

# Inteligencia *artificial* aplicada a la aviación

FERNANDO AGUIRRE ESTÉVEZ  
*Coronel del Ejército del Aire*



Cuando se habla de inteligencia artificial (IA), automáticamente se piensa en máquinas que imitan los procesos de la inteligencia humana. Controvertido concepto el de IA, creado por el informático John McCarthy en 1956, que debe ser analizado en profundidad, matizando que se entiende por inteligencia y por pensar. A este respecto, la IA puede definirse de varias formas pero el investigador Bruno Takeyas lo sintetiza como «el estudio de modelos computacionales capaces de realizar actividades propias de los seres

humanos en base a dos de sus características primordiales: el razonamiento y la conducta».

De un modo preliminar, la IA englobaría una serie de actividades efectuadas por máquinas, desde el aprendizaje automático hasta el pensamiento lógico racional de las personas, pasando por la resolución de problemas o la automatización en la toma de decisiones. Estos sistemas artificiales inteligentes se percatan de lo que ocurre a su alrededor, procesan esa información y optimizan sus acciones en la consecución de un objetivo.

Sin embargo, aún no se ha conseguido crear una IA generalista, aunque se han alcanzado importantes avances en IAs especializadas. Ello es debido a diversas razones, siendo la más representativa que los computadores actuales no son lo suficientemente potentes para el volumen de cálculo requerido por la IA general, si bien se espera que este obstáculo pueda ser allanado con la llegada de la computación cuántica. Además, también es necesario mejorar el concepto de desarrollo de los actuales *software*, extendiéndolo hasta la



La IA podría contribuir a reducir la saturación del espacio aéreo



definición, combinación y configuración, introduciendo nuevos sistemas operativos, lenguajes de programación de alto nivel, interfaces, teoremas y algoritmos.

Descendiendo a un nivel mucho más técnico, el científico Nils John Nilsson, uno de los padres de la IA, considera cuatro los pilares en los que debe apoyarse cualquier IA:

- Metodologías de búsqueda de estados dentro de un grupo numeroso.
- Algoritmos de optimización evolutivos basados en postulados biológicos (algoritmos genéticos, programación evolutiva, neuroevolución,...).
- Técnicas de aprendizaje automático (ML, Machine Learning) que faculte a los computadores a aprender [redes neuronales artificiales, SVM (Support Vector Machine), redes bayesianas, deep-learning,...].
- Razonamiento lógico formal, donde partiendo de uno o más juicios se deriva otro distinto.

Tradicionalmente la IA se ha orientado hacia la simulación del comportamiento de las neuronas del cerebro humano; no obstante, los científicos se plantean si este es el

enfoque apropiado. Si las máquinas son diferentes de las personas, porque obligarlas a pensar como personas en lugar de desarrollar nuevas estrategias «inteligentes» que saquen partido a lo que los computadores mejor saben hacer: calcular rápidamente y con gran precisión.

Resulta obvio que la IA se ha hecho cada vez más patente en nuestras vidas aunque únicamente en tareas muy específicas. El programa táctil con el cual escribimos a mano alzada en nuestros teléfonos móviles, los asistentes virtuales de voz de atención al cliente tipo *chatbots*, el reconocimiento de patrones para identificación de usuarios atendiendo a características como estructura facial, pulsaciones en teclado o imagen retiniana, son buenos ejemplos de ello.

## AVIACIÓN E IA

En cuanto a la integración de la IA en la aviación, esta aún se encuentra en un estadio muy incipiente, salvo modestas excepciones como redes neuronales que toman decisiones en el motor de precios de las líneas aéreas, o

bien calculando la comida que se va a servir a bordo de un avión comercial, o incluso computarizando el repostaje de combustible en las escalas desde un punto de vista de rentabilidad económica. Esta inmadurez se debe a que aplicar la IA al mundo de la aviación demandará tales evidencias en cuanto a seguridad que todavía transcurrirá un cierto tiempo hasta su plena implantación.

Actualmente un problema de primera magnitud, que podría abordarse mediante la IA, es la congestión del tráfico aéreo. Obviamente, reducir la saturación del espacio aéreo se aliviaría volando más juntos, pero ello significaría rebajar la seguridad en vuelo, lo cual resulta inaceptable. La IA apunta a la obtención de mejores métricas, calculando trayectorias más saturadas, y optimizando su capacidad a través del ajuste de la separación entre aeronaves, haciendo uso de sistemas multiagentes que permitan a las aeronaves negociar entre ellas en un proceso que se mueve entre lo competitivo y lo cooperativo, centralizado desde el controlador aéreo, todo ello sin menoscabar un ápice la seguridad en



vuelo. Este tipo de estrategias matemáticas fueron promovidas por el Premio Nobel John Forbes Nash y recreadas en la película *Una mente maravillosa*.

Otro campo de acción para la IA sería el aprovechamiento del ingente volumen de datos que aporta la aviación (*big data*) para reducir fallos y malfuncionamientos. De esta manera, a partir de la información suministrada por sensores embebidos a lo largo de la aeronave, se monitorizará su estado, alertando del comportamiento defectuoso de algún componente antes de que esto ocurra, posibilitando así su reparación, lo cual se traduce en una mayor seguridad, revisiones más cortas, más horas de vuelo y menor coste de mantenimiento.

Mientras el *big data* se apoya en cuatro puntales: volumen de datos, variedad en la fuente de obtención de la información, velocidad en la toma de datos y veracidad de la información, una nueva concepción, denominada *smart data*, da un paso más y extiende el *big data* en un quinto pilar: el aumento del valor de los datos de cara al proceso de toma de decisiones. De este modo, el *smart data*, deja en

un segundo plano la cantidad de datos almacenados, para centrarse en su tratamiento y análisis para ofrecer una respuesta más eficaz e inteligente.

### PROGRAMA MAN MACHINE TEAMING

Con la mira puesta en el desarrollo de tecnologías de IA aplicables al Futuro Sistema de Combate Aéreo europeo NGWS/FCAS (Next-Generation Weapon System/Future Combat Air System), la DGA (Direction Générale de l'Armement) francesa ha impulsado el programa Man Machine Teaming, cuyo fin último es que el proceso de toma de decisiones por parte de los pilotos sea más rápido y eficiente.

Dassault Aviation actuará como contratista principal para el sistema de combate aéreo, mientras que Thales se hará cargo del interfaz HMI (Human Machine Interface) y los sensores. El programa explora nuevas tecnologías concernientes a la especificación y definición de futuras cabinas inteligentes, donde se introduce un sistema cognitivo materializado en un asistente virtual que interactuará con las tripulaciones (pilotos de combate u operadores de aeronaves remotamente tripuladas), haciéndose cargo de funciones de bajo nivel pero costosas cognitivamente, permitiendo de este modo a los pilotos dedicarse plenamente a funciones de alto nivel como la gestión táctica de la

misión, consiguiendo que el binomio hombre-máquina adquiera una mejora notable en las capacidades operativas.

Asimismo, la cabina inteligente dispondrá de información del estado de la tripulación (fisiológico, mental,...), que analizada junto al contexto situacional de la misión (condiciones meteorológicas, nivel de peligro del entorno táctico,...), discernirá su capacidad para afrontar las diferentes partes de la misión, reconfigurando la cabina y optimizándola para incrementar el rendimiento del interfaz HMI, salvaguardando así los recursos mentales y físicos de las tripulaciones mediante una adaptación al entorno de interacción de cada escenario concreto. Este análisis contempla una labor de aprendizaje automático de los hábitos de los pilotos, donde no solo se tiene en cuenta el estado físico-mental, sino también la experiencia en este u otros Sistemas de Armas, con el fin de anticiparse a la intención de la tripulación, sugiriendo potenciales acciones.

### PROGRAMA PILOT TRAINING NEXT

Actualmente la USAF (United States Air Force) está estudiando la aplicación de la IA a la mejora en el entrenamiento de sus pilotos. Afectada por un alarmante déficit de pilotos, la USAF ha lanzado el programa Pilot Training Next (PTN) con la intención

*La IA predecirá que componentes fallarán y sustituirlos antes de que esto ocurra*





*Cabina inteligente del programa Man Machine Teaming*

de graduar más aviadores en menos tiempo y a un coste inferior. A través de un concurso público entre empresas especializadas en el sector aeroespacial y la educación, la tecnología Neurotracker resultó ganadora al presentar soluciones innovadoras en validación científica de la evaluación cognitiva de alto rendimiento. Los análisis efectuados hasta la fecha se revelan prometedores en la potenciación de la velocidad y efectividad del aprendizaje del cerebro humano, al

combinar tecnologías emergentes como la IA, realidad virtual/aumentada, biometría avanzada, supercomputación, análisis de datos, y simulación en entornos de entrenamiento tridimensionales hiperrealistas.

Desde un punto de vista preliminar, cuando un piloto acomete una maniobra en el simulador, la IA monitoriza la actuación del piloto, evaluando parámetros como cognitividad y neuroplasticidad, mostrando en un entorno sensorial adaptativo las posibles

desviaciones y errores cometidos. Dependiendo de estas desviaciones, la IA modifica la metodología de aprendizaje, incidiendo en aquellos aspectos que el alumno debe mejorar, optimizando la velocidad de aprendizaje. Así, esta IA discretiza como el piloto evoluciona en su aprendizaje, empleando técnicas ML, y personaliza el plan de adiestramiento para cada alumno concreto.

## **PROGRAMA SKYBORG**

El AFRL (Air Force Research Laboratory) de la USAF se encuentra trabajando en el programa Skyborg, un RPA (Remotely Piloted Aircraft) de combate (UCAV, Unmanned Combat Air Vehicle) semi-autónomo/ autónomo, dotado de IA, que acompañará a los cazas F-35 o/y F-15EX como apoyo en el desempeño de ciertas misiones. Basado en el concepto *loyal wingman* que está desarrollando Boeing junto al gobierno australiano, estos RPAs escoltarán a los cazas, conectados mediante una malla de comunicaciones, de tal manera que podrán ser controlados, tanto desde estaciones en tierra (GCS, Ground Control Station) como desde los propios cazas.

Consciente del efecto multiplicador de fuerza de este programa, se espera disponer de un prototipo combat-ready para finales



*El programa Pilot Training Next de la USAF potenciará el entrenamiento de los pilotos*



*Recreación artística del programa Skyborg*



del 2023, cuya misión primaria será ISR (Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) y EW (Electronic Warfare), si bien está previsto que estos vehículos remotos también puedan transportar armamento y afrontar otro tipo de misiones en el futuro. Estos RPAs volarán por delante de los cazas, sondeando las defensas enemigas, localizando y perturbando sus radares y misiles. La propia USAF ha comparado el Skyborg con una IA que asistiría a los pilotos humanos en un rol muy similar al del conocido droide R2-D2 de la película *Star Wars*.

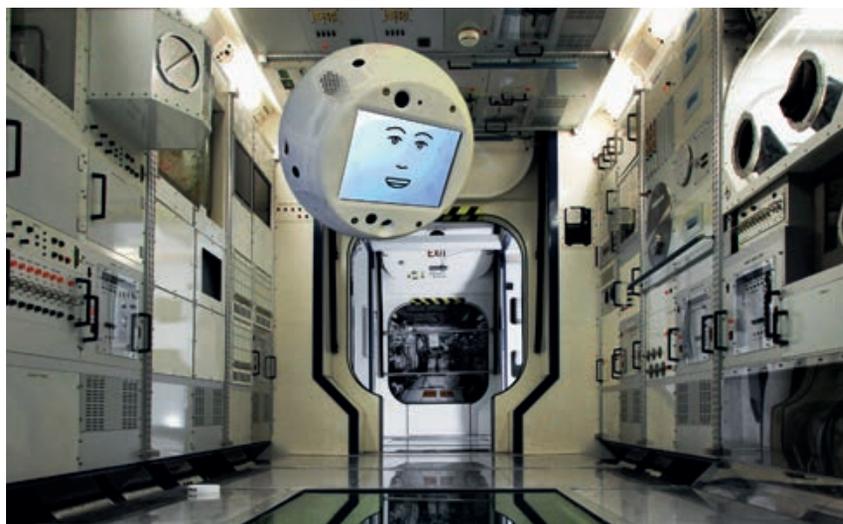
En un intento por abaratar costes y alcanzar los plazos previstos, se barajan varios RPAs existentes en la actualidad, como el demostrador *stealth XQ-58 Valkyrie* de la empresa Kratos, el blanco aéreo BQM-74 Chukar de Northrop Grumman o el QF-16 de Lockheed Martin. Las especificaciones iniciales de este avión remoto contemplan un aparato reutilizable, modular, con un nivel bajo de mantenimiento, y arquitectura software abierta, que pueda penetrar en un teatro de operaciones hostil, cuya IA pueda contrarrestar múltiples adversarios, pero lo suficientemente económico para que su pérdida no suponga un serio trastorno.

## IA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

Bajo el nombre de CIMON (Crew Interactive Mobile CompanioN) se describe el primer robot, con IA, diseñado para asistir a los astronautas de la ISS (International Space Station). Desarrollado por IBM y Airbus, bajo una iniciativa de la Agencia Espacial Alemana, CIMON reconoce las facciones de los astronautas, toma fotos y vídeo, comprende instrucciones, busca objetos

y se mueve autónomamente controlado por sensores de ultrasonidos, de tal modo que se prevé que este robot incremente la eficiencia de los astronautas e incluso su moral.

Con forma esférica y una enorme pantalla en el centro que muestra caras amigables, tiene un peso de 11 libras en gravedad. CIMON ha sido fabricado en gran parte con impresoras 3D, siendo su núcleo principal de cálculo la computadora de procesamiento de lenguaje natural de IBM Watson. CIMON se



IA CIMON de la Estación Espacial Internacional

conecta al Wi-Fi de la ISS que retransmite la información a través de satélites fuera de la estación a tierra, donde se encuentra Watson. Por su parte, Watson interpreta el audio y lo convierte en texto, calcula una respuesta personalizada a la pregunta formulada por el astronauta y la convierte en habla, enviándola de vuelta a la ISS. Watson no solo interpreta, sino que va más allá, con cierta capacidad de anticiparse, comprendiendo intenciones humanas.

Quizás la principal novedad de Watson es que incorpora la

tecnología más puntera de IBM en cuanto a adquisición, clasificación, gestión, tratamiento y análisis de datos, conectándose a enciclopedias, bibliotecas virtuales, databases,... almacenadas tanto en unidades de memoria física, como en la nube o en internet. Al disponer de diferentes modos de configuración, las posibilidades de Watson son innumerables, pudiendo seleccionar y procesar la información más apropiada en cada momento, dependiendo de lo que la situación concreta requiera.

## INTELIGENCIA DE ENJAMBRE DE RPAS

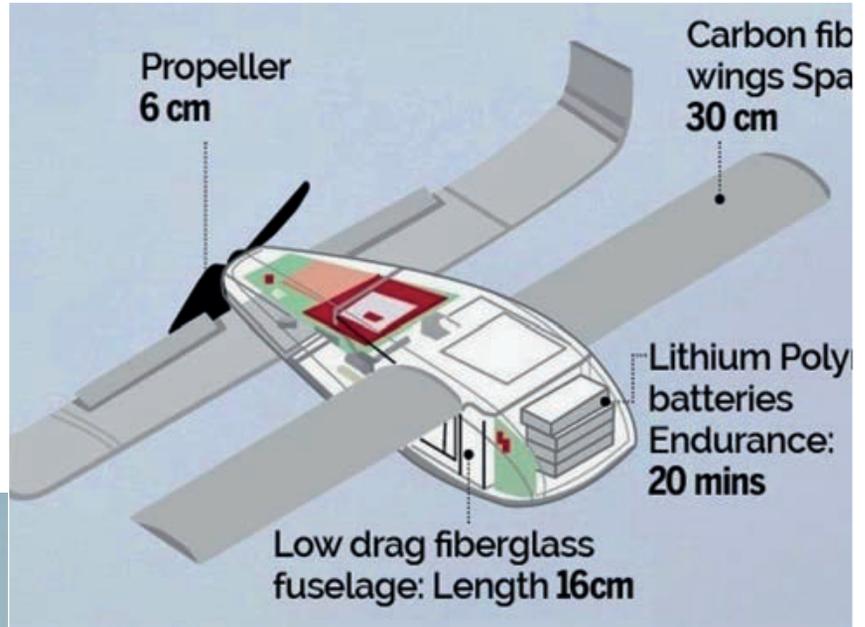
Inteligencia de enjambre es una parte de la IA que estudia y analiza el comportamiento colectivo de sistemas autónomos, auto-organizados, descentralizados, ya sean naturales o artificiales. Un grupo de agentes (sensores, robots, RPAs,...) interactúa entre ellos y con el entorno, promoviendo un comportamiento que se denomina colectivamente inteligente.

Una colonia de insectos, del tipo abejas u hormigas, es el ejemplo más

*La inteligencia de enjambre aúna interacciones múltiples de muchos agentes distribuidos*



característico que se puede encontrar en la naturaleza. Cada agente (insecto en este caso) muestra individualmente poca inteligencia, equivocándose repetidamente, como cuando tiene que encontrar el camino hacia el alimento. Sin embargo, estos individuos se comunican entre ellos de alguna forma (danza en las abejas, feromona en las hormigas,...), de tal manera que el enjambre es capaz de encontrar la mejor solución al problema; es decir, el camino más corto hacia la comida. Sintetizando, la inteligencia



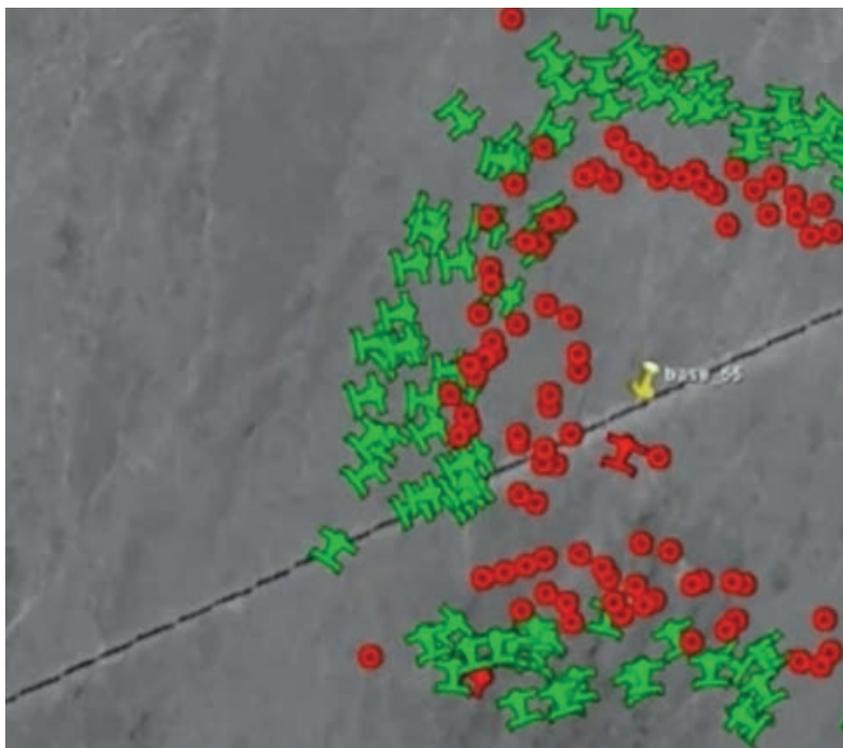
*Micro-RPAs Perdix*

de enjambre se estructura en interacciones múltiples, procedentes de numerosos agentes que suman sus capacidades cognitivas, discriminando la alternativa óptima, por descarte de otras menos eficientes.

La inteligencia de enjambre se caracteriza porque los elementos individuales están distribuidos, son auto-regulables, y aunque puede existir una autoridad central que dicte órdenes al enjambre (piloto humano desde la GCS), no es un requisito esencial. Los agentes del enjambre, equipados con sensores, perciben el entorno, se comunican entre ellos, distribuyéndose la toma de decisiones del grupo entre varias plataformas, pudiendo asumir la pérdida de algunos de ellos.

Un ejemplo de esto es el despliegue, efectuado por el Departamento de Defensa norteamericano (DoD), de un enjambre de 103 micro-RPAs Perdix, desde tres cazas F/A-18 Super-Hornet. Estos agentes carecen de líder, se comunican entre ellos, son autónomos, y según el DoD, «han dejado de ser meros individuos preprogramados sincronizados, para constituirse en un organismo colectivo que comparte un cerebro distribuido para la toma de decisiones».

Por otra parte, en los premios Ejército del Aire (EA) 2019, disciplina de Investigación Aeroespacial



Enjambre de micro-RPAs Perdix ejecutando una misión «inteligente»

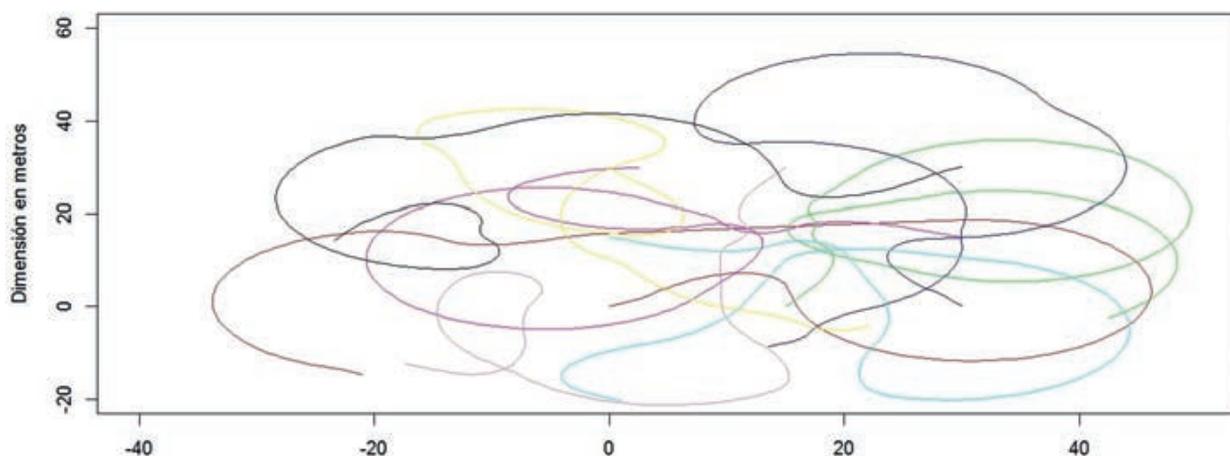
Universitaria, resultó galardonado el trabajo titulado *Aplicación de algoritmos EPSO y SVM a la inteligencia de enjambres de RPAs en misiones de saturación de defensas e ISR*. En este trabajo, presentado en la Universidad Politécnica de Cartagena, se parte de un enjambre de RPAs, de la categoría

nano, micro o mini (peso inferior a 20 kg), enlazados mediante una malla de comunicaciones, para el que se proyecta y desarrolla un artefacto de IA, que explota el concepto de coordinación y cooperación, con alto carácter de reciprocidad y ayuda mutua, entre miembros del enjambre.

El primer paso, en este trabajo de investigación, ha sido el desarrollo de un algoritmo de evitación de colisiones entre agentes del enjambre. Posteriormente, para que el enjambre en misión SEAD (Suppression of Enemy Air Defenses) potencie el efecto saturador, degradativo y neutralizante en el sistema de defensa aérea enemigo, favoreciendo la confusión, el desconcierto y la decepción, cada RPA del enjambre debe evolucionar «inteligentemente» respecto al resto de agentes, lo cual se ha llevado a cabo desarrollando un nuevo parámetro que se ha denominado entropía del enjambre. De tal manera, que mayores valores numéricos de entropía suponen mayor saturación, degradación y neutralización del sistema defensivo enemigo.

Para maximizar la entropía se emplean una serie de algoritmos estructurados en programas computacionales que comprenden desde un EPSO (Evolutionary Particle Swarm Optimization) de optimización evolutiva y búsqueda de estados, sumado a una SVM de aprendizaje automático, donde partiendo de un estado inicial se deriva otro más avanzado, en el que el enjambre va progresando hacia estados superiores, con entropía incrementada, potenciando el desconcierto, la confusión y el colapso en las defensas enemigas.

Enjambre de RPAs en misión de saturación de defensas

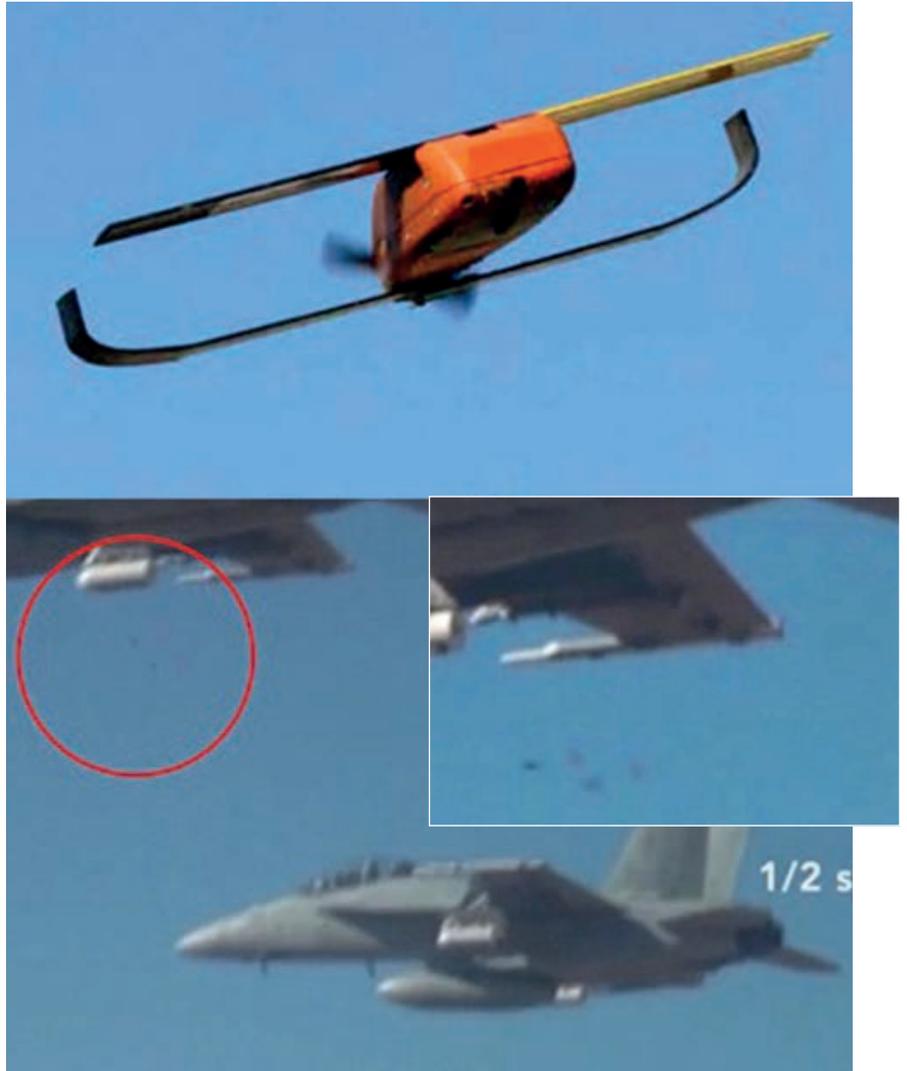


Trayectorias de los RPAs de un enjambre donde se aprecia el algoritmo de evitación de colisiones (Premio EA 2019 Investigación Aeroespacial Universitaria)

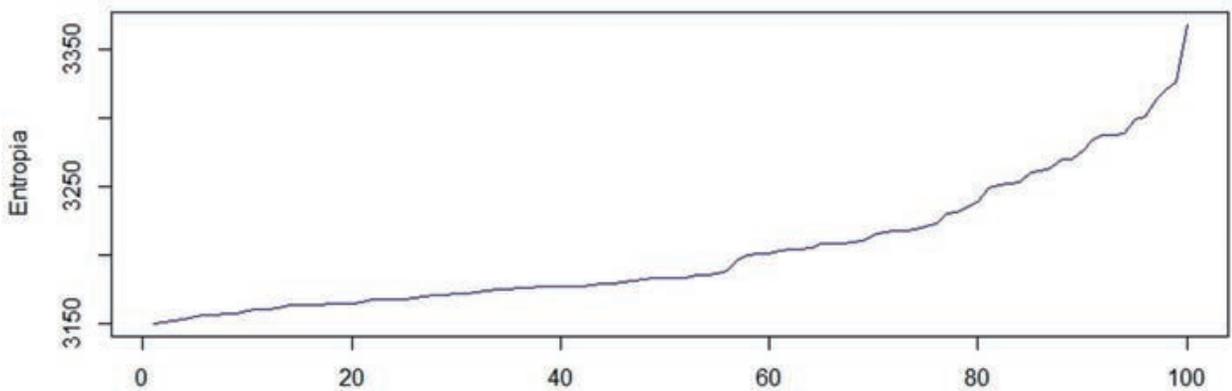
## CONCLUSIONES

Quizás una de las tecnologías emergentes que más llama la atención entre la opinión pública sea la IA, si bien un tercio de los encuestados manifiesta no haberla utilizado nunca, aunque cada vez estamos más rodeados de ella, como la visión artificial o el procesamiento del lenguaje natural de nuestros teléfonos móviles. A caballo entre ciencias como la informática, las matemáticas, la lógica, la filosofía, entre otras, estudia el diseño y programación de ingenios que resuelven problemas que requieren de inteligencia.

Aunque el gran objetivo futuro es conseguir inteligencias de tipo general, la tecnología actual solo permite las llamadas inteligencias específicas, y el mundo de la aviación no podía ser inmune a ellas. Problemas como la saturación del tráfico aéreo constituye un claro campo de aplicación de la IA, el *Smart Data* monitorizará el estado de la aeronave advirtiendo anticipadamente de cualquier malfuncionamiento, los asistentes virtuales asumirán tareas inferiores dejando que los pilotos se concentren en la componente táctica de la misión, mientras que los enjambres de RPAs degradarán las defensas aéreas enemigas permitiendo que otras operaciones aéreas se desarrollen sin pérdidas. ■



Lanzamiento de enjambre de micro-RPAs Perdix desde un caza



*Aumento del efecto saturador sobre el sistema defensivo enemigo por parte del enjambre (Premio EA 2019 Investigación Aeroespacial Universitaria)*