

LA ARMADA Y LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

Néstor A. Domínguez



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 XX¹. 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

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.

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

(...) 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 (...).

Steams allá por el año 1942²; la *teoría del caos*, que tiene una larga historia y muchos aportantes pero, si debemos destacar a un científico, este es Ilya Prigogine³; la *geometría fractal*, en la que Mandelbrot puso su originalidad⁴; 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 1968⁵; 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.

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 Sistemas¹⁶: Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), un talentoso biólogo y filósofo austríaco. Tal definición es corta, sencilla y omniabarcante: Es «un complejo de elementos interactuantes»⁷.

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*⁸.

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 Metatemáticas N.º 13, Libros para pensar la Ciencia, Tusquets Editores, Barcelona, 1993, 213 págs.

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...»⁹.

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 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 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

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.

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



Destructores Tipo 36
de la Armada Argentina

IMAGEN: WIKIPEDIA

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.

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 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 esplendor¹⁰.

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 entrafía, 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.

En su aplicación social, Norbert Wiener, allá por el año 1958¹¹, 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 practica, de hecho, esas tres formas de comunicación.

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 tam-

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.

¹¹ WIENER, Norbert, *Cibernética y Sociedad*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1958, 181 págs.



Servomotor de pala de timón

IMAGEN: BENJAMÍN COSTA BOURDIEU

Cuarto de operaciones de un buque de guerra moderno

IMAGEN: PICTURE

bién 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.

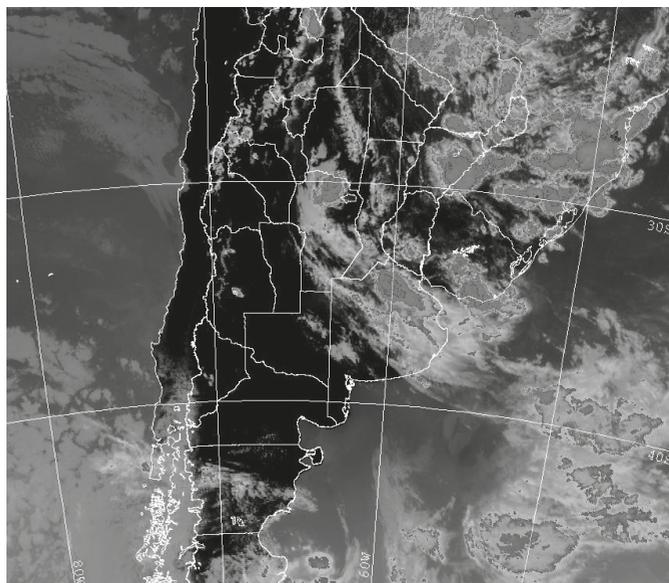
Pasaron casi cuatro siglos, y se produjo el advenimiento de poderosas computadoras digitales y, ya en épocas del *indeterminismo*, descubrimos que estas máquinas podían penetrar en las cuestiones caóticas naturales y sociales de una manera impensable para un brillante matemático como Georg Ferdinand 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»¹².

(...) 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.

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



Carta del tiempo, ¿frío o calor en Buenos Aires?

Imagen de un satélite meteorológico sobre Buenos Aires

(...) pero nadie pretenderá que se le dé un pronóstico bastante acertado del tiempo meteorológico en un lugar determinado a un mes vista (...).

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.

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 marinos 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 científico¹³. 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 publicarse¹⁴, ocurre que la *temporidad* y la *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.

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.

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 ella¹⁵ (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 Exponencial¹⁶, 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 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 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 tiempo¹⁷.

Heráclito dijo que el hombre no puede sumergirse dos veces en el mismo río, y agrego 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)¹⁸, 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.

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.

15 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.

16 KANSHEPOLSKY, José, médico peruano especialista en criogenética, «Bienvenidos a la Era Exponencial», publicado por PAPELARIBOL en *Crónicas de América Latina* el 2 de julio de 2016.

17 PÉREZ AMUCHÁSTEGUI, A. J., *Algo más sobre la historia. Teoría y metodología de la investigación histórica*, Editorial Abaco 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.



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»¹⁹.

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 escribió²⁰ (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»²⁰ (pág. 140). Esa transformación es nada menos que la cuarta revolución cultural de la humanidad²¹ al estar puesta ante la gran bifurcación²².

Las aplicaciones sociales de la prospectiva deben ser instrumentadas para llevar adelante la política, la legislación, las estrategias, etc. Y, tanto 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 Naval²³. 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 pormenorizado²⁴, 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»²⁵ que presentamos sin respuesta y que, dado el

- 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 FRANÇOIS, 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.
- 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 correcciones 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 Balti; 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, botón «Opinión», Buenos Aires, noviembre de 2011, 68 págs.

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»²⁶ (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.

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 siguiendo²⁷. 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 milenar 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°. Esto fue revolucionario, pero continuó dejando los objetos geométricos euclidianos en el mundo de las ideas platónico.

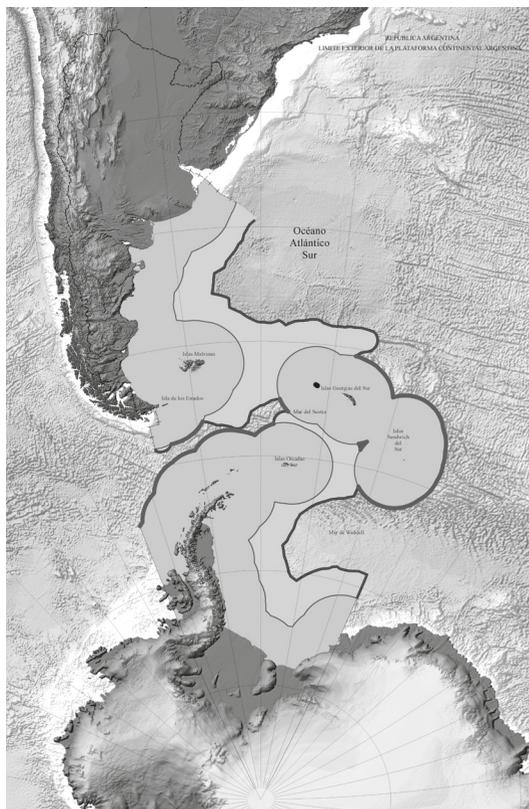
La siguiente revolución la produjo Mandelbrot en 1975, cuando resolvió hacer un aporte a una *geometría de la naturaleza real* (ya no virtual) con la primera edición de su libro *Los objetos fractales*. Luego, en 1982, dicho autor produjo el libro *The fractal Geometry of Nature (La Geometría fractal 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»²⁸ (pág. 169).

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

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

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.

28 TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES (definición por Wikipedia).



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.

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»²⁹ (pág. 168).

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 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.

Para resolver la dimensión costera argentina: «[...] el problema adquiere una dimensión inmanejable».

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.

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 cosa²⁹.

«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)»²⁹.

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 Santos²⁹: «Un pensamiento verdaderamente creador es siempre un “**pensamiento catastrófico**”, es el pensamiento que produce una bifurcación, un 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 Kant³⁰ 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 límites³¹.

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

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

²⁹ 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.

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 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 Fukushima³². 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 15 845 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 Sondai 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 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 Mar³³, 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».

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

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

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

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

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.



Central nuclear de Fukushima
IMAGEN: UNIVERSODIGITALNOTICIAS.COM

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 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 marineros, 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

(...) 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.

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»³⁴ 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»³⁵ 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 subtitula: «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 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.
- 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, cir-

Platón creía que la realidad es una mala copia del mundo de las ideas [...].

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.

culatorio, 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, metafóricamente 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^{36,37}; 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. 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. ■

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.

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.