



El algoritmo desarrollado en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR es un software que tiene que ser evaluado en un robot tipo Rover, como el que se muestra en la gráfica, para constatar su eficiencia. También se describen cada uno de los sistemas que se utilizan para probar el algoritmo (infografía Rafael Espinoza).

Algoritmo mejora tecnología usada en misiones a Marte

Un algoritmo nuevo, sin precedentes, que podría ser empleado en el posicionamiento de robots exploradores, tipo Rovers, que la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) envía en sus misiones a Marte, es propuesto por investigadores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Otto Salas Murillo
otto.salasmurillo@ucr.ac.cr

La investigación es dirigida por el Dr. Geovanni Martínez Castillo, coordinador del Laboratorio de Investigación en Procesamiento Digital de Imágenes y Visión por Computador (IPCV-LAB), perteneciente a dicha Escuela.

La propuesta apunta a llegar muy alto e, inclusive, a hacer historia. Se denomina *Algoritmo de odometría visual monocular basado en diferencias de intensidad*, con el cual se lograría mejorar el conocimiento sobre cómo determinar la posición de un robot mediante el uso solamente de una cámara de video (cámara monocular), atada de forma rígida a su estructura y sin la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), un sistema

de medición inercial o un sistema de escaneo láser.

Según explicó Martínez, los Rovers que se posan en la superficie marciana solamente reciben instrucciones desde la Tierra una vez por día, por lo que deben ser capaces de realizar las funciones de transportarse para ejecutar sus tareas de recolección de información en forma autónoma y lo más eficiente posible.

“Un error de navegación podría causar la pérdida de un día entero de trabajo; por eso, para moverse en forma precisa deben de contar con un sistema que les permita estimar con exactitud su posición en todo momento”, detalló el investigador.

El algoritmo creado por Martínez le posibilita al robot determinar su posición en cualquier momento con mayor precisión, con el uso de una sola cámara, mientras que la actual tecnología emplea un arreglo de dos cámaras (cámara estereoscópica) para tal fin.

Una cámara estereoscópica agrupa a dos cámaras monoculares. Por ejemplo, el *Curiosity* utiliza una cámara estereoscópica para calcular su posicionamiento, antes y después del movimiento del robot, pero con solo una cámara monocular este nuevo algoritmo permite que el robot se ubique correctamente.

Este proyecto de la EIE se podría incluso fusionar con el algoritmo que usa la NASA para obtener resultados más confiables y precisos, o por si se presenta alguna falla, comentó Martínez.

¿Cómo se ubica un robot en Marte?

De acuerdo con el investigador, con las dos imágenes capturadas de forma simultánea por una cámara estereoscópica, es posible determinar la posición tridimensional de puntos característicos sobre una superficie planetaria, con base en una técnica denominada triangulación.

“El movimiento tridimensional del robot se estima tomando las correspondencias que se puedan establecer entre esas dos nubes de puntos; al integrarse el movimiento estimado a lo largo del tiempo es como se calcula la posición del robot en el espacio”, ahondó el experto.

“Eso es lo que hace el algoritmo de odometría visual estereoscópico de la NASA”, detalló. No obstante, el algoritmo planteado por él funciona diferente, pues utiliza una sola cámara.

Además, el movimiento tridimensional del robot no se estima al evaluar correspondencias entre puntos característicos, sino al evaluar las diferencias de intensidad entre dos imágenes de la superficie, las cuales fueron capturadas por la cámara antes y después del movimiento del robot, añadió.

El algoritmo desarrollado en el Laboratorio de la UCR tiene una precisión de menos de un 1 % de la distancia recorrida, lo que lo ubica dentro de los mejores algoritmos de odometría visual del mundo.

A modo de comparación, el algoritmo que usa el *Curiosity* en Marte tiene un error del 2 %; o sea, cuando el robot se mueve y el algoritmo es capaz de determinar la posición del robot y después de que ha avanzado 10 metros, el margen de error del cálculo de ubicación del robot será de 20 centímetros, mientras que el algoritmo propuesto desde la UCR sería de solo 10 centímetros.

“Es un trabajo que tiene ya seis años de estarse haciendo. Hemos podido validar este algoritmo fuera del laboratorio, en los alrededores del edificio de la EIE, pues es muy diferente probarlo en una computadora y hacer simulaciones, que ponerlo dentro del computador del robot y llevárselo para afuera, en donde hay cambios de clima, iluminación, viento fuerte, etc.”, expresó Martínez.

En dichas pruebas se calculó la trayectoria que seguirá el robot mediante el uso de varios instrumentos: una estación total robótica que incluye un sistema de posicionamiento láser robótico de alta precisión, un GPS RTK de alta precisión, un escáner láser 3D y otro 2D.

Según el especialista, “la estación total robótica tiene un rayo láser que sigue el prisma ubicado en el Robot Visión

(nombre del Rover que usan en el IPCV-LAB) e indica cada segundo la posición real. Después se pone a andar el robot y de la secuencia de imágenes obtenida por las cámaras, se calcula la posición y trayectoria con el algoritmo, se comparan los datos y los resultados concuerdan. La precisión del algoritmo es muy buena, pues ambas trayectorias son iguales”.

Otra variable que se debe tomar en cuenta es la reducción de los costos del equipo tecnológico que se necesita para trabajar en este tipo de proyectos, destacó el científico. Se requieren cerca de \$35 000 para la compra de un GPS RTK de alta precisión o \$40 000 de un Sistema de Escaneo Laser 3D y \$6 000 en un Sistema de Escaneo Láser 2D.

En cambio, si el robot utiliza solo una cámara con un costo de \$100 y se le agrega el nuevo algoritmo, va a ser capaz de determinar en dónde se encuentra. “Una sola cámara pesa menos, requiere menos espacio y consume menos energía, aspectos que son muy importantes en la planificación de una misión espacial”, precisó el investigador.

En los próximos meses llegará al IPCV-LAB un nuevo robot, con el que se podrá probar el algoritmo en condiciones extremas, como son terrenos volcánicos, playas, márgenes de ríos, frío, lluvia, viento, humedad, calor y polvo, para dejarlo a la intemperie el tiempo que se pueda y saber cómo responde el algoritmo. ■



El Robot Vision, junto al GPS RTK (izq.) y la Estación total robótica (der.), componen el equipo con el cual se prueba el Algoritmo de dometría visual monocular desarrollado en el IPCV-LAB de la UCR (foto Laura Rodríguez).



El Dr. Giovanni Martínez Castillo es profesor catedrático de la UCR y recibió el Premio Nacional de Tecnología “Clodomiro Picado Twilight” del 2002 (foto Laura Rodríguez).

Revista Crisol



Estudios abordan posibles efectos del cambio climático en Costa Rica

¿Cómo se hace ciencia en la UCR?

Infórmese del quehacer científico y tecnológico de la Universidad de Costa Rica.

Búsquela en la Oficina de Divulgación e Información (ODI), 100 metros sur de Fundevi.

Contribuimos a difundir el conocimiento que se produce en las aulas, laboratorios y en el campo.

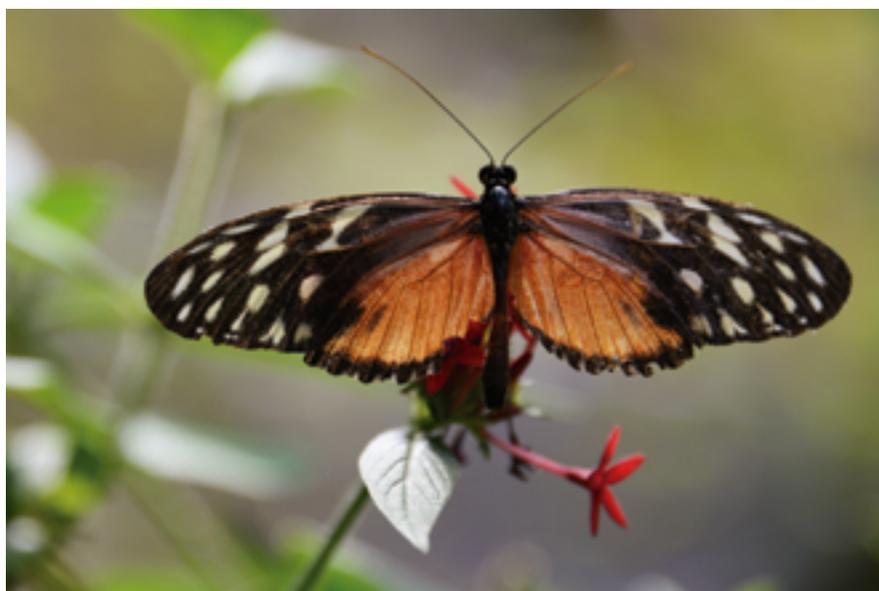
Teléfono: 2511-1213.

Sitio web: <http://www.odi.ucr.ac.cr>

Fomentamos una cultura científica para mejorar la capacidad de análisis y la toma de decisiones.

Le invitamos a leer en la última edición de *Crisol*:

- Especial sobre el cambio climático.
- El despertar del volcán Turrialba en imágenes.
- Las revistas científicas especializadas como forma de comunicación.
- Obesidad infantil: una prioridad de la salud pública.



Ejemplares del grupo de los Heliconius son de los más comunes en los mariposarios del país. Éstos se exportan primordialmente a Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Canadá, México y Francia (foto Laura Rodríguez).

Nuevo laboratorio apoyará cría de mariposas para exportación

Con miras a apoyar a las más de 300 familias que viven directamente de la exportación de mariposas vivas en el país, la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (UCR) inauguró recientemente un Laboratorio de Investigación en Cría de Mariposas, único en su tipo en Mesoamérica.

Rocío Marín González
rocio.marin@ucr.ac.cr

Según lo explicó su coordinador, el M.Sc. Luis Ricardo Murillo Hiller, lo que se persigue con esta unidad de investigación es tecnificar la actividad de la reproducción de mariposas en cautiverio, para capacitar a las personas que se dedican a la reproducción de estos insectos, tanto para el mercado local como para la exportación.

Igualmente, se desea beneficiar a decenas de microempresas familiares que viven directa e indirectamente de sus productos, para la confección de artesanías y actividades turísticas.

Con el fin de fortalecer esta actividad, en el Laboratorio de la Escuela de Biología se analiza cómo retrasar el proceso de desarrollo de la pupa. Esto propiciaría que ejemplares de las mariposas nacionales

se exporten a países más lejanos, ya que actualmente llegan a su destino en óptimas condiciones en períodos de traslado y aduana de entre tres y cuatro días.

“Pensamos que si mantenemos las pupas a bajas temperaturas por determinados períodos, habría posibilidad de extender el tiempo de traslado y aumentar el número de pupas exportadas”, precisó el investigador.

El proyecto está ligado al mariposario que tiene la Escuela de Biología en la Reserva Ecológica Leonelo Oviedo del campus Rodrigo Facio desde el 2010. “Vamos a estudiar cuánto tiempo vive cada tipo de mariposa, cuáles son las condiciones óptimas de crianza, con qué tipos de plantas es mejor alimentar a cada especie, de forma que podamos llegar a los productores con el conocimiento técnico-teórico necesario para que puedan desarrollar la actividad de forma más especializada”, señaló Murillo.

Indicó que iniciarán con las especies más atractivas y de mayor demanda.

Autosostenibilidad

Para elaborar protocolos estandarizados de crianza para cada especie de mariposas y tecnificar su producción, el nuevo Laboratorio cuenta con una infraestructura que funciona en su totalidad con energía solar. Además, está construida en gran parte con paneles de vidrio para

optimizar el uso de la luz natural y facilitar la observación por parte de los visitantes.

El Laboratorio dispone de un aula ambiental que servirá para dictar talleres a estudiantes y productores, entre otros. “Se concibió así, buscando la autosostenibilidad y para que funcione de forma amigable con el ambiente”, dijo Murillo.

Entre las tareas que se desarrollan están la recolección diaria de los huevos de las 25 especies de mariposas que maneja el mariposario y la revisión de cada uno de ellos a la luz, con la ayuda de un estereoscopio. Esto es necesario, expresó, pues existen insectos, entre ellos microavispa de 0,3 milímetros –más pequeñas que muchas células–, que pican los huevos.

En los alrededores también se trabaja en la siembra y conservación de plantas hospederas específicas para cada tipo de mariposa, lo que incrementa la diversidad de mariposas de la localidad.

“Los seres humanos solemos proteger aquello a lo que podemos sacar algún beneficio económico. Sin embargo, la mayoría de las plantas que comen estos insectos no tiene otro beneficio que producir mariposas, como son las populares Santa Lucía, San Rafael, rabo de zorro, lantana o verbena y guarumo”, aseguró el biólogo de la UCR.

Para que los grupos de escolares y colegiales que visitan el mariposario conozcan el proceso de reproducción, el laboratorio exhibe las larvas en diferentes escaparates de cristal, su forma de alimentación y las pupas, las cuales se llevan a un *pupario* donde nacen las mariposas.

“Al nacer las mariposas son marcadas en las alas con la fecha de nacimiento y se anotan los datos del sexo. Esto es sumamente importante para determinar los tiempos de supervivencia de cada especie de mariposa, proporción de sexos y cuantificaciones de mortalidad, parasitoidismo, enfermedades y otro tipo de información que hasta ahora se desconoce”, recalzó Murillo.

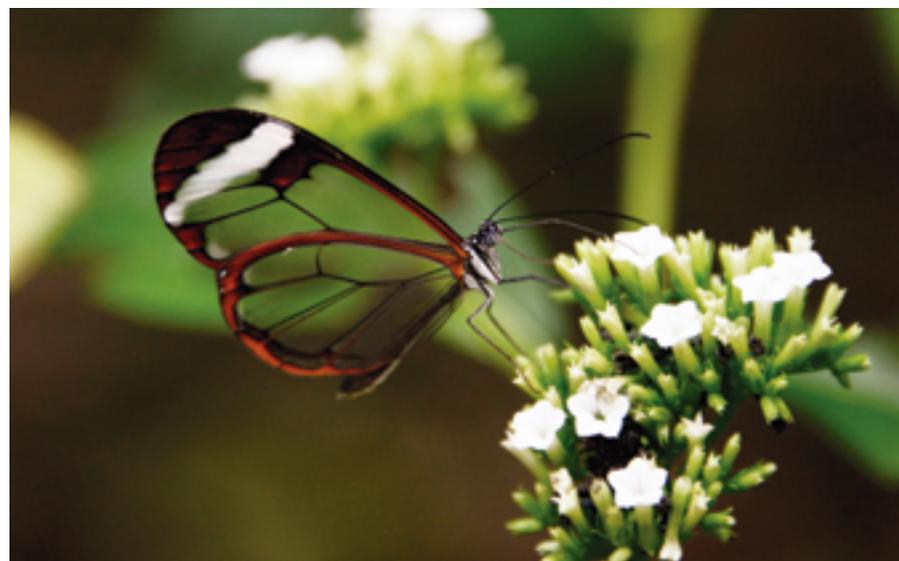
Los visitantes del mariposario pueden observar 25 especies de mariposas y sus plantas hospederas. En visitas guiadas aprenden sobre la relación de las mariposas con el ecosistema y conceptos asociados con el desarrollo sostenible, la biodiversidad y la conservación ■



El nuevo Laboratorio de investigación de la UCR pretende hacer más eficiente la producción de mariposas para el mercado local y de exportación. Con un estereoscopio se puede revisar la calidad de los huevos (foto Laura Rodríguez).

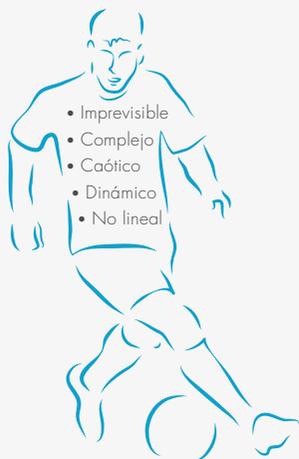
Exportación de mariposas en cifras

- En el país hay identificadas casi 2500 especies de mariposas.
- De estas se comercializan alrededor de 60 especies.
- Los mariposarios trabajan con 10 a 15 especies.
- Entre las especies que se exportan destacan: morfo (*Morpho helenor*), búho (*Caligo telamonius*), cebra (*Heliconius charitonia*) y otras del grupo de los Heliconius, las monarca (*Danaus plexippus*) y las colipatos (*Heraclides thoas*).
- Los principales países a los que se exportan ejemplares de mariposas vivas son: Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Canadá, México y Francia, especialmente para exhibiciones de mariposas del trópico.
- Datos de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (Procomer) indican que en el 2013 las exportaciones por este rubro ascendieron a US\$2 millones y en el 2014 a \$2,5 millones. Las ventas pasaron entre el 2010 y el 2014 de \$850 000 a \$2,5 millones.

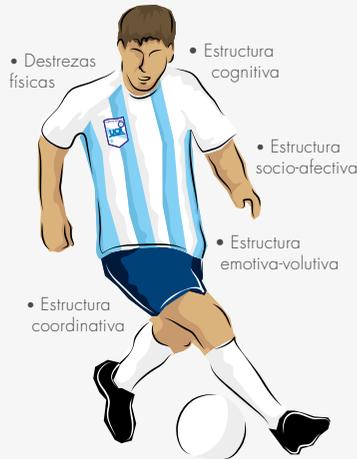


La mariposa de cristal (*Greta oto*) es una de las 25 especies que se reproducen en el mariposario de la Escuela de Biología (foto Laura Rodríguez).

Características del fútbol



¿Cómo se entiende al futbolista desde los sistemas dinámicos?



Fuente: Observatorio de las Ciencias del Fútbol de la UCR. Infografía Rafael Espinoza

Es posible una "nueva forma de entender el fútbol"

Brindarle las herramientas metodológicas necesarias a los profesionales del fútbol nacional para que logren trazar modelos de entrenamiento lo más reales posibles y cercanas a las situaciones de juego que deben enfrentar en el "mundo competitivo del deporte" es uno de los propósitos que el Dr. Alejandro Salicetti Fonseca y el Dr. José Moncada Jiménez plantearon en el trabajo de investigación *El fútbol y sus diversas vertientes de investigación*.

Tatiana Carmona Rizo
jessica.carmonarizo@ucr.ac.cr

En esta actividad, que forma parte del Observatorio de las Ciencias del Fútbol, ambos científicos del Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano (Cimohu) describen "una nueva forma de entender el fútbol" mediante la aplicación de la Teoría de los Sistemas dinámicos, la cual establece que las prácticas de preparación de este deporte deben ser más contextualizadas, simular la realidad y concebir a los jugadores desde una perspectiva integral.

Como parte de su análisis, Salicetti y Moncada recopilaron y analizaron alrededor de 320 investigaciones de países como Portugal, Grecia, Francia, Australia, España, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos, Dinamarca, Brasil, Italia y España, desde la perspectiva del acondicionamiento físico, táctica del fútbol y sistemas de entrenamiento.

Fue así como los investigadores determinaron que la mayoría de los estudios internacionales en materia de fútbol utilizan la visión de los sistemas dinámicos para fortalecer todas las capacidades de los jugadores y proponer nuevos modelos de entrenamiento.

"Al entender el fútbol como un sistema complejo caracterizado por la interacción entre compañeros y la oposición de contrarios, se analiza como un fenómeno y no por partes aisladas. Esto permite estudiar la forma en que el jugador reacciona e interactúa en su entorno competitivo", aseguró Salicetti.

Sobre los sistemas dinámicos

En materia de acondicionamiento físico y táctica del fútbol, la Teoría de los Sistemas dinámicos señala que el cuerpo técnico de un equipo debe abordar el proceso de preparación de manera interdisciplinaria e integral y plantear ejercicios y prácticas que le exijan al jugador tomar decisiones rápidas y similares a las que realizaría en una situación de juego real.

Por medio de esta nueva metodología se pueden fortalecer las destrezas físicas de los jugadores, así como las habilidades cognitivas y de coordinación, la estructura emotiva-voluntaria y socio-afectiva, de acuerdo con las necesidades y el contexto en el que se desarrolle el juego.

Según este enfoque teórico, se dejan atrás las prácticas en las que se mejoraban las habilidades de los futbolistas de manera aislada y se priorizan los procesos de decisión-acción, los ejercicios de simulación, el contexto de juego y la colectividad.

La Teoría de los Sistemas dinámicos ha sido utilizada en varios clubes de países europeos, como el FC Barcelona y el Chelsea, desde hace más de tres décadas; sin embargo, en América Latina son pocas las investigaciones que existen sobre el tema, por lo que el estudio de Salicetti y Moncada es uno de los primeros acercamientos teóricos en la región.

"Acá apenas estamos intentando entender al fútbol desde esta perspectiva, por eso uno de los objetivos de nuestra investigación era analizar estudios internacionales de alta calidad, para luego brindar algunas pautas y recomendaciones sobre dos líneas teóricas: la preparación física del fútbol y los nuevos sistemas de entrenamiento", afirmó Salicetti.

Además de establecer algunos lineamientos sobre el "estado del fútbol", en su estudio los investigadores de la UCR señalan algunas pautas sobre aspectos del proceso de preparación física, tales como la velocidad, la técnica y la fuerza para prevenir lesiones, y sobre las necesidades energéticas de los futbolistas y el papel del preparador físico.

Principales hallazgos

Salicetti y Moncada descubrieron que la mayoría de investigaciones coinciden en que se debe sustituir el concepto de velocidad máxima (distancia entre un punto y otro), por la noción de velocidad óptima; es decir, por la rapidez que obtiene el futbolista luego de enfrentar situaciones específicas de la competición.

Según los expertos, este concepto de velocidad óptima se debe trabajar con los jugadores por medio de entrenamientos que promuevan la resolución de situaciones en espacios cortos y de poca duración. Con este método, el cuerpo técnico puede observar los procesos de acción-decisión de los jugadores, ajustar el proceso de preparación de acuerdo con las características de los futbolistas y así incidir de forma positiva en el rendimiento del equipo.

En relación con los aspectos de fuerza y técnica, los especialistas del Cimohu hallaron que a nivel internacional la mayoría de equipos de fútbol trabajan estos dos aspectos de manera conjunta y no por separado, ya que las investigaciones han logrado determinar que existe una relación directa entre ambos.

En este punto, ellos recomiendan utilizar el entrenamiento descontextualizado de la fuerza (sin unirla con la técnica), en casos en los cuales se desee fortalecer los músculos para prevenir lesiones.

En cuanto a la resistencia, se indica que el verdadero objetivo del entrenamiento debe ser lograr un comportamiento colectivo eficaz y eficiente, a medida que la fatiga actúe como condicionante del partido.

Desde esta perspectiva, por medio de los entrenamientos se debe fortalecer la capacidad bioenergética de los jugadores, para que ellos puedan soportar la acumulación de diferentes esfuerzos con y sin balón, durante todo el tiempo de juego.

Los nuevos enfoques entienden la resistencia del jugador desde la colectividad y proponen que en las sesiones de entrenamiento se consiga una eficiente adaptación de las interacciones entre los jugadores, en los diversos estados de fatiga.

Por último, en cuanto al rendimiento del futbolista, el nuevo enfoque propone que el cuerpo técnico debe plantear modelos de preparación que contemplen y logren fortalecer la flexibilidad del esquema motriz, así como la interdependencia y coordinación entre gestos técnicos de los jugadores. ■



El estudio *El fútbol y sus diversas vertientes de investigación* describe los principales resultados de investigaciones internacionales sobre el fútbol desde la perspectiva de la Teoría de los Sistemas dinámicos (foto archivo ODI).

Necesidades energéticas de los jugadores

- Un jugador recorre en promedio 11 kilómetros en cada partido. El 63 % de los jugadores que realiza ese recorrido lo hace a un ritmo bajo.
- 15 % de los jugadores recorre entre uno y 14 kilómetros por partido.
- 19 % de ellos recorre 23 kilómetros.
- 2 % de los jugadores realiza un recorrido de entre 23 a 25 kilómetros a máxima velocidad.
- La situación de juego en fútbol dura 30 segundos.
- Un jugador tarda 30 segundos en recuperarse.

Fuente: Observatorio de las Ciencias del Fútbol de la UCR.