/041-Ritchie.pdf>.

**Simon, R.**, (1983). "Percy Grainger: the pictorial biography", p. 127, Whitston Pub. Co.

**Smithson, R.**, (1971). "Art through the camera's eye", en Robert Smithson: The Collected Writings, Ed. Jack Flam, University of California Press, Ltd., London, England, 1996.

**Stiles, K., Selz, P.**, (Ed.), (1996). "Theories and Documents of Contemporary Art: A Sourcebook of Artists' Writings", Berkeley, CA: Univ. of California Press, pp. 401-4.

**Sun, X.**, et al. (2005), "Region of Interest Extraction and Virtual Camera Control Based on Panoramic Video Capturing", IEEE Transactions on Multimedia.

**Taimina, D.**, (2007). "Historical Mechanisms for Drawing Curves, Hands On History" ed. Amy Shell-Gellasch, MAA Notes vol. 72, pp. 89-104. Versión en línea: <http://dspace.library.cornell.edu/bitstream/1813/2718/1/2004-9.pdf> (disponible a 30 de abril de 2013).

**Turing, A.**, (1950). "Computing Machinery and Intelligence". Mind 49: 433-460.

**Turner, S.**, (1997). "Demonstrating Harmony: Some of the Many Devices Used To Produce Lissajous Curves Before the Oscilloscope" Rittenhouse Journal of the Scientific.

**Valavanis, K.**, et al. (2007). "Technology and autonomous mechanisms in the mediterranean: from Ancient Greece to Byzantium". Proceedings of the European Control Conference 2007 Kos, Greece.

**Wilkes, J.** (Ed.), (1812), "Encyclopaedia Londinensis", Volume 11, pag. 490.

**Youngblood, G.**, (1970). "Expanded Cinema", versión en línea: [http://www.vasulka.org/Kitchen/PDF\\_ExpandedCinema/book.pdf](http://www.vasulka.org/Kitchen/PDF_ExpandedCinema/book.pdf) (accedido el 16/04/2013).