

## Café y teoremas

MATEMÁTICAS &gt;

## Contar animales en extinción: robots, algoritmos y geometría para preservar la biodiversidad

Los llamados cuaterniones duales describen de forma eficiente cuadrillas de vehículos no tripulados, que permiten mejorar los censos de especies en sus propios ecosistemas

MARIO BEADE | LEONARDO COLOMBO | FERNANDO O. MIÑARRO

17 AGO 2022 - 07:05 ART



Venado de la Pampa en los humedales del Sitio Ramsar Bahía Samborombón, Buenos Aires. PROYECTO CSIC "WILDLIFE MONITORING BOTS"

La extinción de especies forma parte de la evolución de nuestro planeta —se estima que el 99% de los más de cuatro mil millones de especies que han existido a lo largo de la historia de la Tierra han desaparecido—. Sin embargo, el ritmo en el que está sucediendo actualmente es muy superior a lo que podría esperarse, lo que, [según los expertos, podría conducirnos a una sexta gran extinción](#). Aún es posible evitarla, adoptando medidas que frenen la pérdida de biodiversidad. Para ello, un primer paso es disponer de censos de poblaciones en peligro de extinción —como el lince ibérico, en España, o el venado de las pampas, en Argentina— a lo largo del tiempo. Esto supone retos tecnológicos y matemáticos que científicos de todo el mundo están tratando de resolver. También géometras, aunque pueda resultar sorprendente.

Habitualmente, para monitorizar el estado de las poblaciones, los observadores realizan conteos directos e indirectos —en el propio ecosistema, o bien sobre fotografías aéreas tomadas por drones— basándonos en métodos estadísticamente correctos. Esto implica una importante inversión en recursos, especialmente en áreas de difícil acceso. Por ello, cada vez más, la generación de los datos se complementa y aumenta con [el despliegue de redes de sensores móviles, localizados en diferentes tipos de vehículos autónomos](#). Estos dispositivos hacen menos costosa, más efectiva y más precisa la obtención de información sobre las especies. Para manejarlos, es necesario desarrollar *algoritmos de control* robustos y rápidos. Un algoritmo de control monitoriza la posición y velocidad del vehículo autónomo en cada momento y las compara con los valores deseados, es decir, con los valores del recorrido o el movimiento prediseñados. Si es necesario, genera una acción —frenado o aceleración, por ejemplo— para rectificar el sistema y adecuarse a dicho valor.

VIDEOS DESTACADOS



Los vehículos autónomos —que pueden ser terrestres, aéreos o acuáticos— se operan individualmente y quienes los manejan son los que trabajan de forma coordinada. Sin embargo, dado que cada tipo de vehículo ofrece ventajas y limitaciones —en relación con la velocidad, su capacidad de recolectar datos del entorno o la capacidad de carga y autonomía—, es interesante formar sistemas complejos, que permitan hacer uso de varias de estas plataformas robóticas de manera simultánea y coordinada. Por ejemplo, con una combinación de vehículos aéreos y acuáticos es posible detectar, directamente, especies protegidas en zonas poco accesibles, y generar así censos más precisos.

El reto matemático es diseñar algoritmos de control para que un solo operador pueda coordinar un grupo de robots que realizan una tarea de manera autónoma. En los últimos años, se han desarrollado varios métodos de coordinación de robots, especialmente en robots terrestres. Estos dispositivos son [capaces de formar figuras geométricas](#), que permiten ampliar el área de cobertura. En concreto, utilizan determinadas configuraciones para establecer fuerzas atractivas y repulsivas entre robots, o con relación a obstáculos, y así mantener la geometría de la formación deseada. Para ello, cada robot es un vértice de la figura, que puede ser rotada y trasladada en el espacio mediante especificaciones de control.

Estos movimientos pueden realizarse simultáneamente con una sola estructura matemática, llamada [cuaternión dual](#). Los cuaterniones duales sirven para describir la pose de un robot, es decir, su posición y orientación en el espacio. Han sido muy populares en la comunidad robótica en los últimos años, debido a su eficiencia computacional. Su forma compacta describe la pose de la formación de robots con una sola coordenada y una secuencia de movimientos con una secuencia de operaciones entre cuaterniones.

Las coordenadas en cuaterniones duales se pueden integrar en un sistema multirrobot llamado *espacio de cluster*. En particular, esta metodología permite el control de grupos de robots por una sola persona, de manera simple. Así, se pueden desplegar redes reconfigurables de sensores compuestos por varios vehículos autónomos coordinados.

Estos modelos ya han mostrado [buenos resultados](#) para el control de la coordinación de drones y vehículos terrestres autónomos. Actualmente, se quiere extender esta metodología para coordinar drones y kayaks no tripulados, para realizar un censo del [venado de las pampas](#), una especie amenazada de extinción, en humedales del Sitio Ramsar Bahía Samborombón (Buenos Aires), de difícil acceso por medio terrestre. Este —junto a la obtención de datos de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes— es uno de los objetivos del proyecto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas *Wildlife Monitoring Bots* (robots de monitoreo de vida salvaje, en inglés).

El desarrollo de los modelos matemáticos, específicos para este problema, permitirá diseñar algoritmos de control para sistemas de más de dos vehículos, aplicables a muchos otros retos ambientales.

**Mario Beade** es Intendente del **Parque Nacional Campos del Tuyú**, Administración de Parques Nacionales, Argentina.

**Leonardo Colombo** es científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el **Centro de Automática y Robótica (UPM-CSIC)**.

**Fernando O. Miñarro** es director de **Conservación de la Fundación Vida Silvestre Argentina**.

**Lorena Pérez Carusi** es miembro de la **Dirección Nacional de Conservación de la Administración de Parques Nacionales, Argentina**.

**Pablo Preliasco** es miembro de la **Fundación Vida Silvestre Argentina**.

**Ágata Timón G Longoria** es coordinadora de la Unidad de Cultura Matemática del **Instituto de Ciencias Matemáticas (CSIC-UAM-UC3M-UCM)**

**Café y Teoremas** es una sección dedicada a las matemáticas y al entorno en el que se crean, coordinado por el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en la que los investigadores y miembros del centro describen los últimos avances de esta disciplina, comparten puntos de encuentro entre las matemáticas y otras expresiones sociales y culturales y recuerdan a quienes marcaron su desarrollo y supieron transformar café en teoremas. El nombre evoca la definición del matemático húngaro Alfred Rényi: "Un matemático es una máquina que transforma café en teoremas".

Edición y coordinación: **Ágata A. Timón G Longoria (ICMAT)**.

Puedes seguir a **MATERIA** en [Facebook](#), [Twitter](#) e [Instagram](#), o apuntarte aquí para recibir [nuestra newsletter semanal](#).