



Ciencia, Docencia y Tecnología
ISSN: 0327-5566
ISSN: 1851-1716
cdyt@uner.edu.ar
Universidad Nacional de Entre Ríos
Argentina

El sentido de lo vivo: entre la inspiración biológica y los nuevos modos de ser

Stubrin, Lucía

El sentido de lo vivo: entre la inspiración biológica y los nuevos modos de ser

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 32, núm. 63, 2021

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14569031004>

DOI: <https://doi.org/10.33255/3262/1053>

El sentido de lo vivo: entre la inspiración biológica y los nuevos modos de ser

The sense of the living: between biological inspiration and new ways of being

O sentido do vivo: entre a inspiração biológica e as novas maneiras de ser

Lucía Stubrin lucia.stubrin@uner.edu.ar
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 32, núm. 63, 2021

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Recepción: 15 Octubre 2021
Aprobación: 23 Noviembre 2021

DOI: <https://doi.org/10.33255/3262/1053>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14569031004>

Resumen: El contexto sociotécnico ha hecho evolucionar las posibilidades de experimentación sobre lo viviente, trascendiendo los ámbitos del laboratorio e instaurando modalidades de trabajo interdisciplinar desconocidas. Asimismo, objetos/sujetos híbridos aparecen en escena y reclaman una lectura precisa sobre su naturaleza, donde el límite entre lo natural y lo artificial no es sencillo de establecer. En este sentido, la biosemiótica resulta una herramienta teórica más desde donde investigar los modos de producción biológica de la significación. A partir del análisis de expresiones propias del bioarte y de innovaciones científicas dentro del campo de la biotecnología, la biorrobótica y disciplinas afines, se buscará reconstruir el entramado de prácticas, materialidades y objetivos epistemológicos que conviven dentro del universo arte-ciencia de las últimas décadas.

Palabras clave: bioarte, biosemiótica, biotecnología.

Resumo: O contexto sociotécnico tem feito evoluir as possibilidades de experimentação no vivente, transcendendo os âmbitos do laboratório e estabelecendo modalidades de trabalho interdisciplinar desconhecidas. Assim, objetos/sujeitos híbridos surgem em cena e reclamam uma leitura precisa da sua natureza onde o limite entre o natural e o artificial não é fácil de estabelecer. Nesse sentido, a biosemiótica é outra ferramenta teórica a partir da qual investigar os modos de produção biológica de significados. A partir da análise de expressões próprias da bioarte e de inovações científicas no campo da biotecnologia, da biorrobótica e disciplinas afins, busca-se reconstruir a rede de práticas, materialidades e objetivos epistemológicos que coexistem no universo arte-ciência das últimas décadas.

Palavras-chave: bioarte, biosemiótica, biotecnologia.

Keywords: bioart, biosemiotics, biotechnology

Arte y ciencia: la vía hacia una tercera cultura

En este trabajo intentaremos reconstruir el entramado que convive dentro del universo arte-ciencia, donde expresiones como el bioarte y las innovaciones en áreas como la biorrobótica o la biotecnología comparten el tratamiento de objetos de investigación similares. ¿Qué sentidos, preguntas y consecuencias epistemológicas despiertan estas experimentaciones? ¿Cómo las podemos hilvanar dentro de la crítica a la tradición ontológica moderna? ¿Qué aporte puede la semiótica realizar también desde sus líneas teóricas orientadas a la comprensión de la significación biológica?

El camino de la especialización educativa nos ha llevado al parcelamiento del conocimiento y al intento de unificar el modo de producción del mismo al interior de cada disciplina. Consecuencia de la asimilación del paradigma positivista, pensábamos que de esa manera simplificaríamos la tarea de comprender el mundo, reduciendo su complejidad a objetos de investigación bien definidos.

En este sentido, podemos encontrar, desde mediados del siglo xx en adelante, críticas al intento de establecer «el» método de investigación científico que reivindican el poder de lo contingente en el mundo físico y social. Tal es el caso de científicos como Ilya Prigogine (físico), Evelyn Fox Keller (bióloga), Edgar Morin (epistemólogo). Cada uno de ellos demuestra la existencia del «margen de error» como un factor determinante en sus investigaciones. Por ejemplo, en la Teoría del Caos (con la irreversibilidad del tiempo), la biotecnología (con la azarosa combinación genética de los organismos vivos), la Teoría de la Acción (y su consecuente imprevisibilidad), asemejando el desarrollo científico con el proceso creativo del artista.

A su vez, con la rápida transformación del mundo material, los artistas experimentan con los nuevos recursos de modo creciente, haciendo hincapié en el proceso de producción más que en el producto final (consecuencia de la preeminencia de la idea sobre el objeto artístico, instaurada en los años sesenta con la consolidación del arte conceptual). Es por ello que, desde mediados del siglo pasado, asistimos a muestras de arte intangible, efímero, relacional, interactivo, virtual. La experimentación del artista con los elementos de su tiempo y, en algunos casos también, con la reacción y/o participación del espectador en su obra ha dado lugar a la configuración de un margen espacio-temporal de libertad, donde algo inesperado puede suceder. Si bien este «margen» está predeterminado por los límites que el artista define, eso no afecta su poder productor como generador de conocimientos que el arte puede capitalizar. La existencia de artistas y científicos trabajando en forma colaborativa en ámbitos científicos responde también al progresivo desarrollo de la interdisciplina. Esta supone una manera de intercambiar técnicas, puntos de vista, datos, protocolos, etc., entre distintas áreas de conocimiento, sin la necesidad de suprimir la identidad de cada una. Desde una actitud tolerante, quienes trabajan en esta línea deben estar abiertos a nuevas miradas y dejarse afectar por aquellas que son ajenas, desconocidas e imprevistas (a diferencia de la multidisciplina que, brevemente, implica la emisión de juicios desde cada ámbito científico sobre un objeto en común, en donde cada disciplina se limita a opinar sobre lo que sabe y no se establece diálogo alguno entre ellas, y la transdisciplina, que demanda una estrategia epistemológica que esté por encima de todas las miradas científicas, incorporando asimismo conocimientos no estructurados, respetándolos y atravesándolos en conjunto y al mismo tiempo).

Ilana Boltvinik, artista mexicana del grupo tres, afirma que si bien el bioarte es un género interdisciplinario, es de gran ayuda pensar el proceso de colaboración como un desafío transdisciplinario. De esa manera, cada

uno de los integrantes del colectivo puede dejarse llevar hacia lo extremo en la construcción de la idea, a modo de ejercicio sin límites. Una vez definido el proyecto, llega el momento de organizar la producción. Entonces, es inevitable que artistas y científicos acudan al diseño de una «estrategia» donde las distintas miradas convergen (Boltvinik, 2014: s/p).

Como expresa Edgar Morin,

Las metodologías son guías a priori que programan las investigaciones, mientras que el método que se desprende de nuestra andadura será una ayuda a la estrategia (la cual comprenderá últimamente, es cierto, segmentos programados, aunque necesariamente comportará el descubrimiento y la innovación). (Morin, 2006: 36)

Morin nos permite pensar la posibilidad de que desde la epistemología podamos concebir una nueva forma de producir conocimiento donde descubrimiento e innovación puedan ser sinónimos de arte también. Dado que no es el método el que garantiza los resultados sino la estrategia que nos damos para tal fin, la colaboración entre artistas y científicos queda contenida dentro de esta perspectiva. Asimismo, lo inesperado de las investigaciones bioartísticas puede analizarse tanto en términos estéticos como heurísticos, contribuyendo –en palabras de Flusser– a la humanización de las ciencias y de las artes.

De hecho, cabe mencionar el caso de la obra *meart – The Semi-Living Artist* (2003), realizada entre el laboratorio australiano de bioarte Symbiotica y especialistas norteamericanos en neurociencias, donde la experimentación artística abrió el espectro de soluciones para personas con dificultades auditivas y visuales –entre otras posibles aplicaciones que los futuros análisis de resultados de la biotecnoinstalación continúan despejando–. Un efecto azaroso que resultó productivo desde distintos puntos de vista.

El bioarte, sin embargo, no es el único género que irrumpe en el mundo contemporáneo forzando las categorías modernas de organización del pensamiento y desafiando los límites de la especialización disciplinaria.

Ailin Reising también propone pensar el carácter simétrico del «movimiento sci-art» en cuanto a sus implicancias estéticas y cognitivas:

Con tal propósito se analiza el proceso en virtud del cual los recursos representacionales visuales de la ciencia contemporánea devienen expresiones artísticas, así como las implicancias de la visualización artística para el abordaje de problemas científicos multidimensionales y la divulgación de estos problemas a la sociedad en su conjunto. (Reising, 2009: s/p)

El sci-art comprende, mayormente, experimentaciones artísticas ligadas a la manipulación de programas informáticos de diseño y visualización, propios de la ciencia y del arte, así como de software de análisis de datos y procesamiento de imágenes de laboratorio. El contacto con la ciencia en estos casos se reduce a una instancia de representación visual innovadora, en la cual técnicas científicas son incorporadas desde una mirada artística.

El planteo de Reising se inscribe dentro de la problemática instalada por Snow. Su tesis sostiene que la separación entre ciencia y arte puede superarse mediante la vía del movimiento sci-art, consiguiendo la formación de una tercera cultura.

Las primeras interpretaciones del planteo de Snow asociaron la interacción entre la ciencia y el arte en términos de incidencia de una cultura sobre la otra. De esta forma, se promovió la reflexión sobre el vínculo pero se continuó reproduciendo la lógica binaria donde la ciencia se erige como el ámbito autorizado de validación del conocimiento, a diferencia de la práctica artística, que en tales concepciones se asocia a la ambigüedad, la intuición y la circulación restringida al espacio privado del goce.

Según la autora, la reinterpretación de la separación entre ciencia y arte no pudo resolverse hasta la aparición de un diálogo mediado por lo tecnológico. Específicamente, las novedosas técnicas de visualización cada vez más sofisticadas han sido el punto de contacto entre las dos esferas, permitiendo la radicalización de la relación. Es decir, excediendo la incidencia de una sobre otra y proponiendo una convergencia más estrecha donde artistas y científicos manipulan los mismos elementos. (Similar al caso del bioarte, donde los recursos en común son el material viviente y sus técnicas de manipulación.)

Así como para los científicos las técnicas de visualización computacional permiten incorporar conocimientos formales propios de las artes visuales, los artistas también producen obras en donde la manipulación de los mismos recursos solo puede advertir diferencias en los resultados analizados desde un punto de vista ontológico. Al suprimir el poder cognitivo con el que se realizan las imágenes científicas, el arte interviene en el laboratorio buscando problematizar y desarrollar un pensamiento crítico en torno a la ciencia y tecnología contemporánea. En estos casos, la visualización científica opera como vínculo entre las dos culturas y nada más, ya que los dos manipulan las imágenes pero cada uno con un objetivo distinto: la ciencia explora la dimensión estética de sus conceptos y materiales, mientras que el arte experimenta con nuevos recursos, posicionándose críticamente aunque no necesariamente. (Muchos artistas aceptan trabajar para la ciencia a modo de ilustradores, sin cuestionarse su rol o el del científico en el ámbito del laboratorio o del hospital.)

Si bien es más sencillo encontrar ejemplos de interacción arte-ciencia donde no se registran aportes cognitivos como resultado de la colaboración, tanto el bioarte como el movimiento sci-art pueden dar cuenta de algunas excepciones. En cuanto al bioarte, no solo la obra *meart – The Semi-Living Artist* puede citarse como caso destacado, sino también la obra de, por ejemplo, Paul Vanouse, llamada *Ocular Revision* (2010) puede analizarse en medio de muchas otras producciones de artistas y científicos que trabajan en el entramado biotecnológico. En ese caso el artista no produjo un descubrimiento concreto sino que diseñó un artefacto alternativo de visualización del ADN. Si bien la ciencia no lo ha podido incorporar por estar inmersa en la lógica informática de

procesamiento de datos, el dispositivo funciona perfectamente y aporta un procedimiento alternativo de expresión radial de la información genética. Las limitaciones en la mirada científica no son suficientes para descartar el poder heurístico del aparato de electroforesis circular creado por el artista.

Asimismo, la coneja transgénica Alba (2000) de Eduardo Kac fue realizada a partir de un procedimiento harto común¹ de la biología, con la diferencia de que nunca se había hecho extensivo a todo el cuerpo del animal. En su momento fue muy criticado tanto en el ámbito científico como en el artístico, así como en la prensa en general. Sin embargo, unos pocos años después, más precisamente el 27 de julio de 2011, la agencia británica de noticias Reuters informó que la Universidad Nacional de Seúl (Corea del Sur) había creado un perro fluorescente, a partir de la técnica de clonación –utilizando el mismo procedimiento despreciado que había utilizado Kac–, para ayudar a encontrar la cura de enfermedades humanas como el Alzheimer y el Parkinson.

Se ha demostrado la existencia de una simetría entre la capacidad epistemológica y estética de las artes. En consecuencia, no resulta forzoso propiciar un escenario que concilie finalmente la ambición de Snow.

A continuación, presentaremos y analizaremos obras y avances científicos que ponen en cuestión la dimensión ontológica de los objetos que producen. Manteniendo la distancia disciplinar pero impactando las unas sobre las otras, veremos cómo el diálogo entre arte y ciencia vinculado a la creación de seres híbridos (en sus distintas categorías y conceptualizaciones) pone en cuestión los sentidos sobre lo vivo que configuran el ser y estar en el mundo hoy.

Formas de vida tecnoteratógenicas

El científico y artista Luis Bec –autor junto con Eduardo Kac de la coneja Alba– advierte que el desarrollo de las investigaciones sobre seres híbridos presagia una internacionalización del comportamiento biológico en las máquinas. En este contexto, ya no nos deberíamos ocupar más sobre las cuestiones relativas a la transferencia de la lógica informática a los seres vivos. La cuestión de la simplificación y reducción de los procesos biológicos a la matemática y estadística del sistema binario en el que se sostiene la cibernética, y su principal creación, la computadora, ya no sería un elemento a combatir desde la filosofía.

Los pensadores de la complejidad (Edgar Morin, Basarab Nicolescu, Ilya Prigogine, etc.), por ejemplo, deberían replantearse sus principales argumentos si los científicos consiguen imitar en los robots la autonomía de los sistemas vivientes, junto con su capacidad para ser afectados por el ambiente y las lógicas aleatorias de combinación genética. Bec sostiene:

New hybrid beings have suddenly appeared: technoteratogens. Emerge from the convergences established between genetic and numerical codes and between neuronal and microelectronic ones. Thus, parts of the living are chimerically transformed into interactive technological machines, yet still conserve the viability criteria of living organisms. (Bec, 2007: 88)²

Half Fish/ Half Robot es un proyecto de investigación presentado por científicos de la Universidad Noroeste de Chicago y la Universidad de Génova, en el que se presenta una cría joven de lamprea (animal marino) nadando en un medio acuoso artificialmente sostenido con nutrientes. El pez posee en la parte vestibular de su cerebro un implante de electrodos que lo conecta con un robot de tipo Khepera (artefacto de miniatura con ruedas). Un sistema híbrido forja la comunicación entre el cerebro de la lamprea y el robot móvil. La cría es naturalmente fototrópica (sensible a la luz) y puede optar entre seguir la luz o no. El robot, por su parte, se mueve en relación con la información que recibe del cerebro del animal y actúa como un cuerpo artificial devolviendo información sensorial al tejido neuronal de la lamprea. La comparación entre los distintos comportamientos producidos por el modelo neuronal es una herramienta determinante para examinar el rol de la plasticidad sináptica en el estudio de la sensibilidad de las funciones motoras. En este sentido, las interacciones directas entre sistemas neurales y máquinas artificiales pueden proveer nuevas maneras de evaluación de las estructuras de apoyo neurobiológicas de las conductas.

Existen otros experimentos como ratbot y Dancing Bee donde la construcción de esta especie de cyborgs contribuye a la investigación de los procesos biológicos.

Los ejemplos demuestran que, en general, distintas modalidades de manipulación de la materia viva provocan simultáneamente racionalizaciones epistemológicas en los seres vivos al mismo tiempo que amplían sus dimensiones expresivas. Contrariamente al discurso individualista, reduccionista y «objetivo» que la biología y la genética –influenciadas por la lógica informática– intentan imponer sobre lo viviente, las nuevas formas tecnoteratogénicas, señala Bec, vuelven a quebrar los límites de ese paradigma, permitiendo la expansión de lo viviente como totalidades integradas, ya que contemplan la combinación de seres ontológicamente diferentes. En el futuro, entonces, nos enfrentaremos tal vez con otro tipo de híbridos donde la materia viviente y las máquinas se fusionarán sin jerarquías. De hecho, acontecerá lo opuesto a lo que se ha pretendido hacer con la robótica. Mientras antes el proceso se basaba en la transferencia de la dimensión biológica de la cognición a las máquinas tecnológicas interactivas, hoy se trata de que las máquinas aborden a los organismos vivos y se conecten a ellos. Dentro de esta perspectiva, cabe pensar entonces en la posibilidad de que los seres sean modificados genéticamente para poder estar en condiciones de adaptarse a necesidades funcionales de comportamiento.

Así como los integrantes del Laboratorio de Bioarte Symbiotica presentaron en sociedad sus esculturas «semi-vivas» basadas en el cultivo tisular y el uso de polímeros biodegradables (Catts y Zurr, 2002: 4), en el futuro cercano estaríamos en condiciones de presenciar tal vez esculturas «casi-vivas» como las que propone Bec. Seres híbridos más sofisticados que los conocidos dentro de las poéticas tecnológicas contemporáneas, donde existe una real interdependencia entre las partes orgánicas y

mecánicas, al punto en que no pueden vivir si las mismas no son activadas en forma simultánea, como una unidad integrada.

Proyectos como Half Fish/ Half Robot representan una singular forma de autorregulación biotecnológica permanente y adaptativa que inaugura transformaciones ontológicas desconocidas hasta el momento. El ser «casi-vivo» se asemeja a un objeto estético en el sentido en que consigue insertarse e intervenir en la realidad de manera inesperada. La vía clásica de imitación mimética que el arte abandonó definitivamente tras la aparición de la fotografía pareciera ser el camino a seguir por la robótica en su convergencia hacia la materia viva.

En determinadas circunstancias, los seres vivos pueden provocarse a sí mismos mutilaciones que sirven para abstenerse, regenerar o reimplantar un órgano con el objetivo de ampliar y fortalecer su supervivencia o dominación (Curtis, 2008). Las máquinas no tienen esta capacidad dado que su construcción establece sus características finales de modo determinista; mientras que lo viviente –naturalmente producido–, en cambio, es presentado dentro del complejo sistema integrado como el garante del «sacrificio». El funcionamiento en esta obra consiste, entonces, en que el componente vivo decide en función de una escala jerárquica de opciones amputarse partes que no participan de actividades básicas, preservando los límites de las funciones vitales. En este sentido, los objetos «casi-vivos» se desprenden de alguna de sus funciones de forma tal de adaptarse a su ser híbrido, a su parte robótica. A modo de regla general, las máquinas tecnológicas siempre preservan su integridad, y lo viviente se sacrifica al servicio de fines exploratorios.

Soft robotic y bioinspiración

Asumido el escenario donde el arte (los/as artistas) interviene en la creación de formas de vida, ya sea manipulando directamente en los laboratorios material biológico o utilizando recursos estilísticos conceptuales que aluden a la problemática de la biotecnología, la transcendencia de estas operaciones estéticas ubica en el debate a un ámbito de producción de conocimiento relegado del lugar epistemológico que siempre tuvo.

En el marco de las experimentaciones en curso tanto en ciencia como en arte, relacionadas con la creación de seres vivos, semi-vivos o casi-vivos, se vuelve más difícil todavía trazar la línea en la que aquello que es propio de una esfera no coincida con lo que está sucediendo en la otra esfera. Los casos ya citados de experiencias life art en museos y en papers científicos no distan mucho en lo que a su materialidad se refiere.

Estamos hablando del lugar común donde confluyen las investigaciones sobre lo viviente y todos los intentos por lograr la autonomía de estos seres, su capacidad para desarrollar procesos de adaptación y su mandato de tener una presencia innovadora que justifique la investigación.

En este sentido, y continuando con el precedente ictícola, podemos citar varios «avances», en los que grupos de científicos intentan imitar o complementar operaciones propias de los seres vivos que forman parte

del paisaje «natural» acuático. Se busca comprender funciones propias de estas especies animales a partir de la creación de robots bioinspirados.

La robótica bioinspirada se basa en la investigación y simulación de la morfología de los animales, parte de esas investigaciones en robots submarinos se han enfocado en la eficiencia y maniobrabilidad de los peces en el agua, permitiendo el desarrollo de sistemas que ejecutan tareas como mantenimiento e inspección de tuberías de petróleo, aceite en plataformas oceánicas o de gas, como también la explotación geofísica del suelo marino para investigación. (Cabrera Aguayo, F.; Santacruz Sulca, F.; Bermeo Jiménez, B. y Orozco Cazco, C., 2019: 346)

En 1994 podemos identificar el primer proyecto llamado Robotuna,³ cuyo objetivo era comprender la forma en que los peces generan la energía suficiente para alcanzar altas velocidades bajo el agua. Este estudio del MIT (Massachusetts Institute of Technology) se concentró en desarrollar sistemas autónomos de propulsión y aceleración. Robotuna tuvo varias versiones (i y ii) a cargo de diferentes científicos dentro de la institución norteamericana.

No vamos a enumerar todos los antecedentes históricos del campo de los peces robot pero podemos mencionar que, desde mediados de la década del noventa del siglo pasado, se han desarrollado proyectos de este tipo en lugares como Japón, Suiza, Gran Bretaña, China, Francia, Alemania, Singapur, Corea.⁴

Cada prototipo de robot bioinspirado se gesta con el objetivo de conocer alguna función del animal original en el medio tan particular en el que vive (teniendo en cuenta el punto de vista del ser humano que habita en la tierra). Así como Robotuna se orienta hacia la comprensión del sistema de propulsión del pez, encontramos investigaciones orientadas hacia la comprensión de los sistemas de camuflaje, el funcionamiento del sistema cardiológico y respiratorio, las maniobras de escape de los peces ante posibles amenazas,⁵ es decir, el estudio físico, morfológico y dinámico a través de modelizaciones que combinan materiales blandos, elásticos, deformables con circuitos cerrados hidráulicos y neumáticos que se adaptan e interactúan con el ambiente (Katzschmann, 2018) y se comunican/controlan a distancia.

Tal es el caso de dos de los últimos prototipos que se han conocido: SoFi (2018) y LionFish (2019). En ambos proyectos estamos tratando con robots bioinspirados y, además, con lo que se ha definido como soft robotic:

Los robots suaves presentan características de flexibilidad, resistencia, robustez y versatilidad que los robots convencionales no poseen. Esto los convierte en una opción valiosa al momento de diseñar sistemas robotizados donde la seguridad del usuario y la flexibilidad son de máxima importancia. La bioinspiración ha servido para superar retos de movilidad y navegación que un robot convencional jamás podría alcanzar. (Medina, Vélez, 2014: 116)

El caso de SoFi

SoFi (Soft Robotic Fish) fue creado en el MIT por un grupo de científicos perteneciente al Computer Science & Artificial Intelligence Laboratory. Robert Katzschmann, Joseph DelPreto, Robert Mc Curdy y Daniela Rus procuraron con este robot avanzar en el estudio de las interacciones entre la vida acuática y las dinámicas del océano.

El prototipo logrado es una combinación innovadora en materia de diseño y comunicación. En primer lugar, porque el pez robot posee una maleabilidad que le permite moverse en tres dimensiones, captando su entorno tal como lo haría un pez real. Son curiosas las filmaciones que publican los científicos en los medios de divulgación (Klein, 2018). Allí se puede ver cómo SoFi observa y se conduce por el océano. Los movimientos ondulatorios de su cabeza hacia un lado y hacia el otro, guiados por la aleta trasera que propulsa al robot, generan en el que mira la sensación de ser un pez. O, al menos, nos permite experimentar cómo podríamos creer que ve un pez en el agua. Por lo pronto, podemos rescatar a partir de esta especie de simulador visual que los peces, a diferencia de los seres humanos (nuestro punto de vista obligado), nunca observan nada desde la quietud ni desde la frontalidad.

Por otra parte, nada dicen los autores sobre la «calidad» de la visibilidad de los peces. Es decir, qué distancia hay entre la forma de ver de la fauna íctica (si es que es posible hacer tal generalización) y nosotros, ya que las cámaras que integran el biorrobot son propias de la estructura visual de la mente humana. De este modo, el ejercicio mimético encuentra una limitación destacable, a pesar de que este aspecto del objeto de conocimiento no se encuentra entre los objetivos de investigación explicitados por los autores. De ahí que no cuestionaremos lo realizado por los científicos y continuaremos con su línea de trabajo y los avances que SoFi demuestra en cuanto a diseño y «control». En palabras de los autores:

We wanted to build and successfully deploy an untethered underwater robotic fish, similar in size and behavior to living fish, that can autonomously execute high-level commands received remotely from a diver. The challenge is to realize biomimetic swimming of a self-contained system in a compact size, with good portability, limited power, and communication capabilities. (Katzschmann et al., 2018: s/p)

En relación con el movimiento de SoFi, el equipo científico se planteó dos grandes desafíos: la creación de un sistema de propulsión hidráulica que pueda transportar todos los componentes cruciales necesarios para una exploración submarina autónoma; y un diseño eficiente con distribución adecuada de flotabilidad y peso que permita mantener la integridad estructural bajo presión en el rango de profundidad correspondiente. Para superar estos desafíos técnicos y lograr la propulsión biomimética, tuvieron que crear una bomba personalizada («low-pressure high-flow») y un activador de fluidos blando («soft») (Katzschmann et al., 2018) ajustable al tamaño del biorrobot.⁶ Cabe

destacar que SoFi posee las siguientes dimensiones: 0,47 m x 0,23 m x 0,18 m, y su peso es de 1,6 kg.

Otro obstáculo a tener en cuenta para el diseño del prototipo fue lograr la interacción humana con el robot en el «desafiante entorno submarino». ⁷ En ese marco, los científicos lograron crear un módulo de comunicación sumergible que, en tiempo real, permite controlar al robot mediante una interfaz amigable, resistente, compacta y de baja potencia. Se trata de un módem de comunicación acústica unidireccional diseñado a medida. Este sistema consta de un módulo interfaz sumergible y un receptor acústico.

Por su parte, el control remoto lo utilizan buzos humanos que van guiando al pez robot durante su navegación. El buzo puede ordenarle niveles de empuje, frecuencia de ondulación de la cola, profundidad, inclinación y ángulo de giro. Como resultado de las pruebas de comunicación de SoFi a diferentes profundidades y entornos (como los corales o las cercanías a la costa), los científicos reconocen que los grandes factores que pueden afectarla son: la complejidad del ambiente en el que bucee, el ruido del motor del pez robot y la distancia de transmisión.

Aun así, el pez robot resulta un avance en el marco de sus antecesores, permitiendo comunicaciones a más de diez metros de distancia en ambientes complejos como los corales y manteniendo una autonomía de cuarenta minutos a varios cientos de metros de profundidad. Teniendo en cuanto las limitaciones y las futuras posibilidades de SoFi, el equipo de científicos reconoce:

We demonstrated that SoFi can navigate in natural environments. The next steps are to use SoFi as an instrument to (i) study the behavior of marine life over long periods of time without human interference with the scene, (ii) study whether SoFi can be used to influence the behavior of marine life, and (iii) create robotic swarms. These research directions are enabled by SoFi and are the subject of future work. (Katzschmann et al., 2018: s/p)

En relación con el mejoramiento del sistema de comunicación acústica entre la interfaz controlada por el buzo humano y los receptores presentes en el pez robot, proponen:

Improving the acoustic modem could allow a diver to be further away. Optimizing the modulation parameters, implementing different protocols such as frequency hopping, refining the transducer and amplifier circuitry, and reducing the motor noise could increase data rates and detector robustness. In addition, the modem can be extended to control multiple robots or to be bidirectional and provide the diver with real-time feedback. (Katzschmann et al., 2018: s/p)

Destacamos el esfuerzo de los científicos por reducir el ruido en sus exploraciones, ya que la contaminación acústica del océano no es un tema habitual dentro de los males que comúnmente nombramos como amenazas del ecosistema marino. Sin embargo, existe y cabe enfatizarla ya que afecta los modos de supervivencia de especies acuáticas particulares. La artista Karla Brunet reflexiona sobre este tema en su obra de 2015 *ThalassoGlitch-data bending* (2018: 62).

No nos detendremos en el análisis de la serie de fotografías submarinas intervenidas a partir de un software de edición de sonido por la artista brasileña, sino que continuaremos con el otro caso seleccionado de robot bioinspirado para poder dar cuenta de los distintos objetivos científicos que se pueden plantear a partir de un mismo enfoque de investigación.

El caso de LionFish

LionFish, cabe aclarar, no ha sido bautizado con este nombre. Lo llamamos así solo a efecto de poder identificarlo de alguna manera. Cameron Aubin, Snehashis Choudhury, Rhiannon Jerch, Lyden Archer, James Pikul y Robert Shepherd integran el equipo científico que lo creó en 2019, en un trabajo conjunto realizado entre la Universidad de Pensilvania (Filadelfia) y la Universidad de Cornell (Nueva York).

Una de las principales dificultades para los diseñadores de biorrobots es obtener energía y lograr conservarla. A diferencia de los animales, que obtenemos la energía de nuestro entorno y la acumulamos en nuestro sistema biológico multifuncional e integrado, los robots generalmente están contruidos por sistemas de reacción, sensoriales y de control, cada uno de los cuales está optimizado para tareas específicas.

El diseño bioinspirado apunta, justamente, a salvar la clara distancia de movilidad, adaptabilidad y eficiencia entre robots y animales, a partir de una integración más estrecha de los componentes funcionales fundamentales.

En este sentido fue creado LionFish. Su particularidad reside en que permite que los fluidos utilizados por los soft robots acuáticos tengan una doble función: producir energía para el movimiento y almacenarla. Es decir que las baterías son reemplazadas por lo que los científicos denominan «robotic blood» (Salig, 2019), que se activa mediante una reacción química redox.

De este modo, el robot es más ligero (el peso de la batería desaparece) y su tiempo de vida es más largo (puede alcanzar 36 horas de autonomía, permitiendo usos inimaginables en la exploración del océano). De hecho, la utilización de un pez robot para la experimentación de este sistema de producción y almacenamiento de energía es la excusa para hacer el testeo a una escala nanotecnológica (ya que debieron crear un nuevo material – llamado «metallic wood» (Salig, 2019)– para el diseño de las celdas que guardan los fluidos antes de la reacción química).

«Robotic blood» y «metallic wood» son metáforas utilizadas por los científicos para reforzar la vía mimética de trabajo entre la creación robótica y el funcionamiento de la vida biológica. La «sangre» de LionFish es el fluido que produce y del que se alimentan sus baterías. Las celdas de «madera metálica» son el lugar de almacenamiento y activación de esos fluidos de los que depende el funcionamiento electroquímico del sistema vascular robótico.

Como se trata de líquidos, entonces, el pez se vuelve un prototipo apto para la investigación de campo. Sin embargo, los usos de este sistema de fluidos pueden aplicarse a todos los objetos/sujetos de niveles micro

y macro existentes. Desde robots bioinspirados hasta seres híbridos y máquinas convencionales, como aviones y autos eléctricos.

LionFish posee dimensiones similares a las de SoFi. Sus creadores reconocen el precedente creado por el mit y aclaran las diferencias, aportes y potencialidades que su prototipo tributa al desarrollo y fortalecimiento del ámbito de investigación de la robótica soft bioinspirada. La discusión se plantea en los siguientes términos:

Our work differs from these other robots in that it combines structure, actuation, force transmission and electrochemical energy storage within its synthetic vascular system to create a fully integrated multifunctional design. However, further optimization of the battery chemistry, electronics configuration, hydraulic systems and structural design of the robot will be needed to match the performance of robots like SoFi. (Aubin et al., 2019: 56)

Teniendo en cuenta las búsquedas que confluyen y se complementan en el ámbito de la investigación, nos preguntamos: ¿Qué es un biorrobot blando en su intento por registrar imágenes 3D del fondo del mar si no una manera de comprender la forma en que los peces captan su entorno traducido al modo de procesamiento humano de la información? ¿Qué es una batería de fluidos subacuática autorreplicable si no un intento de comprensión del modo de funcionamiento del sistema vascular y sus versiones híbridas?

Así como la física es la base de la biología molecular, protagonista de los avances más significativos de la segunda mitad del siglo xx, la comunicación es la base de toda relación cognoscitiva que se plantea lograr desde la ciencia experimental en sus ficciones disciplinarias o en su existencia interdisciplinaria.

Reflexiones finales

La limitación del ser «semi-vivo» de Catts y Zurr es su dependencia respecto de mecanismos de sustento artificiales que le impiden asumir un estado de vida pleno. Sin embargo, en dos aspectos esta categorización resulta limitada ya que, por un lado, en la naturaleza existen estados en donde en determinados estadios de transformación de un mismo ser es difícil aseverar si efectivamente se está siendo plenamente (es decir, funcionando en armonía con el ambiente de manera autosuficiente) o se está en un momento suspendido donde es necesario el sustento externo para acompañar ese devenir.

«El cuerpo no puede sobrevivir sin órganos ni células, pero estos dos grupos pueden sobrevivir sin cuerpo». (...) Esta cita está sacada de la respuesta a la pregunta: «Cuando un insecto está cambiando dentro de su capullo y se ha vuelto fangoso, ¿está vivo? Y si es así, ¿de qué modo está vivo?». (Catts y Zurr, 2006: 4)

Por otro lado, porque la modificación de la parte viva para su existencia híbrida atenta, al mismo tiempo, contra cualquier distinción dicotómica que promueva la subordinación de la cara técnica del ser a una condición contingente. Cuando, por el contrario, es la parte húmeda la que se

sacrifica, modifica, adapta, imbrica con el artificio necesario para su propia supervivencia o superación física.

Si el ser «semi-vivo» nos ayuda a repensar una ontología y una taxonomía de lo viviente diferente, los seres tecnoteratógenicos nos obligan a actualizar el sentido de lo vivo, descartando cualquier visión antropocéntrica y ampliando el horizonte de comprensión por encima de la oposición naturaleza/artificio.

Dentro de la «utopía» descrita por Vilém Flusser (1982, 1988), las manifestaciones vinculadas a la biotecnología, la robótica, la nanotecnología, etc., proponen un lenguaje innovador capaz de oxigenar las poéticas pertenecientes al campo del arte político. Frente a la estética de la ablación, la sustracción, la desaparición de la parte por el todo que plantean las nuevas formas de intervención técnica de la vida, nos seguimos preguntando: ¿pueden estas investigaciones asimismo generar estéticas y epistemologías particulares?

Recuperando la expresión de materialidades tan distintas, estamos intentando pensar cómo captar el significado de esa combinación tecnológica que la ingeniería de tejidos, la biorrobótica, la biotecnología, la inteligencia artificial, etc., nos ofrecen a partir de una concepción semiótica. Estamos intentando correr el velo que hay detrás del prototipo y de cualquier experimento científico, para poder identificar aquello que lo mueve, que lo provoca a buscar respuestas.

En su *Introduction to biosemiotics*, Kallevi Kull sostiene que: «Semiotics is the study of meaning making» (2015: 521). El autor defiende más que nunca la necesidad de la semiótica como ciencia fundamental de todas aquellas disciplinas que procuran estudiar «modelling systems». Este concepto en español podría traducirse como «simulación de sistemas» o «modelización de sistemas». En cualquier caso, lo que el autor destaca es que todo «modelling system» incluye un sistema de signos, y ningún ser vivo puede ser fuera de un sistema de signos. «Semiotics, put otherwise, is a qualitative science of complex adaptative systems, which are precisely those systems in which meanings are generated» (2015: 521).

De ahí, pensamos que la idea de comunicación permite sostener esa intención de vincular tecnologías con ambiciones epistemológicas, ya que de nada sirve llegar al fondo del mar si no podemos recuperar lo que allí sucede (la idea de *umwelt* se vuelve relevante en este contexto). De nada sirve permanecer en el fondo del mar si no podemos traducir esas señales en código humano legible y procesable. El desafío de la investigación en ciencia (y en arte, pero en este dominio está mucho más claro y presente) es lograr entrar en comunicación con lo desconocido y volver para poder contarlo, conocerlo. Para ello, la vía mimética, la vía prótesis, la vía *soft robot*, la vía bioinspiración, etc., son todas válidas, ya que en ellas subyace la estrategia por lograr poner en contacto dos materialidades diferentes, desconocidas unas y «conocidas» las otras, aunque en el momento del contacto ambas pueden sufrir transformaciones, como en el caso de *Half Fish/ Half Robot* (ablaciones de la parte blanda para entrar

en comunicación con la prótesis dura que sostiene la circulación de la información vital).

En síntesis, lo que nos interesa destacar es el avance en materia de fidelidad de la comunicación. Lo que nos deslumbra y llama la atención es la forma en que poco a poco se va logrando un mayor afianzamiento de los modos de comunicación entre especies híbridas creadas por el ser humano, y cómo este va autotransformándose en el camino. En este sentido, pensamos en cómo el éxito de las empresas científicas y artísticas, el campo del conocimiento en general, amplía las capacidades cognoscitivas conocidas, permitiendo ver como un pez, sobrevivir en las profundidades a partir de energía autoprocesada, entre muchas otras cosas.

En este proceso podemos reconocer que no somos los mismos después de que logramos entrar en comunicación con nuestros propios artefactos vivientes, ya que algo de ellos nos afecta en nuestra sensibilidad autopercibida, generando nuevos signos y sentidos que dinámicamente aclaran y oscurecen la comprensión de las materialidades circundantes.

Las respuestas continúan en construcción. Mientras tanto, el arte, esta vez desde la literatura, nos hace un guiño. Al final de su libro *Las partículas elementales*, Michel Houellebecq (1999: 320) afirma: «Hemos roto el vínculo filial que nos unía a la humanidad, y estamos felices».

Referencias bibliográficas

- Aubin, C.; Choudhury, S.; Jerch, R.; Archer, L.; Pikul, J. y Shepherd, R. (4/7/2019). «Electrolytic vascular systems for energy-dense robots». *Nature*, vol. 571, pp. 51-57. Disponible al 11/5/2020 en: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1313-1>
- Bec, L. (2007). *Life Art*. En Kac, Eduardo (ed.), *Signs of Life: bio art and beyond*. Londres: The MIT Press.
- Boltvinik, I. (2012). *Futuros posibles y ambigüedades explícitas: arte y ciencia*. *Revista Código*, n.º 70, Agosto-septiembre. México. Disponible en: <http://www.revistacodigo.com/arte-ciencia>
- Brunet, K. (2018). *Mapa, arte y mar. Experiencias con estética ambiental*. En Cruz, D. (ed.), *Intersecta | Seminario de Arte Mediales*, Chile, Ediciones Departamento de Artes Visuales. Colección *Escritos de Obras*. Facultad de Artes de la Universidad de Chile, pp. 57-70. Disponible al 11/5/2020 en: http://masivo.cl/media/libro/Intersecta_digital.pdf
- Cabrera Aguayo, F.; Santacruz Sulca, F.; Bermeo Jiménez, B. y Orozco Cazco, C. (2019). *Diseño de robot pez bio inspirado impulsado mediante aleta caudal con 1 GDL*. *Ciencia Digital*, 3(3.3), 345-355. Disponible al 11/5/2020 en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.3.826>
- Canguilhem, G. (1976). *El conocimiento de la vida*. Barcelona. Anagrama.
- Catts, O. y Zurr, I. (2002). *Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Cultures & Art Project*. *Leonardo*, vol. 35, n.º 4, pp. 365-370.
- Catts, O. y Zurr, I. (2006). *Hacia una nueva clase de ser – El cuerpo extendido*. *Artnodes*, n.º 6. Universitat Oberta de Catalunya. Disponible al 11/5/2020 en DOI: <http://doi.org/10.7238/a.v0i6.755>

- Curtis, H.; Barnes, S.; Schnek, A. y Massarini, A. (2008). *Biología* [7.^a edición]. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana.
- Flusser, V. [1982] (2007). *Creación científica y artística*. Artefacto. *Pensamiento sobre la técnica*, n.º 6. Buenos Aires: edición independiente, pp. 75-77. Disponible al 11/5/2020 en: http://www.revistaartefacto.com.ar/pdf_notas/162.pdf
- Flusser, V. [1988] (2007) «Arte vivo» en *Artefacto*. *Pensamientos sobre la técnica*, n.º 6. Buenos Aires: edición independiente, pp. 77-80. Disponible al 11/5/2020 en: http://www.revista-artefacto.com.ar/pdf_notas/162.pdf
- Fox Keller, E. (2002). *El siglo del gen. Cien años de pensamiento transgénico*. Barcelona: Península.
- Habermas, J. (2000). Un argumento contra la clonación de seres humanos. Tres réplicas, en *La constelación posnacional*. Barcelona: Paidós.
- Houellebecq, Michel (1999). *Las partículas elementales*. Barcelona: Anagrama.
- Kac, E. (2010). *Tele.presencia y bioarte. Interconexión en red de humanos, robots y conejos*. Madrid. CEDEAC.
- Katzschmann, R. K. (18/5/2018). *Building and Controlling Fluidically Actuated Soft Robots: From Open Loop to Model-based Control*, en MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab. Disponible al 11/5/2020 en: <https://www.csail.mit.edu/event/building-and-controlling-fluidically-actuated-soft-robots-open-loop-model-based-control>
- Katzschmann, R. K.; DelPreto, J.; MacCurdy, R. y Rus, D. (21/3/2018) *Exploration of underwater life with an acoustically controlled soft robotic fish*. *Science Robotics*, vol. 3, Issue 16, eaar3449. Disponible al 11/5/2020 en DOI: 10.1126/scirobotics.aar3449
- Kelly, J. (1999). *Tissue Culture & Art*. Entrevista a Oron Catts y Ionat Zurr. *Diario Virtual ABC*. Disponible al 11/5/2020 en: <http://www.abc.net.au/arts/headspace/triplej/morning/tissue>
- Klein, J. (21/3/2018). *Robotic fish to keep a fishy eye on the health of the oceans*. *The New York Times*. Disponible al 11/5/2020 en: <https://www.nytimes.com/2018/03/21/science/robot-fish.html>
- Kull, K. (2015). *Introduction to Biosemiotics*. En P. P. Trifonas (ed.). *International Handbook of Semiotics*. Dordrecht: Springer Science +Business Media.
- Medina, J. y Vélez, P. (2014) «Soft Robotic»: Una nueva generación de robots. *MASKANA, I+D+ingeniería 2014*, n.º 2 IEE, 109. Disponible al 11/5/2020 en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21391>
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Morin, E. (2006). *El método 3. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1992). *Entre el tiempo y la eternidad*. Buenos Aires: Alianza Universidad.
- Laurence, J. (27/7/2011). *Científicos surcoreanos crean perro fluorescente: agencia*. Trad. Rodríguez, Blanca. Reuters. Disponible en: <https://lta.reuters.com/articulo/idLTASIE76Q0N920110727>
- Salig, L. (1/7/2019). «Robotic blood» powers and propels synthetic lionfish. *Penn Engineering*. University of Pennsylvania. Disponible al 11/5/2020

en: <https://medium.com/penn-engineering/robotic-blood-powers-and-propels-synthetic-lionfish-fc632373e51d>

Schmucler, H. (1996). Apuntes sobre el tecnologismo y la voluntad de no querer. Artefacto. Pensamientos sobre la técnica, n.º 1. Buenos Aires: edición independiente.

Schmucler, H. (2001). La industria de lo humano. Artefacto. Pensamientos sobre la técnica, n.º 4. Buenos Aires: edición independiente.

Sibilia, P. (2010). El hombre postorgánico: cuerpo, subjetividad y tecnologías digitales. 2ª ed., 1ª reimp. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Sloterdijk, P. (2001). El hombre operable. Artefacto. Pensamientos sobre la técnica. n.º 4. Buenos Aires: edición independiente.

Sloterdijk, P. (2000). Normas para el parque humano. Madrid: Ediciones Siruela.

Notas

1. La particularidad de Alba reside en que su ADN fue modificado realizando una combinación con un gen fluorescente perteneciente a la especie de medusa *Aequorea Victoria*, de tal manera que, sometida a una intensidad de luz azul de una excitación máxima de 448nm, emite una luminiscencia verde.
2. «De repente nuevos seres híbridos han aparecido: technoteratogens. Su emergencia proviene de las convergencias entre los códigos genéticos y numéricos y entre las neuronas y los circuitos neuronales microelectrónicos. Por lo tanto, partes de lo viviente son quiméricamente transformadas en máquinas tecnológicamente interactivas, que aún así conservan los criterios de viabilidad de los organismos vivos.» (Traducción propia).
3. Véase MIT 1990-2004: The vest years, en: <http://web.mit.edu/timeline/94.html>
4. Véase Robotic-fish.net, en: <http://www.robotic-fish.net/index.php?lang=en&id=robots>
5. Véase Understanding escape response maneuvers of natural fish using a soft robotic fish, en: <https://www.csail.mit.edu/node/6011>
6. «An adjustable buoyancy unit, oil-filled chambers for electronics, custom seals, and rigid foam-filled compartments all had to fit within the limited volume available» (Katzschmann et al., 2018).
7. «(...) challenging underwater environment» (Katzschmann et al., 2018).