

## EMPLEO DE VEHÍCULOS NO TRIPULADOS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ANTÁRTICA

Leonardo Quijarro Santibáñez\*

*Se plantean los diferentes aspectos que condicionan la investigación científica antártica, presenta las características y capacidades que ofrecen los Vehículos No Tripulados en sus diferentes versiones, para concluir con una breve reflexión respecto de la validez del empleo de estos medios en las mencionadas actividades en la Antártica.*



La Antártica se encuentra cubierta en un 98% por hielo y ha sido fuente de interés para la exploración e investigación científica desde el siglo XVIII<sup>1</sup> hasta nuestros días, emergiendo como importante clave para la comprensión de la evolución de la Tierra además de los cambios en el medio ambiente.

La meteorología de la Antártica ha provisto de factores y conocimientos esenciales para el

pronóstico de patrones climáticos en el hemisferio sur y los de circulación de las masas de agua en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. Los núcleos de hielo extraídos del continente actúan como depósitos de información del paleo clima y la historia del medio ambiente de la tierra. De esta forma, la ciencia antártica ha contribuido de nuestro entendimiento de muchos factores relacionados con los orígenes de la tierra, su evolución y procesos de cambio.

\* Capitán de Navío. ING.NV.ELN. Oficial de Estado Mayor.

1. Atlas Antártico, 1993. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.



Figura 1: Conformación de Gondwana.

Sin embargo, las mismas características que han convertido este continente en fuente única, inalterada y compleja de investigación, constituye un permanente desafío para los científicos e investigadores objeto obtener más información y registros; de tal forma de avanzar en los conocimientos que el fascinante medio antártico ofrece, sin embargo, lo anterior se complica por las condiciones medio ambientales y climáticas adversas que dominan una buena parte del año al continente.

El desarrollo de la tecnología y empleo de medios y sistemas operados a distancia ofrecen una nueva dimensión para operar y alcanzar lugares que no permiten o son complejos para el trabajo de seres humanos. Dentro de la gama de medios de estas características están los Vehículos No Tripulados.

## Antártica

### ■ Características Generales

El continente antártico tiene su génesis de la ruptura del antiguo bloque continental llamado "Gondwana", el cual previamente se

había desprendido de otro llamado "Laurasia", ambos previamente generados de una gran masa continental única llamada "Pangea", todo lo anterior de acuerdo a la hipótesis de Deriva Continental planteada por el astrónomo y meteorólogo alemán Alfred Wegener (1929).<sup>2</sup>

En cuanto a sus dimensiones tiene un diámetro aproximado de 4.500 kilómetros con una superficie cercana a los 14,2 millones de kilómetros cuadrados.<sup>3</sup>

Investigación satelital ha determinado que en sus partes más gruesas, el hielo presenta un espesor de hasta 4775 metros.<sup>4</sup>

Sin embargo, en la actualidad, la investigación científica antártica no se limita sólo al continente sino que también a las aguas que lo rodean, definiéndose como límite la Convergencia Antártica.<sup>5</sup>

### ■ Característica físicas

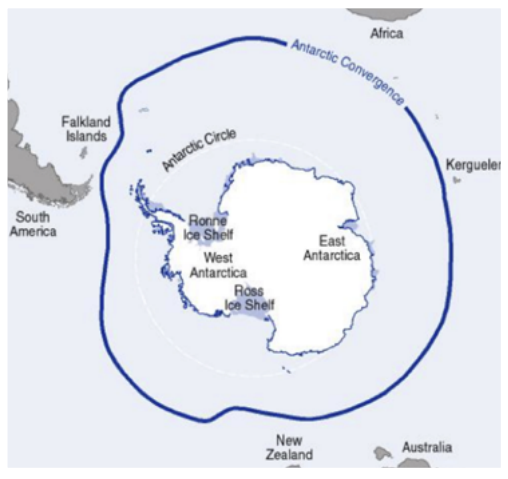
El continente antártico tiene una forma prácticamente circular, con costas bastante regulares, a excepción de las grandes penetraciones que forman los mares de Weddell y Ross, los que generan dos grandes zonas, la Oriental y la Occidental, siendo la

2. Wegener, Alfred, 1929. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn Akt.

3. Rubin, Jeff, 1998. Antártica, p.92, 4th. Edition. Lonely Planet. ISBN 978-1-74104-549-9.

4. Ibid. 4.

5. "Convergencia Antártica: es la ubicación marcada por el hundimiento de las aguas superficiales antárticas bajo las aguas subantárticas", Moore, J.K., Abbott, M., Richman, J., "Location and dynamics of the Antarctic Polar Front from satellite sea surface temperatura data", Journal of Geophysical Research Vol. 104, p. 3059, february 1999.



■ Figura 2: Convergencia Antártica.

primera la de mayor dimensión. Estas dos áreas se encuentran separadas por una cadena montañosa llamada Transantártica, con una extensión de 3.500 kilómetros<sup>6</sup> y una altura máxima de 3.657 msnm.<sup>7</sup>

Respecto de las zonas antes indicadas, la Oriental, Antártica Mayor, se caracteriza por ser geológicamente más antigua, con una edad estimada de 3.000 millones de años, estable y rígida, formando una extensa plataforma sobre el nivel del mar, la cual alcanza una altura promedio de 3.000 msnm. En esta área también se encuentra la mayor altura en el continente, el monte Vinson, con 5.620 msnm. Por otro lado, la zona Occidental, Antártica Menor, es más inestable y móvil, menos extensa y de naturaleza insular, y una gran península que se proyecta hacia el continente sudamericano, llamada Tierra de O'Higgins o Península Antártica.<sup>8</sup>

Es así como, las grandes extensiones por un lado, a una altura promedio significativa, separada de otra más geográficamente distribuida, son elementos relevantes al momento de entender las complejidades que tiene la investigación científica antártica.

## ■ Clima

La Antártica tiene un clima que se caracteriza por ser particularmente frío, seco, ventoso y pobre en precipitaciones, con sólo dos grandes estaciones, invierno y verano, siendo más fría la zona oriental que la occidental, por su extensión y lejanía de sectores costeros. Durante el invierno reina la oscuridad absoluta y, en el verano, el sol permanece sobre el horizonte todo el tiempo.

Por la oblicuidad con que los rayos solares inciden sobre la superficie terrestre en las zonas polares, la cantidad de calor recibida es mínima y menor todavía durante la noche invernal, cuando el sol está bajo el horizonte las 24 horas del día.

Las temperaturas medias en la zona Oriental son  $-55^{\circ}\text{C}$  en el interior, estación rusa "Vostok" y  $-11^{\circ}\text{C}$  en la zona costera, estación rusa "Mirny". En la zona Occidental, las temperaturas medias son superior, siendo en el interior de  $-28^{\circ}\text{C}$ , en la estación norteamericana "Byrd", y de  $-3^{\circ}\text{C}$  en la base chilena "Capitán Prat".<sup>9</sup>

Las precipitaciones, como se mencionara, son escasas y en su mayoría en forma de nieve. El área de la Península es más húmeda, con un promedio de un 80%, y es donde se centra la mayor cantidad de agua caída siendo ésta entre 200 y 250 mm en el año.

Respecto de los vientos, éstos son densos y fríos, que se deslizan hacia el mar, en forma de "avalancha eólica",<sup>10</sup> generando vientos catabáticos,<sup>11</sup> los que se producen por la diferencia de presión entre el anticiclón que se instala sobre la Meseta Polar en la zona Oriental, respecto un anillo de bajas presiones que rodea al continente. En Cabo Denison, Bahía Commonwealth, se tiene el registro de viento de mayor intensidad en la tierra, con cerca de 100 nudos.<sup>12</sup>

## ■ Exploración e investigación actual

En la actualidad, la investigación científica en la Antártica abarca los siguientes ámbitos de la ciencia: aeronomía, astrofísica, biología terrestre y marina, cambio climático, medio

6. Ibid. 1.

7. msnm: metros sobre el nivel del mar.

8. Ríos, Juan. Antártica. Instituto Antártico Chileno.

9. Ibid 5.

10. Alegria, Marcelino, Coronel (EP). "Aspectos Geográficos y Políticos de la Antartida". Instituto de Estudios Geopolíticos y Estratégicos, Lima, Perú. Noviembre 1984.

11. "Vientos Catabáticos Antárticos: son de mayor intensidad durante el invierno, cuando la noche polar produce una masa de aire muy frío que por gravedad se desplaza pendiente abajo desde la alta meseta antártica hacia las costas", Ortiz de Galisteo Marín, J.P., "Climatología Antártica: Comprendiendo los efectos a escala global", Revista "Encuentros en la Biología", Vol.5, N°140, Octubre 2012.

12. Bolokin, Alexander; Cathcart, Richard. Artículo "Antartica: A Southern Hemisphere Windpower Station"

ambiente, geología, glaciología, medicina antártica, oceanografía y climatología.

La Exploración e Investigación Antártica en la actualidad, de acuerdo a la tipificación realizada por el Instituto de Exploración Antártica Británico, envuelve necesariamente una mezcla de lo antiguo con lo nuevo, a saber, empleo de cocinillas a parafina y aeronaves con más de tres décadas y por otro lado, sistemas de posicionamiento ultra precisos, imágenes satelitales y comunicaciones.<sup>13</sup>

Es así como, en la actualidad, la organización y ejecución de la exploración e investigación científica se vale, en general, de equipos iguales o equivalentes a los utilizados al menos los últimos 50 años.

Como medio de transporte, buques con capacidad para romper el hielo, aeronaves de ala fija y rotatoria, rodados con orugas y motos de nieve siguen siendo la columna vertebral al momento de planificar despliegues y campañas en el continente blanco; sin embargo, como se indicara en uno de los párrafos precedentes, se han sumado al esfuerzo de recolección de datos y muestras, satélites en sus diferentes versiones, como también equipo de campo que, además de sumar tecnología al trabajo tradicionalmente desarrollado,

ha agregado la capacidad de administración y transmisión de datos, con una mayor exactitud.

## Vehículos no tripulados

Desde que el hombre aterrizara en la Luna a fines de la década de los 60, la necesidad y desarrollo de medios de investigación que permitan al ser humano reducir la carga de trabajo, minimizar los riesgos y aumentar la capacidad de efectuar tareas ha sido uno de los aspectos de mayor avance en la ingeniería a fines del siglo XX y lo que va del presente. Factor importante en su expansión explosiva fueron las operaciones militares que desarrolló Estados Unidos de Norteamérica en su guerra contra el terrorismo desde el año 2001.

Sin embargo, casi simultáneamente con el crecimiento del empleo de estos vehículos en el ámbito militar, ha habido una invasión de estos ingenios tecnológicos en beneficio de la investigación científica y la ciencia, en la actualidad se producen de varios tamaños y formas en beneficio del trabajo de terreno.<sup>14</sup>

### ■ Descripción

Por Vehículo No Tripulado, Unmanned Vehicles (UV) por su nombre en inglés, se entiende por



Figura 3: Avión no tripulado en vuelo de investigación en el continente antártico.

13. [www.livescience.com/37072-how-to-explore.antartica.html](http://www.livescience.com/37072-how-to-explore.antartica.html)// Pappas, Stephanie. Incredible Technology: How to Explore Antarctica. Jun.03, 2013.  
14. Brears, Robert. "Using Unmanned Aerial Vehicles in Antarctica". PCAS 2010/ 2011.



aquellos vehículos propulsados que no portan un operador humano, moviéndose en forma autónoma o guiados en forma remota, capaces de transportar una carga. Independiente del tamaño, éstos pueden ser aéreos (UAV), marinos (UMV) o terrestres (UGV).<sup>15</sup>

La capacidad para recolectar datos, penetrando lugares a los que no puede acceder un vehículo tripulado, sea por su confinamiento o por los riesgos que involucra la actividad, constituye una de las principales fortalezas de los UV.

Generalmente su tamaño estará directamente relacionado con la capacidad de carga y autonomía, lo que obligará y/o condicionará el método o forma de empleo del UV.

En general, los sistemas no tripulados se componen de tres elementos:

- El vehículo o plataforma.
- La carga.
- El sistema de control terrestre o remoto.

Asimismo, los UV pueden tener diferentes sistemas de control, que definirán básicamente la distancia hasta la cual se podrán alejar respecto de la estación de control y el grado de independencia en el cumplimiento de las tareas. Estos pueden ser controlados vía radiofrecuencia o vía satélite, o estar programados para seguir rutas con puntos predefinidos que son controlados a través de un sistema de posicionamiento a bordo.

### ■ Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV)<sup>16</sup>

El desarrollo, autonomía y capacidad de carga que pueden portar las aeronaves no

tripuladas actualmente, además de sofisticadas estructuras livianas, avanzados sistemas de propulsión y de control de alta tecnología, ha llevado a la literatura a referirse a éstas como Sistemas No Tripulados.<sup>17</sup>

Existen dos categorías generales de UAVs, los de Mediana Altura y Gran Autonomía (MALE)<sup>18</sup> y los de Gran Altura y Gran Autonomía (HALE).<sup>19</sup> Asimismo, existen los portátiles y los de ala rotatoria (helicópteros) que no están incluidos en la clasificación anterior.

Respecto de su utilización existe experiencia desde el año 2007, en que el Programa de Investigación Británico inició su empleo, seguido por los programas japonés, noruego y norteamericano. (Tabla N° 1).

Por la capacidad de recolección y registro de datos, los UAV podrían ser comparables a los satélites, tanto a los de órbita geosincrónica (GEO)<sup>20</sup> o los de órbita baja (LEO);<sup>21</sup> sin embargo, ninguno de éstos pasa por sobre el Polo Sur, lo cual

UAV(Productor)	Alcance (Km)	Autonomía (hrs)	Techo (Km)	Capacidad Carga (kg)
Global Hawk (Northrop Grumman)	25.000	36	19,8	910
Helios (Aeroenvironment)	200	15	30	16
Pathfinder (Aeroenvironment)	200	14	24,5	11
Proteus (Scaled Composites)	5.000	14	16,7	1.000
Altair (General Atomics)	4.200	32	15,2	300
Altus-II (General Atomics)	5.600	24	13,7	150
Aerosonde (Aerosonde)	3.000	30	4	5

■ Tabla 1: Algunos UAV empleados en la investigación científica. (Visconti, Carlo et al. 2007).

15. Unmanned Vehicles, The concise global industry guide. 20ª Edición. Shephard Publishing. Julio 2012.

16. Ibid. 13, p. 3.

17. Ibid. 13, p. 3.

18. MALE: Medium-Altitude, Long-Endurance. Ibid.13, p.5.

19. HALE: High-Altitude, Long-Endurance. Ibid.13, p.5.

20. GEO: Geosynchronous Earth Orbit. Ibid.13, p.8.

21. LEO: Low Earth Orbit. Ibid.13, p.8.

ofrece un inmediato beneficio en el empleo de aeronaves, a lo que se suma una mayor capacidad de observación continua, mejor resolución en las imágenes, mayor capacidad de carga y con ello, versatilidad para el desarrollo de tareas simultáneas o complementarias.

■ **Vehículos Marinos No Tripulados (UMV)**<sup>22</sup>

Aunque en el ámbito naval el desarrollo de los vehículos no tripulados ha sido más lento que en el aéreo, esta realidad ha cambiado los últimos 10 años, experimentando un explosivo impulso, no sólo su uso sino también en las características de éstos, de tal forma que en la actualidad se pueden clasificar en tres categorías básicas:

- Vehículos Operados Remotamente (ROV),<sup>23</sup> normalmente empleados para la exploración submarina, se caracterizan por estar conectados a través de un cable umbilical a la plataforma madre, apoyando tanto la fuente de poder como la transmisión de datos y video hacia la estación del operador. Sus principales aplicaciones son actividades científicas que requieren interacción con el fondo marino o recolección de muestras y datos submarinos.
- Vehículos Submarinos Autónomos (AUV),<sup>24</sup> con aplicaciones similares a las del grupo precedente, pero se caracterizan por tener sistemas de alimentación de poder incluidos en la misma plataforma, propulsión propia y sistemas de navegación y control

independientes, enlazando con la estación supervisora a través de un sistema acústico.

- Vehículos de Superficie No Tripulados (USV),<sup>25</sup> existen en versiones autónomas o conectadas alámbrica (cable umbilical) o inalámbricamente con la estación de control. Su empleo principal ha sido para investigación batimétrica, detección y seguimiento de contaminación, etc.

Para la exploración e investigación científica antártica, este tipo de vehículo no tripulado, respecto de las versiones aéreas, tienen una mayor limitación de empleo por su necesaria asociación a la situación meteorológica, dado que en cualquiera de sus versiones las condiciones de mar serán incidentes en su lanzamiento/recuperación para el caso de los autónomos, o para su control y monitoreo, para los otros tipos, además de complicar su trabajo directamente. (Figura Nº 4).

■ **Vehículos Terrestres No Tripulados (UGV)**<sup>26</sup>

La versión terrestre de las plataformas no tripuladas es la pionera en el empleo de este tipo de tecnología, existiendo los primeros prototipos ya en la década de los 60 en versiones controladas a radio, siguiendo su evolución en paralelo al desarrollo tecnológico, la miniaturización de componentes y mejora en los sistemas de control, guiado y posicionamiento.

En general, la mayoría de estos vehículos son autónomos, por lo que su posicionamiento es clave, para lo cual emplean compás magnético, sistema GPS y/o unidad de referencia inercial.<sup>27</sup>



■ Figura 4: De izquierda a derecha, ejemplos de AUV y USV actualmente en operación.

22. Caccia, Maximo. "Unmanned Marine Vehicles at CNR-ISSIA", pág. 3070. IFAC-2008, Seoul, Korea.  
 23. ROV: Remote Operated Vehicles. Ibid. 21, p. 3070  
 24. AUV: Autonomous Underwater Vehicles. Ibid. 21, p. 3070.  
 25. USV: Unmanned Surface Vehicles. Ibid. 21, p. 3070.  
 26. UGV: Unmanned Ground Vehicles. Ibid. 21, p. 3070.  
 27. Khalil, Mey; Weatherly, Richard. "Heading prediction in unmanned ground vehicles by laser compass".

Su empleo es variado, desde pequeñas unidades para medición, monitoreo, registro y/o recolección de datos hasta versiones tamaño real basados en vehículos de serie para uso en lugares de riesgo o inestables desde el punto de vista físico.

### ■ Fortalezas y debilidades de los vehículos no tripulados

De las características propias del continente antártico y lo que se ha expuesto de los vehículos no tripulados, aparece una serie de capacidades que estos equipos ofrecen para el trabajo de exploradores e investigadores en terreno, como también, limitaciones que la propia naturaleza impone a personas y equipos.

#### ➤ Fortalezas

- Permiten minimizar los riesgos a exploradores e investigadores. Esto es particularmente relevante dado que en particular la exploración se realiza usualmente en áreas donde existe poca o nula información. De igual forma, la investigación a realizar, que requiere permanencia, es riesgosa en la exigente y cambiante realidad geográfica y climática antártica.
- En el largo plazo, estos equipos son más costo/eficientes dado que, pese a requerir normalmente una inversión inicial, la disponibilidad permite que sean rentables por su capacidad de recolección de información y permanencia, que para un equivalente tripulado implicaría dotaciones de personal para reemplazos sólo para la operación.
- Capacidad y calidad de registros, datos y muestras, normalmente, dada su gran autonomía, en comparación con equivalentes tripulados, ofrecen tremendas oportunidades porque amplían las muestras y de esta forma, la disponibilidad de datos para científicos e investigadores.

#### ➤ Debilidades

- En términos generales, a excepción de aquellos vehículos de gran tamaño, y por ende, de alto costo, las cargas son concretas a las tareas que van a cumplir, por lo que son específicos y no permiten flexibilidad una vez que son desplegados para la ejecución de tareas.
- Su costo inicial es importante y en directa relación con su tamaño y complejidad de cargas a transportar.

- La gran cantidad de información que son capaces de recolectar impone la necesidad de tener equipamiento equivalente capaz de analizar y procesar estos datos. Caso contrario se caen rápidamente en un proceso ineficiente.

## Reflexiones

- La exploración e investigación científica ha aportado y sigue incorporando información y conocimientos que permiten conocer procesos y la evolución del planeta, además de información que mejora el entendimiento del medio ambiente y conocimiento para pronosticar eventos futuros o apoyar desarrollos tecnológicos en beneficio del hombre y su entorno. Sin embargo, este trabajo requiere de mucho tiempo y mucha información, la que, por lo distante de los centros urbanos y de estudio, y/o por lo extrema de las condiciones de vida y climatológicas en el continente blanco, muchas veces se ve limitada.
- Los Vehículos No Tripulados ofrecen una interesante oportunidad para ampliar la capacidad de exploración e investigación científica antártica, dado que complementan significativamente el trabajo que en la actualidad se realiza principalmente basado en vehículos, tanto aéreos, marinos y terrestres tripulados, lo que obliga a tener no sólo dotaciones para operarlos, sino también, reemplazo para éstas, de tal forma de aprovechar al máximo las oportunidades de operación que la Antártica ofrece.
- Asimismo, los Vehículos No Tripulados ofrecen una tremenda capacidad, particularmente relevante en el continente antártico, que es minimizar los riesgos, considerando que en este lugar, aún existen muchos sitios inexplorados o que, producto de la variación de los hielos o cambios propios de la meteorología propias del lugar, se modifican entre un período de observación a otro.
- De los diferentes tipos de Vehículos No Tripulados, los aéreos son los que poseen un mayor grado de independencia, mientras

- que los marinos los que mayor dependencia respecto de la meteorología, por lo tanto, en el mismo orden, el tiempo útil para ser empleados en tareas propias en la Antártica; sin embargo, para los Vehículos Marinos No Tripulados, la situación cambia cuando se les compara con la disponibilidad y capacidad de registro y recolección de datos que tienen respecto de tareas dependientes de dotaciones o buzos.
- Finalmente, los Vehículos No Tripulados ofrecen una oportunidad concreta, aceptable y eficiente para apoyar y aportar al trabajo de exploración e investigación científica en la Antártica, pudiendo generar un aporte significativo en la recolección de datos y muestras, registro y transmisión de información de diferentes tipos, que apoya el trabajo realizado o permitirá sentar las bases para futuras investigaciones.

\* \* \*

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Atlas Antártico*, 1993. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
2. Wegener, Alfred, 1929. "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane". Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn Akt.
3. Rubin, Jeff, 1998. "Antártica", p.92, 4th. Edition. Lonely Planet. ISBN 978-1-74104-549-9.
4. Ríos, Juan. *Antártica*. Instituto Antártico Chileno.
5. Alegría, Marcelino, Coronel (EP). "Aspectos Geográficos y Políticos de la Antártida". Instituto de Estudios Geopolíticos y Estratégicos, Lima, Perú. Noviembre 1984.
6. Bolokin, Alexander; Cathcart, Richard. Artículo "Antartica: A Southern Hemisphere Windpower Station?"
7. [www.livescience.com/37072-how-to-explore.antartica.html](http://www.livescience.com/37072-how-to-explore.antartica.html)// Pappas, Stephanie. "Incredible Technology: How to Explore Antartica". Jun.03, 2013.
8. Brears, Robert. "Using Unmanned Aerial Vehicles in Antartica". PCAS 2010/ 2011.
9. "Unmanned Vehicles, The concise global industry guide". 20a. Edición. Shephard Publishing. Julio 2012.
10. Caccia, Maximo. "Unmanned Marine Vehicles at CNR-ISSIA", p. 3070. IFAC-2008, Seoul, Korea.
11. Khalil, Mey; Weatherly, Richard. "Heading prediction in unmanned ground vehicles by laser compass".