

ARTÍCULO ACEPTADO

Programando la creatividad: El caso de AARON, el robot pintor

Diana Fernández Duque, Itzel Aranguren-Navarro, Guillermo Barrios del Valle, y Andrea Fernández Duque

El desarrollo acelerado de la inteligencia artificial (IA) ha abierto nuevas posibilidades en la creación artística, al permitir que algoritmos produzcan obras visuales de manera autónoma mediante el aprendizaje de patrones estilísticos y compositivos. Esta evolución tecnológica, que hoy vemos materializada en sistemas como *DALL-E* o *Midjourney*, tiene sus raíces en desarrollos pioneros que exploraron la relación entre máquinas y creatividad.

En 1973, Harold Cohen creó AARON, un robot capaz de generar pinturas originales e irrepetibles. Empezando con garabatos abstractos, con el tiempo y con los ajustes en su código, el robot logró producir arte figurativo original. A diferencia de las técnicas de inteligencia artificial modernas que emplean redes neuronales profundas y grandes volúmenes de datos para guiar su aprendizaje, AARON no aprende a partir de un conjunto de imágenes de entrenamiento, sino que opera bajo una serie de reglas artísticas establecidas por Cohen y se retroalimenta a partir de su propio trabajo: un método que fue diseñado para emular el proceso del dibujo a mano alzada [1].

Sin embargo, con la llegada de las computadoras, sistemas creadores de arte como AARON y las IAs han desafiado esta percepción; nos obligan a redefinir los procesos de creación artística y a replantear conceptos fundamentales como la autoría, la originalidad y la intención creativa. La capacidad de las máquinas para generar obras artísticas que pueden ser visual y conceptualmente equiparables a aquellas creadas por humanos plantea dilemas éticos: ¿puede una inteligencia artificial ser considerada un artista? y ¿a quién pertenece la obra generada por un sistema algorítmico? Estos cuestionamientos, ya insinuados por el funcionamiento de AARON en su momento pionero, se intensifican con las tecnologías actuales, que no solo reproducen patrones, sino que también aprenden y se adaptan a partir de datos masivos. Estos nos invita a preguntarnos en un mundo donde la IA avanza a gran velocidad: ¿se puede programar la creatividad?

Las reglas de la creatividad

Para los griegos, la creatividad no formaba parte del arte; el arte era visto como una destreza basada en normas y técnicas, no en la libertad de acción [2]. El artista no creaba, sino que imitaba. Durante la mayor parte de la historia occidental, las acciones humanas no se conside-

raron creativas. En la antigüedad, crear era algo reservado a los dioses; los humanos, en cambio, imitaban o reproducían según reglas y técnicas. Incluso en el arte, lo valioso era la destreza para seguir normas, no la capacidad inventiva.

En la Edad Media, la única acción reconocida como creativa era la creación a partir de la nada y era exclusiva de Dios. Las acciones humanas estaban fuera de ese marco: podían fabricar, construir o transformar, pero no crear. Ya en la Era Moderna, esta noción cambió. Cualquier acción que produjera algo nuevo se empezó a considerar como actividad creativa y en el siglo XX, esta idea se expandió a otras áreas: ciencia, tecnología, educación, política, etc. Así, lo que en el pasado era simplemente repetición o aplicación de reglas, pasó con el tiempo a convertirse en un campo abierto a la invención y a la originalidad.

Harold Cohen vivió inquietudes propias con el término a mitad de su carrera, donde la presión por vivir en un estado creativo perpetuo lo llevó a imaginar reglas para generar obras de forma automática. Fueron las primeras dudas que le surgieron, sobre arte y automatización, las que muchos años después lo empujaron a investigar si era posible automatizar el proceso creativo.



Figura 1. La Máquina dibujante de Cohen o “tortuga” como él le decía. (Dibujo por Andrea Fernández Duque).

El nacimiento de AARON

La creación de AARON o, como Cohen lo llama, su nacimiento, fue orquestado en la Universidad de California,

San Diego, en 1973 [3]. Durante su estancia en la universidad, después de 6 meses de aprender Fortran, Cohen esbozó un primer código. Era un programa jerárquico que

controlaba un dispositivo con ruedas mediante retroalimentación por sonar al cual le llamaba "Tortuga" (Figura 1).

“Si puedes conectar suficientes declaraciones if juntas, obtienes una estructura bastante parecida al pensamiento.” (H. Cohen)

El control estaba distribuido en varios niveles: el más bajo ejecuta pasos individuales, niveles intermedios agrupan pasos en líneas y figuras, y así sucesivamente. Ningún nivel tenía control absoluto; cada uno cumplía una función específica. Aunque el programa definía el proceso completo, no permitía predecir el resultado final del dibujo.

AARON comenzaba cada dibujo con un entendimiento completo de lo que necesitaba: sabía dónde estaba, a dónde quería ir, en qué dirección estaba orientado al inicio y cómo quería terminar [3]. Basado en esa información, calculaba su camino. Esta retroalimentación constante era esencial para su funcionamiento.

Una de las diferencias clave entre AARON y otros programas de arte por computadora era su “conciencia” de lo que había hecho. Mientras dibujaba, llevaba seguimiento de su propio trabajo para verificar si había cumplido ciertos criterios visuales: incluir elementos grandes y pequeños, cercanos y lejanos, detallados y simples. Esa capacidad de analizar sus propias acciones es lo que lo distinguía de otros sistemas que simplemente ejecutaban comandos sin reflexionar sobre el resultado. El proceso de dibujo de AARON se basó en la idea de comenzar con algo simple y construir sobre ello, similar al concepto de “dibujo automático” adoptado por los surrealistas Masson y Breton [4]. De esta forma, Cohen logró programar el análogo digital de “dejar que la mano fluya” sin una idea previa y luego construir sobre lo que aparece.

Basado en ese primer concepto, AARON (en su etapa más primitiva) surgió y posteriormente evolucionó en cuatro etapas principales:

- Fase bidimensional (1973-1978)
- Fase de formas más complejas con perspectiva básica (1979-1984)
- Fase de dibujos figurativos (1985-1988)
- Fase tridimensional (1989 en adelante)

Para poder continuar programando la intuición y la creatividad, Cohen tuvo que investigar cómo la mente humana construye representaciones: más que almacenar y utilizar información sobre la apariencia del mundo real, la mente transforma un símbolo en algo que sirve como una imagen completa y coherente [1].

AARON, entonces, debía generar un dibujo basándose en dos tipos de conocimiento: conocimiento sobre los objetos del mundo exterior y conocimiento sobre los procesos de construcción de representaciones. Durante la ejecución de un dibujo, estos dos tipos de conocimiento (estipulados en reglas computacionales) interactúan y se evalúan continuamente entre sí.

Basándose en la forma en la que los humanos interpretamos imágenes, con los años Cohen fue perfeccionando el código de AARON, pasando de producir simples garabatos en blanco y negro con su máquina dibujante o “tortuga” a producir composiciones a color de la figura humana y del mundo botánico por medio de una impresora Plotter (Figura 2).

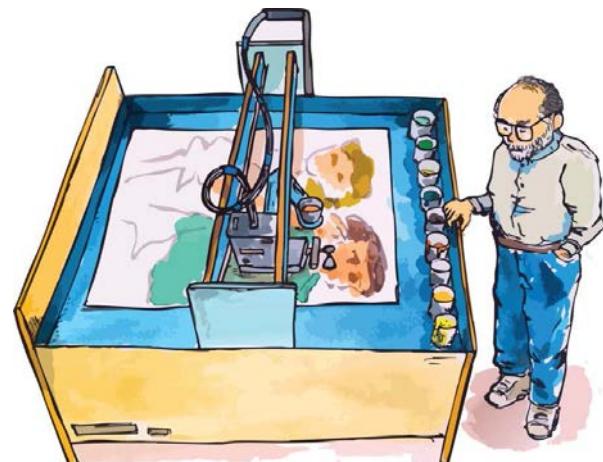


Figura 2. AARON y Harold Cohen (Dibujo por Andrea Fernández Duque.

Programando al robot creativo

En 1973, en su ensayo *Parallel to perception*[1], Cohen criticó cómo se había estado utilizando la computadora en el arte digital, especialmente en el “arte computacional”, donde la máquina actuaba solamente como un procesador de imágenes, transformando lo que ya había sido definido por el artista. Esto impedía que hubiera una verdadera autonomía creativa.

Cohen pensaba que el arte digital contemporáneo hecho con computadoras no podía considerarse arte genuino, ya que no creaba significados originales ni resarcificaba nada. Por lo anterior, abogó por centrarse en la capacidad de las máquinas para generar material original

en vez de solamente depender de entradas predefinidas, es decir, por la capacidad de las computadoras de simular el comportamiento creativo humano.

Algunos de los procesos más importantes que englobaron la primera y última etapa del desarrollo de AARON, así como su criterio de paro, pueden ayudar a comprender nivel de complejidad que esta inteligencia tenía al crear.

Fase bidimensional

En sus primeras versiones, Aaron generaba figuras poco complejas emulando el dibujo a mano alzada. El proceso consistía en dibujar las figuras utilizando segmentos de línea que se iban mapeando sobre una matriz [3]. Cada línea de la figura se construía y, al final, se marcaban las celdas de la matriz correspondientes a los bordes de la figura. Luego, un algoritmo para la resolución de laberintos (*Maze-running algorithm*) se utilizaba para seguir el borde de la figura y generar una ruta que representaba el contorno del objeto.

Fase tridimensional

En la última fase de su desarrollo, AARON evolucionó para trabajar en tres dimensiones, lo que permitió figuras representadas más complejas. El “esqueleto” de la figura (la estructura básica de la figura) se generaba como una serie de líneas rectas y el proceso posterior se realizaba en varios pasos:

1. Retroalimentación: AARON dibuja en “modo de retroalimentación”, es decir, ajusta continuamente la dirección de las líneas a medida que las dibuja. Las variables que controlan este proceso son cuatro:
 - Tasa de muestreo: Define cuán frecuentemente se seleccionan puntos temporales a lo largo de la línea.
 - Radicalidad de la corrección de la línea: Establece qué tan drástico es el cambio en la dirección de la línea cuando se ajusta.
 - Frecuencia de selección de celdas de destino temporal: Controla cuán frecuentemente se generan puntos temporales fuera de la línea.
 - Distancia de los destinos temporales: Establece cuán lejos se colocan estos puntos de la línea original, lo que influye en la suavidad o precisión del contorno final.
2. Dibujo de figuras: AARON fue provisto con una serie de reglas para emular la anatomía o la biología de los objetos [3]. Sabe cómo se estructuran las plantas, figuras humanas y rocas en términos de morfología (por ejemplo, cómo las ramas se agrupan o la relación entre el grosor y la longitud de las

extremidades), pero no tiene conocimientos específicos sobre especies o biología. Posee un conjunto reducido de procedimientos que le permiten generar diferentes tipos de figuras que emulan plantas, pero no sabe qué es cada planta en particular.

3. Composición: Una parte importante del proceso de dibujo es la composición. AARON debe decidir cómo ubicar sus figuras en el espacio y cuál será el contexto en el que se sitúan. A medida que se mueve en el espacio de la imagen, debe determinar:

- Profundidad: Determina cómo se coloca cada objeto en relación con el observador (perspectiva).
- Disposición espacial: AARON también debe tener en cuenta la visibilidad de los objetos en el dibujo. Por ejemplo, puede colocar una figura frente a otro objeto para crear una sensación de profundidad.

4. Superposicionamiento (*masking*): AARON también utiliza el concepto de superposición en sus composiciones. Si un objeto (por ejemplo, una persona) está parcialmente cubierto por otro objeto (como un árbol), esto cambia la interpretación de la imagen. La programación no es completamente determinista, por lo que algunos elementos pueden quedar parcialmente ocultos debido a las restricciones del espacio disponible [3].

5. Dimensionalidad: Aunque los objetos dentro de los dibujos se representan en tres dimensiones, AARON aún utiliza un enfoque bidimensional para generar ciertos elementos (como plantas y rocas). Sin embargo, para los seres humanos, las posiciones en el espacio tridimensional están completamente determinadas. Los puntos de control de las figuras humanas se colocan en el espacio tridimensional y luego se proyectan sobre el plano de la imagen usando perspectiva.

6. Dimensionalidad: Aunque los objetos dentro de los dibujos se representan en tres dimensiones, AARON aún utiliza un enfoque bidimensional para generar ciertos elementos (como plantas y rocas). Sin embargo, para los seres humanos, las posiciones en el espacio tridimensional están completamente determinadas. Los puntos de control de las figuras humanas se colocan en el espacio tridimensional y luego se proyectan sobre el plano de la imagen usando perspectiva.

Obra maestra lista

Antes de que AARON llegara a su fase figurativa, terminaba una imagen cuando había cumplido con un patrón

de extensión del material a lo largo de varias dimensiones: su objetivo era tener algunas cosas pequeñas y algunas grandes en un dibujo; algunas cerca y otras lejos; algunas detalladas y otras no (Figura 3). El programa

“reflexionaba” periódicamente sobre lo que ya había hecho, llevando control de las coordenadas visitadas, para ver si había cumplido con esos criterios, y si era así, terminaba el dibujo [5].

“Está bien, no están pensando, pero obviamente están tomando decisiones de una manera bastante notable.” (H. Cohen)

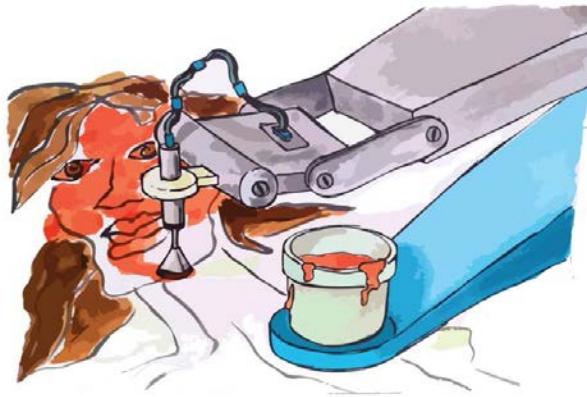


Figura 3. El brazo robótico de AARON pintando a color su dibujo. (Dibujo por Andrea Fernández Duque).

Sin embargo, una vez que AARON se convirtió en un artista figurativo, entró en juego un conjunto diferente de criterios. Estos son un conjunto de reglas pragmáticas que hacen que el dibujo en curso coincida con lo que AARON ha decidido inicialmente hacer. ¿El número de personas corresponde de manera aproximada a la noción de “unas cuantas” con la que el programa está equipado? ¿Y el número de rocas y árboles? ¿se ocultará material adicional por lo que ya existe en el dibujo? Si es así, AARON termina de dibujar.

Si a grandes rasgos quisieramos describir los criterios de creación de un artista humano y sus criterios de finalización para definir una obra acabada, no diferiría mucho de la programación de AARON. Años de estudio en las mejores escuelas de Bellas Artes nos proporcionan toneladas de información respecto a criterios de composición, formas y teoría del color.

Al imitar y ampliar las reglas artísticas existentes, AARON se acerca a las ideas de arte, mostrando que la creatividad quizás sí puede percibirse como una forma de interpretar y reformular reglas. Los criterios anteriores para la toma de decisiones de AARON, como herramienta computacional, siguen una serie de reglas que, en algunas opiniones, quizás lo acercan a la creación artística. Pero más allá de los cuestionamientos sobre la naturaleza de la creatividad, el caso de AARON nos ha-

ce cuestionar el uso de sistemas automatizados para la creación de arte y como caso actual el uso de inteligencia artificial.

Conclusiones

Aunque este robot es capaz de generar obras visualmente originales e irrepetibles, su funcionamiento se encuentra estrictamente determinado por un conjunto de reglas codificadas por Harold Cohen. En este sentido, ¿AARON actúa como un agente autónomo, o como una extensión directa de las decisiones, intenciones y criterios de su programador? El caso de AARON invita a una reflexión profunda sobre la responsabilidad en el diseño, implementación y el actual uso de la inteligencia artificial para producción artística. Este hecho pone en contexto que la autoría y, en consecuencia, la responsabilidad ética, legal y conceptual de las creaciones generadas por sistemas artificiales debe recaer en los seres humanos que los desarrollan y operan.

AARON cumple con la definición de artista clásico, donde el proceso de creación depende de la habilidad para seguir reglas y crear representaciones. Al igual que Orozco al decidir la disposición de un mural, AARON toma decisiones sobre la composición y la perspectiva. Además, su capacidad de ajustar y refinar su trabajo lo sitúa en un proceso de mejora continua más allá de la simple obediencia a reglas.

Aunque AARON no se alimenta de bases de datos ni emplea aprendizaje automático como las IAs, su arquitectura programática no es completamente rígida ni determinista. Opera a través de un sistema complejo de reglas jerárquicas, donde cada nivel evalúa y controla el comportamiento del nivel inferior. Utiliza retroalimentación interna para determinar, por ejemplo, cuándo tener una línea, cuándo considerar que una figura está completa o cuándo terminar un dibujo. Incluso incorpora elementos pseudoaleatorios para introducir variaciones estilísticas. Esto le permite desarrollar una producción que, si bien no es resultado de aprendizaje, sí presenta una forma limitada de autonomía estructurada.

Por ello, aunque las máquinas pueden emular cierto tipo de creatividad, esta aún no es equivalente a la creatividad humana, ya que permanece limitada por las reglas y condiciones del sistema que las produce. En la actualidad, la inteligencia artificial ya no es una herra-

mienta marginal, sino un agente central en la producción cultural, resulta imperativo consolidar marcos de gobernanza y responsabilidad que reconozcan tanto los límites de la agencia tecnológica como la necesidad ineludible de la rendición de cuentas humana.

Mientras tanto, AARON existe; genera objetos artísticos con consistencia estilística e independencia. Tal vez constituye una prueba temprana de la capacidad de las máquinas para realizar algunas de las tareas que solíamos asociar exclusivamente con el pensamiento y la creatividad humana. Si lo que AARON está haciendo no es arte, ¿qué es entonces? ¿Podemos considerarle autor de sus propias obras?*

REFERENCIAS

1. Cohen, H. (1973). Parallel to perception: some notes on the problem of machine-generated art. *Computer Studies*, 4(3/4). <https://www.kurzweilcyberart.com/aaron/pdf/paralleltoperception.pdf>
2. Gisbert, J. C. A. (1994). Arte, educación y creatividad. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (2), 65–87. <https://core.ac.uk/download/pdf/51407964.pdf>
3. McCorduck, P. (1991). Aaron's Code: Meta-art, Artificial Intelligence, and the Work of Harold Cohen. New York: W.H. Freeman.
4. Voorhies, J. (2004). Surrealism. *Heilbrunn Timeline of Art History. The Metropolitan Museum of Art*. http://www.metmuseum.org/toah/hd/surr/hd_surr.htm
5. Cohen, H. (1982, December). How to Make a Drawing. *Talk given to the Science Colloquium, National Bureau of Standards, Washington DC* (Vol. 17). <https://www.aaronshome.com/aaron/publications/how2make.pdf>

SOBRE LOS AUTORES



Diana Fernández Ingeniera en Energías Renovables por el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Diplomada en Comunicación y Divulgación Científica por el IMFFSS. Actualmente cursa la Maestría en Ingeniería y Ciencia de Datos en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara.



Itzel Aranguren Obtuvo el grado de Doctor en Electrónica y Computación por la Universidad de Guadalajara en el año 2022. En la actualidad, es Profesora e Investigadora adscrita al Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. Es miembro del SNII desde el año 2023. Sus intereses de investigación incluyen visión por computadora, procesamiento de imágenes, algoritmos metaheurísticos e inteligencia artificial.



Andrea Fernández Bióloga por la UAEM y diplomada en ilustración científica por la UNAM. Realiza cómics de divulgación científica y actualmente es desarrolladora instruccional y tallerista en el Pabellón Nacional de la Biodiversidad.



Guillermo Barrios Doctor en Ingeniería en el área Mecánica por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es Profesor Investigador en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM en Temixco, Morelos y miembro del SNII desde el 2009. Sus líneas de investigación incluyen el análisis térmico de edificaciones, desarrollo de dispositivos para el monitoreo de edificaciones con tecnologías libres y ciencia de datos para edificaciones.