

Vida artificial: Simulación de vida artificial y su impacto en el estudio de la biodiversidad

David Sánchez Albán, Natalia Marín Pérez
Ingeniería en Ciencias de la Computación
Instituto Tecnológico de Costa Rica
San José, Costa Rica

Abstract—La vida y su interacción con el ser humano siempre ha sido de gran interés a la hora de realizar estudios en la materia, ya que desde tiempos inmemorables hemos intentado definir la vida como un concepto, pero se nos dificulta encontrar un conjunto de terminologías o una descripción viable para todos. Debido a esto surge una necesidad por probar un método por el cual logremos como seres humanos simular organismos con el fin de entender que hace a un ser vivo, cuál es su comportamiento y entender su rol dentro del ecosistema. Al reconocer el impacto que tiene el ser vivo y entenderlo mejor será posible preparar medidas para conservarlo, además en este paper se detalla cómo puede Costa Rica cooperar con el estudio de organismos por medio de sistemas de vida artificial.

I. INTRODUCCIÓN

Vida artificial fue definida por Chris Langton como 'el estudio de sistemas hechos por el hombre que exhibe comportamientos característicos de sistemas vivos provenientes de la naturaleza' [7], es un área de estudio bastante reciente que puede guiar las investigaciones científicas en la manera de extender la vida y crear nuevas formas de ella, incluyendo medicinas, internet, hardware que puede evolucionar y la proliferación de robots. [4]

Es por esto que se nos da la tarea de poder simular vida a través de la computación para crear vida y de esta manera entenderla. [15]

Para crear vida artificial que sea robusta por computadora, es necesario que esta pueda sobrevivir las fluctuaciones del ambiente y evolucionar tan libremente como su vida biológica. El software debe poder adaptarse con algoritmos de aprendizaje que permitan a los programas de computadora ganar experiencia, así como programas que sean capaces de escribir otros programas de computadoras con un comportamiento de "búsqueda de metas" que permita a los programas funcionar en ambientes específicos. El software de computadora debe poder innovar y agregar en sí mismo la respuesta a sus "necesidades". El solucionar estos problemas es una de las metas principales en el estudio de vida artificial [7].

En el análisis acerca de herramientas de vida artificial escrito por Steven Levy se explica el de un sistema desarrollado por el biólogo Thomas Ray el cual plantea una herramienta llamada "Tierra". Una vez que el sistema fue finalizado, este podía cambiar su criterio por el cual se constituía un organismo apto, y cuando este se llenaba de organismos el

ambiente evolutivo cambiaba también; las criaturas digitales fueron forzadas a buscar respuestas novedosas cuando las circunstancias eran alteradas. Esto se lograba gracias a sistemas de "reconocimiento", ya que de lo contrario habrían mutaciones que no se llevarían a cabo. El sistema está buscando constantemente en hacer el código eficiente, pero por otra parte la evolución se da al "explotar" entre sí, los organismos agregan el concepto del más apto, una nueva adaptación que se da al transmitir los genes que puede contener un mecanismo específico que no necesariamente está presente en el ancestro. Tierra refleja comunidades ecológicas al simular un depredador el cual va a suprimir al competidor y lo excluye como uno de los competidores débiles impactando así en la diversidad. [9]

Una vez que se entiende una forma de vida y su comportamiento es posible ayudar en cómo estos podrían impactar el ecosistema en que vivimos y entender mejor de que manera los seres vivos impactan en el medio ambiente.

En la sección 2 del documento se va a analizar los antecedentes e historia de la vida artificial, la sección 3 tendrá comentarios y ejemplos acerca de cómo la simulación de vida por medio de la vida artificial puede impactar al ambiente y a otros estudios, en la sección 4 se explora cómo Costa Rica tiene una oportunidad para realizar estudios en vida artificial y en la última sección se estará concluyendo con un análisis de cómo afecta la vida artificial al medio ambiente y cómo aprovecharnos de este concepto para comprender mejor los organismos vivos.

II. MARCO TEÓRICO

A la hora de poder desarrollar, estudiar o crear vida artificial, se debe de tener un entendimiento de la vida en sí, donde las múltiples áreas de la academia han intentado definir, qué es? Los filósofos utilizan términos para discernir entre lo vivo y lo no-vivo, y son estas cualidades lo que hace a algo pertenecer al área de los entes vivos. [11] En el área de la biología se utiliza la reproducción y la supervivencia [15] como capacidades necesarias con el fin de definir algo como vivo.

La vida es considerada orgánica, ya que esta surge naturalmente y es un concepto irremplazable del mundo natural, la cual es un área de estudio para los biólogos y demás áreas de

la ciencia y tecnología. El concepto de vida ha sido estudiado por cientos de años, pero siempre existen conflictos a la hora poder definir una definición concreta, por ejemplo: Aristóteles definió la vida como la propiedad de un objeto de ser animado, Descartes como un mecanismo, el punto de vista de Kant como una organización. [11]

También es importante entender lo que es la vida natural, la cual tiene las siguientes características [18] :

- Crecimiento natural, evolución y no hecho por el hombre.
- Reproducción sexual, por ejemplo, humanos, otros animales y plantas
- Basado en proteínas, sustancias orgánicas.
- Inteligencia y emociones, tales como el humano u otros animales

Pero qué pasa cuando la biología y las ciencias de la computación se mezclan, con esto surge la pregunta, será el poder computacional actual capaz de emular las cualidades necesarias para crear vida artificial? A esto se ha llamado vida 'in-silico' [15], [11] esto por el uso de los chips semi-conductores necesarios para el uso de software. El uso de la vida in-silico se debe primariamente a la gran capacidad de procesamiento que poseen las computadoras para evaluar modelos complejos sobre vida artificial, a parte de poder ayudarnos a mejorar el concepto de vida artificial que tenemos.

Parte de la teoría que podría mostrar el flujo de la vida sería el uso de teoría de automatas, para poder crear una visualización la cual satisfaga todas las opciones que sean necesarias para mostrar vida bajo una definición específica. Para esto se podría usar una Máquina de Estados Finitos (FSM) [13] la cual nos ayude a demostrar una serie de estados en la cual un organismo puede estar, pero, esto generaría un FSM demasiado grande, el cual sería inmanejable para un ser humano, pero una computadora podría re-crear un ente sencillo, dígame de una bacteria o un insecto.

En el año 1982, el científico Stephen Wolfram exploró y categorizó los tipos de complejidad que mostraban los autmatas celulares unidimensionales, y se dieron cuenta que estos podrían ser aplicados a fenómenos naturales como las conchas marinas y la naturaleza del crecimiento de las plantas. También, Norman Packard utilizó los autómatas celulares para simular el crecimiento de copos de nieve. [17]

Existen dos posiciones en vida artificial[17] :

- La posición fuerte/dura que indica que "la vida es un proceso que se puede conseguir fuera de cualquier medio particular". (John Von Neumann). Como se indicaba anteriormente en el sistema Tierra donde la vida era sintetizada según Thomas Ray.
- La posición débil la cual niega la posibilidad de generar un "proceso de vida" fuera de una solución química basada en el carbono, en cambio se opta por imitar procesos de vida para entender aspectos de fenómenos sencillos.

Un claro ejemplo del uso de vida artificial es el uso de modelos complejos con el fin de evaluar los resultados y obtener una simulación para satisfacer las pruebas necesarias, estos

modelos pueden ayudarnos a explicar un comportamiento específico. Tomemos el caso de las abejas arborícolas *Apis mellifera*, las cuales recolectan polen con el fin de transformarlo en miel y mantener la supervivencia de su colonia, estas poseen un comportamiento interesante a la hora de escoger las flores adecuadas, debido a que solamente estas proporcionan el polen adecuado para producir su preciada miel. [6] El uso de vida artificial es imprescindible para poder crear un ambiente digital en el cual las abejas virtuales o agentes puedan interactuar con su medio, asimismo se pueden evaluar ambientes más complejos y reducir el trabajo de campo.

Estas tecnologías permiten a los científicos poder crear modelos de organismos, o en el caso del estudio de enjambres de abejas, los cuales al ser un conjunto de abejas se les considera un superorganismo, ya que entre todos los organismos individuales se realizan operaciones complejas.[16] La idea principal detrás del estudio era poder ver la cooperación entre dos enjambres, los cuales se comportan de manera aleatoria y al encontrarse con otro, cada organismo interactúa individualmente con el otro. Esta investigación funcionó para poder probar que las interacciones aleatorias entre abejas son dependientes del tamaño de cada conglomerado.

Además, existe un estudio alrededor de las hormigas *Leptothorax tuberointerruptus*,[12], las cuales formaron parte esencial a la hora de realizar la investigación para proponer un modelo consistente y continuo el cual permite controlar un algoritmo el cual cree arquitecturas nuevas en sus nidos, donde dicha arquitectura afecta las relaciones físicas que existen entre las hormigas, piedras y feromonas en el ambiente. En dicho estudio se realizan pruebas con bastantes variables las cuales son afectadas por dos tipos de hormigas, las hormigas internas y las externas, las cuales forman parte de una colonia de hormigas y son internas si están dentro del nido y externas si están fuera de él. Luego existe un conjunto de piedras las cuales, las hormigas pueden mover para ir formando la arquitectura del nido, estas piedras van formando el nido conforme el tiempo avanza. Asimismo existe una variante importante la cual se basa en el concepto de feromonas, estas feromonas afectan el comportamiento y movimiento de las hormigas.[12] Luego de que las hormigas forman el nido estas forman patrones interesantes, pero los autores explican que dentro de las pruebas estos encontraron que casi siempre los nidos tendían a ser circulares y formar un conglomerado de hormigas internas.

Luego no solamente se realizan los estudios alrededor de un solo organismo, en este caso tenemos que se evaluó como los organismos se comportan en un ambiente abierto y se evalúan sus movimientos ya que la cantidad de interacciones sociales es proporcional a la cantidad de individuos en el ambiente, así se ven las interacciones que existen en una población de organismos. [3], [10] Los individuos de la población son manejados por un algoritmo probabilístico jerárquico el cual sirve para poder detectar las señales externas que puedan afectar el patrón de movimiento, ya sea un depredador o una fuente de calor. Para esto se evaluaron 3 poblaciones:

- Mosquitos movimiento es generado por factores externos

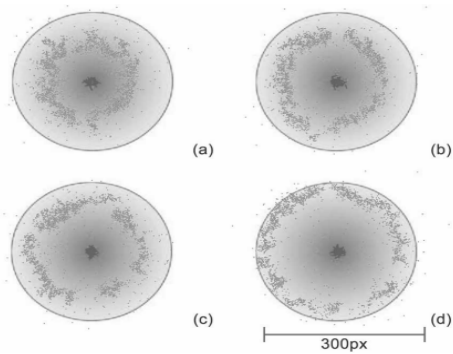


Fig. 1. Resultados de los nidos de las hormigas. [12]

y no perciben a otros mosquitos.

- Aves, solamente pueden moverse hacia el frente y tienen un rango de visión limitado, no perciben otras aves.
- Peces solamente ven a sus vecinos más cercanos y se mueven con ellos y no pueden ver más allá del rango de visibilidad que poseen.

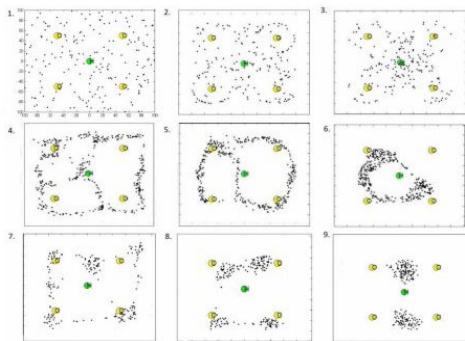


Fig. 2. 1. Diseño inicial, 2. Distribución del enjambre de mosquitos en una etapa intermedia, 3. La distribución final del enjambre de mosquitos, 4-5 Distribución intermedia de aves, 6. Distribución final de aves, 7-8 Distribución intermedia de peces, 9. Distribución final de peces [16]

Al finalizar las representaciones, los mosquitos se mostraban estar calmados por sí solos y no presentaban ningún patrón específico más que la aleatoriedad de sus movimientos. Mientras que las aves y los peces forman patrones y se ven más unidos en las visualizaciones. [3]

No solamente los estudios se centran en el análisis de vida a nivel macroscópico, sino que también hay estudio para la vida microscópica, por ejemplo: simular una célula con el fin de poder estudiar tres aspectos clave [14] :

- Expresar genéticamente el modelo de una célula encapsulado en un liposoma para poder habilitar síntesis de proteínas membrana.
- Una estructura con múltiples roles los cuales estén diseñados para la nanoestructura del DNA en la membrana celular.
- Una membrana de péptidos para poder detectar superficies.

III. SIMULACIONES Y SU IMPACTO EN EL ECOSISTEMA

En los estudios mencionados previamente se observa un gran interés por encontrar más acerca de, ¿qué es la vida? Nuestro método de poder mostrar qué significa el concepto para nosotros radica en cómo podemos demostrar nuestro conocimiento de la vida, plasmando en un mundo computacional. Tomemos el ejemplo de las hormigas y las abejas, estamos intentando crear organismos virtuales los cuales tienen una interacción limitada con su medio ambiente el cual no cambia ni tampoco muestra amenazas potenciales para los mismos, ya que ninguna de estas fue programada para dichos entes virtuales [12]. Pero aparte no es de sorprenderse de que utilicemos estos para poder simular y entender a los organismos a nuestro alrededor en base a simulaciones muy básicas. Donde dichas simulaciones se basan en encontrar los comportamientos clave de cada una de estas especies, por ejemplo tenemos que para el paper relacionado con hormigas este intenta buscar los patrones por los cuales estas construyen sus impresionantes arquitecturas en sus hormigueros, para el caso del estudio mostrado, tienen su base hormigas, piedras y feromonas, donde las feromonas forman parte vital para controlar cómo las hormigas se comportan y forman el nido. Asimismo están las abejas productoras de miel, por las cuales tienen un aprendizaje con respecto a las flores que son potenciales proveedores de polen para producir su preciado producto, la miel. Si se analiza a detalle ambas investigaciones buscan demostrar parte del comportamiento vital para el funcionamiento de estos organismos, ya sea las hormigas construyendo un hormiguero para proteger su colonia o abejas para poder producir miel, ambas se caracterizan por intentar demostrar cómo los entes vivos se manifiestan en su ambiente, y que los hace a estos vivos. [6]

El impacto que tiene el entender el comportamiento de las abejas como agente polinizador y en su participación en el florecimiento de las plantas en diferentes condiciones ambientales es solo una parte en cómo estos insectos impactan dentro del ecosistema. Además de ayudar al ecosistema es también relevante para estudios en visión artificial y el diseño de sistemas de búsqueda. [6]

IV. POSIBLE CONTRIBUCIÓN DE COSTA RICA EN VIDA ARTIFICIAL

A. Estudio de abejas por parte de la Universidad Nacional

Existen muchos ámbitos en los que Costa Rica podría ser participe a nivel del estudio para estudios futuros en vida artificial. La Universidad Nacional tiene un instituto especializado en el estudio de las abejas tropicales para el desarrollo de una apicultura y meliponicultura sostenible en Costa Rica y Centroamérica. [1]. En el CINAT se encuentran una serie de publicaciones y estudios que se han realizado, por ejemplo en el paper publicado en el 2006 por S.E Berrocal se documenta el comportamiento de abejas en un ambiente controlado, Se buscó una posición lateral del nido para coleccionar cargas de polen de las abejas mediante succionadores, este nido

se monitoreaba cada 15 minutos durante las 3 horas de la recolecta. Según se puede ver en la figura 3 a partir de las 11:15am disminuyeron las abejas y las que llegaban trajeron material resinoso, del cual solo se pudo extraer dos muestras de polen, hay cierta certeza que la lluvia pudo haber impactado en su comportamiento.[5]

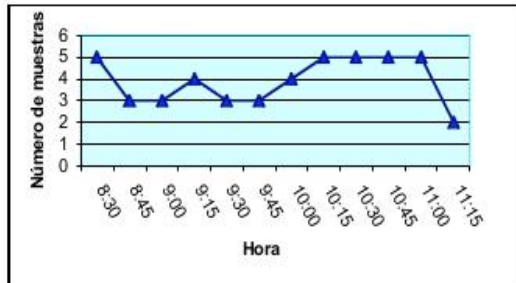


Fig. 3. Número de muestras por intervalo de 15 minutos. [5]

B. Simulación de Abejas Artificiales

Para la simulación de abejas artificiales es necesario entender el comportamiento biológico de las abejas, se tiene que las abejas de miel escanean su objetivo de manera serial que son más rápidos pero que se vuelven considerablemente lentos cuando los distractores que deben también ser procesados por el sistema visual están presentes como se puede mostrar en la figura 4. Así que se tiene información finita a nivel del procesamiento visual pero hay una amplia variedad de posibles ambientes naturales. El modelo que se establece en el documento es básicamente basado en la el escaneo de la visión, pero no se considera el olfato que utiliza normalmente las abejas para encontrar las flores (Streinzer, Paulus et al. 2009) [6].

Las abejas lo que hacen es buscar un mundo con una matriz de sus objetivos y las flores "distractoras", se determinan las distribuciones florales en las cuales cada mecanismo de escaneo visual podría ser más efectivos en escenarios del mundo real. Estas simulaciones permiten interpretar que factores influyen además del cómo y el porqué las abejas toman decisiones, además de los beneficios que recibiría a nivel de la colonia como factores relevantes para el éxito reproductivo.[6]

C. Simulaciones y medio ambiente

Como se demuestra en el paper de Abejas Artificiales (también conocidas como A-bees) el cómo las abejas de miel pueden ser más efectivas en ambientes donde los objetivos no son segregados junto con distractores, por otra parte este trabajo fue ejecutado con entradas de comportamiento conocido en abejas en ambiente templado pero todavía es necesario compararlo con abejas tropicales. También se puede sugerir que el cambio de clima puede afectar en la disponibilidad de la flor (a nivel de tiempo-espacio) y de los mismos agentes polinizadores debido a la capacidad visual de las abejas.

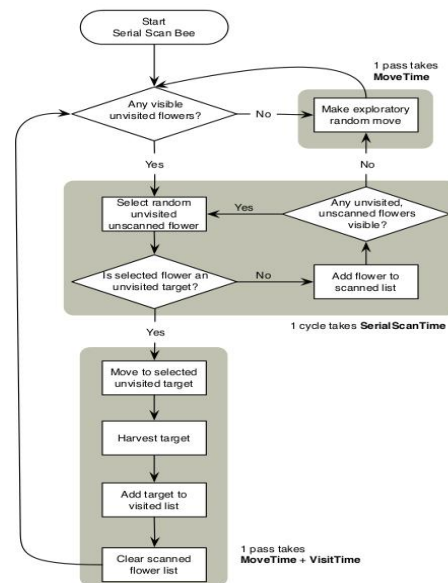


Fig. 4. El flujo de escaneo serial de una abeja de miel [6]

Como también se detalla en la observación de S.E Berrocal (Universidad Nacional) hubo momentos, posiblemente por la lluvia en las que las abejas no polinizaban, el poder entender más fondo estas especies podría proporcionar información importante para el futuro de los manejo de recursos y a la actividad apícola.

V. TRABAJO RELACIONADO

Open worm es un estudio y/o proyecto el cual esta intentado re-crear una lombriz utilizando la vida artificial simulado por computadores. Al simular las mil células de la lombriz *Caenorhabditis elegans* (C. elegans) se logrará entender comportamientos simples y complejos lo cual satisface lo suficiente para poder realizar un estudio compresivo al respecto, esta posee comportamientos clave como: alimentación, reproducción, evitar depredadores, entre otras características. [2] Todas estas características son vitales para poder entender el concepto filosófico de qué es la vida y cuáles son sus componentes básicos para el estudio al respecto.

Aunque ha sido estudiado profundamente, aún hace falta tener un mayor entendimiento de los principios de su biología. Una vez que se logre la meta se espera que esto ayudará a la creación de otras criaturas virtuales que sean igual de precisas. Aparte de ser una herramienta sumamente importante, Open worm...

VI. CONCLUSIÓN

La simulación de especies vivas como se notó anteriormente permite entender el comportamiento y la capacidad de adaptación de las mismas. El poder entender como funcionan estos organismos nos permitirá tomar decisiones más adelante a nivel de su conservación o comprender cuál es su papel dentro del ecosistema, en el caso de las abejas que se detallaba las implicaciones que entender las abejas puede tener en

agricultura, globalmente donde la cosecha de la polinización de abejas es responsable directamente por el 35% mundial de producción de comida y se estima en 153 billones de euros anuales. Por lo que es imperativo conocer como las abejas se desenvuelven en diferentes ambientes.[6] Por lo cual es también de suma importancia que Costa Rica también sea parte de estudios en Vida Artificial mediante la abstracción de atributos de las especies para su estudio y posterior implementación en ambientes de vida artificial, y de esta manera comprender los mecanismos de adaptación de los seres vivos y poder llegar a entender mejor cuál es su rol dentro del ecosistema y como este podría cambiar dependiendo de otros factores externos en los que se puede experimentar dentro de un sistema de vida artificial.

REFERENCES

- [1] "Cinat."
- [2] "Open worm."
- [3] T. K. Anna Shcherbacheva, "Population dynamics with limited perception establish global swarm topology," *Advances in Artificial Life, ECAL 2013*, 2013.
- [4] M. A. Bedau, J. S. McCaskill, N. H. Packard, S. Rasmussen, C. Adami, D. G. Green, T. Ikegami, K. Kaneko, and T. S. Ray, "Open problems in artificial life," *Artificial Life volume 6 number 4*, 2000. [Online]. Available: <http://authors.library.caltech.edu/13564/1/BEDal00.pdf>
- [5] S. Berrocal, "Análisis palinológico y procedencia botánica del polen colectado por trígona angustula en un jardín demostrativo," *Revista Notas Apícolas*, 2006.
- [6] Z. Bukovak, A. Dorin, and A. Dyer, "A-bees see: A simulation to assess social bee - visual attention during complex search," *Conference: European Conference on Artificial Life 2013, page 276*, 2013. [Online]. Available: <https://mitpress.mit.edu/books/advances-artificial-life-ecal-2013>
- [7] J. D. Farmer, "Artificial life: The coming evolution," *Cambridge University Press*, 1990. [Online]. Available: <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/90-003.pdf>
- [8] S. Hickinbotham, M. Weeks, and J. Austin, "The alife zoo: cross-browser," *Agnostic hosting of Artificial Life simulations 71*, 2013. [Online]. Available: <https://mitpress.mit.edu/books/advances-artificial-life-ecal-2013>
- [9] S. Levy, "Whole earth review," 1992. [Online]. Available: <http://www.wholeearth.com/issue/2076/article/349/artificial.life>
- [10] P. Mariano and L. Correia, "Population dynamics of centipede game using an energy based evolutionary algorithm," *Advances in Artificial Life, ECAL 2013*, 2013.
- [11] S. E. of Philosophy, "Life," 2011.
- [12] L. Pitonakova and S. Bullock, "Controlling ant-based construction," *Advances in Artificial Life, ECAL 2013*, 2013.
- [13] M. Rouse, "finite state machine," 2005. [Online]. Available: <http://whatis.techtarget.com/definition/finite-state-machine>
- [14] Y. S. Shin-ichiro M. NOMURA and K. FUJIWARA, "Molecular robotics approach for constructing an artificial cell model," *Advances in Artificial Life, ECAL 2013*, 2013.
- [15] L. Steven, *Artificial Life*, 1992.
- [16] D. K. Tobias Meister, Ronald Thenius and T. Schmickl, "Cooperation of two different swarms controlled by beecust algorithm," *Advances in Artificial Life, ECAL 2013*, 2013.
- [17] J. Vellido, "Desarrollo de un simulador de vida artificial," 2000. [Online]. Available: <http://e-archivo.uc3m.es>
- [18] T. Xuyan, "Life, artificial life and generalized artificial life," *IEEE Journal*, 2005. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1614898&tag=1>