



Revista Política y Estrategia Nº 140, (2022)

Editada por: **Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE) Chile.**

Lugar de edición: Santiago, Chile

Dirección web:

<http://www.politicayestrategia.cl>

ISSN versión digital: 0719-8027

ISSN versión impresa: 0716-7415

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.vi140.1008>

Para citar este artículo / To cite this article: LORENZO-PENALVA Lucas, José: “Análisis de modelos matemáticos aplicados a la lucha contra el terrorismo y los extremismos violentos”.

Revista Política y Estrategia Nº 140. 2022. pp. 35-62

DOI: <https://doi.org/10.26797/rpye.vi140.1008>

Si desea publicar en Política y Estrategia, puede consultar en este enlace las Normas para los autores:

To publish in the journal go to this link:

<http://politicayestrategia.cl/index.php/rpye/about/submissions#authorGuidelines>



La Revista Política y Estrategia está distribuida bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

ANÁLISIS DE MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS A LA LUCHA CONTRA EL TERRORISMO Y LOS EXTREMISMOS VIOLENTOS ∞

JOSÉ LORENZO-PENALVA LUCAS*

RESUMEN

Este ensayo analiza la validez de las técnicas de dinámica de sistemas para modelizar y predecir el terrorismo y el extremismo violento. En concreto, se expone el modelo de Chamberlain como ejemplo de acierto en sus previsiones post ataques del 11 de Septiembre de 2001 y, además, se validan la adecuación a la realidad de los modelos teóricos que Faria dejó abiertos. El fracaso de la guerra de Afganistán de 2001 a 2021 pone de manifiesto la necesidad de cambiar la aproximación al problema del terrorismo y extremismo violento. La dinámica de sistemas es una herramienta que podría ser de mucha utilidad para la evaluación de las estrategias que afrontan el problema. No obstante, por muy buena que sea la herramienta, debe ser empleada adecuadamente por quienes la aplican.

Palabras clave: Terrorismo; extremismo; seguridad; dinámica de sistemas; toma de decisiones.

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS APPLIED TO THE FIGHT AGAINST TERRORISM AND VIOLENT EXTREMISM

ABSTRACT

This paper explores the validity of system dynamics techniques for modelling and predicting terrorism and violent extremism. Specifically, Chamberlain's model is presented as an example of success in forecasts after the attacks of September 11, 2001. In addition, the adequacy to reality of the theoretical models that Faria left open will be confronted.

* Máster en Gestión de la Seguridad e Investigación, Universidad de Vic. – Universidad Central de Cataluña; Máster Universitario en Política de Defensa y Seguridad Internacional por la Universidad Complutense de Madrid; Máster Universitario en Paz, Seguridad y Defensa de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED y Doctorando en la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. jlrluc@alu.upo.es

∞ Fecha de recepción: 130622 - Fecha de aceptación: 151222.

The failure of the Afghanistan war (2001-2021) highlights the need to change the approach to the problem of terrorism and violent extremism. System dynamics is a tool that could be very useful in evaluating strategies to deal with the problem. However, no matter how good the tool is, it must be properly employed by those who apply it.

Key words: *Terrorism; violent extremism; security; system dynamics; decision making.*

ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS À LUTA CONTRA O TERRORISMO E O EXTREMISMO VIOLENTO

RESUMO

Este ensaio examina a validade das técnicas de dinâmica de sistemas para modelagem e previsão de terrorismo e extremismo violento. Especificamente, o modelo de Chamberlain é exposto como exemplo de sucesso em suas previsões após os atentados de 11 de setembro de 2001 e, além disso, valida-se a adaptação à realidade dos modelos teóricos que Faria deixou em aberto. O fracasso da guerra no Afeganistão de 2001 a 2021 destaca a necessidade de mudar a abordagem do problema do terrorismo e do extremismo violento. A dinâmica de sistemas é uma ferramenta que pode ser muito útil para a avaliação das estratégias que enfrentam o problema. No entanto, por melhor que seja a ferramenta, ela deve ser utilizada adequadamente por quem a aplica.

Palavras-chave: *Terrorismo; extremismo; segurança; dinâmica de sistemas; tomando uma decisão.*

Introducción

La mayor parte de los decisores en el nivel político, estratégico o los niveles más altos de la Administración del Estado querrían poder predecir las consecuencias de las políticas o decisiones que aplican. El coste político de aplicar recursos y esfuerzos y que el resultado sea estéril o incluso contraproducente es alto.

El ejercicio de la prospectiva y de la creación de escenarios de futuro depende, en numerosas ocasiones, de conocer las relaciones causales y, por tanto, las consecuencias de las acciones¹. En el caso del terrorismo, nos encontramos con un problema complejo cuyas raíces atienden a múltiples causas que, además, suelen estar interrelacionadas lo que precisa de un enfoque sistémico para la resolución.

1 Véase a GATICA Bórquez, J. «La planificación estratégica y su contribución a las relaciones vecinales entre Chile y Perú», *Política y Estrategia* núm. 134, diciembre de 2019, Consultado el 10 de marzo de 2022 y disponible en: <https://www.politicayestrategia.cl/index.php/rpye/issue/view/33>

El terrorismo, el extremismo violento y las insurgencias son problemas diferentes pero presentan algunos aspectos en común. Una de estas semejanzas es que se pueden encuadrar dentro de los tipificados como problemas interactivamente complejos no lineales², ya que los orígenes de estos problemas son multicausales, sus partes componentes están interrelacionadas, y sometidos a los mismos estímulos de manera reiterativa pueden dar respuestas muy desiguales.

Los modelos teóricos que tradicionalmente se han empleado en Ciencias Sociales no se construyen para reproducir la realidad de manera fidedigna, sino representan su configuración esencial para facilitar la comprensión y determinar su comportamiento³.

La dinámica de sistemas emplea la modelización de manera diferente a la tradicional en Ciencias Sociales, de forma que esta técnica es, normalmente, una de las empleadas por esta disciplina para poder esclarecer las relaciones causales que podrán ser convertidas en ecuaciones matemáticas y que, complementadas con inteligencias artificiales y el aprendizaje automático⁴, se pueden emplear para cuantificar y predecir los efectos de las acciones realizadas.

La dinámica de sistemas es una metodología y una técnica de modelización matemática que empezó a desarrollarse en los años cincuenta del siglo pasado para discutir aspectos y problemas complejos. Esta disciplina emplea técnicas que incluyen sistemas diferenciales lineales y no lineales; juegos diferenciales; ecuaciones diferenciales con retardo; programación dinámica y optimización dinámica discreta.

Faria⁵ enfatiza el hecho de que muchas de las dinámicas de las relaciones entre las organizaciones violentas extremistas y los que las combaten, podrían modelizarse con técnicas de dinámica de sistemas para terminar presentando dos modelos explicativos y predictivos acerca de las organizaciones terroristas y las políticas del Estado en materia anti-terrorista.

-
- 2 Para profundizar en los tipos de problemas y en los problemas interactivamente complejos no lineales véase, por ejemplo, FORRESTER, Jay W. *Industrial Dynamics. A major breakthrough for decision makers. Harvard Business Review*, 1958, vol. 36, no 4, pp. 37-66; FORRESTER, Jay W. *System Dynamics and the Lessons of 35 Years*. Capítulo en: De Greene K.B. (eds). *A Systems-Based Approach to Policymaking*. Springer, Boston, MA, 1993. Consultado y disponible el 10 de febrero de 2022 en: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3226-2_7; BENNETT, Alex, BENNETT, David Hughes, BURSTEIN, Frada, y HOLSAPPLE, Clyde W. *The decision-making process for complex situations in a complex environment*. Handbook on Decision Support Systems, Springer-Verlag, New York, 2008. Consultado y disponible el 20 de febrero de 2022 en: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5_1 o VAN RIPER, P. *An Introduction to System Theory and Decision-Making*. E(C) 2510 ANX A. U.S. Marine Corps University, 2009. Un ecosistema o el mismo cuerpo humano son ejemplos de sistemas interactivamente complejos no lineales, el cuerpo humano puede reaccionar de manera diferente a un fármaco en función del estado de sus órganos o sistemas constituyentes.
 - 3 Véase CALDUCH, Rafael. *Métodos y técnicas de investigación en Relaciones Internacionales*. Madrid, Universidad Complutense, 1991. Consultado y disponible el 19 de diciembre de 2021 en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Técnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>
 - 4 Del término *machine learning*, rama de la inteligencia artificial que emplea algoritmos informáticos que mejoran las predicciones con el uso de los datos y la experiencia.
 - 5 FARIA, João Ricardo. An integro-differential approach to terrorism dynamics. *Defence and Peace Economics*, 2011, vol. 22, no 6, pp. 595-605. Consultado y disponible el 5 de diciembre de 2021 en: <https://doi.org/10.1080/10242694.2011.627768>

El empleo de herramientas predictivas funcionales en las políticas de la lucha contra-terrorista sería un avance significativo en esta materia. Surgen, por tanto, dos preguntas: ¿es posible emplear dinámica de sistemas para modelizar y predecir problemas complejos como el terrorismo? En caso afirmativo, ¿se adecúan las ecuaciones teóricas propuestas por Faria a la realidad?

Para responder a ambas cuestiones el presente ensayo se ha estructurado en tres partes. Primero, se revisará el estado del arte para comprobar, entre aquellas investigaciones que mantengan estándares científicos, si es posible emplear dinámica de sistemas para predecir problemas complejos. Segundo, se realizará un estudio empírico para verificar si los modelos predictivos construidos con ecuaciones integro-diferenciales de Faria se adecúan a la realidad. Finalmente, se extraerán unas conclusiones.

CHAMBERLAIN, UN MODELO PREDICTIVO ACERTADO

Tras los ataques del 11 de Septiembre de 2001 Smith⁶ apuntó la necesidad de utilizar una nueva metodología que emplease dinámica de sistemas para modelizar la lucha contra el terrorismo. Este autor proponía un sistema que fuese capaz de soportar las relaciones de las partes constituyentes de una organización terrorista como, por ejemplo, el elemento de mando, las células operativas, las políticas, las comunicaciones, aspectos culturales y otros.

Los orígenes de los modelos de Smith se remontan a los modelos basados en un agente, usados con éxito en el campo de la modelización de estructuras sociales por Chatterjee y Seneta, Cohen “*et al*”, Latane y Nowak y Galam y Wonczak⁷. Krause⁸ incorpora a los modelos atributos no lineales, lo que representa un salto cualitativo, pues algunos de los factores que influyen en las dinámicas del terrorismo no son lineales.

-
- 6 SMITH, Roger. Modeling and Simulation Adds Insight on Terrorism. Signal Magazine. December 2001. Armed forces Communications and Electronics Association (AFCEA). Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.afcea.org/content/modeling-and-simulation-adds-insight-terrorism> y SMITH, Roger. Counter Terrorism Simulation: A New Breed of Federation. Simulation Interoperability Workshop. Orlando, Florida, Spring 2002. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <http://ndl.iitkgp.ac.in/document/MDI5cHdNUUInd0lnZHNoQXlvOG5ISE1UL2Mydko5RmxKSIR0UkRacDVLaz0>
 - 7 CHATTERJEE, Samprit; SENETA, Eugene. Towards consensus: Some convergence theorems on repeated averaging. *Journal of Applied Probability*, 1977, vol. 14, no 1, pp. 89-97. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.2307/3213262>; COHEN, Joel E.; HAJNAL, John; NEWMAN, Charles M. Approaching consensus can be delicate when positions harden. *Stochastic Processes and their Applications*, 1986, vol. 22, no 2, pp. 315-322. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: [https://doi.org/10.1016/0304-4149\(86\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0304-4149(86)90008-6); LATANÉ, Bibb; NOWAK, Andrzej. Self-organizing social systems: Necessary and sufficient conditions for the emergence of clustering, consolidation, and continuing diversity. *Progress in communication sciences*, 1997, pp. 43-74, y GALAM, Serge y WONCZAK, S. Dictatorship from majority rule voting. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 2000, vol. 18, no 1, pp. 183-186. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1007/s100510070090>
 - 8 KRAUSE, U. A Discrete Nonlinear and Non-Autonomous Model of Consensus Formation. Capítulo. En: ELAYDI, Saber N.; POPENDA, Jerry; RAKOWSKI, Jerry (ed.). *Communications in Difference Equations: Proceedings of the Fourth International Conference on Difference Equations*. CRC Press, 2000. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.3388&rep=rep1&type=pdf>

La dinámica de sistemas no solo se ha empleado en el campo de la Sociología, sino que también se ha empleado con éxito para modelizar y predecir problemas y sistemas complejos en Medicina, Biología y otras disciplinas científicas⁹.

En materia específica de terrorismo, además de Smith, otros de los primeros en emplear dinámica de sistemas fueron Deffuant “*et al*”¹⁰. Por otro lado, Raczynski¹¹, además de la no linealidad, incluye entre las variables de sus modelos la posibilidad del empleo de acciones cinéticas como, por ejemplo, la destrucción de una parte del sistema de la organización terrorista. El modelo de Raczynski, sin embargo, se construye en el marco teórico sin someterse a validación con datos empíricos.

Dombroski¹², Carley¹³ y Anderson¹⁴ presentaron modelos basados en un agente o emplearon técnicas de dinámica de sistemas para modelizar aspectos particulares del terrorismo.

Kaminsky y Ayyub¹⁵ desarrollaron modelos sencillos para el cálculo del coste-eficiencia de las políticas terroristas, basándose en el coste por célula terrorista desactivada en función del tiempo. Si se combina con un determinado nivel de riesgo aceptable en relación con las acciones terroristas, el parámetro puede utilizarse para tomar una decisión oportuna sobre la necesidad de revisar las políticas empleadas.

-
- 9 Véase, entre otros, a ASHBY, W. Ross. Design for a brain, London. *Science Paper*, 1952; HOLLING, Crawford S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 1973, pp. 1-23. Consultado y disponible el 27 de enero de 2022 en: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>; LEVIN, Simon A. *Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems*. *Ecosystems*, 1998, vol. 1, no 5, pp. 431-436. Consultado el 27 de enero de 2022, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3658676> y GRIMM, Volker y RAILSBACK, Steven .F. *Individual Based Modeling and Ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
 - 10 DEFFUANT, Guillaume; AMBLARD, Frederic; WEISBUCH Gérard y FAURE Thierry. *How Can Extremism Prevail? A Study Based on the Relative Agreement Interaction Model*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2002, vol. 5, no. 4. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.jasss.org/5/4/1.html>
 - 11 RACZYNSKI, Stanislaw. Simulation of the dynamic interactions between terror and anti-terror organizational structures. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2004, vol. 7, no 2. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.jasss.org/7/2/8.html#krause2000>
 - 12 DOMBROSKI, Matthew J.; CARLEY, Kathleen M. NETEST: Estimating a terrorist network’s structure—Graduate student best paper award, CASOS 2002 Conference. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 2002, vol. 8, no 3, pp. 235-241. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1020723730930>
 - 13 CARLEY, Kathleen M. *Estimating vulnerabilities in large covert networks*. Carnegie-Mellon, University of Pittsburgh Pa, Institute for Software Research International, 2004. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA466095.pdf>
 - 14 ANDERSON, Edward G. A preliminary system dynamics model of insurgency management: The Anglo-Irish War of 1916-21 as a case study. En: *Proceedings of the 2006 International System Dynamics Conference*. 2006. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.952&rep=rep1&type=pdf>
 - 15 KAMINSKIY, Mark P. y AYYUB, Bilal M. Terrorist population dynamics model. *Risk analysis*, 2006, vol. 26, no 3, pp. 747-752. Consultado el 27 de enero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00780.x>

Leweling y Sieber¹⁶ exploraron la dinámica de sistemas para hacer frente a los actores violentos no estatales. En concreto, los autores presentaron un modelo construido con diagramas de *stock* y flujos de tal manera que, los futuros investigadores podrían aprovechar los sistemas de información automatizados para fundamentar y perfeccionar empíricamente el modelo, sirviéndose de estudios de casos particulares y fenómenos de interés.

El punto álgido se alcanzó con Chamberlain, también en 2007, quien presentó un conjunto de seis modelos teóricos que luego empleó para obtener las ecuaciones matemáticas que permitieron realizar predicciones acerca de la relación competitiva entre al-Qaeda y Estados Unidos.

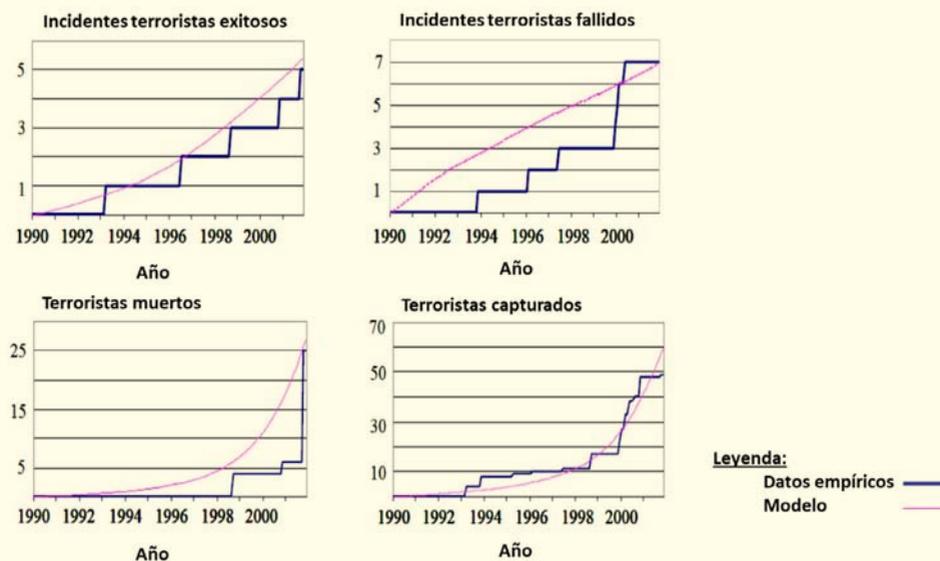
La parametrización realizada por Chamberlain fue bastante acertada. Las ecuaciones de sus modelos resultaron ser fidedignas a las series de datos empíricos disponibles hasta la fecha. Pero, además, los modelos arrojaron predicciones concretas y que con el tiempo demostraron ser suficientemente acertadas, indicando éxitos parciales de la estrategia de los Estados Unidos y anunciando tres ataques en suelo americano y un coste de unas bajas estimadas mínimas de 2.000 muertes a fecha de 2010.

Como se puede ver en la Imagen 1, Chamberlain combinó los bucles causales y los diagramas de *stock* y flujo e identificó las retroalimentaciones y los retrasos en el sistema. Asimismo, cuantificó los diversos aspectos del sistema mediante un *software* de modelado de dinámica de sistemas llamado Vensim¹⁷, lo que permitió el desarrollo de modelos de simulación que mostraban el patrón de comportamiento del juego competitivo entre al-Qaeda y los Estados Unidos. Estos modelos fueron validados con el apoyo de datos empíricos de al-Qaeda recopilados entre el periodo de 1990 y 2002.

16 LEWELING, Tara y SIEBER, Otto. Using systems dynamics to explore effects of counterterrorism policy. En: *2007 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2007. pp. 198-198. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2007.597>

17 Vensim es un software de simulación desarrollado por Ventana Systems. El *software* está orientado principalmente a la simulación continua de dinámica de sistemas, con algunas capacidades de modelado de eventos discretos y basados en agentes. La primera versión pública se lanzó en 1990. Actualmente, Vensim es un programa consolidado que se encuentra en su versión 9.2, disponible en: <https://vensim.com/>

Imagen 2. Representación gráfica de las series temporales de datos empíricos reales (azul) con la representación gráfica de los modelos de Chamberlain (fucsia).



Fuente: Elaboración propia con datos de Chamberlain¹⁹.

El trabajo de Chamberlain demostró que es posible modelizar y realizar predicciones con un grado de probabilidad aceptable en materia de terrorismo. Las ecuaciones matemáticas darán predicciones más acertadas cuanto mejor parametrizados se hayan construido los modelos, pues las ecuaciones parten del modelo. El enfoque sistémico es fundamental debido a la complejidad del problema.

ESTRATEGIA ANALÍTICA PARA VALIDACIÓN DE LAS ECUACIONES DE LOS MODELOS DE FARIA

Faria propuso en 2011 dos modelos de acuerdo a la teoría de sistemas. El primero representa en el tiempo la manera en que se verá afectado el sector turístico en función del número de terroristas y de la acción del Estado en materia antiterrorista. El segundo relaciona en el tiempo la innovación terrorista con el número de ataques exitosos, la prevención y los esfuerzos de inteligencia para detectar posibles atentados antes de que ocurran.

La estrategia analítica para la validación será idéntica para ambos modelos y consistirá en los siguientes pasos:

- a. Exposición de las premisas (relaciones) en las que se basa Faria para la generación del modelo.
- b. Exposición de la fórmula final a la que Faria llega después de simplificar las ecuaciones.

19 Ibíd.

- c. Explicación y expresión gráfica de la fórmula matemática del modelo que servirá como algoritmo para realizar las predicciones.
- d. Validación del modelo con datos empíricos recientes.
- e. Análisis del resultado de la validación del modelo.

Validación de las ecuaciones integro-diferenciales de Faria para modelar la relación turismo-terrorismo-acción del Estado

Enders y Sandler²⁰ fueron capaces de correlacionar el terrorismo con el turismo. Faria²¹ propone el empleo de ecuaciones integro-diferenciales para obtener modelos que permitan realizar predicciones de cómo afectará el número de terroristas presentes en una zona en el número de turistas que visitan un país, en función de las acciones del Estado en materia antiterrorista y en inversión.

Las premisas que toma Faria para construir las ecuaciones son:

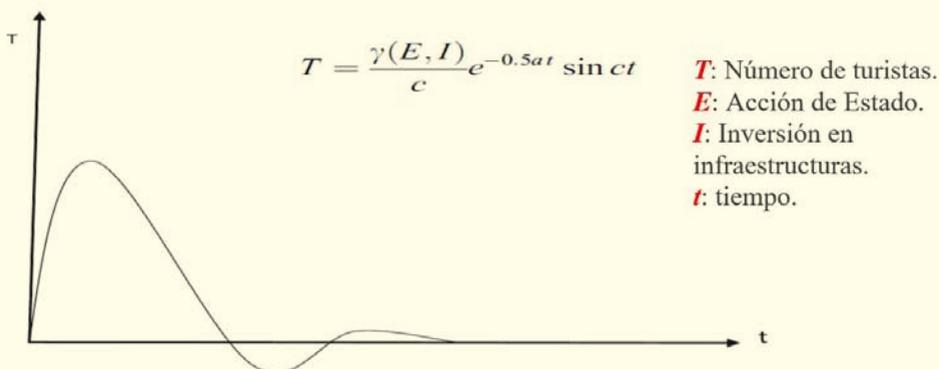
- Los turistas y los terroristas son seres racionales.
- Los turistas eligen entre destinos alternativos de acuerdo a recursos limitados, es decir, siguen la relación coste-beneficio.
- Los terroristas atacan el sector turístico de un país cuando este es importante para el país.
- Los turistas tratarán de evitar una zona en la que se perpetren atentados terroristas.
- Los terroristas tratan de afectar la economía de un país perpetrando atentados para que vengan cada vez menos turistas.
- La inversión en infraestructuras y en seguridad anima a los turistas a visitar un país.

En la siguiente imagen se puede ver el resumen de los cálculos y transformadas realizadas por Faria para alcanzar la fórmula final que describe y trata de predecir el comportamiento del número de turistas en función del número de terroristas, de las acciones del Estado en materia antiterrorista para evitar inseguridad y del atractivo de un país medido en la inversión en infraestructuras turísticas.

20 ENDERS, Walter; SANDLER, Todd. Causality between transnational terrorism and tourism: The case of Spain. *Studies in Conflict & Terrorism*, 1991, vol. 14, no 1, pp. 49-58. Consultado el 10 de diciembre de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1080/10576109108435856>

21 FARIA, João Ricardo. Op. Cit. p. 598.

Imagen 3.



Fuente: Elaboración propia con datos de Faria²²

De acuerdo a los postulados de Faria²³, suponiendo que el país es atractivo para los turistas, el número de turistas inicial vendría dado por el valor inicial del atractivo turístico del país y aumentaría en función de la inversión en infraestructuras y oferta de ocio.

A medida que aumenta el número de terroristas y se producen los atentados, decrecería el número de turistas, puesto que éstos elegirían un lugar más seguro de acuerdo a sus recursos limitados y la relación coste-beneficio. Sin embargo, la acción exitosa del Estado en materia antiterrorista haría que la situación de seguridad mejorase y que algunos turistas volviesen a visitar el país, pero en menor medida.

El ciclo se repetiría, a menor escala, hasta que con el tiempo el número de turistas se estabilizase en un valor constante o próximo a cero.

Para comprobar si el modelo de Faria se ajusta o no a la realidad, se confrontará con los datos reales de turistas que han visitado Cataluña y el número de terroristas yihadistas que se tiene constancia que han estado presentes en esta comunidad autónoma. El estudio se realiza desde 2001 hasta 2019, año en el que aparece la pandemia de coronavirus y se hace imposible desligar esta variable del resto de las de este caso de estudio.

El origen de los datos del número de terroristas yihadistas es triple: primero, del Centro de Inteligencia Contra el Terrorismo y Crimen Organizado (CITCO), que ha proporcionado datos del 2014 al 2019²⁴; segundo, del Departamento de Seguridad Nacional, concretamente de los Informes Anuales de Seguridad Nacional de 2013 a 2020²⁵; y tercero, de las comunicaciones del Ministerio del Interior del período 2001 a 2013²⁶.

22 FARIA, João Ricardo. Loc. Cit.

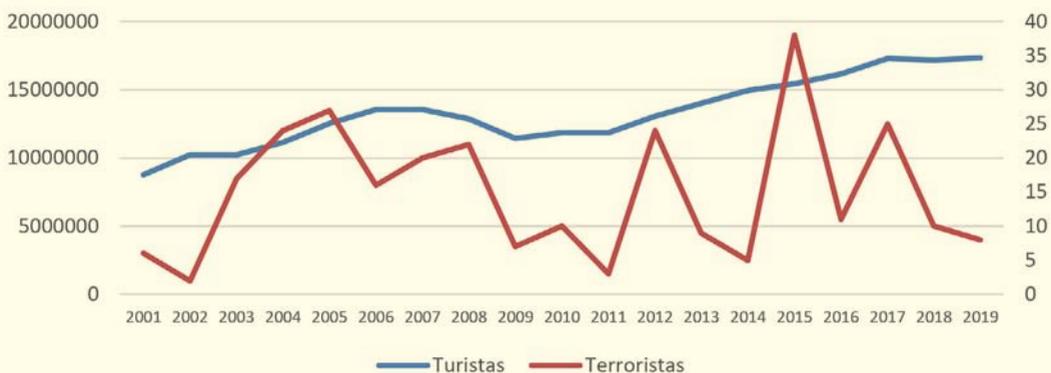
23 *Ibíd.* p. 600.

24 Requerimiento con expediente número 001-064836, del 26 de enero de 2022.

25 Consultados el 19 de febrero de 2022 y disponibles en: <https://www.dsn.gob.es/es/estrategias-publicaciones/informe-anual-seguridad-nacional>

26 Véase Anexo: Comunicaciones del Ministerio del Interior de España.

Imagen 4. En azul puede verse la evolución del número de turistas, en términos de millones. En rojo puede apreciarse la evolución del número de terroristas, en términos de decenas.



Fuente: elaboración propia, con datos del Instituto Nacional de Estadística para el número de turistas; y con datos de fuentes abiertas y del CITCO para determinar el número de terroristas detenidos residentes en Cataluña.

La realidad se aparta del modelo propuesto al menos en este caso. Por un lado, el número de turistas mantiene un ritmo de crecimiento casi constante del 2001 al 2007; desciende durante dos años en 2008 y 2009 y luego vuelve a crecer de manera casi lineal hasta 2018, donde por un año se estabiliza y, de nuevo, vuelve a crecer. Por otro lado, el número de terroristas oscila de manera, podría decirse, casi cíclica en periodos de año o dos años entre picos y valles, aunque no ligado al número de turistas.

No es posible establecer una correlación entre ambas series, el coeficiente de correlación de las dos series es 0,206. Tampoco es posible establecer relaciones no lineales, covarianza o causalidad de Granger entre ambas curvas.

Podría pensarse que el decremento de turistas del 2008 y 2009 se debe al incremento de terroristas de 2007 y 2008, pero esa suposición no es correcta y la fluctuación es debida a la crisis financiera que estalló en 2007, como se puede verificar en el resto de países de la Unión Europea.

En la Imagen 5 puede verse un ejemplo de las tendencias del número de turistas que han visitado cuatro países de la Unión Europea. En la imagen puede apreciarse el descenso generalizado del número de turistas que visitaron Francia, España, Italia y Alemania cuando surgió la crisis de 2007 y como, con el tiempo, una vez superado el peor momento de la crisis, comenzó a mejorar otra vez en todos los países el incremento del número de turistas.

Imagen 5. Tendencias del número de turistas que visitaron los países de la Unión Europea.



Fuente: Index Mundi, con datos del Banco Mundial, en: <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/ST.INT.ARVL/compare#country=fr:de:it:es>

El primer modelo de Faria queda refutado. No obstante lo anterior, que el modelo de Faria no se adecúe a la realidad no debe confundirse con que la dinámica de sistemas sea una herramienta inadecuada para la parametrización de las dinámicas terroristas y antiterroristas. La dinámica de sistemas es probablemente la mejor herramienta hoy en día para modelizar estas dinámicas. Pero incluso la mejor herramienta da resultados erróneos, si las premisas iniciales son erróneas o incompletas.

Con esta visión, la fortaleza más importante del modelo de Faria es, en sí misma, el modelo. Por un lado, Faria acierta cuando identifica que las organizaciones violentas extremistas se rigen por dinámica de sistemas no lineales. Por otro lado, las variables elegidas por Faria no son las más adecuadas y se quedan escasas, en comparación con otros modelos más completos y fiables, como el de Chamberlain.

Veamos en detalle algunas de las razones por las que este primer modelo no se ajusta bien a la realidad. Primero, por ejemplo, la variable “número de terroristas” no ejerce una buena influencia en el modelo, porque a mayor número de terroristas no implica necesariamente más terror o coerción causado en la población.

Uno de los aspectos cruciales de los problemas complejos es que, normalmente, desafían a las soluciones intuitivas²⁷, lo cual se evidencia en que ni siquiera el “número de víctimas causadas por atentado terrorista” sería una variable adecuada para el modelo, pues los años con más muertes de terrorismo en España fueron el 2004 y el 2017, pero no se observó descenso de turistas en España o en Cataluña.

Así pues, el quid de la cuestión está en la elección de las variables del modelo. Por un lado, como se discutirá más adelante, está la cuestión de obtener ecuaciones matemáticas simplemente empleando modelos autorregresivos de series temporales, en vez de tratar de identificar variables independientes y relaciones causales.

Por otro lado, está la cuestión de la no linealidad del problema que podría resumirse en que, lo que es aparentemente lógico, no tiene por qué producirse con seres humanos, donde las decisiones no son siempre racionales²⁸.

Desde comienzos de los años noventa hasta la fecha, la aproximación de las potencias occidentales a la lucha contra las organizaciones violentas extremistas, cuando ésta se ha llevado a cabo fuera de Occidente, se ha basado, principalmente, en el empleo de técnicas de planeamiento, decisión y valoración que estaban fundamentadas en sistemas lineales, cuando la esencia del problema obedece a dinámicas no lineales²⁹.

Por ejemplo, el planeamiento, la toma de decisiones y la evaluación de las medidas de eficiencia de las acciones de las estrategias en Afganistán e Irak se llevaron a cabo siguiendo el método de planeamiento y toma de decisiones empleado por la OTAN, la coalición de países que luchó junto a la OTAN y los Estados Unidos.

El esquema general del método de planeamiento y toma de decisiones de la OTAN y los Estados Unidos es el que se puede observar en las imágenes siguientes. Este proceso de planeamiento y toma de decisiones funciona excepcionalmente bien cuando se aplica a conflictos convencionales, que siguen mecánicas lineales, pero falla cuando se enfrenta,

27 En el marco de la OTAN y de la lucha contra el terrorismo y radicalización violenta se trata de contrarrestar este aspecto reeducando a la intuición en lo que en el argot se denomina “sentido común desarrollado”. FORRESTER, Jay W. Loc. Cit.

28 En Augier y March se puede profundizar sobre el carácter no-racional de las decisiones humanas, AUGIER, Mie y MARCH, James G. (ed.). *Models of a man: Essays in memory of Herbert A. Simon*. MIT Press, 2004. Consultado el 18/01/22, disponible en: <https://doi.org/10.7551/mitpress/4709.001.0001> y en Lorenzo esta problemática se focaliza en el análisis de inteligencia y la lucha contra las organizaciones violentas extremistas (VEO), LORENZO-PENALVA, José. Técnicas cuantitativas o cualitativas de utilidad en el análisis de inteligencia. *Ponencia Congreso de inteligencia y prospectiva Universidad de Granada*. Universidad de Granada, España, 2019. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <http://www.ugr.es/~gesi/congreso/comunicacion29-3.pdf>

29 Para profundizar en los procesos de decisión y los tipos de problemas ver VAN RIPER, P. Loc. Cit. y AUGIER, Mie y MARCH, James G. (ed.). *Ibíd.* tratan el asunto de los problemas mal definidos; en LORENZO-PENALVA, José. Etnocentrismo, pensamiento sesgado y el análisis de inteligencia frente al yihadismo. *Análisis Grupo de Estudios de Seguridad Internacional (GESI), Universidad de Granada, España, 2019, (6), 1*. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <http://www.ugr.es/~gesi/congreso/comunicacion29-4.pdf> se exponen las deficiencias de muchas de las estrategias empleadas en la lucha contra las VEO.

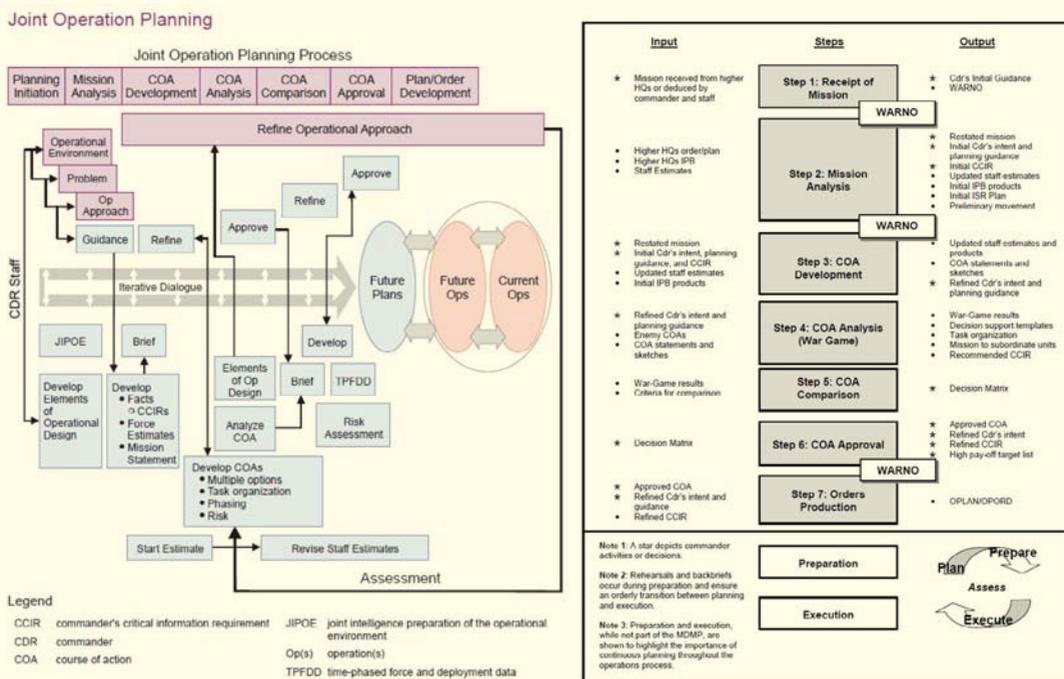
porque no está diseñado para eso, contra problemas no lineales, como, por ejemplo, el terrorismo³⁰.

En la imagen de la izquierda puede verse el proceso de planeamiento adoptado por los cuatro servicios de los Estados Unidos (Ejército de Tierra, Marina, Ejército de Aire e Infantería de Marina de los Estados Unidos).

En la imagen de la derecha se muestra el proceso de toma de decisiones del Ejército de los Estados Unidos, que no se diferencia del resto de los servicios de Estados Unidos.

En ambos procesos se evidencia la naturaleza sistemática y lineal de su diseño. Ni el proceso de planeamiento conjunto, ni el táctico difieren, en esencia, de los que España ha adoptado.

Imágenes 6 y 7. Proceso de planeamiento conjunto de los Estados Unidos (izquierda); proceso de toma de decisiones del Ejército de los Estados Unidos (derecha).



Fuente: Izquierda, publicación doctrinal conjunta de las Fuerzas Armadas de Estados Unidos, JP 5-0, versión (2011: IV-3). Derecha, publicación doctrinal del Ejército de los Estados Unidos, FM-5.0 Planes y órdenes, (2005: 3-3).

30 Véanse, por ejemplo, las discrepancias mostradas por Torres Soriano entre el Ejército de los Estados Unidos y la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos (CIA) en la lucha multidominio (ciber y terrestre) contra las organizaciones terroristas y extremistas violentas en campaña de Irak. TORRES-SORIANO, Manuel R. The Role of Honeypots and Sabotage in State-Based Operations Against Online Jihadism, 2001-2020. *Terrorism and Political Violence*, 2022, pp. 1-11. Consultado el 16 de mayo de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1080/09546553.2022.2050221>

La realidad es que, a pesar de que en 2009 Estados Unidos, la OTAN y España introdujesen el enfoque sistémico y la aproximación integral en el método de planeamiento del nivel operacional³¹, el proceso de toma de decisiones, el planeamiento y la valoración de la eficiencia de las operaciones actuales sigue empleando mayormente herramientas de resolución de problemas lineales, lo cual es un inconveniente grave, pues estas herramientas no están diseñadas para resolver los problemas interactivamente complejos no lineales como el terrorismo o extremismo violento.

Sin entrar en el arma atómica³², el ejemplo más claro de la ineficiencia y disfunciones que se producen, cuando se trata de hacer frente a un problema estructuralmente complejo no lineal con herramientas lineales, son las insurgencias en las que el conflicto, en la práctica totalidad, ha sido ganado por las fuerzas irregulares sin importar la diferencia de capacidad militar entre contendientes.

El porqué de que la OTAN y muchos países occidentales empleen la misma herramienta para tratar de afrontar problemas que se resuelven de manera diferente radica en varios aspectos, pero se pueden destacar dos: el primero es que las dinámicas de los conflictos han cambiado y las Fuerzas Armadas reaccionan tarde debido a las inercias organizacionales³³.

Durante décadas, el planeamiento, la toma de decisiones y la generación de fuerzas y capacidades basadas en criterios lineales ha funcionado muy bien. Hoy en día, acertar quien vencerá y el tiempo que durará una batalla, entre tropas regulares, es relativamente sencillo. Se han desarrollado modelos predictivos, a partir de inteligencias artificiales, de los que se obtienen, con un alto grado de probabilidad, la duración y el vencedor de una batalla. La sistematización y la burocracia han sido la clave del éxito, pero cuando estas dos características no van acompañadas de capacidad de adaptación se corre el peligro de caer en la obsolescencia. Las Fuerzas Armadas son organizaciones con inercias muy grandes, lo que es uno de los puntos fuertes y débiles de las mismas.

El segundo, es que algunos conflictos actuales siguen obedeciendo a dinámicas lineales (por ejemplo, Azerbaiyán-Armenia, la guerra civil Libia, o la actual guerra civil etíope), otros son ambivalentes en función del momento en el que se encuentran (por ejemplo, el

31 SIMON, Geza, y DUZENLI, Muzaffer. The comprehensive operations planning directive. *NATO NRDC-ITA Magazine*, 2009, vol.14, pp.16-19. Consultado el 22 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.nato.int/nrdc-it/magazine/2009/0914/0914g.pdf>

32 Beaufre explicará las opciones que le quedan al decisor para desarrollar la estrategia de la campaña en función de los medios y capacidad ofensiva (criterios lineales), en combinación con el arma atómica (teoría de juegos). Cuando la capacidad y medios no son suficientes Beaufre puntualiza que la única vía posible es la de la guerra irregular (dinámicas no lineales). BEAUFRE, Andre. *Introducción a la Estrategia*. Caracas, Ed. Rioplantense, 2002.

33 Véase, por ejemplo, los tres primeros capítulos de la obra de Jenkins en lo relativo al cambio de las dinámicas del terrorismo, apreciación de la situación y el conocimiento del adversario. JENKINS, Henry. (2006). *Convergence Culture. La cultura de la convergencia de los medios de comunicación*. Editorial Paidós; también, véase a Metz en lo concerniente a la necesidad de abandonar la doctrina contrainsurgencia por una más eficiente doctrina de lucha contra el terrorismo. METZ, Steven. Abandoning counterinsurgency: Toward a more efficient antiterrorism strategy. *Journal of Strategic Security*, 2017, vol. 10, no 4, pp. 64-77. Consultado el 17 de febrero de 2022, disponible en: <http://doi.org/10.5038/1944-0472.10.4.1648>

conflicto del Donbás, ahora guerra de Ucrania). Lo anterior crea confusión y dificulta que se terminen interiorizando los cambios de las dinámicas de los conflictos³⁴.

La brecha en el enfrentamiento entre fuerzas regulares e irregulares es más profunda hoy en día, pero no en favor precisamente del fuerte como antaño. Las nuevas tecnologías llevan los efectos de los combates y las batallas a los hogares de los ciudadanos³⁵. A lo anterior hay que sumarle la nueva sensibilidad hacia la violencia y la regulación del monopolio y uso de la misma por parte de la Sociedad de Naciones, lo cual pone en desventaja a aquellos ejércitos regulares que respetan el Derecho de los Conflictos Armados, cuando se enfrentan a tropas irregulares que no se sujetan al mismo.

Así pues, los cambios del entorno operativo junto con el uso de herramientas no adecuadas para hacer frente al tipo de problema, han sido dos causas mayores, de entre todas las que han provocado los fracasos de las campañas de Afganistán e Irak.

La grandeza de Chamberlain, Faria y sus predecesores es haber descubierto la necesidad de emplear la herramienta (dinámica de sistemas no lineales) que se adapta adecuadamente al tipo de problema al que se enfrenta. Herramienta que además puede proporcionar ecuaciones matemáticas que permitan hacer predicciones que faciliten la toma de decisiones para abordar problemas como el terrorismo, el extremismo violento o las insurgencias. Lo que se tiene que depurar es la elección de las variables de los modelos para que éstos den buenas predicciones.

Validación de las ecuaciones integro-diferenciales para modelar la relación: número de ataques terroristas-innovación

En 1993, Enders y Sandler fueron capaces de encontrar ecuaciones matemáticas que describían fielmente los efectos de segundo orden en algunas acciones del Estado en materia de contraterrorismo. Enders y Sandler emplearon modelos autorregresivos integrados de promedio móvil³⁶, con los datos disponibles en aquel momento de terrorismo y turismo, lo cual, como se verá en el análisis de los resultados de la validación de este modelo, presenta un problema, no cuando se describe un periodo, pero sí cuando se realizan predicciones.

Siguiendo el camino de Enders y Sandler, Faria relacionó en 2006 la innovación con la disuasión, la prevención y la inteligencia. Posteriormente, Faria³⁷ usó las premisas de su modelo de 2006 para, empleando ecuaciones integro-diferenciales, construir un modelo teórico, con arreglo a dinámica de sistemas, que permitiría realizar predicciones acerca del número de ataques terroristas y la innovación de las organizaciones terroristas.

34 Como puede comprobarse, entre otros, con lo acaecido en el fiasco de la campaña de Afganistán o los actuales esfuerzos de la OTAN por actualizar su Concepto Estratégico.

35 Gowing describe las nuevas dinámicas de comunicación y cómo estas afectan, entre otros, al secreto y a la lucha contra el terrorismo e insurgencia. GOWING, Nik. *'Skyful of Lies' and Black Swans*. Reuters Institute for the Study of Journalism, Department of Politics and International Relations, University of Oxford, 2009. Consultado el 17 de febrero de 2022, disponible en: <https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/2017-12/Skyful%20of%20Lies%20%26%20Black%20Swans.%20The%20new%20tyranny%20of%20shifting%20information%20power%20in%20crises.pdf>

36 También conocidos como modelo ARIMA, del acrónimo inglés Autoregressive Integrated Moving Average.

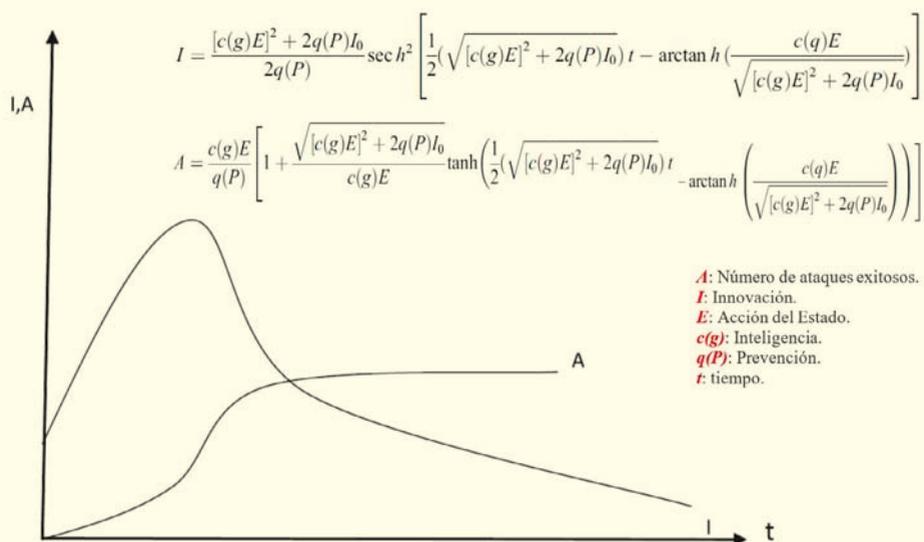
37 FARIA, João Ricardo. Op. Cit. p. 600.

Las premisas que toma Faria son:

- El crecimiento de las innovaciones de las organizaciones terroristas se detiene si los ataques de los terroristas tienen éxito.
- La innovación de las organizaciones terroristas aumenta con las medidas políticas de disuasión contraterrorista.
- Las operaciones para obtener inteligencia sobre las organizaciones terroristas desbaratan las innovaciones (tiene un efecto negativo en el crecimiento) de las mismas.
- Las políticas de prevención espolean el crecimiento de la innovación en las organizaciones terroristas.
- El nivel de atentados terroristas con éxito depende del uso efectivo de las innovaciones a lo largo del tiempo.

En la siguiente imagen se puede ver la fórmula final del modelo predictivo de Faria y la representación gráfica del mismo. En la fórmula final simplificada de las ecuaciones integro-diferenciales se relacionan el número de ataques exitosos (A) con el uso eficiente de la innovación de las organizaciones violentas extremistas (I) en función del tiempo.

Imagen 8. Ecuaciones integro-diferenciales del segundo modelo de Faria y su representación gráfica.



Fuente: Elaboración propia con datos de Faria³⁸.

38 FARIA, João Ricardo. Loc. Cit.

De acuerdo a los postulados de Faria³⁹, en la vida de las organizaciones violentas extremistas las innovaciones crecen mucho inicialmente hasta alcanzar un máximo; después, el ritmo en innovación va cayendo suavemente hasta que tiende a cero.

Por otro lado, la tendencia de los ataques sigue una curva en forma de sigmoide; en los momentos iniciales, la organización es capaz de planear y ejecutar ataques a un ritmo creciente que se incrementa con la innovación, pero cuando la innovación en la organización alcanza su máximo, el ritmo de crecimiento de los ataques exitosos disminuye, y cuando la innovación decrece tendiendo a cero, el ritmo de los ataques exitosos permanece constante.

La validación del modelo se realizará confrontándolo con datos empíricos obtenidos de Afganistán e Irak en el periodo de 2001 a 2019.

Cuantificar los esfuerzos de innovación de las organizaciones violentas extremistas de manera detallada es una labor compleja, cuando no imposible por las siguientes razones:

- Muchas organizaciones violentas extremistas optan por la vía de la clandestinidad para dificultar la acción del Estado o de las organizaciones que las combaten, por lo cual es muy difícil medir de forma tangible y precisa los esfuerzos. Por ejemplo, el 36% de los ataques terroristas registrados en la Base de Datos Global de Terrorismo de la Universidad de Maryland⁴⁰, entre 2001 y 2018, Afganistán, no han sido reivindicados, o lo que es más problemático, el 89,6% de los ataques terroristas registrados en la citada base de datos, entre 2001 y 2013, en Irak, tampoco han sido reivindicados.
- Las organizaciones militares y policiales que combaten el terrorismo son reacias a publicar lo que conocen de las organizaciones violentas extremistas con el fin de que éstas no tomen medidas preventivas y corrijan sus vulnerabilidades.

Para salvar el problema de la cuantificación del modelo, en vez de confrontarlo con la innovación, se confrontará con el número de ataques exitosos que sí es un parámetro factible para ser cuantificado y verificado.

La verificación y cuantificación de los ataques exitosos presenta también algún desafío. El término “ataque exitoso” empleado por Faria en sus premisas es poco preciso, porque el éxito cae dentro de la subjetividad de la persona u organización. En este estudio de caso “ataque exitoso” se entenderá como aquel ataque que haya producido bajas humanas en los actores de la coalición que combaten a los terroristas en los escenarios de estudio.

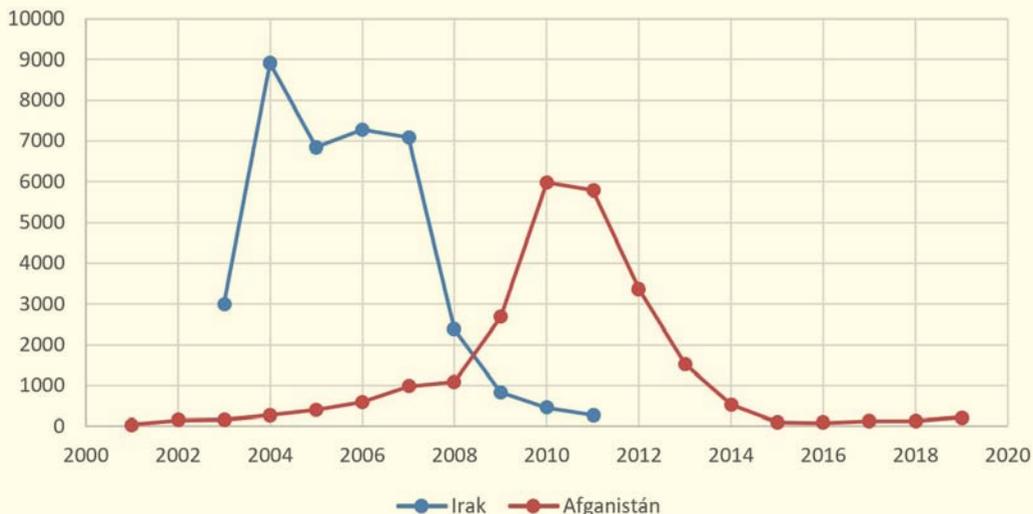
De esta manera, para comprobar cómo se ajusta el modelo de Faria a la realidad, se confrontará con el número de bajas⁴¹ de la coalición en Afganistán en el periodo de 2001 a 2019 y con el número de bajas sufridas por la coalición en Irak entre 2003 y 2011.

39 Ibid. p. 603.

40 La base de datos está gestionada por el National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism, institución de la Universidad de Maryland que tiene por objeto el estudio del terrorismo en Estados Unidos y en el mundo.

41 Indicador que pondera el éxito de los ataques. Entendiendo “baja” como el número de heridos y muertos.

Imagen 9. Evolución de las bajas de la coalición en Irak y Afganistán desde el 2001 hasta el 2019.



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de www.icasualties.org

De acuerdo con el modelo de Faria, la gráfica de la evolución de los ataques exitosos en el tiempo, aquí considerados como el número de bajas, debería seguir una forma de sigmoide; en los momentos iniciales debería crecer lentamente, luego crecer rápidamente y, al final, cuando la organización no es capaz de innovar, estabilizarse.

Ninguno de los dos escenarios se comporta según las previsiones del modelo de Faria. Por el contrario, ambos escenarios mantienen una correlación alta con el número de tropas presentes en el teatro. En concreto, el escenario de Afganistán presenta un coeficiente de correlación de Pearson entre el número de fuerzas y el número de muertos de la coalición de 0.938, indicando que existe una correlación muy alta, casi perfecta, entre ambos factores. Es decir, que a mayor número de fuerzas de la coalición más bajas en la coalición se producen. Esto es consistente con una de las paradojas de la lucha contrainsurgencia: «A veces, cuanto más fuerza se aplica, menos efectos se consiguen»⁴².

Aunque las premisas establecidas por Faria, sean lógicas y coherentes y, con carácter general verdaderas, el modelo no predice bien la realidad por dos razones principales. La primera es que los modelos autorregresivos integrados de media móvil son modelos dinámicos generados con variaciones y regresiones de datos estadísticos que buscan encontrar patrones para una predicción para el futuro; es decir, las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos del pasado y no por variables independientes.

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil funcionan bien mientras no se produzca el menor cambio en el sistema. Faria tomó las premisas para parametrizar sus

42 NATO (2016: Anexo A). AJP-3.4.4 Ed A v.1 *Allied Joint Doctrine for Counter-Insurgency (COIN)*.

ecuaciones de los postulados de Enders y Sandler cuyos modelos no provenían de la parametrización de variables independientes sino de un artificio matemático que generaba las ecuaciones en función de datos del pasado. Nos encontramos ante el típico caso de correlación sin causalidad.

Además, los datos que emplearon Enders y Sandler para obtener los modelos matemáticos son del terrorismo de los ochenta a los noventa, cuyas dinámicas difieren significativamente del actual terrorismo.

La segunda razón por la que el modelo de Faria no podría predecir bien la realidad es que, aunque las ecuaciones matemáticas proviniesen de relaciones causales, el modelo se ha construido de manera simple. Problemas complejos, rara vez tienen soluciones simples, el modelo de Faria necesita ser completado con flujos y *stocks*, bucles causales y con otras variables, particularizadas, espacial y temporalmente, para cada uno de los actores implicados.

Las variables deben ser escogidas con cautela y precisión, ya que, en problemas interactivamente complejos no lineales, como es el caso, la falta de precisión no funciona porque, precisamente lo característico de los sistemas no lineales es que, pequeños cambios son susceptibles de dar lugar a grandes errores.

Algunos ejemplos de factores que deberían haber sido valorados para incluirse en el modelo, en función de los actores y el momento, son:

- El número y tipo de competencias en materia antiterrorista que los que combaten a las organizaciones violentas extremistas van adquiriendo en el teatro de operaciones, lo cual determinará el número y tipo de operaciones que se van desarrollando.
- El marco del tipo de operaciones que se llevan a cabo en las diferentes áreas geográficas del teatro de operaciones (no en todas las zonas se ejecutan el mismo tipo de operaciones: combate, estabilización, preparación, gobernanza, otras).
- El momento en el que se ejecutan las operaciones, por ejemplo, ¿hay elecciones o negociaciones próximamente? o ¿hay sucesiones de mando en las organizaciones?
- Capacidad de influencia en el dominio cognitivo. ¿Son capaces de explotar las organizaciones violentas extremistas o terroristas los efectos de sus acciones para causar terror en la población? Si los terroristas son capaces de explotar las redes sociales y los medios de comunicación para influir sobre la población, no hace falta que perpetren muchos atentados o que haya muchos terroristas, la capacidad de influencia es un modificador positivo en el modelo (cataliza). ¿Son capaces de contrarrestar estas acciones las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad? La capacidad de contrarrestar la influencia de los terroristas o extremistas de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad es un modificador negativo en el modelo (frena).
- Intromisión de actores regionales o grandes potencias en el conflicto. Pudiendo actuar de manera positiva o negativa sobre el modelo.

El quid de la cuestión de los sistemas no lineales es que el problema no puede resolverse sin tener en cuenta todos los subsistemas que lo componen. Esto se debe a que todas sus partes constituyentes están interrelacionadas y pequeñas alteraciones pueden provocar grandes cambios (no hay linealidad). Además, y aunque parezca una redundancia, el valor/comportamiento de las variables no siempre es el mismo, debe ser establecido ponderando la importancia de las variables, para cada actor, en cada momento⁴³. Cuando un sistema complejo no lineal está pobremente parametrizado, aumenta el riesgo de que las predicciones de las ecuaciones que lo conforman sean más imperfectas.

CONCLUSIONES

La lucha contra el terrorismo, el extremismo violento y la insurgencia requieren de una valoración constante de la situación para adaptar la respuesta a las acciones del adversario y para medir la eficiencia de las acciones previas.

La dinámica de sistemas lineales junto con otras técnicas estadísticas asociadas permite, ya sea a través de relaciones causales y variables independientes o a través de series temporales y variaciones y regresiones de datos estadísticos, obtener ecuaciones matemáticas que posibilitan realizar predicciones de las políticas en materia antiterrorista, de los efectos de las acciones propias o de los efectos de las acciones de los terroristas.

Este ensayo se centra en un aspecto crucial en la lucha contra el terrorismo y el extremismo violento, que es la búsqueda y validación de una herramienta que sea fiable, en términos probabilísticos, para realizar predicciones de las acciones futuras y efectos de las estrategias de lucha contra el terrorismo. Lo cual podría ser aplicable también, en términos generales, para algunas insurgencias.

El caso de estudio ha permitido verificar que la dinámica de sistemas no lineales y las ecuaciones integro-diferenciales son herramientas que, bien utilizadas, pueden emplearse para realizar predicciones con un alto grado de probabilidad como en el caso de Chamberlain. Por otro lado, el caso de estudio también pone de manifiesto el riesgo que tiene la modelización y las predicciones de un sistema complejo no lineal cuando estas se realizan de manera errónea o incompleta, como el análisis del modelo de Faria.

Las insurgencias, las organizaciones terroristas y las organizaciones violentas extremistas se comportan de manera única espacial y temporalmente. Los indicadores y variables de los modelos que busquen realizar predicciones certeras deben ser elegidos con precisión para cada objeto de estudio. En definitiva, para este tipo de problema es especialmente sensible elegir las variables y modificadores necesarios y suficientes.

Se deben mantener bases de datos lo más completas posibles, sobre las acciones perpetradas por las organizaciones terroristas, insurgencias y organizaciones violentas extremistas, con el fin último de facilitar el análisis para detectar patrones o relaciones causa-

43 Por ejemplo, que un ataque sea exitoso puede ser un criterio más o menos importante para la organización violenta extremista, en función de la realidad social del momento (subjetividad del valor en función de momento o del sujeto). En determinadas situaciones, el objetivo de la VEO podría ser únicamente hacer “mucho ruido”; esta es una estrategia común antes del comienzo de unas negociaciones o elecciones. De la misma manera, en determinadas ocasiones, las VEO tratan de “blanquearse” o pasar desapercibidas, en función de sus objetivos (la violencia como instrumento para alcanzar un fin).

les que permitan discernir bucles causales, flujos y *stock* así como otros factores responsables o modificadores de las dinámicas de estas organizaciones.

El conocimiento de las variables que conforman las dinámicas permite, con las técnicas matemáticas observadas, crear modelos predictivos acordes a la complejidad y tipo de problema, de forma que se posibilite experimentar en el plano teórico sobre las mejores vías de resolución del problema, maximizando la eficiencia y minimizando, de esta forma, los daños colaterales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, Edward G. A preliminary system dynamics model of insurgency management: The Anglo-Irish War of 1916-21 as a case study. En: *Proceedings of the 2006 International System Dynamics Conference*. 2006. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.952&rep=rep1&type=pdf>
- ASHBY, W. Ross. Design for a brain, London. *Science Paper*, 1952.
- AUGIER, Mie y MARCH, James G. (ed.). *Models of a man: Essays in memory of Herbert A. Simon*. MIT Press, 2004. Consultado el 18/01/22, disponible en: <https://doi.org/10.7551/mitpress/4709.001.0001>
- BEAUFRE, Andre. *Introducción a la Estrategia*. Caracas, Ed. Rioplantense, 2002.
- BENNETT, Alex, BENNETT, David Hughes, BURSTEIN, Frada, y HOLSAPPLE, Clyde W. *The decision-making process for complex situations in a complex environment*. Handbook on Decision Support Systems, Springer-Verlag, New York, 2008. Consultado y disponible el 20 de febrero de 2022 en: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5_1
- CALDUCH, Rafael. *Métodos y técnicas de investigación en Relaciones Internacionales*. Madrid, Universidad Complutense, 1991. Consultado y disponible el 19 de diciembre de 2021 en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Técnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>
- CARLEY, Kathleen M. *Estimating vulnerabilities in large covert networks*. Carnegie-Mellon, University of Pittsburgh Pa, Institute for Software Research International, 2004. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA466095.pdf>
- CHATTERJEE, Samprit; SENETA, Eugene. Towards consensus: Some convergence theorems on repeated averaging. *Journal of Applied Probability*, 1977, vol. 14, no 1, pp. 89-97. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.2307/3213262>
- CHAMBERLAIN, Todd. Systems dynamics model of al-Qa>ida and United States» Competition». *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 2007, vol. 4, no 3. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1225>
- COHEN, Joel E.; HAJNAL, John; NEWMAN, Charles M. Approaching consensus can be delicate when positions harden. *Stochastic Processes and their Applications*, 1986, vol. 22, no 2, pp. 315-322. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: [https://doi.org/10.1016/0304-4149\(86\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0304-4149(86)90008-6)
- DEFFUANT, Guillaume; AMBLARD, Frederic; WEISBUCH Gérard y FAURE Thierry. *How Can Extremism Prevail? A Study Based on the Relative Agreement Interaction Model*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2002, vol. 5, no. 4. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.jasss.org/5/4/1.html>
- DOMBROSKI, Matthew J.; CARLEY, Kathleen M. NETEST: Estimating a terrorist network's structure—Graduate student best paper award, CASOS 2002 Conference. *Computa-*

- tional & Mathematical Organization Theory*, 2002, vol. 8, no 3, pp. 235-241. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1020723730930>
- ELAYDI, Saber N.; POPENDA, Jerry; RAKOWSKI, Jerry (ed.). *Communications in Difference Equations: Proceedings of the Fourth International Conference on Difference Equations*. CRC Press, 2000. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.3388&rep=rep1&type=pdf>
- ENDERS, Walter; SANDLER, Todd. Causality between transnational terrorism and tourism: The case of Spain. *Studies in Conflict & Terrorism*, 1991, vol. 14, no 1, pp. 49-58. Consultado el 10 de diciembre de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1080/10576109108435856>
- ENDERS, Walter y SANDLER, Todd. The Effectiveness of Antiterrorism Policies: A Vector-Autoregression-Intervention Analysis. *American Political Science Review*, 1993, vol. 87, no 4, pp. 829-844. Consultado el 10 de diciembre de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.2307/2938817>
- FARIA, João Ricardo. An integro-differential approach to terrorism dynamics. *Defence and Peace Economics*, 2011, vol. 22, no 6, pp. 595-605. Consultado y disponible el 5 de diciembre de 2021 en: <https://doi.org/10.1080/10242694.2011.627768>
- FORRESTER, Jay W. Industrial Dynamics. A major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 1958, vol. 36, no 4, pp. 37-66.
- FORRESTER, Jay W. System Dynamics and the Lessons of 35 Years. Capítulo. En: De Greene, K. B. (eds). *A Systems-Based Approach to Policymaking*. Springer, Boston, MA, 1993. Consultado y disponible el 10 de febrero de 2022 en: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3226-2_7
- GRIMM, Volker y RAILSBACK, Steven F. *Individual Based Modeling and Ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
- GALAM, Serge y WONCZAK, S. Dictatorship from majority rule voting. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 2000, vol. 18, no 1, pp. 183-186. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1007/s100510070090>
- Gatica-Bórquez, J. «La planificación estratégica y su contribución a las relaciones vecinales entre Chile y Perú», *Política y Estrategia* núm. 134, diciembre de 2019, Consultado el 10 de marzo de 2022 y disponible en: <https://www.politicayestrategia.cl/index.php/rpye/issue/view/33>
- GOWING, Nik. 'Skyful of Lies' and Black Swans. Reuters Institute for the Study of Journalism, Department of Politics and International Relations, University of Oxford, 2009. Consultado el 17 de febrero de 2022, disponible en: <https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/sites/default/files/2017-12/Skyful%20of%20Lies%20%26%20Black%20Swans.%20The%20new%20tyranny%20of%20shifting%20information%20power%20in%20crises.pdf>

- HOLLING, Crawford S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 1973, pp. 1-23. Consultado y disponible el 27 de enero de 2022 en: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- JENKINS, Henry. (2006). *Convergence Culture. La cultura de la convergencia de los medios de comunicación*. Editorial Paidós.
- KAMINSKIY, Mark P. y AYYUB, Bilal M. Terrorist population dynamics model. *Risk analysis*, 2006, vol. 26, no 3, pp. 747-752. Consultado el 27 de enero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00780.x>
- KRAUSE, U. A Discrete Nonlinear and Non-Autonomous Model of Consensus Formation. Capítulo en: ELAYDI, Saber N.; POPENDA, Jerry; RAKOWSKI, Jerry (ed.). *Communications in Difference Equations: Proceedings of the Fourth International Conference on Difference Equations*. CRC Press, 2000. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.3388&rep=rep1&type=pdf>
- LATANÉ, Bibb; NOWAK, Andrzej. Self-organizing social systems: Necessary and sufficient conditions for the emergence of clustering, consolidation, and continuing diversity. *Progress in communication sciences*, 1997, pp. 43-74.
- LEVIN, Simon A. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1998, vol. 1, no 5, pp. 431-436. Consultado el 27 de enero de 2022, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3658676>
- LEWELING, Tara A. y NISSEN, Mark E. Defining and exploring the terrorism field: Toward an intertheoretic, agent-based approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 2007, vol. 74, no 2, pp. 165-192. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.07.011>
- LEWELING, Tara y SIEBER, Otto. Using systems dynamics to explore effects of counterterrorism policy. En *2007 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2007. pp. 198-198. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2007.597>
- LORENZO-PENALVA, José. Técnicas cuantitativas o cualitativas de utilidad en el análisis de inteligencia. *Ponencia Congreso de inteligencia y prospectiva Universidad de Granada*. Universidad de Granada, España, 2019. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <http://www.ugr.es/~gesi/congreso/comunicacion29-3.pdf>
- LORENZO-PENALVA, José. Etnocentrismo, pensamiento sesgado y el análisis de inteligencia frente al yihadismo. *Análisis Grupo de Estudios de Seguridad Internacional (GESI), Universidad de Granada, España, 2019, (6), 1*. Consultado el 12 de diciembre de 2021, disponible en: <http://www.ugr.es/~gesi/congreso/comunicacion29-4.pdf>
- METZ, Steven. Abandoning counterinsurgency: Toward a more efficient antiterrorism strategy. *Journal of Strategic Security*, 2017, vol. 10, no 4, pp. 64-77. Consultado el 17 de febrero de 2022, disponible en: <http://doi.org/10.5038/1944-0472.10.4.1648>

- RACZYNSKI, Stanislaw. Simulation of the dynamic interactions between terror and anti-terror organizational structures. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2004, vol. 7, no 2. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.jasss.org/7/2/8.html#krause2000>
- TORRES-SORIANO, Manuel R. The Role of Honeypots and Sabotage in State-Based Operations Against Online Jihadism, 2001-2020. *Terrorism and Political Violence*, 2022, pp. 1-11. Consultado el 16 de mayo de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1080/09546553.2022.2050221>
- SIMON, Geza, y DUZENLI, Muzaffer. The comprehensive operations planning directive. *NATO NRDC-ITA Magazine*, 2009, vol.14, pp.16-19. Consultado el 22 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.nato.int/nrdc-it/magazine/2009/0914/0914g.pdf>
- SMITH, Roger. Modeling and Simulation Adds Insight on Terrorism. *Signal Magazine*. December 2001. Armed forces Communications and Electronics Association (AFCEA). Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <https://www.afcea.org/content/modeling-and-simulation-adds-insight-terrorism>
- SMITH, Roger. Counter Terrorism Simulation: A New Breed of Federation. *Simulation Interoperability Workshop*. Orlando, Florida, Spring 2002. Consultado el 12 de febrero de 2022, disponible en: <http://ndl.iitkgp.ac.in/document/MDI5cHdNUUInd0lnZHNo-QXlvOG5ISE1UL2Mydko5RmxKSIR0UkRacDVlaz0>
- VAN RIPER, P. *An Introduction to System Theory and Decision-Making*. E(C) 2510 ANX A. U.S. Marine Corps University, 2009.

ANEXO

COMUNICACIONES DEL MINISTERIO DEL INTERIOR

2001

- <https://www.libertaddigital.com/espana/2001-08-24/seis-etarras-detenido-en-cataluna-a-punto-de-cometer-un-atentado-41034/>

2002

- https://www.abc.es/internacional/abci-policia-detiene-barcelona-presuntos-miembros-terrorista-laden-200201190300-72987_noticia.html

2003, 2004

- <https://www.lasnoticiasmexico.com/31108.html>

2005

- <https://www.elmundo.es/elmundo/2005/06/15/espana/1118821092.html>

2007

- <https://www.elmundo.es/elmundo/2007/05/28/espana/1180334708.html>
- <https://www.lavanguardia.com/politica/20080522/53466010161/condenana-a-tres-y-cinco-anos-a-los-marroquies-de-la-celula-de-cataluna-detenido-en-2007.html>
- https://elpais.com/diario/2007/06/27/espana/1182895206_850215.html
- https://elpais.com/elpais/2007/09/20/actualidad/1190276231_850215.html
- http://www.peonesnegros.info/fondodocumental/4%20Registros%20de%20medios%20de%20comunicacion/Periodicos.%20Impreso%20y%20su%20Web/Elmundo.es%20%20%20Web/2007%20Completo/El_Mundo_2/www.elmundo.es/papel/2007/10/12/espana/2230271.html

2008

- <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/boln/documents/2008/boln20080120.pdf>
- <https://www.rtve.es/noticias/20110111/supremo-rebaja-penas-11-condenados-intentar-atentar-contrametro-barcelona/394220.shtml>
- <https://www.lasprovincias.es/valencia/20080610/mas-actualidad/espana/detenido-personas-relacionadas-terrorismo-200806100841.html>
- <https://www.elmundo.es/elmundo/2008/10/16/espana/1224134506.html>

2009

- <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/01/20/espana/1232450360.html>
- https://elpais.com/economia/2009/03/05/actualidad/1236241985_850215.html

2010

- <https://www.20minutos.es/noticia/890103/0/terrorismo/islamistas/cataluna/>

2011

- https://elpais.com/politica/2011/09/20/actualidad/1316526566_228478.html
- https://elpais.com/diario/2011/10/05/catalunya/1317776838_850215.html
- https://elpais.com/diario/2011/01/29/catalunya/1296266850_850215.html

2012

- https://www.lainformacion.com/asuntos-sociales/detenidas-24-personas-desde-enero-en-cataluna-vinculadas-terrorismo-yihadista_J67QCJxi7DzQnsxG0HBc27/
- <https://www.20minutos.es/noticia/1616075/0/detenido/apologia-terrorismo-eta/redes-sociales/>

2013

- https://elpais.com/ccaa/2013/04/11/catalunya/1365680941_634064.html
- <https://www.abc.es/local-cataluna/20130612/abci-detenido-presunto-terrorista-islamista-201306120800.html>
- https://cadenaser.com/ser/2015/11/27/tribunales/1448646449_937729.html