

# Boletín de Lecturas Seleccionadas

Publicación de la Escuela de Guerra Naval de la Armada Nacional  
República Oriental del Uruguay



Segunda Época - Número 5  
Abril 2020

## Índice

### **El transporte marítimo internacional entre el cambio climático y el coronavirus**

(Documento de Opinión 26/2020 -Instituto Español de Estudios Estratégicos – Marzo 2020 - España)  
**Bartolomé Cánovas Sánchez** *pág. 1-10*

### **Vigilância na fronteira**

(Revista Pesquisa FAPESP N° 282 – Agosto 2019 - Brasil)  
**Domingos Zapparoli** *pág.11-15*

### **La edad dorada de Atenas, Pericles y una plaga devastadora**

(Acercaciencia Blog – Febrero 2020 – España)  
**Cecilia Di Prinzio** *pág.16-20*

### **La Armada y las ciencias de la complejidad**

(Boletín del Centro Naval N° 850 – Enero /Abril 2019 - Argentina)  
**Néstor A. Domínguez** *pág.21-37*

### **Rethinking Navy Manpower In Light of the COVID-19**

(US Naval Institute Blog – Marzo 2020 – Estados Unidos de América)  
**S. Hallgren, B. Karpf, S. Lacinski** *pág.38-40*

Las opiniones vertidas en esta publicación electrónica son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Escuela de Guerra Naval.

## Editorial

Un nuevo año lectivo ha comenzado. Ni bien zarpamos en la singladura anual de nuestro viaje intelectual, se ha desatado inesperadamente una tormenta que nos ha obligado a redoblar la vigilia en la guardia y a realizar maniobras que aunque habían sido practicadas, no pensábamos llevarlas a cabo de esta forma. La pandemia del coronavirus COVID 19 ha modificado nuestras rutinas y nuestras actividades, lo cual nos ha llevado a dictar nuestros cursos en modalidad a distancia y videoconferencia a fin de mantener el distanciamiento social

recomendado por las autoridades sanitarias. Así mismo desde el pasado mes se han puesto en ejecución las tareas dispuestas por la ley 19677 que encomienda a las FF.AA. la vigilancia y control de la zona fronteriza. Cabe destacar que la Armada Nacional ha venido desarrollando estas tareas desde hace décadas, siendo ejercidas en el marco del rol de Autoridad Marítima de nuestra fuerza a través de las unidades de la Prefectura Nacional Naval, y en las operaciones de Control de Aguas Jurisdiccionales llevadas a cabo por las unidades navales, que operan desde tierra, mar y aire, ya que las fronteras de la patria en su gran mayoría comienzan en el límite exterior de las aguas territoriales.

Nos ocuparán por tanto en esta edición diversos artículos referentes a estos dos acontecimientos. En primera instancia abordaremos como está afectando el cambio climático y el coronavirus al transporte marítimo, tanto de carga como de pasajeros. Luego veremos los sistemas que están desarrollando las fuerzas armadas brasileñas para el control de sus fronteras, los cuales podrían ser de utilidad para apoyar los despliegues de nuestra Infantería de Marina. Recordaremos la plaga que asoló Atenas, dando lugar la famosa Oración Fúnebre de Pericles, uno de los más hermosos alegatos al sistema de gobierno democrático que se ha escrito. Reseñaremos las ciencias de la complejidad y su relación con la Armada, entre ellas la teoría de las catástrofes y su significado formal, y la prospectiva, asignatura que se estudia en nuestro Curso de Estado Mayor Naval. Finalmente nos llega la visión de jóvenes oficiales de la Armada de Estados Unidos, sobre como afectará el sistema de recursos humanos de su armada la actual pandemia que estamos viviendo.

Al igual que en anteriores ediciones, para estimular a nuestros lectores en la práctica de otros lenguajes, presentamos un artículo en portugués, y otro en inglés. ¡Buena lectura!

**CN (CG) José Manuel Ruiz Tocci**  
**Director de la Escuela de Guerra Naval**



## El transporte marítimo internacional entre el cambio climático y el coronavirus

**Resumen:** El transporte marítimo es el principal medio de intercambio de mercancías en un mundo globalizado como el actual. Prácticamente llega a mover más del 90 % de las mercancías, ya que ofrece muchas ventajas en relación con otros medios de transportes como la economía de los fletes, una mayor eficiencia energética, respeto al medioambiente, mayor seguridad... y además evitando la congestión de las carreteras. No obstante, en los últimos tiempos está siendo sometido a complejos procesos de transformación como la implantación del doble casco para petroleros y gaseros, la modificación de los sistemas propulsores por razones medioambientales, la subida de los peajes en el canal de Panamá debido a las últimas sequías y ahora un nuevo golpe debido a la aparición del coronavirus. Actualmente, la aparición del COVID-19 está repercutiendo muy negativamente sobre este estratégico medio de transporte, así como sobre los cruceros.

**Palabras clave:** Transporte marítimo, cambio climático, navegación ártica, cruceros, coronavirus.

**\*NOTA:** Las ideas contenidas en los Documentos de Opinión son responsabilidad de sus autores, sin que reflejen necesariamente el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

**Abstract:** Maritime transport is the principal mean of commercial exchange in the current globalized world. It practically manages to move more than the 90% of the goods and it also offers many advantages in relation to other means of transport. Some of those benefits are the cost of freights, less environmental pollution and the avoidance of the congestion on the roads. However, nowadays maritime transport is undergoing complex transformation processes such as the implementation of the double hull for tankers, the modification of propulsion systems for environmental reasons and the increase of the tolls in the Panama Canal due to the last droughts. As of right now, the emergence of the COVID-19 is having a negative significant impact not only on this strategic means of transport but also on cruises.

**Keywords:** Maritime transport, climate change, Arctic shipping, Cruises, coronavirus.

Cómo citar este documento:

CÁNOVAS SÁNCHEZ, Bartolomé. El transporte marítimo internacional entre el cambio climático y el coronavirus. Documento de Opinión IEEE 26/2020. [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_opinion/2020/DIEEEQ26\\_2020BARCAN\\_mar.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2020/DIEEEQ26_2020BARCAN_mar.pdf) y/o [enlace bte](#)<sup>3</sup> (consultado día/mes/año)



## Introducción

El transporte marítimo siempre ha sido el medio natural del comercio internacional y así lo recoge una famosa idea expresada por sir Walter Raleigh<sup>1</sup> que dice textualmente:

«Aquel que controla la mar, controla el comercio; aquel que controla el comercio, controla la riqueza del mundo; y en consecuencia el propio mundo». De modo similar afirmaba Alfred Mahan<sup>2</sup>: «Una potencia marítima en primer lugar promueve el comercio sobre las rutas más ventajosas; y una potencia militar siempre sigue al comercio, para ayudarlo a progresar y para protegerlo».

Todos estos conceptos permanecen en vigor actualmente y, si cabe, más aún en estos tiempos de globalización y crecimiento económico sin precedentes. Es importante recordar que el mar cubre casi las tres cuartas partes del globo y que, de las 182 naciones que conforman el mundo, 139 cuentan con salida al mar. El comercio mundial es más que nunca dependiente de la industria del transporte marítimo. La totalidad de las flotas del mundo consta de unos 50 000 barcos con más de un millón de personas en sus tripulaciones. Cerca del 90 % del comercio mundial es transportado por mar y, en los últimos 40 años, la cantidad de toneladas transportadas por este medio se ha visto cuadruplicada. Están creciendo conceptos nuevos como las autopistas del mar, que rentabilizan el transporte combinado de camiones con barcos, haciendo más económico dicho transporte, descongestionando las carreteras y reduciendo las emisiones contaminantes que afectan al medioambiente.

De igual manera que el transporte marítimo ha contribuido a la prosperidad mundial, este transporte masivo de toneladas de carga tiene un elevado número de riesgos y amenazas. Es muy vulnerable especialmente a la explotación por grupos terroristas, por la piratería, por raptos procedente de países fallidos o por el posible

cierre de estrechos estratégicos para la navegación, conocidos como *choke point*<sup>3</sup>.

## El doble casco: un aliado del medioambiente

Es justo reconocer que durante muchos años el transporte del petróleo por mar estuvo algo descontrolado debido a diversos factores como la falta de legislación específica o las grandes dimensiones de los petroleros al objeto de maximizar los beneficios. La flota marítima llegó a su cénit de contaminación allá por la década de los 70. A ello contribuyeron varios comportamientos como el lavado de tanques durante la navegación, que tiraban lastre sucio directamente al mar sin ningún tipo de tratamiento. También se producían accidentes y derrames en las operaciones en las terminales; concretamente en 1971 se calcula que los derrames llegaron a superar la significativa cifra de 1 400 000 toneladas<sup>4</sup>. Fue entonces cuando



Figura 1. El doble casco ha sido un gran logro para evitar o aminorar las grandes catástrofes medioambientales

Fuente:

<http://www.galemenergy.com.mx/wpcontent/uploads/2017/09/barco-petrolero.jpg> porcionar

<sup>1</sup> Sir Walter Raleigh fue un marino, pirata, corsario, escritor y político inglés, que popularizó el tabaco en Europa. En la literatura clásica española era conocido como Guantarral.

<sup>2</sup> Alfred Thayer Mahan, más conocido con el nombre de Alfred Mahan o de Alfred T. Mahan, fue un almirante de los EE. UU., que elaboró toda una doctrina naval para su país. En sus libros, el almirante Mahan trataba de explicar de dónde provenía el prestigio y la fortaleza del Imperio británico, y siguió muchas de sus doctrinas en beneficio de los EE. UU.

<sup>3</sup> Término sajón que define los puntos de obligado paso, generalmente canales estrechos, donde la densidad de tráfico marítimo es muy alta y también la vulnerabilidad de los buques comparada con la navegación en alta mar. Entre los más estratégicos se podrían mencionar los siguientes: el estrecho de Gibraltar, llave del Mediterráneo, el estrecho de Bab el-Mandeb, que une el mar Rojo y el golfo de Adén, el estrecho de Ormuz, enclave estratégico del golfo Pérsico, el estrecho de Malaca, que comunica los océanos Pacífico e Índico; los estrechos de Bósforo y Dardanelos que unen el mar Negro con el Mediterráneo; sin olvidar los canales de Suez y Panamá.

<sup>4</sup> Disponible en: [http://www.revistanaval.com/archivo-2001-2003/petroleros\\_i.htm](http://www.revistanaval.com/archivo-2001-2003/petroleros_i.htm)

apareció el doble casco.

En este sentido es importante considerar que cuanto mayor es un barco, menor es el coste relativo de construcción por tonelada de peso muerto, lo cual disminuye los costes de explotación. En otras palabras, cuesta menos y tiene menos gastos un barco grande que dos pequeños, aunque tenga el doble de capacidad, siendo así más rentable.

Tras el histórico desastre medioambiental producido por el petrolero Exxon Valdez en la costa de Alaska en 1989<sup>5</sup>, la *Oil Pollution Act*<sup>6</sup> que tomó la decisión de implantar el doble casco para los buques petroleros y a su vez elaboró un calendario transitorio de adaptaciones. Esta importante e imprescindible iniciativa de EE. UU. fue seguida por la Comunidad Internacional utilizando como herramienta el MARPOL<sup>7</sup>. Por su parte, tras los naufragios de los petroleros Erika y Prestige en 1999 y 2002 respectivamente, la Unión Europea elaboró unas normas sobre seguridad marítima<sup>8</sup> bastante restrictivas que recibieron curiosamente los nombres de Erika I y Erika II. Estas normas obligan a las naciones receptoras de petroleros a inspeccionar estos barcos y autorizar o no la entrada en puertos o utilizar los distintos fondeaderos. Evidentemente, desde el punto de vista de la seguridad marítima y medioambiental, la aplicación del doble casco es un auténtico logro, pero sería importante destacar que este tipo de regulación tiene unas grandes repercusiones económicas. Durante el periodo de aplicación de estas leyes se planteó el problema de si muchas navieras pudieran desistir de continuar con el negocio por imposibilidades económicas, lo cual hubiera sido una auténtica tragedia para la economía mundial. Por ello, países como Holanda, Grecia y Reino Unido expresaron su temor a que los acuerdos pusieran en riesgo el aprovisionamiento de crudo de la UE, a donde el 90 % llega a través del mar.

En estos momentos se considera que las naciones cuentan con unas herramientas eficaces para proteger sus costas y puertos gracias a medidas como permitir la prohibición de entrada en

puerto a los petroleros de un solo casco y de más de 15 años, impedir la entrada en puerto a los petroleros de un solo casco cargados con fuel pesado, bitumen, brea y crudo pesado, inspeccionar los barcos que se consideren más peligrosos y no al 25 % de forma aleatoria como se hacía anteriormente, determinar los puertos refugios para barcos en dificultades, y muchas otras que suponen un mayor control sobre estos viejos y peligrosos barcos.

La Unión Europea, además de dictar normas de obligado cumplimiento, intenta concienciar a los diversos actores como los astilleros, armadores, compañías petroleras, fletadores y aseguradoras a que adopten las medidas pertinentes para evitar las terroríficas contaminaciones marinas que perduran durante muchos años como las que produjeron el Erika y el Prestige.

## ¿Cómo presiona el cambio climático al transporte marítimo?

Otro factor que presiona sobre el transporte marítimo es el cambio climático. Uno de los caminos hacia la disminución de emisiones es el establecimiento de la prioridad del uso del Gas Natural Licuado (GNL) como combustible y fuente

5 ¿Desde cuándo se usan los petroleros de doble casco? Disponible en: <https://www.muyhistoria.es/.../desde-cuando-se-usan-los-petroleros-de-doble-ca>

6 La Ley de Contaminación del Petróleo (OPA) se promulgó en agosto de 1990, en gran medida en respuesta a la creciente preocupación pública tras el incidente de Exxon Valdez. El OPA mejoró la capacidad para prevenir y responder a los derrames de petróleo estableciendo disposiciones que ampliaban la capacidad del gobierno federal y proporcionen el dinero y los recursos necesarios para responder a los derrames de petróleo. El OPA también creó el Fondo Fiduciario Nacional de Responsabilidad por Derrame de Petróleo, que está disponible para proporcionar hasta mil millones de dólares por incidente de derrame. Disponible en: <https://archive.epa.gov/emergencies/content/lawsregs/web/html/opaover.html>

7 El convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, (MARPOL) es el principal convenio internacional que versa sobre la prevención de la contaminación del medio marino por los buques a causa de factores de funcionamiento o accidentales. En el Convenio figuran reglas encaminadas a prevenir y reducir al mínimo la contaminación ocasionada por los buques, tanto accidental como procedente de las operaciones normales, y actualmente incluye seis anexos técnicos. En la mayoría de tales anexos figuran zonas especiales en las que se realizan controles estrictos respecto de las descargas operacionales. Disponible en: [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-thePrevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-thePrevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

8 Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/125/el-transporte-maritimo-normasde-traffic-y-de-seguridad>

de energía del transporte marítimo. En esta materia es muy importante tener en cuenta que España es líder mundial en tecnología y desarrollo de GNL, concentrando aproximadamente un tercio de las desgasificadoras europeas y más de 40 000 operaciones anuales de distribución por camión<sup>9</sup>.

De forma general las navieras asumen como una buena solución la utilización de GNL, aunque les implicara unos enormes costes económicos.

Sin embargo, cabe dejar muy claro que para que esta situación sea factible es imprescindible que se den dos condiciones básicas: la primera radica en que la propulsión se adapte a este nuevo combustible, y en segundo lugar, y no menos importante, que tengan garantizado el aprovisionamiento en cualquiera de los puertos donde se opere. Concretamente España se encuentra en una posición óptima, debido a que un 40 % de sus puertos está en condiciones de cumplir con el requisito de suministrar GNL.



Figura 2. Fotografía de uno de los mayores barcos que para su propulsión usará como combustible gas natural licuado (LGH) y será una idea de TOTE Shipholdings para TOTE Maritime Division.

Fuente: <http://www.galemenergy.com.mx/wp-content/uploads/2017/09/barco-petrolero.jpg> porcionar

Es muy importante recordar que el uso de GNL reducirá significativamente las emisiones y aumentará la eficiencia de combustible en comparación con los barcos convencionales. Las navieras se están adaptando de forma progresiva a esta normativa y se podría poner como ejemplo el caso de General Dynamics Nassco, que ha firmado un contrato con el armador estadounidense Tote para el diseño y construcción de dos portacontenedores de 3 100 TEU<sup>10</sup> propulsados por GNL que supondrán un

nuevo punto de referencia en la tecnología ecológica de buques.

En este campo ya se están tomando medidas. El 1 de enero de este mismo 2020 ha entrado en vigor la norma IM2020, que obliga a un recorte notable del azufre del 3,5 % al 0,5 %. Lógicamente esta regulación tendrá consecuencias, según el informe realizado por Alphaliner<sup>11</sup>.

Esta importante medida ecológica cuyo objetivo es mejorar la degradante situación del cambio climático tendrá serias consecuencias en el transporte marítimo. Básicamente, se va a producir una división del mercado naviero: por un lado, los buques equipados con depuradora, cuya principal ventaja radicará en permitir al armador continuar utilizando un fueloil alto en azufre de menor coste, mientras que los buques no equipados, que en estos momentos es la mayoría del sector, tendrán que utilizar fueloil bajo en azufre (LSFO, por sus siglas en inglés) o gasoil marino bajo en azufre (MOO- MGO, por sus siglas en inglés) para cumplir con la nueva regulación, lo cual implicara un mayor costo económico. Esta normativa va a tener una fuerte repercusión económica especialmente en los armadores de barcos pequeños. En principio no tendría mucho sentido que optaran por unas transformaciones muy costosas, debido en parte a que las modificaciones tecnológicas implicarían una notable reducción de espacio que anteriormente era utilizado para carga, lo cual llevaría consigo a su vez una reducción de beneficios. Así pues, se supone que muchos de estos pequeños barcos irán directamente para el desguace.

<sup>9</sup> España es líder mundial en tecnología y desarrollo de Gas Natural Licuado (GNL), el combustible de las autopistas del mar, 10 septiembre, 2014, II Congreso Nacional Marítimo. Disponible en: [www.realliganaval.com/.../espanalider-mundial-en-tecnologia-y-desarr](http://www.realliganaval.com/.../espanalider-mundial-en-tecnologia-y-desarr)

<sup>10</sup> Las siglas TEU (acrónimo del término en inglés Twenty-foot Equivalent Unit, que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies) representa una unidad de medida de capacidad inexacta del transporte marítimo (Buques portacontenedores y terminales portuarios para contenedores) expresada en contenedores. Una TEU es la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies (6,1 m), una caja metálica de tamaño estandarizado que puede ser transferido fácilmente entre diferentes formas de transporte tales como buques, trenes y camiones

<sup>11</sup> Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-logic/105-news-transporte/5701>



## Influencia del cambio climático en el canal de Panamá, ¡situación crítica!

Dentro de esta compleja situación que está viviendo el transporte marítimo aparece otro factor a priori irrelevante: la tremenda sequía que está pasando Panamá. Ello ha provocado la bajada de los niveles de agua en el canal hasta cifras nunca antes registradas, obligando a que se restrinja de forma considerable la cantidad de carga de los barcos que han de transitar<sup>12</sup> y especialmente los calados máximos permitidos. Ante esta situación las autoridades<sup>13</sup> del canal han considerado oportuno incrementar las tasas. De forma práctica esto se traduce en que a partir del pasado mes de febrero la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) ha comenzado a aplicar a los tránsitos una sobretasa fija de 10 000 dólares y una variable de entre el 1 y el 10 % del peaje de forma variable, dependiendo esta última del nivel del lago Gatún, que es la principal fuente de alimentación de la vía marítima. No existe un común acuerdo sobre estas subidas y algunos navieros han mostrado su desacuerdo de forma oficial. Además de esta medida se establecerá una reducción de tránsitos, concretamente de 32 a 27 diarios.

Las autoridades del canal de Panamá, vía por la cual pasa un 6 % del comercio mundial, mantienen que las reservas de agua están escaseando de forma constante últimamente debido al cambio climático. Según declaraciones



Figura 3. El buque COSCO Development, con capacidad para transportar hasta 13.435 contenedores, transita la esclusa de Agua Clara a través de la ampliación del canal, en la vertiente atlántica. Fuente. Panamá, EFE.

del vicepresidente de Ambiente y Agua de la Autoridad del Canal, Carlos Vargas, afirmó que el lago Gatún, uno de los lagos artificiales más grandes del mundo con 436 kilómetros cuadrados tenía un nivel deficitario de 1,4 metros y el otro lago más pequeño que también abastece a la vía, el Alajuela, de 2,2 metros en relación con el nivel que debían reflejar para estas fechas. Lo preocupante es que estos descensos se están observando de forma creciente<sup>14</sup>.

Ante esta situación, a los barcos se les restringe el calado con el objetivo de ajustarse al nivel del agua disponible. Los principales clientes, procedentes de China y Estados Unidos, deberán pasar con menos carga, lo que se traduce en menores ingresos para Panamá. El canal calcula que las restricciones de calado de este año le provocarán unas pérdidas de 15 millones de dólares al implicar menores cargas y menores peajes por cruzar las esclusas.

Un efecto colateral de estas sequías atañe a las pequeñas comunidades indígenas que viven dispersas a orillas de los afluentes que nutren al Gatún. Estas comunidades viven parcialmente del turismo y la bajada de caudal impide que puedan atracar fácilmente las lanchas con motor con turistas.

## Navegación por el Polo Norte ¿buena o mala noticia?

Actualmente, uno de los temas más debatidos en todos los foros internacionales es el del calentamiento global, muy especialmente en el Polo Norte. De forma objetiva este hecho en sí mismo es negativo y, por ello, se está luchando con todos los medios posibles por aminorarlo. No

<sup>12</sup> "La peor sequía en Panamá amenaza el futuro del canal" The New York Times. Disponible en:

<https://www.nytimes.com/es/2019/05/17/espanol/america-latina/canal-de-panama-sequia>

<sup>13</sup> Estas decisiones fueron comunicadas oficialmente según la agencia EFE este 06 de febrero, por el administrador del Canal de Panamá, Ricaurte Vásquez y declaró que las navieras entienden este plus económico como un plan que pretende luchar activamente la escasez de agua.

<sup>14</sup> Disponible en: <https://www.eleconomista.net/economia/Sequia-impacta-Canal-de-Panamá-temor-porcambio-climatico-20190430-0015.html>

obstante, se está produciendo un fenómeno que se podría considerar como positivo, y es la navegabilidad por las nuevas rutas marítimas que será más cortas y seguras. Este proceso permitiría conectar los países ribereños de los océanos Atlántico y Pacífico con el este de Asia a través de las aguas del océano Ártico, recorriendo toda la costa norte de Rusia. Actualmente, ya se ha podido navegar por esas gélidas aguas incluso en invierno sin necesidad de rompehielos, tanto por el norte de Canadá como por el norte de Rusia.



Figura 4. Comparativa de las dos derrotas de los barcos. Las amarillas son las actuales y las rojas las que se podrían utilizar en un futuro próximo, con un enorme ahorro económico.

Cabe destacar que la denominada ruta del norte permitirá en un futuro muy cercano iniciar un nuevo orden en el comercio marítimo a escala global, ya que las tradicionales rutas como el océano Atlántico o el océano Pacífico se verían superadas por la rentabilidad y seguridad del paso del noroeste. La primera vez que ambas fueron navegables simultáneamente fue en 2008 y 10 años después, un gasero que transportaba GNL, el Eduard Toll, realizó el tránsito desde la terminal gasera rusa de Sambeta, en la península de Yamal, hasta el puerto francés de Montoir por la ruta Ártica en pleno invierno y de forma autónoma, sin el apoyo de rompehielos.

A modo de ejemplo la ruta desde Rotterdam, el puerto más importante de Europa, hasta Shanghái, que se podría considerar el homólogo de China, recorre actualmente unas 13 000 millas, que en kilómetros supondría algo más de 20 000. Si se utilizara la ruta del noroeste, esta distancia se reduciría a 8 450 millas (13 600 kilómetros), lo cual supondría una reducción en distancia y en costes de transporte. Desde el punto de vista económico, Mead Treadwell<sup>15</sup> ha calculado que el coste estimado de transportar

un contenedor en un barco entre Europa y las islas Aleutianas en Alaska sería de unos 500 dólares. Llevar el mismo contenedor entre Europa y el puerto de Yokohama a través del canal de Suez cuesta actualmente unos 1 500 dólares. En definitiva, menos tiempo, menos combustible, más rapidez a la hora de realizar encargos, mayor número de fletes y un beneficio económico en general. Además, y casi lo más importante de esta ruta del noroeste es que evitaría atravesar aguas peligrosas repletas de piratas.

Esta situación que desde el punto de vista del transporte marítimo podría parecer muy positiva, sin embargo, no encuentra consensos. Por un lado, la República Popular China está creando doctrina al respecto y ha publicado un pequeño manual de tan solo 356 páginas con el objetivo animar o estimular a su marina mercante a utilizar esta nueva ruta<sup>16</sup> que, de hecho, viene utilizando desde hace varios años<sup>17</sup>. Por su parte, Canadá considera y reclama el paso a través del Ártico como parte de sus aguas territoriales, lo cual muchos países discuten alegando que se trata de una ruta marítima internacional. Curiosamente existen posiciones muy concienciadas medioambientalmente y consideran que el uso intensivo de estas rutas puede deteriorar más aún si cabe esta importante zona geográfica. Además, el incremento de tráfico aumentaría el riesgo de colisiones u otro tipo de accidentes marítimos con el correspondiente derrame de combustible, tal y como proclaman cinco de las mayores y más importantes navieras del mundo en el campo de los contenedores<sup>18</sup>. También han analizado ciertos problemas de viabilidad operativa debido a que no está garantizado por el momento que se

<sup>15</sup> Mead Treadwell es el presidente de la Comisión de Investigación del Ártico de EE. UU., y este dato fue difundido en un informe de la cumbre de científicos del Ártico en Hanover, en marzo del 2007.

<sup>16</sup> Mercantes chinos transitarán por el océano Ártico. Disponible en: <https://www.voltairenet.org/article191392.html>.

<sup>17</sup> "China cartón a new curse", Peng Yining, China Daily, 20 de abril de 2016. Disponible en: [http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2016-04/20/content\\_24681471.htm](http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2016-04/20/content_24681471.htm)

<sup>18</sup> Disponible en: <http://elmercantil.com/2019/10/23/las-principales-navieras-de-contenedores-descartanpor-ahora-usar-la-ruta-del-artico/>

pueda utilizar esta derrota en todas las épocas del año y en el caso de tener que utilizar rompehielos los costes se verían bastante elevados. Por tanto, estas cinco navieras que llegan a alcanzar aproximadamente el 64,5 % de la capacidad mundial de transporte de contenedores por vía marítima según datos aportados Alphaliner<sup>19</sup>, descartan el uso de esta ruta por el momento.

### Implicaciones logísticas al transporte marítimo causadas por el coronavirus

A lo largo de este análisis sobre la problemática del sector del transporte marítimo se ha podido ver que es un negocio bastante sufrido y a veces incluso incomprendido. Y ahora, cuando la situación parecía razonablemente controlada, de forma inesperada ha aparecido un nuevo factor que ha venido a golpear este importante medio de transporte: el coronavirus<sup>20</sup>.



Figura 5. El control del coronavirus ha sido tratado de forma muy intensa en China, aunque todavía no se tiene una idea clara de su origen, creando un auténtico campo de cultivo para la especulación.

Fuente: <http://www.srilankaguardian.org/2020/01/coronavirus-outbreak-misinformation.html>

Esta situación está afectando a toda la logística mundial con consecuencias no suficientemente evaluadas. Aunque el fenómeno se ha extendido a escala internacional, la zona cero se ubicó en China, recordando tal vez el aforismo que dice:

«Cuando China se resfría, el resto del mundo tose»<sup>21</sup>. Las cifras no engañan y son un buen indicador; concretamente es interesante recordar que, en el año 2003, durante la epidemia del SARS<sup>22</sup>, la participación de China al crecimiento



Figura 6. En China se acumulan los contenedores sin que nadie los gestione y lo que es peor aún, los refrigerados con alimentos cárnicos son depositados en los exteriores sin poderse conectar a los correspondientes enchufes eléctricos, con los riesgos que esta situación acarrea.

mundial era de alrededor de un 20 %, mientras que en estos momentos supera de forma notable el 35 %, por lo que muchos han llegado a denominarla la fábrica del planeta. Por ello, la crisis sanitaria ha derivado en una crisis económica, pudiendo escuchar titulares como: «La crisis sanitaria en China continúa dando golpes al comercio mundial». Y es totalmente cierto, las mercancías se están acumulando y los alimentos tales como la carne de vaca, los pollos o el cerdo congelado no pueden llegar a la población y se están acumulando en puertos chinos. La razón básica radica en la falta de mano de obra tanto de estibadores como de camioneros y almacenistas que, a su vez, se ve incrementado por las duras restricciones al transporte por carretera y que se deja notar de forma especial en los puertos de Tianjin y Ningbo.

Los medios se hacen eco del problema, leyendose declaraciones como esta: «Se ha parado toda la

<sup>19</sup> Es una prestigiosa consultora especializada en el transporte marítimo, que es usada por ejecutivos, brókeres, corredores, fletadores y todo tipo de profesional en este campo, también cuenta con potentes bases de datos sobre movimientos portuarios y previsiones de transporte, utilizando grandes instituciones financieras, bancos, etc. Disponible en: [www.alphaliner.com](http://www.alphaliner.com)

<sup>20</sup> Disponible en: <https://www.revistachaca.com.ar/nota/32612-coronavirus-colapsan-los-puertos-dechina/>

<sup>21</sup> Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/.../473588180721/detras-de-la-mascara-del-covid-19.html>

<sup>22</sup> El síndrome respiratorio agudo grave (SRAS) (Severe Acute Respiratory Syndrome) es una enfermedad respiratoria viral causada por un tipo de coronavirus, denominado coronavirus asociado al SRAS (SRAS-CoV). La primera vez que se detectó el SRAS fue en Asia, concretamente en China principalmente en febrero de 2003, al igual que está sucediendo ahora la enfermedad se propagó rápidamente a más de dos docenas de países antes de que se pudiera contener el brote que se extendió por todo el mundo destacando Norteamérica, Europa, Asia o Suramérica.

Disponible en: <https://www.cdc.gov/sars/about/fs-sars-sp.htm>



logística en China, los puertos colapsaron y las navieras están descargando en puertos alternativos del sudeste asiático, lo que significa que el contenedor no llega en tiempo y forma a su destino y no habrá un pago»<sup>23</sup>.

La Organización Mundial de la Salud declaraba a finales de enero el coronavirus como una emergencia pública sanitaria a nivel internacional. Esta situación implicaba todo un paquete de decisiones que tendrían importantes repercusiones en toda la actividad social y económica y lógicamente y de forma muy notable en el transporte marítimo, donde ya se está sintiendo<sup>24</sup>.

Wuhan, ciudad donde parece que se originó el COVID-19, se encuentra en el interior de China, a 830 kilómetros de Shanghái. Sin embargo, es uno de los centros logísticos más importante del país. Concretamente el puerto de Yangluo, en el río Yangtzé, mueve 1,5 millones de TEU al año y en Hubei se encuentran las instalaciones más importantes de automoción como las de Nissan, Renault, Ford, PSA y Honda, entre otras muchas. En esta zona también operan empresas muy importantes y conocidas a nivel mundial como Microsoft, IKEA o SAP, además de empresas farmacéuticas, de investigación y de equipos médicos.

Las mercancías en tiempos de normalidad llegaban a Wuhan como a cualquier otro centro logístico, es decir, por carretera, ferrocarril y puertos marítimos, desde donde se derivaban a Shanghái. Pero esta crisis lo ha cambiado todo de forma muy radical debido a la falta de estibadores y conductores locales, creando el amontonamiento de los contenedores en los muelles de forma poco apropiada.

Este caos pudo iniciarse cuando más de cinco millones de habitantes de la ciudad de Wuhan abandonaron sus residencias para celebrar con sus familiares el Año Nuevo chino, lo cual se podría traducir en que hubo cinco millones de potenciales transmisores de la enfermedad, expandiéndose hasta Shanghái o Pekín.

Esta crisis, que inicialmente se presentó como una simple gripe pasajera, está llevando a una situación muy complicada a pequeñas y grandes empresas, fábricas, puertos y, cómo no, al tráfico marítimo.

Los precios de los fletes marítimos suelen de forma general bajar tras el Año Nuevo chino, pero la caída en esta ocasión parece ser que será más pronunciada debido a que los operadores intentarán acaparar el mayor número de mercancías posible.

## Escasez de contenedores

Otro problema no menos importante que está apareciendo es la escasez de contenedores<sup>25</sup>. Los contenedores que están llegando a China y que deberían regresar, preferentemente llenos o vacíos en el peor de los casos, no lo están haciendo por la mencionada escasez de mano de obra. Esto está obligando a las navieras a reconfigurar las rutas y seleccionar de forma meticulosa los puertos donde se ha de descargar, por lo que los contenedores están siendo desviados a otros destinos de la China continental y Hong Kong. Dentro de la complejidad de este escenario, es importante tener en cuenta otro factor muy negativo y es que, al no recoger los contenedores refrigerados, ya no hay más enchufes disponibles en los almacenes para conectar los pocos cargamentos que están llegando. Esta situación se ve agravada por la falta de energía eléctrica en los principales puertos chinos. La suma de todos estos factores está obligando a elevar el coste de forma notable e imponer recargos a los fletes. Se ha llegado a afirmar que, si esta situación se mantiene en el tiempo, en el mes de abril se podría empezar a notar la falta de contenedores a nivel mundial<sup>26</sup>.

<sup>23</sup> Esta declaración fue realizada en una entrevista a la Radio Durazno, por uno de los más importantes el gerente del comercio Frigorífico concretamente el BPU (NH Woods), Daniel De Mattos.

<sup>24</sup> Disponible en:

<https://www.cadenadesuministro.es/noticias/como-esta-afectando-el-coronavirus-altransporte-maritimo/>

<sup>25</sup> Disponible en: <https://www.msn.com/es-cl/dinero/noticias/escasez-de-contenedores-es-el-nuevo-riesgo>

<sup>26</sup> Disponible en: <https://www.emol.com/noticias/Economia/2020/02/13/9765>

## El crucero ¿placer o sufrimiento?

Siempre que se habla de un crucero, todo el mundo lo relaciona con placer, hasta la llegada de COVID-19, que lo ha cambiado todo de forma radical. Han sido varios los barcos de lujo que se han visto sometidos a estrictas cuarentenas. Uno de los barcos que ha sufrido esta dura experiencia ha sido el impresionante Grand Princess, que con 2500 personas a bordo y las paradisíacas aguas de Hawái y la costa mexicana en su ruta, se convirtió en un auténtico reservorio de virus. La primera noticia que tuvieron fue que tenían 21 personas con diagnóstico de coronavirus a bordo y a partir de ese momento quedaron retenidos frente al puerto de San Francisco. El placer se tornó entonces en sufrimiento. Los empleados vestidos con trajes protectores, gafas y mascarillas llevaban las bandejas a los camarotes, habitáculos de los cuales no se les permitía salir. Las autoridades sanitarias se negaron a subir a bordo para conocer la situación de primera mano y entregaron los análisis de COVID-19 lanzándolos desde un helicóptero, lo que fomentó la situación de alarma y pánico reinante a bordo. Desgraciadamente, este no ha sido el único barco de la prestigiosa compañía naviera Princess Cruises en sufrir los estragos del virus. Con un mes de diferencia, el Diamond Princess fue paralizado frente a la costa de Japón, cerca del puerto de Yokohama, debido a que una decena de personas presentaron los síntomas correspondientes al COVID-19. Así permanecieron durante dos terribles semanas.

Según muchos expertos la actuación en este barco entrará en los manuales de epidemiología como lo que no hay que hacer para contener un virus. Concretamente, tres científicos pertenecientes a la prestigiosa Universidad de Umea, en Suecia, especializada en materia nuclear, biológica y química, investigaron el proceso de la cuarentena del mencionado crucero Diamond Princess y llegaron a la triste conclusión de que las medidas tomadas en ese barco, lejos de ser las más apropiadas, fueron

totalmente contraproducentes. Llegaron incluso a afirmar que la tasa de infección a bordo del barco fue aproximadamente cuatro veces mayor de la que se estaba dando en ese mismo periodo de tiempo en las áreas más infectadas de China.

Este informe deja muy claro que las decisiones tomadas en este buque, lejos de aminorar el problema, lograron ampliar una enfermedad de rápida transmisión. Según estos investigadores, si se hubiera desembarcado a todo el personal al comienzo del brote, se hubieran disminuido gran parte de los contagios. Se estimó que tan solo hubieran sido 70 los afectados, pero desgraciadamente el resultado final fue muy distinto: el número de infectados superó la desorbitada cifra de los 700 y murieron a bordo cinco pasajeros.

Otro problema añadido a esta ya intrincada situación radica en la prohibición de entrar en la mayor parte de los puertos del mundo<sup>27</sup>. EE. UU. prohíbe el desembarco a personas procedente de algunos países determinados como China continental, Hong Kong, Macao, Irán, Corea del Sur, Italia o España<sup>28</sup>. A su vez España también ha ordenado el cierre de todos los puertos en cumplimiento a lo ordenado por un consejo de ministros<sup>29</sup>. En otros países, como México, se han formado protestas por parte de algunos de sus ciudadanos por la entrada de cruceros con pasajeros supuestamente contaminados con el Coronavirus<sup>30</sup>. Aunque se podrían referenciar muchos otros casos, estos ejemplos ofrecen una idea de la complicada situación de estos barcos para diseñar sus viajes. Por otra parte, la Asociación Internacional de Líneas de Cruceros ha anunciado nuevas medidas para garantizar que el COVID-19 no se propague en este tipo de barcos turísticos, incluyendo el sometimiento de todos los pasajeros a reconocimientos médicos antes de embarcar<sup>31</sup>. Debido a estos y muchos otros

<sup>27</sup> Disponible en: <https://www.bernama.com/es/otras.php?id=1819808>

<sup>28</sup> Disponible en: <https://www.voanoticias.com/a/5315327.htm>

<sup>29</sup> Disponible en: <https://www.elconfidencial.com/empresas/2020-03-12/fomento-prohibe-cruceros-todo-el>

<sup>30</sup> Disponible en: <https://es-us.finanzas.yahoo.com/noticias/protestan-llegada-crucero-caso-covid>

<sup>31</sup> Disponible en: <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/organizacion-internacional-refuerza-la>

factores, las grandes navieras del sector están reprogramando los puertos a visitar<sup>32</sup>, aunque por el momento no se contempla la restricción de sus viajes. Sin embargo, es de suponer que este tipo de ocio que se encontraba en pleno auge se parara durante algún tiempo, provocando un impacto está aún por conocer.



Figura 7. Crucero amarrado en puerto.

Fuente. <https://www.elconfidencial.com/mundo/2020-03-08/coronavirus-crucero-covid-19-turismo>

## Conclusiones

El transporte marítimo se ve acechado por una serie de cambios que van desde la implantación de normativas medioambientales, al cambio climático, pasando por la irrupción de pandemias globales. Las nuevas regulaciones están obligando a realizar complejas modificaciones en el transporte marítimo. Ello está repercutiendo seriamente desde el punto de vista financiero en algunas navieras, obligando incluso al desguace de pequeños buques que no serían rentables tras la adaptación a las nuevas medidas.

La nueva normativa relativa a la reducción de las emisiones de azufre obligará inicialmente a instalar depuradoras y posteriormente a cambiar los sistemas propulsores, lo cual significa el avance hacia el uso de un combustible menos contaminante como el LGH.

El cambio climático está afectando seriamente al canal de Panamá dados los largos periodos de sequía, lo que implica una reducción del número de barcos y una disminución de los calados, que

se traduce en una menor carga por barco. Todo ello, sumado a la notable subida de los pejes, disminuye la competitividad del transporte por dicha ruta. La navegación por las nuevas rutas del Ártico implica unos enormes ahorros económicos y una mejora en la seguridad ante la piratería, pero las principales navieras han renunciado por ahora a utilizarlas por razones ambientales.

El COVID-19 ha entrado de forma muy agresiva en el transporte marítimo, debido a que China es uno de los países que más importa y exporta del mundo. Al paralizarse su actividad normal, el transporte se ha resentido de forma notable, con repercusiones tan inesperadas como la falta de contenedores.

Los cruceros también se han visto perjudicados por el coronavirus. Los costes derivados de los días atracados, la mala prensa por los problemas de contagios y la desconfianza en este idílico modelo turístico crean una incertidumbre en la industria que solo el tiempo dirá cómo se resuelve.

*Bartolomé Cánovas Sánchez\**

*Capitán de navío Máster en Paz, Seguridad y Conflictos Internacionales*

<sup>32</sup> Disponible en: <https://www.msccrueros.es/.../Noticias/Cambios-itinerario-Covid-19.aspx>



## ENGENHARIA DE SISTEMAS

# Vigilância na fronteira

***Previsto para estar totalmente operacional em 2035, o Sisfron irá monitorar quase 17 mil quilômetros da divisa terrestre brasileira com 10 países***

**Domingos Zapparoli**

Versão atualizada em 25/09/2019

**E**m aproximadamente seis meses, um trecho de 650 quilômetros (km) da fronteira brasileira com o Paraguai deverá contar com um sofisticado sistema de vigilância. Esse é o prazo estimado pelo Exército Brasileiro para que esteja 100% operacional a primeira fase do Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (Sisfron). Um dos principais programas em curso das Forças Armadas, o Sisfron vai utilizar de forma integrada um conjunto de radares, sensores e sistemas de comunicações para detectar e informar em tempo real a ocorrência de movimentação física na fronteira terrestre brasileira. O objetivo do sistema, visto por especialistas como um importante incentivo à indústria nacional, é permitir aos órgãos federais e estaduais de defesa e segurança coibir atos ilícitos como tráfico de armas e drogas, contrabando, roubos de cargas e veículos, crimes ambientais e conflitos fronteiriços.

O sistema de monitoramento se estenderá pelos 16.886 km que formam a linha limítrofe entre o Brasil e 10 países vizinhos. Quando estiver pronto, vigiará uma área de 2.553.000 km<sup>2</sup> – 27% do território nacional, abrangendo

*Pesquisa FAPESP 282 Agosto 2019*

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2020/02/07/vigilancia-en-la-frontera/>

Republicado bajo licencia CC BY-ND 2.0

570 municípios em 11 estados brasileiros, do Amapá ao Rio Grande do Sul. O sistema foi concebido em 2011 e o compromisso inicial do governo federal era investir R\$ 12 bilhões em 10 anos para concluir o projeto em 2022. Hoje é executado de acordo com o permitido pelo orçamento e o prazo se tornou mais longo a previsão é de que seja finalizado em meados da década seguinte. A dificuldade de construir um sistema de vigilância como esse se deve a sua complexidade. Uma das características da fronteira brasileira é a diversidade geográfica. Existem desde trechos de floresta densa e rios caudalosos até áreas urbanas onde uma rua marca a divisa entre países e trilhas ermas facilmente transformadas em vias para o tráfico e o contrabando. Segundo o general de brigada Sérgio Luiz Goulart Duarte, gerente do Programa Sisfron, essa diversidade exige que as soluções tecnológicas para monitoramento e comunicação sejam adotadas conforme as características de cada localidade e da capacidade operacional dos diversos comandos militares.

Atualmente, a vigilância da fronteira brasileira é feita pela Polícia Federal (PF) nos postos legais e em conjunto com os respectivos comandos militares regionais do Exército nas demais áreas. Isso não vai mudar.



Módulo que permite a  
transmissão de dados em  
campo, embarcado em  
viatura do exército



Missões de vigilância são realizadas em saídas de rotina ou motivadas por informações e evidências colhidas de forma aleatória. Com o Sisfron, uma série de recursos eletrônicos coletará e transmitirá dados de forma contínua, permitindo uma resposta imediata (ver infográfico).



*Militares em uma unidade móvel de Comando e Controle do Sisfron; abaixo, detalhe da tela com informações de radar*



A base do Sisfron, tanto como ideia quanto como sistema, remonta ao Sistema de Vigilância da Amazônia (Sivam) e ao Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam), projetos implementados na primeira década deste século e voltados ao monitoramento da região amazônica. A capacidade de empresas e instituições brasileiras projetarem um sistema do porte do Sisfron, segundo especialistas, é resultado, em boa medida, do fato de o país ter participado do desenvolvimento do Sivam junto com a fabricante Raytheon.

## NACIONALIZAÇÃO

A empresa Savis Tecnologia e Sistemas, do grupo Embraer Defesa & Segurança, é a integradora da primeira fase do programa, ou seja, a responsável pela convergência tecnológica e a gestão dos múltiplos

fornecedores. “Estamos aplicando toda a capacidade desenvolvida pela Embraer em engenharia de sistemas aéreos para gerir um sistema de defesa terrestre”, declara o CEO da Savis, Nilson Santin. A arquitetura tecnológica do Sisfron é a mesma adotada por países como Estados Unidos, Rússia, Israel e Alemanha para proteger suas fronteiras terrestres, com a diferença de que o sistema brasileiro é o único de grande porte em implementação atualmente. “É um sistema avançado, o que abre possibilidades mercadológicas para a Savis e para os fornecedores envolvidos no projeto”, diz Santin. O alvo em potencial da Savis e das empresas envolvidas no desenvolvimento do Sisfron são países que não contam com uma indústria de defesa estruturada.

Uma demanda do Exército brasileiro é alcançar o máximo de nacionalização possível nos equipamentos do Sisfron; a participação de conteúdo local, por ora, ronda a casa de 75% dos fornecimentos. A própria Savis, juntamente com a Embraer, é responsável pelo desenvolvimento de alguns dos principais equipamentos de monitoramento, como o hardware dos sensores Mage/Comint (Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica/Communications Intelligence), que trabalham com softwares da alemã Saab Medav. O Mage/Comint é um sistema de captação de sinais eletromagnéticos que rastreia a comunicação via rádio, muito usado em guerra eletrônica.

Outro desenvolvimento, totalmente nacional, é o radar Sentir-M20, capaz de detectar uma pessoa rastejando a 2 km ou andando a 10 km e um veículo blindado a 30 km. Como explica Fabio Caparica, diretor-executivo da Savis, a integração de sistemas permite uma operação onde o Sentir-M20 detecta o alvo e aciona uma câmera, que passa a acompanhá-lo. A informação transmitida em tempo real ao centro de comando possibilita a identificação do alvo e a tomada de decisão.



# A estrutura do Sisfron

*Conheça as tecnologias que compõem o sistema e como ele deverá funcionar*



Subsidiária da israelense Elbit, a gaúcha AEL Sistemas, com sede em Porto Alegre, é a fornecedora de equipamentos optrônicos para o Sisfron, como câmeras multissensores de visão noturna e diurna, sensores termais e sistemas de visão noturna. Sergio Horta, CEO da AEL, explica que componentes e partes dos equipamentos são feitos em Israel – os brasileiros encarregam-se da montagem, integração e manutenção dos sistemas. “A ideia é que, no fim do ciclo de instalação, o Brasil possa manter os sensores em atividade, independentemente do fornecimento externo de assistência técnica ou mesmo de componentes”, informa. O sistema de criptografia (transformação de um texto em código) e a autenticação (proteção da mensagem transmitida) adotados no Sisfron são produtos nacionais. O CommGuard é uma plataforma desenvolvida pela campineira Kryptus Segurança da Informação com o apoio da FAPESP. Roberto

Gallo, CEO da Kryptus, avalia que é essencial um sistema de defesa adotar uma solução nacional de garantia de segurança de comunicações. Gallo menciona que alguns dos sistemas vendidos por empresas de outros países contam, por determinação legal ou orientação de seus governantes, com mecanismos embutidos que permitem a interceptação da comunicação e acesso aos dados. Com isso, autoridades estrangeiras podem acessar informações sensíveis. “Um sistema de monitoramento de defesa com seu sigilo violado perde sentido estratégico, pode se tornar inútil”, afirma. Os professores Héctor Luis Saint-Pierre e Samuel Alves Soares, membros do Grupo de Estudos de Defesa e Segurança Internacional (Gedes), são céticos em relação à efetividade do Sisfron no combate a ações ilícitas na fronteira. “Existe um fascínio pela tecnologia que sobrepõe a estratégia”, diz Soares, que também é coordenador do



Programa Interinstitucional de Pós-graduação em Relações Internacionais San Tiago Dantas.

Para o pesquisador, o investimento público em tecnologia de defesa é lento, limitado pela disponibilidade orçamentária. “A tecnologia, no entanto, está disponível no mercado para quem tem dinheiro, e quem tem é o traficante, que pode contratar sistemas que burlam as estruturas tecnológicas adotadas e recrutar pessoas treinadas pelo Exército, ex-soldados, para obter informações e desenvolver rotas alternativas”, destaca Soares.

Segundo Saint-Pierre, o tráfego terrestre de armas, drogas e mercadorias contrabandeadas se dá principalmente em pontos tradicionais de fronteiras, em que há infraestrutura e logística estabelecidas, e não em lugares ermos. “É um combate que se faz com inteligência e cooperação internacional”, declara. Para ele, mais do que novas tecnologias, efetivo é saber com antecedência por onde passará a mercadoria ilícita, quem são os agentes públicos facilitadores e como se dá a movimentação de recursos que financiam a operação. O general Duarte, gerente do Sisfron, afirma que o sistema não substitui a necessidade do trabalho de inteligência nos pontos tradicionais de fronteira. Sua função é inibir o uso de rotas alternativas às convencionais, que já são vigiadas pelos órgãos de segurança pública. Segundo o militar, em 2016, quando já operava parcialmente, o Sisfron permitiu apreensões de 133 toneladas de drogas, cigarros, armamentos e munições por rotas alternativas em Mato Grosso do Sul. Em 2018, foram 204 toneladas. “O ideal seria estender o mais rápido possível o Sisfron por toda a fronteira nacional”, afirma.

investidos desde o início do projeto, em 2011, no entanto, foram em média de R\$ 204 milhões por ano. Em 2019 o orçamento previsto era de R\$ 310 milhões. Após contingenciamento, ficou em R\$ 220 milhões.

“Estamos executando o projeto conforme o que é liberado pelo governo”, conta o general Duarte. O cronograma atual prevê a conclusão do Sisfron em 2035, quando o Amapá estará integrado ao sistema. A fase 1 começou a ser implementada em 2015 e está 90% ativa, faltando a integração de áreas remotas que dependem de comunicação via satélite para a transmissão dos dados coletados aos centros de controle e comando em Dourados e Campo Grande, em Mato Grosso do Sul. Dificuldade que o general Duarte acredita que será superada após a definição de uma negociação em curso para o uso do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC-1), controlado pela Telebrás e pelo Ministério da Defesa.

Para Roberto Gallo, que também preside a Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (Abimde), a restrição orçamentária não significa que o Sisfron será um sistema defasado tecnologicamente quando implementado, uma vez que, em cada fase, são compradas as versões mais atualizadas dos equipamentos. Além disso, ele destaca que a tecnologia de defesa é elaborada de forma a ser relevante por décadas e normalmente é dimensionada para estar mais de 10 anos à frente das soluções disponíveis no mercado civil, de forma que não possa ser facilmente burlada por traficantes, contra-bandidas e outros criminosos que atuem em áreas de fronteiras.

## LENTA IMPLEMENTAÇÃO

A implantação do sistema avança vagarosamente. Quando foi projetado, a média de gastos anuais, apenas para implementação, foi calculada em R\$ 1,2 bilhão. Os recursos efetivamente

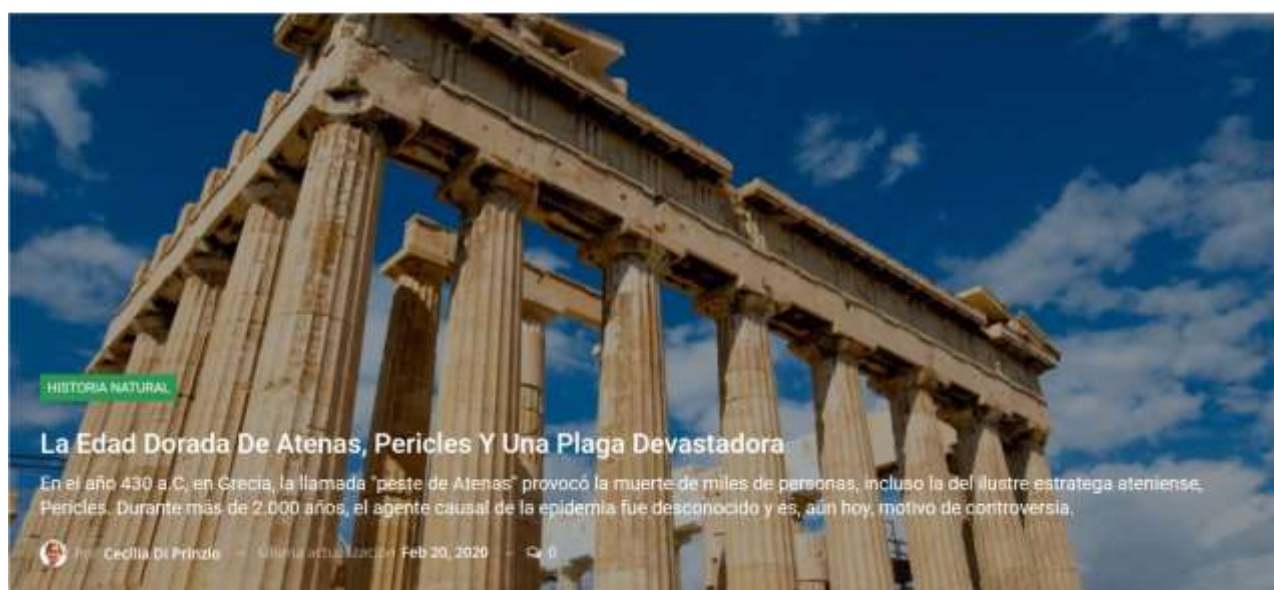
### Projeto

*Projeto de módulo criptográfico de alto desempenho (hSm) (nº 04/02906-8); Modalidade Pesquisa inovativa em Pequenas empresas (Pipe); Pesquisador responsável Roberto Alves Gallo Filho (Kryptus); Investimento R\$ 16.584,46.*



por **Cecilia Di Prinzio**  
Biotecnóloga, docente.  
Cofundadora de AcercaCiencia

Redacción: [redaccion@acercaciencia.com](mailto:redaccion@acercaciencia.com)  
Republicado bajo licencia CC BY-NC-ND 3.0



## La edad dorada de Atenas, Pericles y una plaga devastadora

A comienzos del siglo V a.C el imperio de Atenas se encontraba en su máximo apogeo bajo el mando de Pericles, el ilustre estratega ateniense. Pero el esplendor sería breve, ya que comenzarían las Guerras del Peloponeso entre las dos grandes potencias helénicas: Atenas y Esparta. En este contexto, en el año 430 a.C, tuvo lugar una de las epidemias más devastadoras del mundo griego: la **“peste de Atenas”**. Provocó la muerte de miles de personas, casi un tercio de su población. Pericles no fue la excepción; murió a consecuencia de esta epidemia y esto contribuyó a la caída del imperio. Finalmente, Atenas fue derrotada por los espartanos.

Durante más de 2000 años, el agente causal de la epidemia fue desconocido y, hoy día, es motivo de cierta controversia. Sin embargo, hace algunos años, unos hallazgos arqueológicos combinados con diversos estudios de biología molecular permitieron arrojar luz sobre el aparente responsable de la epidemia: **una bacteria**.

## La descripción histórica de la enfermedad

En el 431 a.C., Atenas y Esparta se batían en guerra por el control del Mediterráneo. Esparta contaba con un gran ejército pero carecía de flota. Atenas, en cambio, tenía un gran poder marítimo. Contaba con una flota muy poderosa, aunque un ejército débil. No obstante, tenía murallas de muy difícil acceso. No podía ser atacada por tierra ni tendría que someterse a nadie por falta de alimento. Ahora bien, la historia nos revela que su estrategia defensiva de encerrarse dentro de sus muros le jugó una mala pasada.

En el 430 a. C., una epidemia desconocida golpeó la ciudad de Atenas que se hallaba superpoblada puesto que, en épocas de guerra, los ciudadanos se refugiaban en la ciudad amurallada.

Las consecuencias de esta epidemia fueron devastadoras: en los 3 años subsiguientes, la mayoría de la población resultó infectada, y entre 75.000 a 100.000 personas murieron. Gran parte de la infantería ateniense y expertos marinos perecieron, marcando así el devenir de las guerras de Peloponeso. Pericles, su gobernante,

vió morir a familiares y amigos. A él, una vez contagiado, al principio, el 'mal' no le atacó con gran virulencia, solo le causó fiebres suaves e intermitentes. Finalmente, le provocó la muerte, en el año 429 a.C.

En el famoso libro 'Historia de la guerra del Peloponeso' que data de esa época, el general e historiador ateniense Tucídides dejó una descripción detallada de la plaga y sus manifestaciones clínicas, habiendo sido víctima y superviviente de la enfermedad. Aquí transcribo algunos fragmentos:

”

La peste atacó primeramente a El Pireo (N. del E: puerto de la antigua ciudad de Atenas), y desde allí pasó a la ciudad. Las personas se enfermaban de golpe y morían después de siete o nueve días de tormentos e insomnios. Los que alcanzaron a vencer la epidemia, conservaron sus vestigios toda la vida, quedando sin manos o piernas, o gravemente afectados en la vista y en el cerebro”. En otro fragmento menciona: “...En general, el individuo se veía súbitamente preso de los siguientes síntomas: sentía en primer lugar violento dolor de cabeza; los ojos se volvían rojos e inflamados; la lengua y la faringe asumían aspecto sanguinolento; la respiración se tornaba irregular y el aliento fétido. Se seguían espiros y ronquidos. Poco después el dolor se localizaba en el pecho, acompañándose de tos violenta; cuando atacaba al estómago, provocaba náuseas y vómitos con regurgitación de bilis (...) La mayor parte moría al cabo de 7 a 9 días consumidos por el fuego interior ...”.

La naturaleza de la plaga era desconocida y ni siquiera se encuentra alguna mención clara en los escritos de la época. Por otra parte, el famoso médico griego Hipócrates no parece dar ninguna explicación sobre las causas de la misma.

**A pesar de la detallada descripción de Tucídides, en los últimos 100 años, académicos y médicos no han estado de acuerdo con la identificación del agente causante de la enfermedad.** Los síntomas descritos han motivado numerosas teorías. Se han enunciado hasta 28 hipótesis distintas al respecto. Algunas investigaciones sostienen que esta fiebre era una forma maligna de escarlatina que representó la primera aparición de la enfermedad en las costas del Mediterráneo. Otras posibilidades son el sarampión, la fiebre tifoidea, el ántrax, la peste bubónica o alguna otra enfermedad desconocida que desapareció ya hace mucho tiempo. De la totalidad de ellas, dos diagnósticos han dominado

la literatura moderna: la viruela y el tifus. Los principales desacuerdos sobre la causa de esta epidemia se deben a la falta de evidencia microbiológica o paleopatológica.



Pericles. Fuente: Pixabay.

Cualquiera haya sido la naturaleza de esta infección, en lo que todos acuerdan es que debió de provenir de otro lugar, que debió adoptar un carácter explosivo y la celeridad del contagio impidió que las personas desarrollaran cierta inmunidad que les permitiese hacer frente a la enfermedad. Cuando las personas se exponen a un patógeno, éste induce en su sistema inmunitario un complejo mecanismo que le permitirá, en las sucesivas exposiciones, disponer de defensas para enfrentarlos (se adquiere inmunidad frente a ese patógeno). Los sobrevivientes, a través de la recurrencia de la epidemia, fueron generando cada vez una mayor inmunidad y así, de forma progresiva, la peste se volvió menos mortal.

### Los dientes reveladores

En 1994, en el cementerio del Cerámico (*Kerameikos*, en griego) de Atenas, un equipo de arqueólogos descubrió una fosa común que contenía al menos 150 cuerpos. Junto a ellos se encontraron vasijas y otras ofrendas funerarias que permitieron datar la fosa. Ésta correspondía al año 430 a.C., periodo coincidente con el del relato de Tucídides cuando tuvo lugar la peste. Un grupo de científicos de la Universidad de Atenas empleó estos restos para determinar qué

enfermedad fue la que azotó la famosa ciudad griega y, en el año 2006, publicó una investigación al respecto.

Dado que se conocen las secuencias genómicas de muchos microorganismos, los investigadores decidieron buscar vestigios de ADN de diferentes “sospechosos” de ser los agentes causales de la peste en la pulpa dental de los restos hallados.

**¿Por qué allí?** La pulpa dental es una fuente ideal de ADN de microorganismos septicémicos antiguos y esto se debe a su buena vascularización, durabilidad y esterilidad natural. Si los cuerpos correspondían a la época indicada y habían muerto por una infección generalizada por un microorganismo, debería haber restos de ADN del responsable de dicha infección.

**¿Cómo lo hicieron?** Seleccionaron al azar tres dientes intactos de los cuerpos encontrados en el cementerio y, bajo estrictos cuidados para evitar que se contaminasen con lo que buscaban encontrar, lavaron los dientes, les extrajeron la pulpa y a partir de ella el ADN. Luego, sometieron este ADN a técnicas de amplificación mediante **reacción en cadena de la polimerasa (PCR)**, por sus siglas en inglés). Esta técnica permite generar muchas copias de una secuencia particular del mismo a partir de muy poca cantidad de ADN inicial.

De las diferentes causas posibles decidieron estudiar siete de ellas. Por ello realizaron amplificaciones de ADN dirigidas a partes genómicas del agente causal de la fiebre tifoidea, la bacteria *Salmonella enterica serovar Typhi*, del agente del tifus (*Rickettsia prowazekii*), el ántrax (*Bacillus anthracis*), la peste bubónica (*Yersinia pestis*), la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), la viruela (virus de la viruela de las vacas) y la enfermedad por arañazo de gato (la bacteria *Bartonella henselae*). En los estudios incluyeron ADN extraído de pulpa dental de dos dientes intactos recogidos de un consultorio dental privado en Atenas. Éstos fueron empleados como controles negativos.



Sitio arqueológico de Kerameikos en Atenas. Créditos foto: Mapoiauz / Wikimedia Commons.

De todos los ensayos realizados sobre el ADN extraído, las únicas amplificaciones que resultaron exitosas fueron aquellas dirigidas contra las secuencias de ADN de *Salmonella enterica serovar Typhi*, el agente causal de la fiebre tifoidea. Por otra parte, los productos de amplificación fueron secuenciados para corroborar su identidad. Esto permitió determinar que correspondían a los genes amplificados de esta bacteria, aunque había ciertas diferencias con las secuencias conocidas actualmente.

### Las discrepancias del estudio y la explicación de los investigadores

La fiebre tifoidea es una enfermedad que causa diarrea y erupción cutánea. Como mencioné antes, el agente causal es la bacteria *Salmonella enterica*, con los serotipos *typhi* o *paratyphi* A, B o C. Su reservorio, es decir, el lugar donde se aloja, es el ser humano y el mecanismo de contagio es fecal-oral, a través de agua y de alimentos contaminados con deyecciones. Cuando la bacteria ingresa por vía digestiva llega al intestino pasando a la sangre en la primera semana y, posteriormente, se localiza en diversos órganos produciendo fenómenos inflamatorios y necróticos. Finalmente, las bacterias son eliminadas al exterior a través de las heces. En el período de incubación (10 a 15 días), la bacteriemia cursa con fiebre que aumenta progresivamente hasta alcanzar 39-40°C, cefalea, estupor, roséola en el vientre, tumefacción de la mucosa nasal, lengua tostada, úlceras en el paladar y diarrea. Hoy en día se cuenta con una vacuna disponible para evitarla, aunque también puede tratarse con antibióticos.



Según los autores del estudio, **el diagnóstico molecular de fiebre tifoidea es consistente con algunas de las características clínicas clave informadas por Tucídides**, como la fiebre, la erupción cutánea y la diarrea. Otras características de la enfermedad, como la agudeza de su aparición, no coinciden con la típica forma actual de fiebre tifoidea. Esta inconsistencia podría explicarse por proceso evolutivos de la bacteria a lo largo del tiempo, lo que significa que la enfermedad puede no manifestarse de la misma manera hoy que en el pasado. **La virulencia de las enfermedades infecciosas varía entre las poblaciones y con el tiempo**, en función del fenómeno de inmunidad explicado anteriormente, ya que las poblaciones son sometidas a ataques sucesivos de la enfermedad. Además, las diferencias genómicas existentes entre las cepas antiguas y actuales de *S. enterica serovar Typhi* pueden ofrecer una explicación razonable de las diferencias en las características clínicas entre la peste de Atenas y la forma actual de fiebre tifoidea.

En una réplica a este estudio, otros autores indican que no hay pruebas suficientes para asegurar que la famosa peste se trató de fiebre tifoidea, aludiendo a que la única prueba de la investigación es que los fragmentos amplificados corresponden a genes de la bacteria. *S. entérica* según el análisis filogenético realizado con los mismos. Indican que este análisis no es del todo acertado, y, según ellos, la bacteria sería *Salmonella* pero no de la especie tifoidea sino una diferente. Mencionan, además, que lo que amplificaron por PCR serían contaminantes, es decir, que ese ADN extraído de las pulpas dentales podría haber estado contaminado con ADN de la bacteria, pero no de una fuente antigua, sino actual.

Los autores de la investigación original se defendieron ante esta acusación mediante una publicación dirigida al editor de la misma revista. En ella, además de volver a explicar todos los cuidados y metodologías, aclaran que el proceso de contaminación sería poco probable. Esto se

debe a que la técnica empleada lo impide por tratarse de una modificación de la PCR llamada "PCR suicida" que evita al extremo la contaminación y los falsos positivos.

**El debate queda abierto.** Lo que parece claro es que las escasas condiciones higiénicas y el asedio al que fue sometida la ciudad causaron y propagaron con rapidez la epidemia. Ésta resultó no solo letal para Pericles y los miles de habitantes sino también para una Atenas en apogeo.

## Bibliografía consultada

-Papagrigorakis MJ1, Yapijakis C, Synodinos PN, Baziotopoulou-Valavani E. D NA examination of ancient dental pulp incriminates typhoid fever as a probable cause of the Plague of Athens . Int J Infect Dis. 2006 May;10(3):206-14. Epub 2006 Jan 18.

-Beth Shapiroa, Andrew Rambaut & M. Thomas P. Gilbert. No proof that typhoid caused the Plague of Athens (a reply to Papagrigorakis et al.) Manolis J. Papagrigorakis, Christos Yapijakisb, Philippos N. Synodinos, Effie Baziotopoulou-Valavanic Insufficient phylogenetic analysis may not exclude candidacy of typhoid fever as a probable cause of the Plague of Athens (reply to Shapiro et al.) Int J Infect Dis. 2006. Volume 10, Issue 4, Pages 335–336. July.

-Robert J. Littman, MLit. The Plague of Athens: Epidemiology and Paleopathology. Mount Sinai Journal of Medicine 76:456–467, 2009.

-Alfonso Gutiérrez Giménez & Consuelo Giménez Pardo. La Peste (plaga) de Atenas. RIECS 2018, 3, 2; ISSN: 2530-2787 -Frederick F. Cartwright & Michael Biddiss. Grandes Pestes de la Historia. 2004. Editorial El Ateneo.

–historiaybiografias.com

–www.culturaclasica.com



*La plaga de Atenas. Grabado lineal de J. Fittler según M. Sweerts. Créditos: [Wellcome Collection](#).*



64

Boletín del Centro Naval 850  
ENE / ABR 2019

# LA ARMADA Y LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Néstor A. Domínguez



El Capitán de Navío (R) Néstor Antonio Domínguez egresó de la ENM en 1956 (Promoción 83) y pasó a retiro voluntario en 1983. Estudió Ingeniería Electromecánica (orientación Electrónica) en la Facultad de Ingeniería de la UBA y posee el título de Ingeniero de la Armada.

Es estudiante avanzado de la Carrera de Filosofía de dicha Universidad.

Fue Asesor del Estado Mayor General de la Armada en materia satelital; Consejero Especial en Ciencia y Tecnología y Coordinador Académico en Cursos de Capacitación Universitaria, en Intereses Marítimos y Derecho del Mar y Marítimo, del Centro de Estudios Estratégicos de la Armada; y profesor, investigador y tutor de proyectos de investigación en la Maestría en Defensa Nacional de la Escuela de Defensa Nacional.

Es Académico Fundador y ex Presidente de la Academia del Mar y miembro del Grupo de Estudios de Sistemas Integrados como asesor. Es miembro y Académico de Número del Instituto Nacional Browniano desde el año 2015. Ha sido miembro de las comisiones para la redacción de los pliegos y la adjudicación para el concurso internacional por el Sistema Satelital Nacional de Telecomunicaciones por Satélite Nahuel y para la redacción inicial del Plan Espacial Nacional.

Es autor de Satélites (en dos tomos), de Hacia un pensamiento ecológicamente sustentable, de Un Enfoque Sistémico de la Defensa (en tres tomos), de Una Imagen Espacio-Política del Mundo y de El Arte de Comprender la Naturaleza, entre otros libros, además de numerosos ensayos sobre temas del mar, electrónica, espacio ultraterrestre, ecología y filosofía publicados en revistas del país y del extranjero.



## Las ciencias de la complejidad aplicadas al mar

La ciencia normal, hasta ahora, ha pretendido determinar leyes que permitan poner a la naturaleza y a la sociedad bajo el control de lo que los humanos pensamos que debe ser aplicado. Pero ocurre que se necesitaban ciencias que nos permitieran acercarnos más a la realidad de lo que pasa en el mundo sin atenernos a modelos ideales que pertenecen más al mundo de las ideas platónicas que a la cruda realidad que vivimos cada día, ya sea en contacto con la naturaleza o en el seno de la sociedad.

Como una respuesta a este planteo, en el siglo XX han surgido las *ciencias de la complejidad* que, como luego veremos, tratan de mostrar la realidad tal cual es. De este modo, estas ciencias han surgido para hacerse cargo de un mundo sorprendente que nos ha mostrado que tanto la naturaleza como la sociedad y el hombre son objetos de estudio científico complejos, dinámicos e indeterminados (alineales) que configuran sistemas observables desde una óptica distinta de la tradicional.

El caso del *subsistema hidrosférico* del sistema Tierra nos toca muy de cerca a los argentinos. La hidrosfera es el ámbito de la Tierra que contiene el mar, el agua de los ríos y los lagos, los acuíferos y el agua congelada en particular, pero que, en general, contiene todos los líquidos. De este modo, los líquidos contaminantes, como el petróleo y los agroquímicos, también son parte de este subsistema. Nuestro país, por su geografía y por sus emprendimientos históricos que le han permitido trazar sus límites con fuerte empeño, posee un amplio espacio marítimo desplegado hasta su «límite con el mundo», marcado por el límite exterior de su plataforma continental. También su territorio está cruzado por caudalosos ríos cuyas aguas provienen de tierras tropicales y del deshielo de las altas cumbres de la Cordillera de los Andes; ellos también proveen el agua de grandes y hermosos lagos. Tenemos grandes acuíferos, como el

Guaraní, gran reserva de agua dulce subterránea por ahora poco explotada, y también el hielo en dichas altas cumbres y en nuestro sector antártico sometido, actualmente, a las pautas del Tratado Antártico. Toda esta enorme riqueza es un gran bien económico, solo comparable con la del petróleo y el gas, fuentes de gran parte de la energía que hoy consumimos. Pero esta comparación adquiere otra connotación si pensamos que es el agua la fuente de nuestra vida y de nuestra energía vital, aparte de ser dadora de vida a todas las otras especies vivas que nos rodean. Sin dudas, el agua es mucho más importante que el petróleo. Podríamos decir que la biosfera, la etnosfera y, en parte, la atmósfera, son «hijas» de la hidrosfera.

Aquí es donde debo hacer referencia a la primera de las ciencias de la complejidad: la *sistémica*. Esto en tanto a la Teoría General de los Sistemas como sus enfoques sistémicos para sus aplicaciones prácticas.

Esta teoría fue creada por Ludwig von Bertalanffy a mediados del Siglo XX<sup>1</sup>. Pese a que siempre se había usado la palabra «sistema», a nadie se le había ocurrido darle un carácter científico. Por otra parte, la *cibernética*, creada por Norbert Wiener y Arturo Rosenblueth Stearns allá por el año 1942<sup>2</sup>; la *teoría del caos*, que tiene una larga historia y muchos aportantes pero, si debemos destacar a un científico, este es Ilya Prigogine<sup>3</sup>; la *geometría fractal*, en la que Mandelbrot puso su originalidad<sup>4</sup>; la *teoría de las catástrofes*, planteada a fines de la década de 1950 por el matemático francés René Thom, especializado en topología diferencial, y muy difundida a partir de

---

1 VON BERTALANFFY, Ludwig, Teoría General de los Sistemas, Fondo de Cultura Económica, México, 1986.

2 WIENER, Norbert, Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas, publicado en 1948, Wikipedia.

3 PRIGOGINE, Ilya, From Being to Becoming, Time and Complexity in the Physical Sciences, por W. H. Freeman, Londres, 1980, 272 págs.

4 MANDELBROT, Benoit, Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión, 3.ª edición, Colección Metatemas N.º 13, Libros para pensar la Ciencia, Tusquets Editores, Barcelona, 1993, 213 págs.



1968<sup>5</sup>; la *prospectiva*, cultivada inicialmente (1979) por los psicólogos Daniel Kahneman (Premio Nobel de Economía en 2002) y Amos Tversky, y que ha tenido un gran desarrollo posterior, entre otras, constituyen, junto con la sistémica, las llamadas *ciencias de la complejidad*.

A continuación, relataré brevemente la definición de algunas de estas ciencias que son de particular interés para los marinos y los expertos en ciencias de la complejidad y su contenido, y brindaré un ejemplo de aplicación general y otro particular en el mar como subsistema de la hidrosfera que contiene, en su sistema, el mar, los ríos y los hielos, y todos los líquidos de la Tierra. Esto da un marco más general a los empeños que hace más de veinte años venimos demostrando los académicos del mar en el Centro Naval y que compartimos con el Grupo de Estudios de Sistemas Integrados (GESI-creado hace casi cinco décadas) desde hace cinco años con la creación del Grupo Mar, dentro de su organización.

## Las ciencias de la complejidad

Por lo que anteriormente he explicado, estas ciencias han surgido para hacerse cargo de una realidad que nos ha mostrado que tanto la naturaleza como la sociedad y el hombre son objetos de estudio científico complejos, dinámicos e indeterminados (alineales) que configuran sistemas observables desde una óptica distinta de la tradicional.

Estas ciencias, surgidas durante el siglo XX, son, como dije y por ahora, las siguientes: sistémica, cibernética, teoría del caos, geometría fractal, teoría de los juegos, prospectiva, teoría de las catástrofes, etcétera, todas ellas cultivadas en nuestro país por el GESI, en Latinoamérica por la Asociación Latinoamericana de Sistemas (ALAS) y en el mundo por la International Society for the Systems Sciences (ISSS) y la Academia Mundial de Ciencias de la Complejidad (World Complexity Science Academy [WCSA]), que ha formalizado conferencias mundiales sobre temas tan interesantes como: «*Governing Turbulence*», algo que nos toca muy de cerca.

## **(...) estas ciencias han surgido para hacerse cargo de una realidad que nos ha mostrado que tanto la naturaleza como la sociedad y el hombre son objetos de estudio complejos (...)**

A continuación, relataré brevemente la definición de estas ciencias en particular y su contenido, y brindaré un ejemplo de aplicación general y otro particular en el mar como subsistema del sistema hidrosférico.

### 1) Sistémica

De las muchas definiciones que se han dado del término «sistema», elijo la del creador de la sistémica como ciencia de la complejidad a través de la Teoría General de los Sistemas: Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972)<sup>1,6</sup>, un talentoso biólogo y filósofo austríaco. Tal definición es corta, sencilla y omniabarcante: Es «un complejo de elementos interactuantes»<sup>7</sup>.

El hecho de que se trate de un biólogo me resulta muy significativo, porque se han encontrado los sistemas básicamente en los organismos vivos y, al ser además un filósofo, ha podido reflexionar de modo profundo sobre la vida como una construcción orientada por una sistémica natural que rige en el planeta Tierra. Todo esto me sugiere que el encuentro de los caminos de un pensamiento, un desarrollo y una economía sustentables y sostenibles son coherentes en la aplicación de su teoría general de sistema a través de enfoques sistémicos de todo nuestro «deber ser» y «obrar» en relación con la naturaleza, o sea, en el pleno ejercicio de la *ecoética*<sup>8</sup>.

5 ESPINOZA, Miguel, «René Thom, de la teoría de las catástrofes a la metafísica», Universidad de Estrasburgo, en La filosofía de los científicos (págs. 321 a 348), Estrasburgo (Francia), 1995, 27 págs.

6 VON BERTALANFFY, Ludwig, Perspectivas en la Teoría General de los Sistemas, Alianza Universidad, Barcelona.

7 FRANÇOIS, Charles, Diccionario de Teoría General de Sistemas y Cibernética, Conceptos y Términos, Edición GESI, Asociación Argentina de Teoría General de Sistemas y Cibernética (División Argentina de la International Society for the Systems Sciences), Buenos Aires, 1992, 220 págs.

8 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, Por una civilización ecoética, Internet, Instituto de Publicaciones Navales, Buenos Aires, 2014, 251 págs.

En una muy reciente entrevista, el doctor Fritjof Capra, físico austríaco, investigador en sistemas y educador, expresó que: «... para crear comunidades sustentables, necesitamos no solo conocimiento ecológico, sino también la correspondiente ética...»<sup>9</sup>.

El contenido de la sistémica abarca todos los sistemas naturales, sociales y artificiales que podamos concebir y someter a enfoques prácticos y concretos para su esclarecimiento científico y uso humano.

Encontramos una aplicación general, muy general, al pensar en la Tierra como un sistema. Como resultado de tal pensamiento, a nuestra casa se la llama «Sistema Tierra», como lo hacen los científicos de la Tierra. Según una reciente taxonomía, se distinguen cinco subsistemas: biosférico, geosférico, hidrosférico, atmosférico y etnosférico, que interactúan entre sí de manera claramente apreciable por todos los lectores. Este sistema es tan complejo como dinámico y no lineal. Estamos muy lejos, todavía, de haber develado su funcionamiento a pesar de los adelantos de las ciencias de la Tierra del siglo XXI. El entorno de este sistema está constituido por el sistema solar y, en general, por todo el sistema del universo, que es un subsistema del sistema cósmico. Ambos marcan nuestro entorno. Un ejemplo de carácter general sería el del *sistema educativo*, que muchas veces no es tal porque sus elementos, sus relaciones internas, y sus entornos natural, social y artificial no han sido debidamente conocidos y evaluados con visión de futuro. La aceleración (o más aún, el cambio exponencial) de la historia que sufren los sistemas culturales hace muy difícil que los padres, maestros y profesores, mayormente de una o dos generaciones anteriores a la de los educandos, estén suficientemente actualizados para el proceso de enculturación que ellos deben liderar con autoridad, conocimiento y eficacia. Las herramientas que suministran los lenguajes (con su gramática, sintaxis, etimología y semántica) para la interpretación de textos escritos y la matemática para la interpretación de fórmulas y

***Este sistema es tan complejo  
como dinámico y no lineal.  
Estamos muy lejos, todavía, de  
haber develado su funcionamiento  
a pesar de los adelantos de las  
ciencias de la Tierra del siglo XXI.***

de figuras deben ser básicas para que sean útiles más allá del sistema educativo para aprender a aprender y usar esta capacidad para el resto de la vida.

Uno de los mayores déficits en este sistema lo produce, también, la resistencia de las universidades a enseñar las ciencias de la complejidad, tanto en sus aplicaciones sobre casos concretos como en su conocimiento general en todas las carreras. De este modo, los estudiantes de esas carreras son privados de una herramienta de conocimiento fundamental para encarar el mundo del futuro. La verdad es que los alumnos universitarios serán los dueños de ese futuro si entendemos y comprendemos la importancia de las ciencias de la complejidad para su formación. Todos estos elementos, junto con la formación del sentido de la responsabilidad y la voluntad de mejorar permanentemente en el camino del bien, la comprensión, la tolerancia, la dignidad personal, el sentido de la amistad, el principio de autoridad (liderazgo), entre otros, deben ser parte esencial de un sistema educativo. Este sistema debe ser capaz de formar en los educandos la *razón instrumental* para un uso adecuado de la tecnología en relación con la naturaleza y la operación de los recursos del mundo artificial, y la *razón valorativa* para tener un desarrollo personal acorde con el medio social que le impondrá su familia, su trabajo y la sociedad. Esto último, en su doble condición de ciudadano de un país y del mundo.

No olvido la necesidad de una suerte de *sinrazón imaginativa* que, sin saber por qué, guía las

<sup>9</sup> SEGURA, María Florencia, entrevista al Doctor Fritjof Capra realizada el 28 de marzo de 2016.



Destructores Tipo 360 de la Armada Argentina  
IMAGEN: WIKIPEDIA

intuiciones de los grandes creadores científicos y artísticos.

Por otra parte, para poner un ejemplo del mar, podría apelar a una visión sistémica del subsistema mar de la hidrosfera, pero me resulta más interesante, a los fines de este ensayo, referirme al *buque de guerra como sistema*. Esto es así porque considero que un buque y su dotación humana conforman un sistema de hombres y de máquinas en el que un sistema social, el de la dotación, interactúa con un sistema artificial, el del casco, las máquinas y el equipamiento eléctrico, electrónico y de armas (todos ellos interpretables como subsistemas del buque). Estos sistemas, al navegar, están ligados a los avatares de la naturaleza del sistema Tierra, eventualmente con sus cinco subsistemas en interacción con el buque y sus tripulantes. El buque se desplaza por un medio, el mar, que es prácticamente ajeno a las pobres capacidades humanas de desplazar su cuerpo por el agua sin aditamentos tecnológicos. Así, podemos pensar en el buque como una «caparazón tecnológica» que nos permite navegar sin cansancio hacia los

***A mi entender, esto significa que su enfoque científico y tecnológico deja de lado la comunicación hombre-hombre, la comunicación hombre-naturaleza y la comunicación naturaleza-naturaleza.***

infinitos horizontes del mar, como ahora también lo hacemos por el aire y el espacio ultraterrestre, donde los horizontes se pierden y vemos el mar en todo su esplendor<sup>10</sup>.

## 2) Cibernética

Sencillamente podemos definir la cibernética como «ciencia del control», pero también podemos complicar algo la cosa definiéndola como «disciplina que estudia las regulaciones y la comunicación en los seres vivos y en las máquinas» (según Joël de Rosnay) (lo que se ensambla claramente con el punto anterior) o como «ciencia del control de los sistemas que entraña, por lo tanto, su conocimiento» (Chadwick en su libro *El enfoque sistémico del planeamiento*) (que también se ensambla adecuadamente con el punto anterior).

El padre de esta disciplina científica de la complejidad es, como lo expresé anteriormente, Norbert Wiener quien, junto con el gran matemático John Von Neumann, hizo experiencias con batracios para ver cómo el sistema orgánico de su comportamiento era regulado por señales de control de su sistema nervioso central.

Como una aplicación general y natural de esta disciplina en la naturaleza, podemos recurrir al sistema que conforma nuestro propio cuerpo y estudiar cómo mantenemos una temperatura corporal de unos 35° grados centígrados. Si algo anda mal en nuestro sistema por causa de su entorno, esa temperatura sube o baja, y la anormalidad debe ser resuelta a través de la acción de un médico.

10 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, Satélites, Tomo I, 5.ª etapa tecnológica naval y su incidencia en la Guerra de Malvinas, Instituto de Publicaciones Navales, vigésimo primer libro de la Colección Ciencia y Técnica, Buenos Aires, 1990, 845 págs..



Cuarto de operaciones de un buque de guerra moderno  
IMAGEN: PXHERE

En su aplicación social, Norbert Wiener, allá por el año 1958<sup>11</sup>, ya nos habla de que el entendimiento de la sociedad estará basado en el estudio de los mensajes cursados entre hombres y máquinas, entre máquinas y hombres, y entre máquinas y máquinas, con un gran adelanto de lo que actualmente es la computación, la telemática y la telefonía celular. A mi entender, esto significa que su enfoque científico y tecnológico deja de lado la comunicación hombre-hombre, la comunicación hombre-naturaleza y la comunicación naturaleza-naturaleza. Deja de lado gran parte de la problemática del sistema social tradicional basado en la comunicación entre hombres y la cuestión ecológico-ambiental. De todas maneras, se adelantó mucho a su época, y hoy toda la sociedad práctica, de hecho, esas tres formas de comunicación.



Servomotor de pala de timón  
IMAGEN: BENJAMÍN COSTA BOURDIEU

Todo esto, en los buques más modernos en general, es vital para mantener la compleja trama de la conducción de los miembros de la dotación de personal y, sobre todo, cuando se realizan operaciones propias de la finalidad de cada buque (comercio, pesca, investigación oceanográfica o hidrográfica, turismo, etc.).

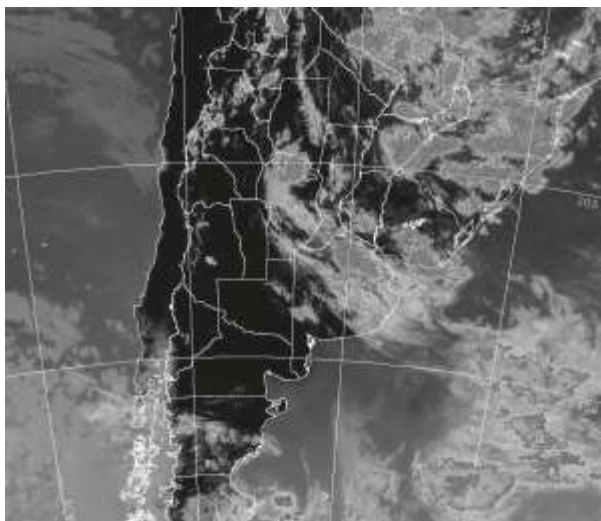
En relación con la cibernética aplicada a las cuestiones del mar, todos los marinos no solo conocemos la existencia del servomotor para el funcionamiento del timón sino que también sabemos que la realimentación negativa es parte de todos los controles electrónicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos, etcétera, que existen a bordo. Además, todos conocemos que la orden de un capitán debe ser cumplida dentro del sistema social que es la dotación y que, si cometemos un error, la realimentación negativa que viene por la cadena de mando para corregirlo se hará presente a través de una observación, una reprimenda, un sumario o una pérdida, final o temporal, de la posibilidad de uso de la documentación que lo acredita como registrado y habilitado para embarcar con una determinada función o rol a bordo. Esto también es cibernético

### 3) Teoría del caos

En épocas del *determinismo*, Galileo Galilei (1564-1642) expresó que «el universo está escrito en lenguaje matemático». En ese entonces, él se encontraba revolucionando la física y, al mismo tiempo, colocaba los cimientos de la ciencia moderna. En la época medieval, el mundo era un misterio, un ámbito privilegiado para monstruos y brujas, repleto de fenómenos inexplicables, una especie de espacio prohibido al cual el hombre no tenía acceso. La naturaleza aparecía como un misterio, y querer develar ese misterio era considerado una actitud de soberbia y de arrogancia. Pasaron casi cuatro siglos, y se produjo el advenimiento de poderosas computadoras digitales y, ya en épocas del *indeterminismo*, descubrimos que estas máquinas podían penetrar en las cuestiones caóticas

<sup>11</sup> WIENER, Norbert, *Cibernética y Sociedad*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1958, 181 págs

naturales y sociales de una manera impensable para un brillante matemático como Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor quien, al explorar el caos sin el auxilio de computadoras, realizó una tarea tediosa y repetitiva que, junto con la incompreensión de sus colegas, lo llevó a la locura. La cuestión es que, si bien el universo y también la sociedad humana no están organizados ni «escritos en lenguaje matemático», es posible avanzar algo sobre la problemática de los sistemas complejos, dinámicos y no lineales que yacen tanto en la naturaleza como en la sociedad, para tratar de predecir algo sobre su comportamiento futuro. En esto cabe aclarar que un *sistema no lineal* es el que exhibe una desviación de toda correspondencia funcional de proporcionalidad directa. Las ecuaciones que los representan matemáticamente no son lineales. De esta manera, la teoría del caos se define como «el estudio de los sistemas dinámicos no lineales y complejos»<sup>12</sup>.



Carta del tiempo, ¿frío o calor en Buenos Aires?  
Imagen de un satélite meteorológico sobre Buenos Aires

Cabe aclarar que se la designa «teoría» y no, «ciencia» porque lo que hace es intentar comprender cierta clase de fenómenos que se dan en la realidad y que surgen como consecuencia de otros anteriores, sin pretender establecer leyes determinantes al respecto. Como no domino esta teoría, no insisto en dar más información sobre ella para evitar que entre los lectores aparezca algún émulo del

matemático Cantor. Una aplicación general de esta teoría aparece en las predicciones meteorológicas; se sabe que han mejorado gracias al aumento de información disponible (sobre todo, por parte de los satélites meteorológicos) y su tratamiento con computadoras digitales de gran poder de procesamiento, pero nadie pretenderá que se le dé un pronóstico bastante acertado del tiempo meteorológico en un lugar geográfico determinado a un mes vista o, ni siquiera, con una semana de anticipación.

**(...) si bien el universo y también la sociedad humana no están organizados ni «escritos en lenguaje matemático», es posible avanzar algo sobre la problemática de los sistemas complejos, dinámicos y no lineales.**

Lo anterior, llevado a la meteorología marina, sigue teniendo el mismo valor predictivo. En mis épocas de marino en actividad, que fueron previas a la formulación de las aplicaciones de esta teoría, del uso de satélites artificiales y del advenimiento de la computación digital, como todos los marineros argentinos usaba el «predictor Díaz», que tan solo me brindaba un 70% de probabilidad de acertar con el pronóstico para el día siguiente. No expreso esto, en absoluto, para denigrar la imagen de un brillante oficial de marina experto en oceanografía y meteorología: el Capitán de Navío Emilio Luis Díaz (1913-1989). Él se graduó en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y realizó una gran carrera como marino y científico<sup>13</sup>. Lo que ocurre es que el acelerado avance de la tecnociencia va dejando atrás grandes logros anteriores, pero sus gestores deben ser reconocidos y nunca olvidados. Como he expresado en un artículo que ha de publicarse<sup>14</sup>, ocurre que la *temporidad* y la

12 MONROY OLIVARES, César, *Teoría del Caos*, Alfaomega S. A., Bogotá, 1998, 186 págs.

13 PUGLISI, Alfio, «Marinos notables», en *Boletín del Centro Naval* N.º 839, de julio a diciembre del año 2014.

14 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, «Temporidad», presentado al *Boletín del Centro Naval* para su publicación el 28 de abril de 2015.



*historicidad* son como son, y la historicidad es para hombres como Díaz, que hacen historia con su conocimiento y su acción.

Todo esto nos pone al borde de otra de las ciencias de la complejidad que hurga sobre el futuro, me refiero a la prospectiva.

#### 4) Prospectiva

No creo en la gente que dice «yo vivo el presente»; ¿mueren al instante siguiente que es del futuro? Tampoco creo en los que viven apegados al pasado cuando hay aceleración de la historia o variación exponencial en ella <sup>15</sup>(pág. 73). Dice nuestro filósofo Jorge García Venturini: «que el movimiento histórico es acelerado significa que cada vez tiene lugar un mayor número de cambios en una misma unidad de tiempo» y que, teniendo en cuenta las consecuencias «...mientras en siglos pasados varias generaciones vivían una misma época, ahora, una generación, la nuestra, vive varias épocas distintas». Con mis 84 años de edad, puedo atestiguar que esto ha sido así para mí y para todos mis coetáneos y que, probablemente, sumidos ya en la Era Exponencial<sup>16</sup>, el devenir histórico sea más que acelerado para convertirse en exponencial. Por supuesto que todos vivimos cada instante en el «aquí y ahora» pero, ante estas circunstancias, no podemos dejar de tener una prospectiva en relación con nuestras vidas y con todas las otras formas de vida.

El problema es que, con este cambio de los hechos, ocuparse del futuro no es fácil, es realmente tan complejo como necesario. Así ocurre cuando aceleramos y miramos por el parabrisas de nuestro auto; solo miramos por el espejo retrovisor de vez en cuando, porque consideramos que el peligro está adelante.

Hay diferentes actitudes del hombre frente al futuro. Una es la actitud *pasiva*, dejar que pase sin importarnos las consecuencias. Otra es adoptar una posición *mezquina* al tomar medidas familiares e individuales para evitar riesgos sin pensar en el entorno social como verdaderos

***Por supuesto que todos vivimos  
cada instante en el «aquí y ahora»  
pero, ante estas circunstancias, no  
podemos dejar de tener una  
prospectiva en relación con  
nuestras vidas y con todas las otras  
formas de vida.***

ciudadanos del país y del mundo. Finalmente, otra es la actitud *proactiva*, que implica actuar coherentemente, con conocimiento y eficacia en todas las esferas de la responsabilidad que debemos adoptar como propias. Para esto último, debemos conocer de *prospectiva* y plantearnos *futuribles* (futuros posibles) en distintos escenarios en los que podríamos actuar nosotros, nuestros hijos y nuestros nietos. En esto, nuestra mirada temporal no puede ser egoísta ni mezquina.

Uno de los grandes problemas argentinos es que muchos ciudadanos, entre ellos muchas autoridades, tienen una visión amplia del pasado, corta del presente y no tienen en cuenta una mirada hacia el futuro. Así, el tiempo futuro se nos viene encima y será inexorable en cuanto a las futuras consecuencias sobre nosotros y nuestra descendencia. Al futuro debemos construirlo desde cada presente y para nuestros descendientes; a ellos no se lo debemos acotar de la misma manera en que lo venimos haciendo.

Vuelvo a repetir: ante quienes dicen «solo vivo el presente», tengo la impresión de que morirán al instante siguiente, pues este ya es parte del futuro. No podemos atrapar el presente metiendo la mano en nuestra clepsidra y juntando la arena de su ampolla superior en nuestro puño que, al decir de San Agustín, se deslizará entre nuestros dedos y no caerá en su representación del pasado, que es la ampolla

<sup>15</sup> GARCÍA VENTURINI, Jorge L., ¿Qué es la filosofía de la historia?, 3 – La aceleración de la historia, Colección Esquemas N.º 97, Editorial Columbia, Buenos Aires, 86 págs.

<sup>16</sup> KANSHEPOLSKY, José, médico peruano especialista en criogenética, «Bienvenidos a la Era Exponencial», publicado por PAPELARBOL en Crónicas de América Latina el 2 de julio de 2016.

inferior. Lo mismo pasaría con una clepsidra con agua del río de Heráclito: el agua se deslizaría entre nuestros dedos y nos borraría del flujo de la historia. Como sociedad y, eventualmente, como individuos, deberíamos tener la capacidad de marcar la historia con *historicidad* y anulando la posibilidad de asumir y de vivir la *temporidad* como marca personal que nos deja el tiempo<sup>17</sup>.

Heráclito dijo que el hombre no puede sumergirse dos veces en el mismo río, y agregó que ya no será el mismo hombre el que se sumerja la segunda vez, pues él también habrá cambiado. Esto es así porque «somos siendo» y no nos podemos quedar «parados en un presente del tiempo» (a la manera que Martin Heidegger lo pensó)<sup>18</sup>, sino que tenemos que tener *proyectos* que nos saquen del estado de estar yectos en el tiempo para sumirnos en nuestro futuro y, si es posible, gracias al talento, hacerlo en la historia. Si no es así, una catarata del río heraclíteo nos ahogará en un presente eterno, es decir, en la nada.



La Cuenca del Plata IMAGEN: WIKIPEDIA

Tomo la definición de prospectiva del diccionario del mismo creador e impulsor del Grupo de Estudios de Sistemas Integrados, al cual pertenezco desde hace más de diez años, el profesor Charles François quien la definió como «el estudio de las futuras transformaciones posibles del sistema en función de su naturaleza

intrínseca y de sus interrelaciones con su entorno»<sup>19</sup>.

Los contenidos de esta ciencia-arte son probabilísticos pero, dentro de los pensados, los más probables posible, porque son establecidos de la manera más racional factible y porque, pienso, los sistemas son las entidades que mayor persistencia temporal pueden tener en comparación con los elementos y las interrelaciones que los componen.

Nuestro mentor en el GESI escribió<sup>20</sup>(pág. 139): «Hemos tomado finalmente conciencia de la complejidad del mundo y también de la verdadera relación que nos une a él. Los determinismos simples nos parecen ya como hilos de una trama, hilos que no se pueden separar del tejido del conocimiento sin destruirlo». Y, seguidamente, dice: «Marchamos, quizás, hacia un nuevo tipo de racionalismo, capaz de captar conjuntos complejos de elementos y de construir el sistema total de sus interacciones, aun cuando en la práctica tengamos que contentarnos durante largo tiempo con captar solo fragmentos coherentes». Luego expresa que pretendemos que ese método sea «... la base de transformación de nuestras sociedades»<sup>20</sup>(pág. 140). Esa transformación es nada menos que la cuarta revolución cultural de la humanidad<sup>21</sup> al estar puesta ante la *gran bifurcación*.<sup>22</sup>

Las aplicaciones sociales de la prospectiva deben ser instrumentadas para llevar adelante la política, la legislación, las estrategias, etc. Y, tanto

17 PÉREZ AMUCHÁSTEGUI, A. J., Algo más sobre la historia. Teoría y metodología de la investigación histórica, Editorial Ábaco de Rodolfo Desalma S. R. L., Buenos Aires, 1977, 210 págs.

18 HEIDEGGER, Martin, El ser y el tiempo, quinta reimpression, Fondo de Cultura Económica, México, 1977, 478 págs.

19 FRANÇOIS, Charles, Diccionario de Teoría General de Sistemas y Cibernética, Conceptos y Términos, Edición GESI, Asociación Argentina de Teoría General de Sistemas y Cibernética (División Argentina de la Internacional Society for the Systems Sciences), Buenos Aires, 1992, 220 págs.

20 FRANCOIS, Charles, Introducción a la prospectiva, Editorial Pleamar, Buenos Aires, 1977, 141 págs.

21 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, «La concepción biocéntrica del mundo», publicado por GESI en su sitio web en junio de 2016.

22 LASZLO, Ervin, La Gran Bifurcación. Crisis y oportunidad: anticipación del nuevo paradigma que está tomando forma, primera edición, prólogo de Ilya Prigogine, Colección Historia de la Ciencia y Epistemología, Editorial Gedisa, Barcelona, España, 1990, 172 págs.



en lo laboral como en lo familiar e individual, debemos cultivar nuestra prospectiva para encaminar nuestra vida y la de nuestros seres queridos.

Allá por el año 1986 hice, por invitación del Contraalmirante Fernando Milia (años después, Primer Presidente de la Academia del Mar), un cuestionario prospectivo de 47 preguntas, formuladas con miras al año 2002, a unos treinta jefes de estado mayor de las armadas del mundo. Se los consultaba respecto de cómo serían sus armadas de la próxima generación en cuanto a los tres componentes del poder naval (comando naval, infantería de marina y aviación naval). Esto fue con motivo de festejarse, ese año, el centenario de la creación de nuestro Centro Naval<sup>23</sup>. Solo contestaron diez; esto lo atribuimos, entonces, a cuestiones de política internacional, geopolítica, estrategia o falta de previsión de los consultados. Todos sabían que más de 15 años después ya no tendrían ese puesto, y supusimos que no tenían razones para jugarse, en el entorno naval internacional, con sus respuestas. Analizamos las respuestas concretas obtenidas para cada pregunta y las publicamos pensando que, en muchos casos, se habrían equivocado. Actualmente puedo decir, luego de haber realizado un análisis pormenorizado<sup>24</sup>, que en muchas instancias sus previsiones no se cumplieron, por ejemplo, respecto de las funciones de las mujeres en la Armada.

Pasando a otro caso de aplicación de esta disciplina digo que, años después, en el Centro de Estudios Estratégicos de la Armada, presenté la inquietud de que nos estábamos ocupando de muchas cuestiones del presente y del pasado sin tener en cuenta el futuro a través de la prospectiva. Junto con otros especialistas, hicimos una presentación teórica, y me contestaron que sería más eficaz explicar con un ejemplo que contuviera su aplicación a un objeto real. Formé, entonces, un grupo interdisciplinario, agregando a otros especialistas, e hicimos una «Prospectiva de la Cuenca del Plata»<sup>25</sup> que presentamos sin respuesta y que, dado el vacío

existencial que eso nos produjo, publicamos en internet a través de la Fundación para el Desarrollo Argentino Regional (FUNDAR). La llamamos «Cuenca del Plata. Un cauce para el futuro». Por ahora, la cuenca sigue, quizá, casi tan descuidada (en cuanto a la navegación, la contaminación, las inundaciones, etc.) como entonces, y es vital para el desarrollo del país. Desde el punto de vista sistémico, puede ser considerada el elemento más importante del entorno de nuestro sistema hidrosférico del Atlántico Sur.

## 5) Geometría fractal

Como bien lo expresa el creador de esta geometría de la naturaleza, Benoît Mandelbrot, todos los objetos naturales de interés de este ensayo son *sistemas*, dado que están formados por muchas partes distintas articuladas entre sí y «... la dimensión fractal describe un aspecto de esta regla de articulación». La misma definición es igualmente aplicable a los «artefactos» fruto de la organización social y de la tecnología. Dice también que una diferencia entre los sistemas naturales y los artificiales es que «... para conocer los primeros, hay que utilizar la observación o la experiencia, en tanto que, para los segundos, se puede interrogar al artífice» <sup>26</sup>(pág. 23).

Queda formular, dada la importancia de los fractales, su definición. Del latín *fractus*, significa «interrumpido o irregular», y resulta que los objetos de la naturaleza tienen esa característica. Por este motivo, la geometría fractal se aplica a los objetos de la naturaleza tal cual son.

23 MILIA, Fernando y DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, Boletín del Centro Naval, Nros. 750-751, julio-diciembre de 1987, compilación denominada «Las Armadas del Año 2002», como compiladores, redactores y coselectores de los cuestionarios y correddores de los comentarios y conclusiones.

24 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, «Prospectiva profesional naval», presentado para su publicación en el Boletín del Centro Naval en mayo de 2016.

25 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, PROSPECTIVA – Cuenca del Plata, Cauce para el futuro, como coordinador y en coautoría con Lic. Eduardo Raúl Balbi; Lic. en Hidrografía Francisco Héctor Cachaza; Lic. en Sistemas Navales Ricardo C. Araujo; Lic. en Sistemas Navales Eduardo Carlos Llorens y Lic. en Biología Sandra M. Vivequin, editado por Fundar en internet, sitio web: [www.fundar.org.ar](http://www.fundar.org.ar), botón «Opinión», Buenos Aires, noviembre de 2011, 68 págs.

26 MANDELBROT, Benoit, Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión, 3.ª edición, Colección Metatemas N.º 13, Libros para pensar la Ciencia, Tusquets Editores, Barcelona, 1993, 213 págs.

Lo anterior me remite a los egipcios antiguos pues ellos, cuando hablaban de lo circular, se referían a un objeto natural con forma aproximadamente circular, como la de un tronco de árbol cortado, y una pirámide era algo como las que ellos muy trabajosamente construyeron y aun ahora seguimos visitando, y así siguiendo<sup>27</sup>. En realidad, el espectro de conocimientos de los egipcios fue muy extenso y casi siempre estuvo basado en lo empírico. Su ciencia se basaba en la técnica, se trataba de un conocimiento en acción y se dedicaba especialmente a la estática, el equilibrio y el dominio de los materiales de construcción para su ingeniería, arquitectura y urbanismo orientado hacia una técnica habitacional.

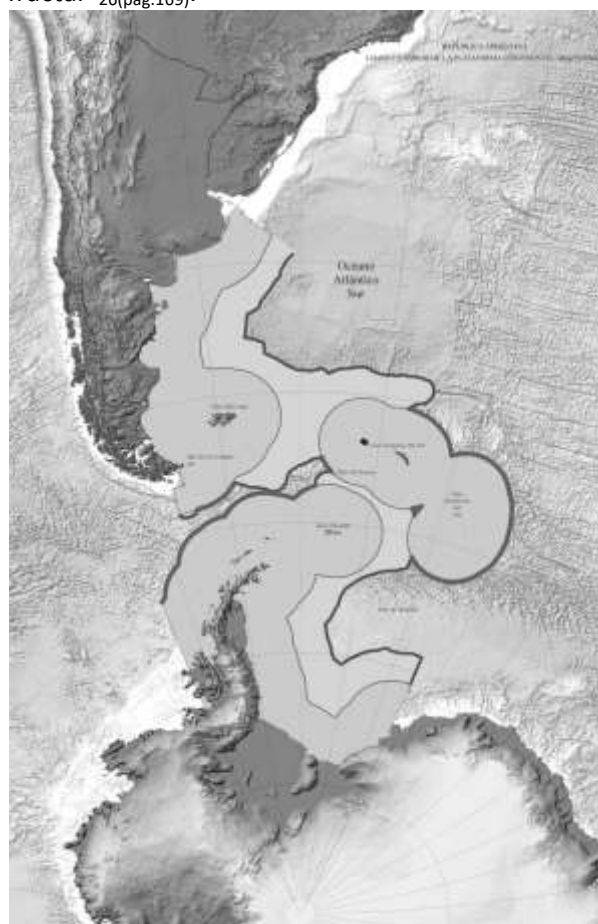
Luego vino Euclides (de 325 A.C. a 265 A.C.) y engrosó el mundo de las ideas platónico con rectas, ángulos, triángulos, pirámides, conos, etc., que son objetos ideales de lo que luego se llamó *geometría euclidiana*. Esta geometría ha brindado un servicio doblemente milenario para atender infinidad de problemas reales en los que siempre demostró su eficacia para las soluciones.

Luego de un larguísimo período de más de 2000 años, aparecieron las *geometrías no euclidianas* de Riemann y Lobachevsky a través de la negación del quinto postulado de Euclides de la geometría plana («por un punto exterior a una recta, pasa una sola paralela a dicha recta»). La geometría riemanniana fue empleada por Alberto Einstein para la formulación de su Teoría de la Relatividad General aplicada al universo, con la salvedad de que, en la Tierra y sus alrededores, la geometría euclidiana es muy aproximadamente válida. En estas geometrías, la suma de los ángulos interiores de un triángulo puede ser superior o inferior a  $180^\circ$ . Esto fue revolucionario, pero continuó dejando los objetos geométricos euclidianos en el mundo de las ideas platónico.

La siguiente revolución la produjo Mandelbrot en 1975, cuando resolvió hacer un aporte a una *geometría de la naturaleza real* (ya no virtual) con la primera edición de su libro *Los objetos*

## ***La geometría fractal se aplica a los objetos de la naturaleza tal cual son.***

*fractales*. Luego, en 1982, dicho autor produjo el libro *The fractal Geometry of Nature* (*La Geometría fractal de la Naturaleza*), donde amplió sus investigaciones. Todo esto le valió la denominación de «padre de la revolución fractal» que aceptó con sorpresa, pero con gusto. Él definió el *objeto fractal* como «objeto natural que resulta razonablemente útil representarlo matemáticamente por un conjunto fractal»<sup>26</sup>(pag.169).



Plataforma Continental Argentina  
IMAGEN: CANCELLERÍA, 4-2016

No es mi voluntad, ni pienso que sea la de los lectores de este ensayo, sumirme en los vericuetos matemáticos de esta teoría; tan solo pondré a vuestra disposición el ejemplo que el autor de esta teoría geométrica dio en relación con las costas marinas de Bretaña, pero adaptado a las costas argentinas.

27 KLIMOVSKY, Gregorio, apuntes de clase de la materia Historia de la ciencia, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, carrera de Filosofía, año 1989.

El capítulo dos del primero de los libros de este creador geométrico se denomina: «¿Cuánto mide la costa de Bretaña?»; a nuestros efectos, podemos preguntarnos: «¿Cuánto mide la costa argentina?». Esto pone en juego una clase de fractales, y tratamos de medir su longitud efectiva. Es evidente que esa distancia será mayor o igual que la distancia entre los extremos de cada pedazo de curva que midamos. Si la costa fuera recta como lo muestran nuestras «líneas de base recta y normales» (Ley N.º 23.968, Artículo 1.º y Anexo 1), en un primer paso tendríamos la solución del problema. Pero la realidad no es tan simple. Si vamos al detalle, la longitud será tan grande que, a los fines prácticos, se la puede considerar infinita. Con esto, entramos en el concepto de *dimensión fractal*; este concepto, en su sentido genérico, se define así: «número que sirve para cuantificar el grado de irregularidad y fragmentación de un conjunto geométrico o de un objeto natural»<sup>26</sup>(pag.169).

Al tomar el método más sencillo de medición para esta geometría, lo que se hace es pasear sobre la costa un compás de apertura dada, y se da cada paso donde termina el anterior. Multiplicando el valor de longitud de la apertura por el número de pasos, se tiene una longitud aproximada de la costa. Si se reduce cada vez más la apertura del compás, dicha longitud aumenta. Indudablemente, debieran considerarse las mareas, que son diferentes en cada tramo de la costa, y el problema adquiere una dimensión inmanejable.

Por todo lo anterior, las leyes de la naturaleza involucradas en el tema fueron reemplazadas por una ley de los legisladores argentinos. Esta lo simplifica todo a través de la representación de la costa al adoptar múltiples segmentos que abarcan largos trechos costeros y que luego se replican en las distintas zonas de los espacios marítimos hasta el límite de la Zona Económica Exclusiva. A partir de allí, cabe considerar, actualmente, el trecho hasta «el límite con el mundo» que materializa el límite exterior de nuestra plataforma continental. Hoy día se

### ***Para resolver la dimensión costera argentina: «(...) el problema adquiere una dimensión inmanejable».***

agrega la geometría fractal, que es parte de las ciencias de la complejidad y que se la entiende como la real«geometría de la naturaleza».

Para esto último, se recurre a algo parecido pero mucho más complejo para poder cumplir, en tiempo y forma, con lo establecido en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) y las Directrices Científicas y Técnicas de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLPC) a través de un trabajo coherentemente conducido durante casi veinte años. Todo esto tiene su historia y su proyección futura, pero ello queda fuera del alcance de este ensayo, en general, y de esta geometría, en particular.

Lo práctico es lo establecido por nuestra legislación y por la ley del mar (CONVEMAR); por supuesto que nadie en el mundo empleará la geometría fractal con estos fines. Esto sirve para ilustrarnos sobre la complejidad, la dinámica y la no linealidad de este encuentro entre el mar y el territorio, que es encarado por esta geometría de la naturaleza. Como diría Platón, la geometría fractal es una mala copia de la idealizada geometría euclidiana, y así es nuestra realidad legal.

### **6) Teoría de las catástrofes**

La teoría de las catástrofes llegará, cuando esté bien desarrollada, a abarcar todos los fenómenos científicos, sociales, sentimentales, intelectuales, etc. Así ocurrirá, también, con las otras ciencias de la complejidad, y no hay nada en nuestro horizonte cultural o científico que no pueda ser reelaborado de acuerdo con las ciencias de la complejidad, en general, y la teoría de las catástrofes, en particular.

La realidad es que el mundo es complejo y dinámico, y que, si adoptamos esta concepción,



no nos queda otra alternativa que aprender estas ciencias para tratar de comprender el mundo en que vivimos. Queda claro que el camino educativo es tan difícil como necesario.

La teoría de las catástrofes es una rama de estudio de las bifurcaciones de sistemas complejos, dinámicos y alineales. Estos, matemáticamente hablando, no pueden ser resueltos mediante ecuaciones diferenciales. Fue creada en la década de los 50 del siglo pasado por el matemático francés René Thom, especialista en topología diferencial, pero su naturaleza interdisciplinaria proyecta su influencia en gran parte del campo de la ciencia. Se la difundió a partir de 1968, y alcanzó gran auge en la década del 70 del mismo siglo.

Contradiendo la idea que vulgarmente tenemos de «catástrofe», la teoría de las catástrofes no es la teoría de los *desastres*, sino la *teoría de los cambios bruscos*, la *teoría de las bifurcaciones*; es, pues, otra cosa<sup>28</sup>.

«La catástrofe, pues, no tiene un sentido negativo, ni tiene nada que ver la teoría de las catástrofes con el pesimismo. Es más bien el intento de estudiar la morfogénesis (en biología) o, si pensamos de una manera geométrica, las bifurcaciones (una trayectoria puede seguir un camino o puede seguir otro)»<sup>29</sup>.

Se habla de que una catástrofe involucra topológicamente un «cambio de plano», pero en el sentido de «plano» como lo que no es habitual en muchos sentidos. La catástrofe «atormenta» la situación normal cuando se cambia de un plano a otro cambiando de nivel. Esto nos señala que vivimos en un mundo topológico, un mundo que no es «plano», cuyas superficies (normalidades) están atormentadas. Esto no es una metáfora, sino una manera de entender el mundo.

Dice el filósofo español Luis Martín Santos<sup>29</sup>: «Un pensamiento verdaderamente creador es siempre un “**pensamiento catastrófico**”, es el pensamiento que produce una bifurcación, un

## ***El concepto de frontera ocupa un lugar estratégico en la temática de las catástrofes (...).***

hundimiento, una morfogénesis, un cambio de plano (...)» (las negritas son del autor).

El mismo autor expresa que: «El **concepto de frontera** ocupa un lugar estratégico en la temática de las catástrofes: buena parte de él se ha dedicado a demostrar cuándo se forma una frontera en una región previamente indiferenciada» (igualmente, las negritas son del autor). Debemos meditar respecto de dicho concepto de frontera y sobre la gran cantidad de guerras que la historia de la humanidad ha registrado en relación con el instinto natural que tenemos los humanos por marcar límites y pelearnos con los que los invaden. Esto lo compartimos con los chimpancés, que tienen un ADN que coincide en más del 99% con el nuestro. Dada esta situación, la «paz perpetua» de Immanuel Kant<sup>30</sup> pasa a formar parte del mundo de las ideas platónico, y ello nos indica que la guerra seguirá siendo parte de nuestra realidad. Todo esto seguirá así salvo que, poniendo un toque de humor, pero real, en este ensayo, algún experimento genético nos lleve a compararnos con los monos bonobos que, dominados por las hembras, no se pelean por los límites<sup>8,31</sup>.

Si vamos a un ejemplo marino concreto, el cambio brusco de los planos que representan las capas tectónicas en el fondo del mar puede originar un maremoto (tsunami), y ello puede producir catástrofes en el mar y en las costas afectadas por las grandes olas producidas por el desnivel. Por estar nuestras costas en el Océano Atlántico, no podemos decir que no padeceremos maremotos. En el año 1775, la zona norte del Océano Atlántico fue azotada por el

28 TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES (definición por Wikipedia).

29 SANTOS, Luis Martín, filósofo español, conferencia sobre la Teoría de las Catástrofes durante el seminario de Epistemología dictado en la Universidad Cisneriana de Alcalá de Henares en el verano de 1985.

30 KANT, Immanuel, La paz perpetua, cuarta edición, Colección Austral N.º 612, Editorial Espasa Calpe, Madrid, 1964, 69 págs.

31 WADE, Nicholas, Before the dawn, Recovering the Lost History of Our Ancestors, Editorial The Penguin Press, London, 2006.



maremoto de unos 7 metros asociado al terremoto de Lisboa que mató a unas 60 000 personas en Portugal, España y África del Norte. También el mar Caribe se ha visto afectado por 37 maremotos registrados desde 1498. Algunos se han generado localmente, y otros fueron el resultado de acontecimientos lejanos, como el terremoto de 1775 próximo a Portugal. La suma de todos los muertos de estos tsunamis llega a un total de 9500 víctimas en las costas del Caribe. Finalmente, no debe ser descartada la posibilidad de que grandes meteoritos hagan impacto en la superficie atlántica y originen maremotos de diversa intensidad. Esto seguramente ocurrió en épocas pasadas, y es posible que ocurra en el futuro.

En los últimos tiempos, nuestro Académico del Mar Ingeniero Abel González, experto en seguridad nuclear, estuvo ocupado en las investigaciones posteriores relativas al maremoto producido en el Japón el 11 de marzo del año 2011. Ese desastre natural inundó una amplia región costera de ese país y la central nuclear de Fukushima<sup>32</sup>. Esto produjo, a su vez, muchas derivaciones catastróficas, en el sentido tradicional y en el sentido que le da la teoría de las catástrofes de René Thom.

Las derivaciones tradicionales se produjeron en la región de Tóhoku por efecto de una ola de más de 10 metros de altura que superó las defensas previamente construidas, produjo 15845 muertos, 3380 desaparecidos, 5893 heridos y 45 700 construcciones destruidas. Todo esto porque la placa del Pacífico se desplazó por debajo de la placa norteamericana, y la diferencia de los planos (de unos 40,5 metros) dio origen al maremoto más potente sufrido por el Japón. Su posición geográfica se ubica a 130 kilómetros hacia el este de Sendai y a 373 kilómetros de Tokio. En el sitio de Wikipedia (Internet), los lectores podrán encontrar mucha más información al respecto.

Sin embargo, en cuanto a las derivaciones de la teoría de las catástrofes, quiero hacer hincapié en manifestaciones hechas por el Académico

### ***Por estar nuestras costas en el Océano Atlántico, no podemos decir que no padeceremos maremotos.***

González en la Academia del Mar y en la Sociedad Científica Argentina. Por supuesto que su intervención en el Japón tuvo que ver con los temas de seguridad nuclear derivados de que las aguas del mar llegaron hasta la Central Nuclear de Fukushima, se contaminó un área habitada en sus proximidades, y las aguas contaminadas regresaron al mar y produjeron efectos aún no evaluados en la fauna y la flora marinas. En todo esto, destaco los contactos del Académico mencionado con los pobladores del área afectada. Todos sabemos de las consecuencias de la radiactividad producida en Hiroshima y Nagasaki luego de las explosiones de las bombas atómicas en 1945. La sociedad japonesa quedó sensibilizada y, en la Sesión Plenaria N.º 148 de la Academia del Mar<sup>33</sup>, el académico González expresó, refiriéndose a los efectos sobre la población, que el autor había escuchado en su exposición en la Sociedad Científica Argentina, lo siguiente:

«Eso está muy avanzado, el material que cayó en tierra fue poco comparado con el de Chernobyl, pero el viento siempre sopló para el este, para el Océano Pacífico. Hubo contramedidas, salvo en un pequeño pueblo donde hubo depósito. El miedo de la población es muy grande desde el punto de vista psicológico. Hubo suicidios. Esto tiene que ver con la cultura japonesa, con el *problema del estigma*. En el Japón, hay seis expresiones distintas para definir esa palabra. El daño es muy serio, y hay un daño económico enorme porque, como pueden imaginarse, nadie quiere comprar nada de Fukushima, que es el área de producción de la famosa carne japonesa tan cara. El daño económico es realmente importante, pero, en el nivel de la radiación, lo más grave es que, por incorporación de yodo, no lo va a haber en cantidad peligrosa porque se tomaron medidas rápidas y efectivas».

32 MAREMOTO Y CENTRAL NUCLEAR JAPONESA DE FUKUSHIMA, Wikipedia (internet).

33 ACADEMIA DEL MAR, Acta de la Sesión Plenaria Ordinaria N.º 148.



Central nuclear de Fukushima

IMAGEN: UNIVERSODIGITALNOTICIAS.COM

Evidentemente, la palabra estigma es muy importante para la sociedad japonesa. Nuestro Diccionario de la Real Academia Española la define de siete maneras diferentes, pero la más congruente con lo que nos interesa es la siguiente: «Lesión orgánica o trastorno funcional que indica enfermedad constitucional y hereditaria». Las mujeres embarazadas del área afectada y de las proximidades sintieron que sus hijos futuros tendrían malformaciones, como las producidas en Hiroshima y Nagasaki 66 años antes. Le costó muchísimo a nuestro Académico explicarles que los niveles de radiación fueron muy diferentes y que nada debían temer, dado que los encontrados en la zona eran comunes en otras regiones habitadas de nuestro planeta. De este modo, la catástrofe es, en este caso, psíquica y no es considerada por la acepción vulgar de la palabra catástrofe; en cambio, sí es aceptable como tal en la teoría de las catástrofes. Esto lo hace posible un estigma que ha quedado marcado en la psiquis del pueblo japonés.

Vaya todo esto como una explicación práctica del ámbito general que abarca la teoría de las catástrofes.

## Conclusiones finales

- Las ciencias deterministas nos muestran, a través de sus leyes, una parte más o menos controlable de nuestra realidad, y las *ciencias de la complejidad* constituyen otra parte, también más o menos controlable, de la naturaleza.

- Indudablemente, solo he tratado la complejidad del medio por el cual se desplazan nuestros

**(...) he manifestado que cada buque de guerra es, en sí, un sistema complejo, dinámico, abierto y alineal que suma complejidad a las tareas de la Armada.**

buques en sus navegaciones por todo el mundo, nuestros ríos y la Antártida. En otros escritos, he manifestado que cada buque de guerra es, en sí, un sistema muy complejo, dinámico, abierto y alineal que suma complejidad a las tareas de la Armada. Hombres y máquinas sometidos a un comando deben ponerse de acuerdo para navegar con rumbo cierto hacia objetivos predeterminados y saber usar las armas en el mar para defender la Patria. Ambas complejidades deben bullir en los cerebros de nuestros marinos, pero ocurre que sobre las complejidades de los buques en la guerra y en la paz ya se ha escrito mucho y se seguirá escribiendo. Aquí tan solo trato de complicarles un poco más la vida.

- Las ciencias de la complejidad son complejas dinámicas y muy difícilmente representables con la herramienta matemática. Ellas nos muestran la naturaleza tal cual es, y en esto incluyo la naturaleza humana.

- Albert Einstein, un hombre con una capacidad intelectual increíble, pronunció una frase que ha quedado para siempre en nuestra memoria colectiva: «Dios no juega a los dados». Con ella, introdujo la ciencia en el campo de la teología y se jugó totalmente por el determinismo. Pero ocurre que las ciencias de la complejidad parecen afirmar que es un jugador empedernido y que siempre nos gana la partida. También ocurre que las ciencias de la complejidad se aplican a la naturaleza y a la sociedad humana, ambas creadas por Dios, o como se lo llame en las denominadas «religiones del libro» y en las que no se guían por un libro. Esta polémica conclusión fundamental puede conceder a Dios, o no, la posibilidad de crear un mundo indeterminado haciendo recaer en los hombres la responsabilidad del conocimiento de la determinación divina. Mi desconocimiento en



materia de teología me lleva a apartarme de estas dudas respecto del pensamiento de un gran hombre que nos planteó las cuestiones del universo sin privarse de su propia religión.

- Es un hecho que la «flecha del tiempo»<sup>34</sup> ha dado en el núcleo de «las fronteras comunes a la ciencia, la religión y la filosofía», como lo expresa el subtítulo de ese libro del filósofo argentino Víctor Massuh. Adaptarnos a la indeterminación reinante en la naturaleza, la sociedad y el «reino de los *artificiata*» requiere de un profundo cambio mental en los que creen que todo está determinado en este mundo y que los idealismos de cualquier tipo pueden acceder a la realidad para hacerla perfecta. Este es el gran tema del materialismo en la polémica medieval de los universales, que aún sigue vigente en todos los «ismos» de respuesta masiva. Platón creía que la realidad era una mala copia del mundo de las ideas, y creo que, efectivamente, es así, y que carece de todo sentido tratar de que nuestras ideas de todo tipo encuentren cabida en una realidad que todavía conocemos muy poco.

- El cambio mental requerido por estas ciencias para la asimilación de la realidad humana debe ser global; puede ser que se oponga al caótico mundo de los instintos humanos y es una «macrometanoia»<sup>35</sup> muy difícil de llevar a cabo en la realidad, como todos los «universales» que en el mundo son y han sido. Los nominalistas, que se oponían a los materialistas, como lo fueron los dirigidos por Duns Scoto, fueron encabezados por Guillermo de Occan y creían que la enunciación de los universales como componentes de la realidad era *flatus vocis*, o sea, tan solo algo expresado verbalmente a través del aire pero sin cabida en la realidad del mundo.

La autora del libro antes mencionado también lo subtítulo: «El cambio de paradigma científico en las ciencias políticas, jurídicas y económicas», pero me adhiero más al subtítulo de Massuh porque es más amplio. No obstante, es claro que ambos pensadores dan una trascendencia muy

## **Platón creía que la realidad es una mala copia del mundo de las ideas (...).**

importante a las cuestiones tratadas en este ensayo.

- Descreyendo de la posibilidad de que la indeterminación se infiltre en todos los cerebros de los humanos vivientes actualmente, creo que un acercamiento razonable a la idea de su planteo universal y como mala copia de la idea está en la adopción de las ciencias de la complejidad en los sistemas educativos a nivel universitario. Actualmente, dichos sistemas están anclados en el determinismo pese a todas las evidencias que he tratado de mostrar en este ensayo. Hay un rechazo social a toda indeterminación, y ello justifica la existencia de múltiples discursos que tienden a predecirnos los avatares de nuestra vida futura y los que podrían afectarnos luego de la muerte.

- La aproximación a lo que nos muestran estas ciencias con la realidad de la vida me induce a pensar que marcan el camino de la supervivencia de la humanidad. No por nada muchas de ellas se han originado en biólogos y pensadores del futuro. En ellas se enseña que la clave de dicha supervivencia está en la aceptación de la realidad natural tal cual es.

- Hemos puesto, durante demasiado tiempo, nuestro pensamiento en lo estático. Esto ha sido así tanto en la consideración de la naturaleza como en la de la sociedad y sus productos tecnocientíficos, pero ocurre que todo se mueve con un dinamismo que no es determinable solo por las leyes de la naturaleza y del hombre. El tiempo, que da lugar a los hechos humanos y a los fenómenos naturales, se mueve con un movimiento continuo, y creo que es lo único efectivamente democrático en el sentido de que, el tiempo, pasa igualmente para todos.

34 MASSUH, Víctor, La flecha del tiempo. En las fronteras comunes a la ciencia, la religión y la filosofía, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1990, 276 págs.

35 BAUMGARTNER, Antonia Nemeth, MACROMETANOIA, un nuevo orden, una nueva civilización. El cambio de paradigma científico en las ciencias políticas, jurídicas y económicas, Editorial Sudamericana, Santiago de Chile, 1994, 414 págs.



• Mucho de lo afirmado hasta ahora, por el desarrollo que las ciencias de la complejidad han tenido en las últimas décadas, lo tenemos justamente en nuestro propio cuerpo considerado como *sistema*: en él, hay subsistemas (respiratorio, digestivo, nervioso, circulatorio, endocrinológico, etc.), y «nuestro ingeniero en sistemas», que es el clínico, nos indica, por ejemplo, que cuando sube nuestra temperatura corporal, algo está fallando con nuestra *cibernética*. Por otra parte, nuestra falta de *prospectiva* puede hundirnos en un presente que pretende frenar el flujo del caudaloso río heraclíteo que, metafórica y filosóficamente hablando, se desplaza entre el pasado y el futuro. Puede ocurrir, entonces, que podríamos «ahogarnos» en ese «río». El *caos* en medio del cual vivimos puede producirnos efectos psíquicos desagradables, pero ocurre que es parte de la realidad, una realidad que nos puede llevar a una muerte anunciada de la especie. También sabemos de las *catástrofes* que, según la teoría de las catástrofes, nos afectan la vida desde la naturaleza, la sociedad, nuestro propio cuerpo y la psiquis, y desde el «reino de los *artificiata*» o mundo tecnocientífico. Finalmente, lo *fractal* nos tira por la borda la geometría euclidiana que aprendimos con esfuerzo en nuestra adolescencia con el teorema de Pitágoras a la cabeza.

• La motivación principal que me ha llevado a escribir este artículo y los anteriores sobre las academias del mundo, nuestras academias argentinas y los mundos en que vivimos es que las ciencias de la complejidad nos muestran las realidades concretas en que vivimos y que es necesario su conocimiento en los niveles académico y universitario para mostrar lo que las ciencias tradicionales no han sido capaces de mostrar hasta ahora. Por ello, he propuesto que exista una Academia Nacional de las Ciencias de la Complejidad tanto como otra de las Ciencias de la Tierra que complementen las otras cinco que he estimado como necesarias a partir del siglo XXI<sup>36,37</sup>; ya se advierte esto a nivel mundial.

**Creo que todas estas conclusiones, y seguramente podrían obtenerse muchas más, nos ponen ante una nueva imagen del mundo que no es la que nos enseñaron.**

Creo que todas estas conclusiones, y seguramente podrían obtenerse muchas más, nos ponen ante una nueva imagen del mundo que no es la que nos enseñaron. Nos muestra la necesaria confluencia de nuestro pensamiento con la realidad, esa virtud perdida con el devenir de los milenios en la mente del hombre.

Admitir la vigencia de estas ciencias es difícil. Pero si las aprendemos y pretendemos aplicarlas a una realidad que hemos intentado dominar con la ciencia determinista que nos enseñaron, creo que la tarea será tan dificultosa como necesaria.

36 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, «Influjo de la Academia de Platón en las culturas occidental y cristiana», en el Boletín del Centro Naval N.º 842, de enero a marzo de 2016, (presentado en marzo de 2015).

37 DOMÍNGUEZ, Néstor Antonio, «Las academias argentinas y la Academia del Mar», artículo presentado en marzo de 2015 para su publicación en el Boletín del Centro Naval N.º 843 de abril a junio de 2016.

*Learn from the Disruption*

# Rethinking Navy Manpower In Light of the COVID-19 Response

By Lieutenants Steve Hallgren, Brandon Karpf, and Sam Lacinski, U.S. Navy | March 24, 2020



## Lieutenants Steve Hallgren, Brandon Karpf, and Sam Lacinski, U.S. Navy

Lieutenant Hallgren graduated from the Naval Academy in 2015 and went on to complete his graduate studies in 2017 at the University of Oxford. He is currently awaiting PCS orders to VAQ-129 to begin training at the EA-18G FRS at NAS Whidbey Island.

Lieutenant Karpf is a 2015 graduate of the Naval Academy. After completing a Master of Science at the Massachusetts Institute of Technology, he qualified as a Cryptologic Warfare Officer and Information Warfare Officer in Fort Meade, MD. He currently serves onboard USS BOXER (LHD-4) in San Diego, CA as the Tactical Information Warfare Officer. Lieutenant Lacinski is a native of Cleveland, Ohio. He commissioned from the Naval Academy in 2015 with a degree in Aerospace Engineering and earned a Master of Science from MIT in 2017. He is stationed at NAS Whidbey Island, undergoing the FRS syllabus flying the EA-18G Growler with VAQ-129.

The spread of COVID-19 has given the Navy a unique sort of natural experiment seldom observed in our history except during times of great global war and massive catastrophe. We must take this opportunity to analyze changes to the critical functions of manning, training, and equipping to determine what processes are superfluous and what processes truly are essential.

The Navy's mission success is fueled by well-trained personnel operating in efficient teams. The typical day at every command revolves around meetings, group tasks, and one-on-one training or mentorship sessions. Bringing sailors together to coordinate action, plan for the future, and share knowledge is fundamental to the Navy's operating philosophy. It is precisely this reliance on group interaction that makes an epidemic such as COVID-19 a challenge to our conventional operating style.



With every command implementing extraordinary countermeasures to combat the spread of COVID-19, while maintaining readiness, we now have an opportunity to assess our business as usual. However, without clear direction and centralization from senior leaders, we will fail to internalize these crucial lessons about operational efficiency and effectiveness confronting every naval command across the globe.

In response to this exceptional threat, Navy leadership has transformed standard operating procedures. To minimize personal contact in accordance with the larger goal of “social distancing,” the Navy has taken steps to cut back on formations, in-person meetings, and halted personnel movement.

While the expectation is to temporarily sacrifice operational efficacy and readiness for the greater good of slowing the virus spread, we should not blindly seek a return to normal once the threat from the virus is lessened. Instead, over the next weeks and months, Navy leaders have the opportunity to repeatedly address the question: “Are these countermeasures materially affecting readiness?” If not, certain COVID-19 policies should be retained to enhance operational efficiency once the Navy returns to a more normal footing.

The following are a few lines of questioning that might help both individual commands and the highest echelons of naval leadership tease out unexpected benefits from these changes. While this is not comprehensive, it should serve as a starting point to inspire commanders to reflect on how the unusual pressures of COVID-19 might allow them to improve the efficiency of their organizations.

Given the tight quarters in which sailors frequently work, minimizing the number of people in those spaces is an easier method of social distancing than maximizing the space between them. Over the past few weeks, commands have accomplished this by [expanding telework capabilities](#), allowing some employees to work from home, and by restricting physical manning to only “mission essential” personnel. Such policies undoubtedly help curtail the transmission of COVID-19 by reducing the number of people in contact with each other.

However, the designation of personnel and activities as “mission essential” implies that those not designated as such are non-essential. The exemption for the freeze on permanent-change-of-station (PCS) movement carved out in [NAVADMIN 080/20](#) is similarly thought provoking. A small amount of orders (“very limited in number”) may still be carried out if the move is “determined to be mission essential,” suggesting that the preponderance of PCS travel is non-essential.

While operating under heavy travel restrictions and limited manning—some commands as low as 25 percent of their full-force on a given day—commanders should reflect on the harm to readiness, if any, these reductions cause, and what “mission essential” means for their command. Further, commanders must ask how those personnel could be better used during normal operations.

Can commanders afford to lose more sailors to training courses than previously thought, potentially upwards of 50 percent? Could those sailors be redistributed to commands with a more dire personnel or skill need? More specifically, what is the effect of



minimum manning on maintenance and equipment readiness? Could the Navy embrace a flexible four-day work week or incorporate more widespread shift-work schedules, including for ships in port? What actual value does a duty section provide and how many personnel are required? And what effect would less frequent PCS movements have on operations?

These measures in the short term are being embraced as a response to COVID-19. However, answering these questions in the long term could allow a more efficient distribution of personnel or aid in retention by improving the quality of life of sailors across the fleet.

A command-level analysis is required to evaluate the full effect of these operational changes. Since every command is implementing COVID-19 countermeasures in different operational contexts, understanding each context will be necessary to notice changes in readiness. Only a meticulous evaluation by each command can reveal the unexpected benefits in the numerous COVID-19 countermeasures.

These changes, however, also affect the manning, training, equipping, and preparedness of the entire force. Therefore, the disparate analyses from each command must be standardized and aggregated to evaluate the full Navy-wide implications. For example, some commands may conclude

that non-standard working hours lead to more efficiency and better communication while other commands may find the opposite. Some conclusions will be specific to a command or a platform, and others will be generalizable to the warfare community or the operating cycle. An aggregation of the individual command results would then allow for best practices to be shared across the relevant communities. In doing so, we can enable other commands to enhance readiness with lessons learned by others and allow higher echelons to better distribute resources to meet the operational demands.

To identify these lessons and distribute new standard operating procedures to the force, we recommend that each individual command implement an analysis of the impact of COVID-19 countermeasures on their daily operations. Commanders already have been empowered to implement responses to the epidemic as they see fit. This responsibility should extend to studying the impact of those responses and not blindly returning to the status quo they notice some improvement. At an institutional level, we recommend that the Chief of Naval Personnel direct the creation of a special task force to assess this novel situation with assistance from each type command. The COVID-19 response provides a unique opportunity for the Navy to experiment with its traditional mode of operations. We must act now in order to emerge from this period of uncertainty as a stronger organization.