Recibido 10 Nov. 2022 *ReCIBE, Año 11 No. 2, nov. 2022*
Aceptado 14 Nov. 2022

Vida artificial y criaturas virtuales

Artificial life and virtual creatures

Rafael Mercado Herrera[1]
rmercadoh098@alumno.uaemex.mx

Vianney Muñoz-Jiménez[1]
vmunozj@uaemex.mx

Marco Antonio Ramos[1]
maramosc@uaemex.mx

[1]Universidad Autónoma del Estado de México

***Resumen*– Los organismos vivos son estructuras complejas que cumplen funciones como alimenta- ción, desarrollo y reproducción, todo esto inmerso en un ecosistema. La vida artificial busca generar enti- dades llamadas criaturas virtuales que imiten las propiedades de los organismos vivos y que realicen fun- ciones similares a las encontradas en la naturaleza, pero con ciertas restricciones. El área de las ciencias computacionales provee la capacidad de cálculo para reproducir ciertas propiedades de los organismos vivos y simularlas en ambientes controlados, llamados ambientes virtuales. Las simulaciones permiten acelerar la adaptabilidad de estos organismos sintéticos, a fin de comprender características más finas de estos fenómenos e incluso emplearlos para otros fines, tales como: investigación, desarrollo, diseño, simulación, esparcimiento, etc. Las funciones que realizan las criaturas virtuales son más simples que las de los organismos vivos, pero son similares, por ejemplo búsqueda de alimento (energía), reproduc- ción y evolución; esta similitud nos permite observar los posibles comportamientos de los seres vivos en ambientes controlados. Una criatura virtual no necesariamente debe tener una estructura morfológica conocida, pero si una que le permita realizar sus funciones o acciones definidas, por lo que, la criatura virtual debe contar con una cabeza, un cuerpo y extremidades que le permitan evolucionar de manera con- tinua para adaptarse al medio ambiente en el que se encuentra inmersa. Este artículo muestra una vista de los avances que se han hecho en el área de morfología de criaturas virtuales, desde su invención hasta la actualidad y los acercamientos empleados para dar una idea de cómo son modeladas.**

Palabras clave: *vida artificial; criaturas virtuales; morfología*

***Abstract*– Living organisms as we know them are complex structures that fulfill functions such as forag- ing, development, and reproduction, all immersed in an ecosystem. Artificial life seeks to generate entities called virtual creatures that mimic the properties of living organisms and perform functions similar to those found in nature but with certain restrictions. The area of computer science provides us with the ability to calculate and reproduce specific properties of living organisms, and be able to simulate them in controlled environments, called virtual environments. In virtual environments, it is possible to accelerate the adapt- ability of these synthetic organisms to understand the characteristics of these phenomena and even use them for other purposes, such as research, development, design, simulation, recreation, etc. Whereas the functions performed by virtual creatures are not as complex as those of living organisms, but they have to do actions such as foraging (energy), reproduction, and evolution. These actions allow us to generate an entity to observe the possible behaviors of living beings in controlled environments. A virtual crea- ture's morphological structure may not be known, but it enables the creature's functions or actions. So the virtual creature must have a head, a body, and limbs that allow it to evolve continuously to adapt to the environment in which it is immersed. This article shows an overview of the advances in the area of virtual creature morphology, from inception to actuality as well as the different approaches used to give the reader an idea of the modeling process for virtual creatures.**

Keywords: *artificial life; virtual creatures; morphology*

1 Introducción

El estudio de la vida como se conoce, es de suma importancia para los seres humanos, dado que con ello se comprende como estamos conformados y el entorno que nos rodea. Es gracias a estos estudios que emergen áreas como la medicina que busca el bienestar de los humanos, tratando patologías y enfermedades que afectan a los individuos. Pero es la biología que se encarga de estudiar los fenómenos de los seres vivos [Hills et al., 2020], gracias a ello se comprende con mayor detalle el ciclo de vida que enfrentan los seres vivos, como lo es el nacimiento, el desarrollo, la reproducción y la muerte. En donde para persistir en el entorno se debe obtener energía por medio de la nutrición y se requiere de constantes cambios para adaptarse a las condiciones del ecosistema.

Actualmente las ciencias de la vida se apoyan de las matemáticas y de las ciencias computacionales para simular funciones vitales de los seres vivos como la metabolización necesaria para la transformación y liberación de energía empleada en sus actividades esenciales. Es por este tipo de estudios y el trabajo colaborativo entre diversas disciplinas que surge el área de la vida artificial. La idea de retomar conceptos de la naturaleza y aplicarlos en las ciencias computacionales data de 1950 por Alan Turing [Turing and Haugeland, 1950] quien origina la propuesta de emplear el concepto de la evolución para dotar a una computadora a pensar por si misma. La evolución desde el enfoque computacional fue abordada desde múltiples puntos de vista a lo largo de los años, no fue hasta la década de los 70's cuando John Holland [Holland et al., 1992] propone un modelo de algoritmo genético; los algoritmos genéticos toman poblaciones de individuos a los que se les aplican operaciones similares a las que ocurren durante la evolución de los seres vivos, como son la selección de individuos, cruza (reproducción) y mutación, con la finalidad de proveerse de características necesarias para sobrevivir en el ambiente o en el entorno.

La posibilidad de poder reproducir de manera sintética los fenómenos y características de los seres vivos nos permiten describir el mundo que nos rodea y la posibilidad de generar artefactos que den soluciones a diversos problemas de nuestra vida cotidiana o incluso tareas más complejas donde la integridad de los humanos este comprometida, esto se realiza mediante mecanismos complejos que son tratados por la ingeniería. La posibilidad de crear vida sintética [Langton, 1986] permitiría comprender los diversos niveles de organización celular en los organismos vivos y en la construcción de artefactos que mejoren la calidad de vida de los seres humanos.

Christopher Langton [Langton, 1986] propuso que la vida artificial debe ocurrir primeramente en ambientes simulados y controlados, de tal forma que permitan identificar las características verdaderamente fundamentales para la vida, estos van desde su estructura que puede ir desde biomoléculas hasta la formación de tejidos, huesos y órganos, así como la capacidad de autorregularse para compensar internamente los cambios que ocurren en el ambiente. Esta capacidad es fundamental para la supervivencia y conservación de la especie.

En este trabajo hablaremos de criaturas virtuales simuladas, que cuentan con una estructura inicial básica (morfología), que les permiten interactuar en el medio ambiente en el que se encuentran inmersas. Dicha estructura inicial va evolucionando conforme a las necesidades de supervivencia de la criatura y la especie. Se presentan los acercamientos actuales en la construcción de criaturas virtuales con el objeto de observar las propiedades de los seres vivos y sus alcances.

2 Criaturas virtuales versus Morfología

La estructura de los seres vivos se forma con células, estas células forman tejidos; los tejidos forman los huesos, los cuales originan una morfología propia a cada organismo. Esta morfología es puesta a prueba en el medio ambiente la cual evoluciona a través de las generaciones.

El trabajo seminal de Karl Sims [Sims, 1991, Sims, 1994], parte de la construcción de morfologías básicas por medio de cubos que hace evolucionar en un ambiente virtual logrando que realicen funciones de movimiento, sus estudios dan origen a lo que ahora conocemos como criaturas virtuales. En la figura 1 se observan algunos ejemplos de las criaturas virtuales que logró generar. Conforme las criaturas van evolucionando, estas son capaces de realizar movimientos como caminar, nadar o saltar de acuerdo a las condiciones del medio ambiente.

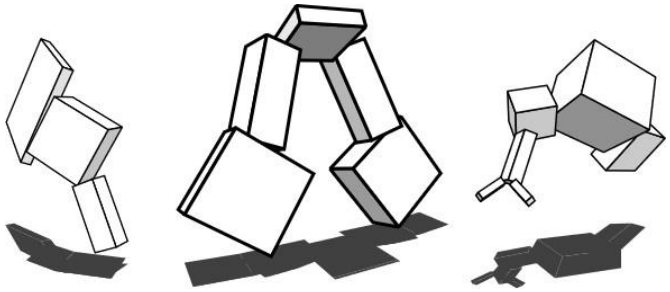

Figura 1. Criaturas virtuales generadas por Karl Sims [Sims, 1994]

Sims trabaja con la evolución de la morfología de sus criaturas para lograr criaturas adaptables al entorno, haciendo uso de la teoría de las especies, es decir, solo los mejores individuos o con mejores características son seleccionados como padres para generar una nueva criatura, en la figura 2 se muestra una criatura evolucionada. Las aportaciones realizadas por Sims permiten observar el potencial que tienen las criaturas virtuales en diferentes campos de estudio, tanto de la ciencia como de las actividades propias del ser humano.

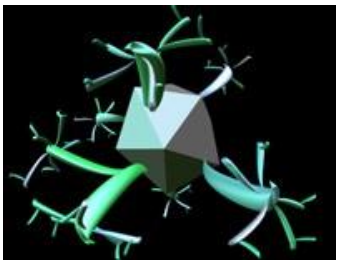

Figura 2. Ejemplo de una criatura evolucionada durante una instalación artística con participación del público llamada Galápagos [Sims, 1997].

Del mismo modo, Maciej Komosinski [Komosiński and Ulatowski, 1999, Komosinski, 2003] desarrolló un entorno de experimentación con criaturas virtuales llamado Framsticks, donde la estructura morfológica de las criaturas es un conjunto de cápsulas; en la figura 3 se muestra un ejemplo de las criaturas que se generan.

Figura 3. Criaturas virtuales generadas en Framsticks [Komosinski, 2003].

Si bien el entorno de pruebas presentado por Komosinsky fue presentado hace ya más de 20 años, hoy en día se sigue empleando para identificar una forma de cuantificar la similaridad morfológica entre criaturas virtuales.

Desde el punto de vista filosófico, recordemos que la aseveración que dió inicio a los estudios de vida artificial fue la capacidad de producir “vida” en un medio completamente sintético, tal que mimetice ciertas características de los fenómenos del mundo natural.

Entre los primeros trabajos con este punto de vista se encuentra el entorno virtual *Terra* presentado por Thomas Ray [Ray, 1993]. En *Terra*, las criaturas tienen como cuerpo bloques de código que se ejecutan por turnos y son capaces de hacer referencia a bloques de código de otras criaturas. En la figura 4 se muestran dos criaturas, sus segmentos de código y las referencias entre ellos.

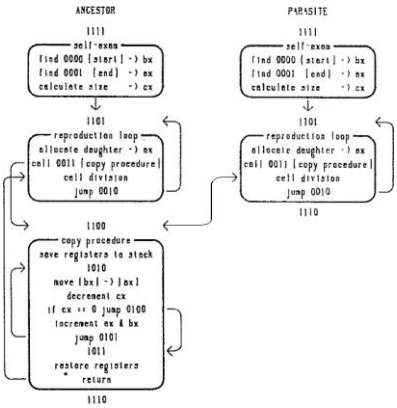

Figura 4. Criaturas virtuales del entorno *Terra* desarrollado por Thomas Ray [Ray, 1993], las criaturas son bloques de código que se ejecutan durante la simulación

El objetivo de Ray, se centró en demostrar la viabilidad de sintetizar vida en un entorno completamente artificial, tal que eventualmente sea posible proponer y comprobar nuevos fundamentos para la vida. En este entorno, Ray identificó interacciones complejas entre sus criaturas como es el parasitismo, donde una criatura roba el código de reproducción de otras criaturas para generar más copias de sí misma, tal como sucede hoy en día con los famosos virus informáticos.

Por otro lado, y en concordancia con la idea general de Langton, las criaturas virtuales también han sido utilizadas para identificar comportamientos y procesos en simulaciones similares a lo que se busca estudiar en la naturaleza, ya sea para verificar las capacidades de los modelos de criaturas virtuales que se proponen, o para obtener información de estos modelos que permitan explicar los fenómenos naturales.

Un ejemplo de este uso se observa en los trabajos de Takaya Arita et al. [Arita et al., 2016]. Su trabajo se centró en la evolución de morfología de las criaturas virtuales con un objetivo específico de forrajeo, buscar comida en el entorno. Durante los años que duró este proyecto pasaron del estudio de forrajeo de criaturas individuales a la competencia por alimento y las interacciones presa-depredador.

En dichos estudios se identificaron comportamientos de población en concordancia con modelos de biología y una evolución de la morfología de las presas para evitar ser comidas por los depredadores; en la figura 5 se muestran ejemplos de las presas con distintas morfologías defensivas. En esta propuesta, una criatura es comida (devorada) cuando su núcleo es tocado por un depredador, por lo que la evolución empujó a las criaturas a generar extremidades grandes para cubrirse, en ocasiones incluso favoreciendo la supervivencia sobre su capacidad de movimiento.

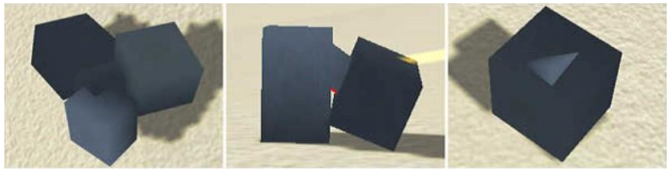

Figura 5. Estudio de coevolución de presas y depredadores con criaturas virtuales [Arita et al., 2016]. Se muestran tres tipos de presas que evolucionaron para evadir depredadores; generan extremidades grandes que bloquean a los depredadores de sus núcleos

Las criaturas virtuales también son empleadas para resolver problemas de ingeniería, como son el diseño de mecanismos y el control de robots. En la figura 6 se muestra uno de los usos actuales de criaturas virtuales en robótica; en esta, Kriegman et al. emplean la simulación de criaturas virtuales para evolucionar el diseño de*soft-robots*, donde su movimiento es dictado por cambios en el volumen de cada sección del robot y es resistente a efectos externos.

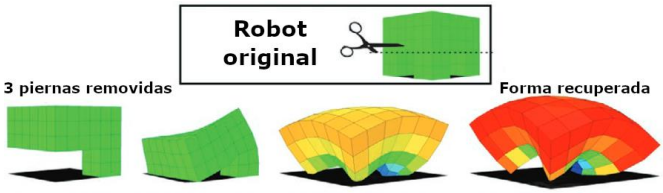

Figura 6. Una criatura virtual modelada para representar el diseño de un *soft-robot* [Shah et al., 2021]. Cada cubo de su cuerpo cambia de volumen (representado por los colores) y la conjunción de estos cambios genera movimiento en la criatura.

Como podemos observar la mayoría de los trabajos existentes basan la construcción de la criatura virtual en la morfología inicial y mediante mecanismos evolutivos esta se adecua a las condiciones del entorno.

3 Morfología y generación de criaturas virtuales

Una de las dificultades que se tienen en la generación de criaturas virtuales es definir cual será su morfología inicial, que sea el punto de partida que les permita evolucionar de manera similar a los seres vivos.

Karl Sims [Sims, 1994], propone un grafo dirigido donde cada nodo representa un elemento del cuerpo de la criatura y los arcos determinan la jerarquía de estos elementos; en la figura 7 se muestra un ejemplo de esta representación. La representación de Sims resulta intuitiva, sin embargo, tiene algunas limitantes en cuanto a la reproducción, ya que no es posible hacer evolucionar de forma sencilla la morfología de las futuras generaciones de criaturas virtuales.

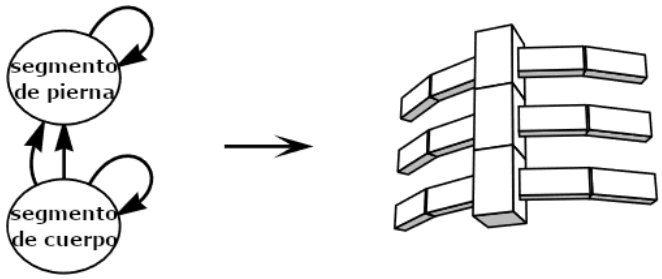

Figura 7. Modelo de representación de criaturas virtuales en [Sims, 1994]. Una gráfica dirigida donde la dirección de los arcos indica la jerarquía de los elementos del cuerpo de la criatura

El uso de grafos dirigidos permite la generación de criaturas virtuales de forma rápida permitiendo estudiar y simular propiedades especificas de los seres vivos, pero no una evolución completa. En la figura 8 se muestra una implementación de criaturas virtuales mediante grafos dirigidos utilizando el motor gráfico Unity3D. Es por esta razón que investigadores de todo el mundo realizan aportaciones sobre como representar la morfología inicial de las criaturas virtuales y haciendo uso de técnicas evolutivas puedan modificar la morfología inicial adaptándose al medio ambiente.

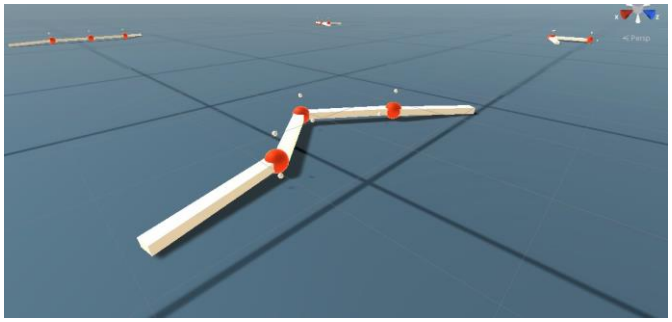

Figura 8. Generación de criaturas virtuales mediante grafos dirigidos en Unity3D, ViancoLab2021 [VianCoLab, 2021]

A fin de obtener una morfología inicial adecuada al momento de crear una criatura virtual, Kenneth Stanley propone los *Compositional Pattern Producing Networks (CPPN)* [Stanley, 2007] para modelar el desarrollo de la morfología de acuerdo a la posición celular. Esta propuesta se apega más a los conceptos de la vida y consiste en un conjunto de funciones interconectadas que reciben como argumento la posición actual y determinan la existencia o no, así como el tipo de elemento que existe en esa posición. Cheney et al. [Cheney et al., 2014] aplicaron este modelo a la generación de criaturas virtuales de la manera que se observa en la figura 9.

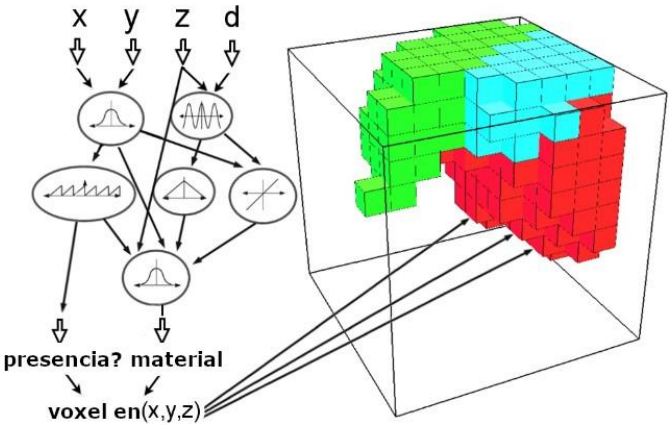

Figura 9. Aplicación de CPPN a la generación de criaturas virtuales propuesta por Cheney et al. [Cheney et al., 2014] para la experimentación en el diseño de *soft-robots*

Existen métodos modulares para la generación de criaturas virtuales, estos se basan en sistemas u órganos predefinidos por ejemplo; los ojos y mediante los mecanismos de evolución y presión del medio ambiente se define la cantidad de ojos y extremidades con las que contara la criatura virtual. Esto lo podemos apreciar en la figura 10, en ella observamos un grupo de criaturas virtuales con morfologías diferentes.

Figura 10. Aplicación de conceptos evolutivos para la generación de criaturas virtuales en SPORE™

Como podemos observar en los trabajos revisados, la construcción de criaturas virtuales es un problema abierto y propone retos interesantes que pueden ser tratados de forma multidisciplinar y las ciencias computacionales. En el trabajo de investigación que se está desarrollando actualmente se utilizan gramáticas para la generación de las morfologías iniciales de las criaturas virtuales, así mismo estas representan el código genético de la criatura, que será utilizado en futuras generaciones gracias al intercambio genético con otras criaturas virtuales.

El uso de gramáticas requiere de validaciones que permitan garantizar una carga genética suficiente para contar con una morfología inicial que pueda ser puesta a prueba y que pueda ser utilizada para las siguientes generaciones mediante mecanismos evolutivos. En la figura 11 se muestra un ejemplo de la carga genética y la morfología inicial de criatura virtual obtenida.

```
G=(N,E,P,x,S)
x=100
S->XX      | x>10 , x-10
A->A;X     | x>10 , x- 5
A->X       | x> 0 , x- 0
X->acX     | x>80 , x- 5
X->X[A]    | x>60 , x-20
X->XX      | x>60 , x-10
X->ac      | x>20 , x- 2
X->aY      | x> 0 , x- 0
Y->c       | x> 5 , x- 1
Y->b       | x> 0 , x- 0
"acacacacac[acac;acac;acac;acac]"
```

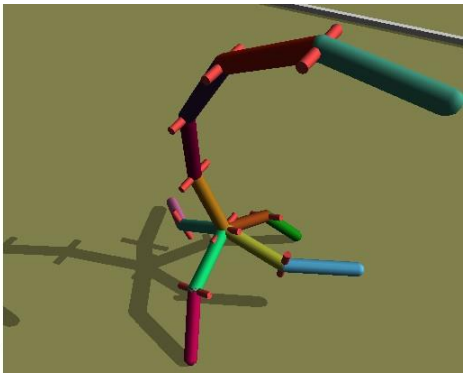

Figura 11. Una gramática y la morfología resultante de su aplicación. La palabra inicial *S* se sustituye de acuerdo a las reglas de producción y el resultado sigue el mismo proceso hasta que no haya reglas aplicables. Elaboración propia.

La originalidad de esta propuesta es el uso de premisas biológicas, una de estas es la “energía.” Cada regla de producción cuenta con un requerimiento de energía para ser aplicable y un costo que reduce el valor de energía disponible para las siguientes reglas de producción.

Cada uno de estos modelos cuenta con sus peculiaridades y aplicaciones, además de su nivel de desarrollo y aceptación, tomando en cuenta que el área de criaturas virtuales es dinámica y se encuentra en constante crecimiento.

4 Conclusiones

El uso de las criaturas virtuales permite la construcción de artefactos con estructuras morfológicas que difícilmente pueden ser concebidas por los seres humanos. Un ejemplo de esto son los robot utilizados para la exploración del planeta Marte.

La posibilidad de poder generar diferentes morfologías a partir de las criaturas virtuales, permite poder explorar algunas soluciones en los diferentes sectores de la sociedad. Como por ejemplo en la medicina la creación de exoesqueletos para personas con un problema de movilidad.

El estudio de criaturas virtuales se encuentra en constante cambio y crecimiento, con propuestas que retoman conocimientos de múltiples áreas, haciendo este estudio multidisciplinario. La generación de criaturas virtuales nos permite observar la síntesis de la vida muy parecida a la que observamos en el mundo natural y con ellos simular el comportamiento de los seres vivos.

5 Agradecimientos

Los autores agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo financiero para desarrollar el presente trabajo a través de su programa de becas nacionales.

Referencias

[Arita et al., 2016] Arita, T., Joachimczak, M., Ito, T., Asakura, A., and Suzuki, R. (2016). Alife approach to eco-evo-devo using evolution of virtual creatures. *Artificial Life and Robotics*, 21(2):141–148.

[Cheney et al., 2014] Cheney, N., MacCurdy, R., Clune, J., and Lipson, H. (2014). Unshackling evolution: evolving soft robots with multiple materials and a powerful generative encoding. *ACM SIGEVOlution*, 7(1):11–23.

[Hills et al., 2020] Hills, D. M., Heller, H. C., Berenbaum, M. R., and Hall, D. W. (2020). *Life: The Science of Biology*. W. H. Freeman, 12 edition.

[Holland et al., 1992] Holland, J. H. et al. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analy- sis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press.

[Komosinski, 2003] Komosinski, M. (2003). The Framsticks system: versatile simulator of 3D agents and theirevolution. *Kybernetes*, 32(1/2):156–173.

[Komosiński and Ulatowski, 1999] Komosiński, M. and Ulatowski, S. (1999). Framsticks: Towards a simulation of a nature-like world, creatures and evolution. In *European Conference on Artificial Life*, pages 261–265. Springer.

[Langton, 1986] Langton, C. G. (1986). Studying artificial life with cellular automata. *Physica D: Nonlinear Pheno-mena*, 22(1-3):120–149.

[Ray, 1993] Ray, T. S. (1993). An evolutionary approach to synthetic biology: Zen and the art of creating life. *Artificial Life*, 1(1_2):179–209.

[Shah et al., 2021] Shah, D., Yang, B., Kriegman, S., Levin, M., Bongard, J., and Kramer-Bottiglio, R. (2021). Shapechanging robots: bioinspiration, simulation, and physical realization. *Advanced Materials*, 33(19):2002882.

[Sims, 1991] Sims, K. (1991). Artificial evolution for computer graphics. In *Proceedings of the 18th annual confe-rence on Computer graphics and interactive techniques*, pages 319–328.

[Sims, 1994] Sims, K. (1994). Evolving virtual creatures. In *Proceedings of the 21st annual conference on Com-puter graphics and interactive techniques*, pages 15–22. ACM.

[Sims, 1997] Sims, K. (1997). Galapagos interactive exhibit by karl sims, 1997.

[Stanley, 2007] Stanley, K. O. (2007). Compositional pattern producing networks: A novel abstraction of develop-ment. *Genetic programming and evolvable machines*, 8(2):131–162.

[Turing and Haugeland, 1950] Turing, A. M. and Haugeland, J. (1950). *Computing machinery and intelligence*. MIT Press Cambridge, MA.

[VianCoLab, 2021] VianCoLab (Consultado el 05-Julio-2021). Donde la biología encuentra a la computación https://vianco.uaemex.mx.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Atribución-NoComercial-Compartirlgual 4.0 Internacional.