



# TERRA INCOGNITA

LIBRO BLANCO SOBRE  
TRANSDISCIPLINARIEDAD Y  
NUEVAS FORMAS DE INVESTIGACIÓN EN EL  
SISTEMA ESPAÑOL DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA

Jorge CARO, Silvia DÍAZ de la FUENTE,  
Virginia AHEDO, Débora ZURRO,  
Marco MADELLA,  
José Manuel GALÁN,  
Luis Rodrigo IZQUIERDO,  
José Ignacio SANTOS,  
Ricardo del OLMO  
(Eds.)



Terra Incognita: Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología



# Terra Incognita: Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología

*(EDS.) JORGE CARO, SILVIA DÍAZ-DE LA FUENTE, VIRGINIA  
AHEDO, DÉBORA ZURRO, MARCO MADELLA, JOSÉ MANUEL  
GALÁN, LUIS R. IZQUIERDO, JOSÉ IGNACIO SANTOS, Y RICARDO  
DEL OLMO*

*VIRGINIA AHEDO, MYRIAN ÁLVAREZ, ANDREU ARINYO I PRATS,  
JUAN A. BARCELÓ, LIDIA BOCANEGRA BARBECHO, IGOR  
BOGDÁNOVIC, IVAN BRIZ I GODINO, GIACOMO CAPUZZO, JORGE  
CARO, MARÍA FLORENCIA DEL CASTILLO BERNAL, MIQUEL  
COLOBRÁN, MARÍA COTO-SARMIENTO, MARGARITA  
DÍAZ-ANDREU, SILVIA DÍAZ-DE LA FUENTE, JOSÉ MANUEL  
GALÁN, JESÚS MARÍA GALECH AMILLANO, NEUS ISERN, LUIS R.  
IZQUIERDO, FRANCESC LA-ROCA, SERGI LOZANO, MARCO  
MADELLA, LAURA MAMELI IRIARTE, FRANCESC J. MIQUEL  
QUESADA, RICARDO DEL OLMO, MARÍA PEREDA, MARTA  
PORTILLO, DAVID POZA, LUCE PRIGNANO, VICTORIA  
REYES-GARCÍA, IZA ROMANOWSKA, MATTHIEU SALPETEUR, JOSÉ  
IGNACIO SANTOS, XAVIER VILÀ, Y DÉBORA ZURRO*

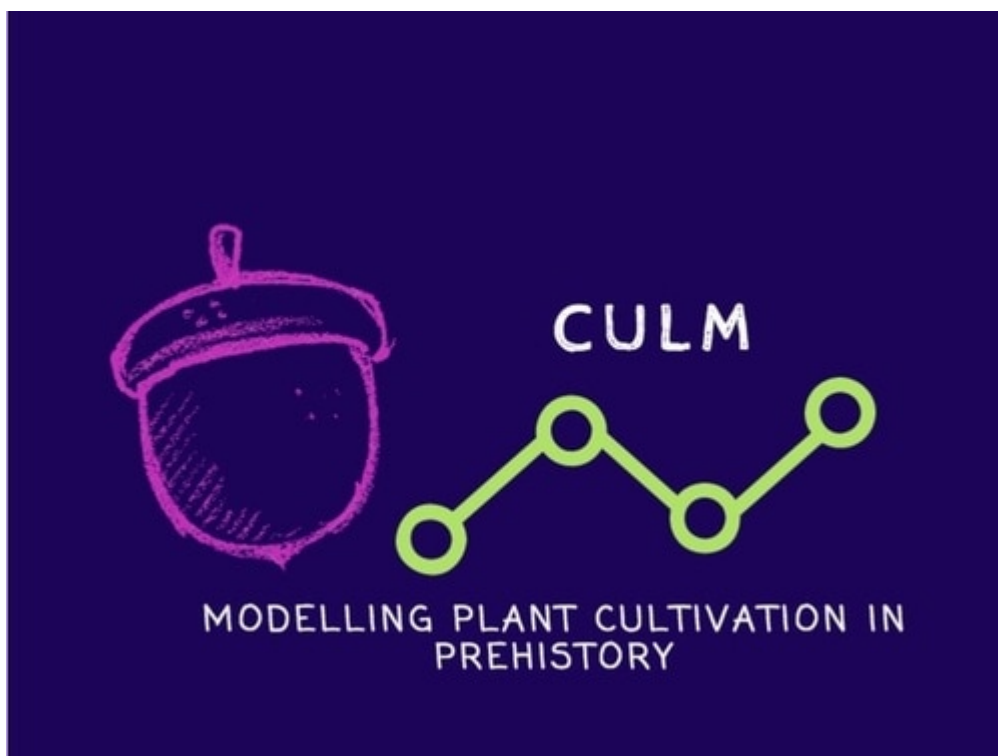
PRESSBOOKS  
BURGOS



Excepto cuando se especifiquen otros términos, *Terra Incognita: Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología* por (Eds.) Jorge Caro, Silvia Díaz-de la Fuente, Virginia Ahedo, Débora Zurro, Marco Madella, José Manuel Galán, Luis R. Izquierdo, José Ignacio Santos, y Ricardo del Olmo se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

La edición de este libro se enmarca dentro del Proyecto Red de Excelencia “Simular el pasado para entender el comportamiento humano” (Redes de Excelencia 2017 i – Ref. HAR2017-90883-REDC), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades; estando también vinculada al proyecto CULM – Modelado del cultivo en la Prehistoria (HAR2016-77672-P), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.





Puedes encontrar copias libres de este libro en múltiples formatos (web, PDF, EPUB) en:

<https://terraincognita.pressbooks.com/>

Septiembre de 2020, Burgos

Editorial: PressBooks

ISBN: 978-84-09-23333-5

**Nota:** Los capítulos de este libro en los que no aparecen mencionados de forma explícita los autores han sido elaborados por los editores.





# Contenido

<a href="#">Filiaciones de los editores</a>	ix
<hr/>	
<a href="#">Parte I. Introducción y objetivos</a>	
<a href="#">Introducción y objetivos</a>	3
<hr/>	
<a href="#">Parte II. Estado de la cuestión</a>	
<a href="#">La necesidad de la colaboración científica</a>	9
<a href="#">Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad</a>	15
<a href="#">Ciencias Sociales Computacionales y Humanidades Digitales: un ejemplo de praxis transdisciplinar</a>	21
<hr/>	
<a href="#">Parte III. Análisis de la multidisciplinariedad en España</a>	
<a href="#">Introducción</a>	27
<a href="#">Análisis de la multidisciplinariedad de la investigación en España mediante la red de proyectos de I+D+I coordinados</a>	29
<a href="#">Silvia Díaz-de la Fuente, Virginia Ahedo, Jorge Caro, María Pereda, José Ignacio Santos, y José Manuel Galán</a>	
<hr/>	
<a href="#">Parte IV. Transdisciplinariedad y Transversalidad en la investigación científica actual</a>	
<a href="#">Introducción</a>	47
<a href="#">La interdisciplinariedad en la Arqueología española</a>	51
<a href="#">Margarita Díaz-Andreu y Marta Portillo</a>	
<a href="#">Ciencia ciudadana y memoria histórica: nuevas perspectivas historiográficas desde las Humanidades Digitales y la Historia Pública Digital</a>	59
<a href="#">Lidia Bocanegra Barbecho</a>	
<a href="#">Sit tibi data levis: el rol de los métodos cuantitativos en arqueología</a>	73
<a href="#">María Coto-Sarmiento</a>	
<a href="#">Cultural Loss Under Bottlenecks – DEMographic, Climatic and Environmental Socks (CLUB-DECES)</a>	81
<a href="#">Andreu Arinyo i Prats</a>	

<a href="#">From multi- to interdisciplinarity: a view from archaeology</a>	91
<a href="#">Iza Romanowska</a>	
<a href="#">Los extremos se tocan. La transdisciplinarietà entre artes y ciencias</a>	95
<a href="#">Jesús María Galech Amillano</a>	
<a href="#">Hacia una ciencia de redes de los objetos que quedaron: una aproximación transdisciplinaria</a>	101
<a href="#">Luce Prignano y Sergi Lozano</a>	
<a href="#">El mundo más allá de la organización institucional del conocimiento. La experiencia transdisciplinar de la Fundación Nueva Cultura del Agua</a>	111
<a href="#">Francesc La-Roca</a>	

#### [Parte V. La experiencia SimulPast](#)

<a href="#">SimulPast: Social and environmental transitions: Simulating the past to understand human behaviour – A project overview</a>	121
<a href="#">Marco Madella</a>	
<a href="#">Modelling as interdisciplinarity "in-the-making"</a>	133
<a href="#">Victoria Reyes-García y Matthieu Salpeteur</a>	
<a href="#">Simulating the past. Un modelo distribuido sobre etnogénesis y diversidad cultural</a>	139
<a href="#">Juan A. Barceló, María Florencia Del Castillo Bernal, Francesc J. Miquel Quesada, Xavier Vilà, David Poza, Ricardo del Olmo, Igor Bogdánovic, Miquel Colobrán, Giacomo Capuzzo, Laura Mameli Iriarte, y Neus Isern</a>	
<a href="#">Conflicto y cooperación social en sociedades cazadoras-recolectoras tardías en Tierra de Fuego (Argentina)</a>	147
<a href="#">Débora Zurro, José Manuel Galán, Myrian Álvarez, Jorge Caro, María Pereda, Virginia Ahedo, Ivan Briz i Godino, José Ignacio Santos, y Luis R. Izquierdo</a>	
<a href="#">Challenges and opportunities for the future arising from running an INGENIO-CONSOLIDER project</a>	157
<a href="#">Marco Madella</a>	

#### [Parte VI. Problemas y soluciones: Hoja de ruta para la práctica transdisciplinar](#)

<a href="#">Problemas y soluciones: Hoja de ruta para la práctica transdisciplinar</a>	163
--	-----

#### [Parte VII. Conclusiones](#)

<a href="#">Conclusiones</a>	177
------------------------------	-----

#### [Parte VIII. Agradecimientos](#)

# Filiaciones de los editores

## Jorge Caro

---

[ORCID 0000-0002-5065-4841](https://orcid.org/0000-0002-5065-4841)

- Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## Silvia Díaz-de la Fuente

---

[ORCID 0000-0002-5961-3368](https://orcid.org/0000-0002-5961-3368)

- Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## Virginia Ahedo

---

[ORCID 0000-0002-9812-388X](https://orcid.org/0000-0002-9812-388X)

- Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## Débora Zurro

---

[ORCID 0000-0003-2498-9338](https://orcid.org/0000-0003-2498-9338)

- CaSEs – Culture and Socio-Ecological Systems research group, Departamento de Arqueología y Antropología, Institució Milà i Fontanals de Investigación en Humanidades – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IMF-CSIC). C/Egipcíaques, 15, 08001, Barcelona
- Departamento de Humanidades, Universitat Pompeu Fabra (UPF). C/Triass Fargas 25/27, 08005, Barcelona.

## Marco Madella

---

[ORCID 0000-0002-9324-1545](https://orcid.org/0000-0002-9324-1545)

- CaSEs, Departamento de Humanidades, Universitat Pompeu Fabra (UPF). C/Triass Fargas 25-27, 08005 Barcelona, España. Unidad Asociada a IMF-CSIC.
- ICREA, Passeig Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, España.
- School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, The University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

## José Manuel Galán

---

[ORCID 0000-0003-3360-7602](https://orcid.org/0000-0003-3360-7602)

- Grupo de Investigación INSISOC. Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## Luis R. Izquierdo

---

[ORCID 0000-0003-1057-4465](https://orcid.org/0000-0003-1057-4465)

- Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## José Ignacio Santos

---

[ORCID 0000-0002-6653-043X](https://orcid.org/0000-0002-6653-043X)

- Grupo de Investigación INSISOC. Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

## Ricardo del Olmo

---

[ORCID 0000-0003-4664-9326](https://orcid.org/0000-0003-4664-9326)

- Grupo de Investigación INSISOC. Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos (UBU). Cantabria, s/n, 09006, Burgos.

PARTE I  
INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS



# Introducción y objetivos

La práctica de la investigación nos lleva, constantemente, a replantear los límites de todo aquello que la conforma, desde los planteamientos a las técnicas. El concepto de *blue sky project* o la expresión en castellano “fronteras del conocimiento” remite a esa idea (casi geográfica) de expansión continua propia a la ciencia.

Así, desde esta perspectiva propia a una expedición, mientras existen áreas intensamente transitadas, otras se encuentran más allá de esos límites (fuera de los límites de lo normativo). En los mapas antiguos se denominaba **Terra Incognita** a aquellas zonas desconocidas, aún no exploradas, y que se encontraban más allá de los límites de territorios incorporados.

Hemos querido recuperar esta expresión para remitir a esos espacios de la práctica científica que no participan de lo *mainstream* y que se encuentran también más allá de esas fronteras. Aunque el actual panorama está dominado por la especialización basada en áreas de conocimiento clásicas y por las prácticas desarrolladas dentro de disciplinas académicas claramente definidas, de forma creciente se plantean investigaciones que, fusionando perspectivas, metodologías o áreas de conocimiento, generan nuevos espacios de investigación e incursionan en nuevos territorios.

Esta forma de hacer investigación no es necesariamente nueva, pero sí se encuentra en un momento de clara expansión y promoción por parte de las instituciones que gestionan el tejido científico.

*Terra Incognita* se ha configurado como un **Libro Blanco** que pretende identificar tendencias y reflexionar sobre las diferentes concepciones y prácticas de la investigación no disciplinar en nuestro entorno académico (el Sistema Español de Ciencia y Tecnología). Esta es una transición que implica un cierto cambio de paradigma, muy alineado con la investigación dirigida a retos sociales.

*Terra Incognita* es resultado de la **Red de Excelencia SimPastNet** – *Simular el pasado para entender el comportamiento humano* (Redes de Excelencia 2017 I, HAR2017-90883-REDC). Esta red, coordinada por el Grupo de Ingeniería de Organización de la Universidad de Burgos (UBU), está formada por 10 grupos de investigación y 40 investigadores:

- Universitat Pompeu Fabra (UPF)
  - CaSEs – Culture and Socio-Ecological Dynamics research group
  - Artificial Intelligence and Machine Learning Group
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) – Institución Milà y Fontanals de Investigación en Humanidades
  - CaSEs – Culture and Socio-Ecological Dynamics research group
  - ADS – Arqueología de las Dinámicas Sociales
- Universitat de Barcelona (UB)
  - Department of History, Ancient History and Archaeology
- Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
  - Ethnoechology Laboratory
  - Department of Prehistory
  - GSADI – Analytical Sociology and Institutional Design
- Barcelona Computing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BCC-CNS)

Los integrantes de la red pertenecen tanto a grupos de investigación en Ciencias Sociales y Humanidades (Arqueología, Antropología y Sociología), como a grupos de investigación en Ciencias Formales (Matemáticas, Ingeniería e Informática). Todos ellos se caracterizan por su perspectiva transdisciplinar y presentan una larga experiencia de colaboración con especialistas de diferentes dominios.

La Red SimPastNet surgió del proyecto de Investigación Consolider Ingenio *SimulPast. Simulating the Past to Understand Human Behavior* (MINECO – CSD2010-00034) un proyecto de Humanidades (fundamentalmente arqueológico), dirigido a promover el modelado y la simulación en la investigación histórica y, por tanto, con un marcado carácter innovador y transdisciplinar.

A pesar de que *Terra Incognita* trate aspectos generales y ofrezca visiones de conjunto, esta genealogía explica el porqué de su perspectiva fundamentalmente anclada en las Ciencias Humanas y Sociales. Además, nos centraremos especialmente en el papel de las **Humanidades y las Ciencias Sociales**, porque constituyen una parte importante de esos ámbitos desde los que se están generando grandes aportaciones a esa transición que implica posicionarse en nuevos territorios, ajenos a las trayectorias históricas de nuestras disciplinas.

## Objetivos y estructura

---

Este libro se articula de acuerdo con varios objetivos fundamentales:

- Plantear las diferentes formas de investigación disciplinaria y supradisciplinaria y cómo estas se articulan con respecto a las políticas científicas y estructuras institucionales que las materializan. Existen en este sentido, por ejemplo, toda una serie de cuestiones conceptuales y de definición, así como debates respecto a la naturaleza y el alcance de la investigación multidisciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar.
- Al mismo tiempo estamos asistiendo a un cambio de paradigma entre lo que sería una investigación de tipo disciplinar a una nueva denominada *object-oriented-research*, cuya naturaleza exige, en la mayoría de los casos, una apuesta transdisciplinar basada en la cooperación científica entre áreas de conocimiento y entre diferentes sectores sociales.
- Existen multitud de sinergias entre las diferentes disciplinas y grupos de investigación. Para promoverlas se hace indispensable **describir y analizar el estado actual de la colaboración científica en España; el estado actual de las interacciones, los problemas y obstáculos a los que se enfrentan, así como identificar posibles soluciones**. En este documento se identifican los problemas y puntos débiles al respecto del tejido propio al Sistema Español de Ciencia y Tecnología y se exponen (i) nuevas ideas para crear frentes de investigación común, (ii) el intercambio de información y datos generados y (iii) el intercambio de diferentes metodologías y técnicas.
- Finalmente, subrayar el papel de las Ciencias Sociales Computacionales y las Humanidades Digitales como herramientas que pueden proporcionar un enfoque disruptivo e innovador en el desarrollo de la investigación científica.

Para conseguir los objetivos descritos, el documento se estructura en los siguientes capítulos:

En el **capítulo 2** se reflexiona sobre la necesidad y los beneficios que el desarrollo de la colaboración científica presenta a diversos niveles (global, estatal y regional) para hacer frente a los complejos retos medioambientales y socioeconómicos actuales.

Posteriormente se presenta el estado actual de las distintas formas de colaboración científica existentes en el presente contexto académico (multidisciplinaria, interdisciplinaria, transdisciplinaria), así como de la aplicación de las Ciencias de la Complejidad, las Ciencias Sociales Computacionales y las Humanidades



Digitales en los estudios en Humanidades y Ciencias Sociales. Se incluye un glosario con los conceptos más importantes de ambos campos.

En el **capítulo 3** se presentan los resultados de un análisis sobre la estructura de la colaboración científica en el contexto académico y científico español. Se muestran diversos resultados realizados desde la perspectiva de la Complejidad y la Ciencia de Redes en torno a los proyectos coordinados del Plan Nacional de Investigación Científica en España.

En el **capítulo 4**, y en otra escala de análisis, se presentan las aportaciones y casos de estudio concretos sobre investigación transdisciplinar de los ponentes del Workshop<sup>1</sup> desarrollado como parte de la red SimPastNet.

En el **capítulo 5** se exponen reflexiones surgidas de la experiencia de los participantes del proyecto de Investigación Consolider Ingenio *SimulPast. Simulating the Past to Understand Human Behavior* (MINECO – CSD2010-00034), de vocación profundamente transdisciplinar. Las lecciones aprendidas en un proyecto de esta envergadura arrojan luz sobre la teoría y práctica de la colaboración científica transdisciplinar, así como el papel de las Ciencias Sociales Computacionales y las Humanidades Digitales como ejemplos de cooperación transversal entre disciplinas.

Para finalizar, en **los capítulos 6 y 7** se desarrolla la discusión sobre todos los puntos expuestos y las recomendaciones realizadas, así como las reflexiones finales, las perspectivas de futuro y las conclusiones.

---

1. Terra Incógnita. Transdisciplinariedad y Transversalidad en la investigación científica actual, celebrado los días 12-13 de diciembre de 2019 en la Residència D'Investigadors-CSIC (C/Hospital 64, 08001, Barcelona)



PARTE II  
ESTADO DE LA CUESTIÓN



# La necesidad de la colaboración científica

Existe un amplio consenso en la comunidad científica acerca de que los retos y desafíos del s. XXI están creciendo exponencialmente en complejidad, intensidad y urgencia. Problemas como el cambio climático, el surgimiento y la expansión de nuevas epidemias, la migración, la redistribución de recursos y energía, o el continuo incremento de la desigualdad, entre otros, demandan el desarrollo efectivo de respuestas y soluciones por parte de todas las esferas de toma de decisiones ([Suresh, 2012](#)). Para enfrentar dichos desafíos, se hacen necesarias soluciones complejas que integren todos los factores sociales, económicos, ecológicos y éticos ([Burmeister & Abrahamsen, 2017](#)). Dicha integración, a su vez, dotará de mayor efectividad, responsabilidad y legitimidad tanto a los análisis como a las soluciones desarrolladas ([Lang et al., 2012](#)).

En este contexto, la investigación científica está llamada a ocupar una posición central en la estrategia para abordar los retos anteriormente descritos; más concretamente, la colaboración científica será fundamental, ya que, tal y como apuntan múltiples autores: “sin respuestas coordinadas, la humanidad no será capaz de superar los problemas a los que se enfrenta” ([Derrick, Falk-Krzesinski, Roberts, 2011](#); [González & Gómez, 2014](#); [Suresh, 2012](#); [Villeneuve et al., 2019](#)). Idealmente, dicha colaboración científica se materializará en un enfoque que integre múltiples disciplinas, de forma que todo el conocimiento que sea relevante para la resolución del problema sea puesto en común y tenido en cuenta conjuntamente ([Lang et al., 2012](#)).

A pesar de lo novedosa que pueda parecer esta aproximación, el estudio de las posibilidades de cooperación entre disciplinas científicas, la evaluación de sus resultados en los sistemas de investigación y ciencia, y la propuesta de modelos prescriptivos que busquen hacer la colaboración lo más efectiva y racional posible, no son algo nuevo en las agendas de las políticas científicas ([Burmeister & Abrahamsen, 2017](#)). Al contrario, estamos ante un tema con hondas raíces históricas. Desde el siglo XIX, se vienen sucediendo una serie de propuestas que inciden en la necesidad de promover mecanismos de diálogo, colaboración e incluso de fusión de paradigmas entre diferentes disciplinas, debido principalmente a (i) la toma de conciencia sobre los costes negativos de una excesiva división disciplinar en los sistemas académico-científicos -entre otros, la fragmentación de la ciencia y la acumulación de explicaciones parciales-; y a (ii) la falta de hábitos de cooperación entre diferentes disciplinas ([López, 2017](#)).

Consiguientemente, se han desarrollado -y se siguen desarrollando- diversas prácticas de investigación basadas en la colaboración y la superación de los límites de las disciplinas científicas, como son la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad, de cuyo análisis y descripción se ocupa el siguiente capítulo.

## Las políticas científicas

---

El rápido crecimiento en la capacidad de investigación científica a nivel mundial facilita el desarrollo de soluciones a los problemas y desafíos actuales ([Suresh, 2012](#)), por lo que las políticas científicas, definidas como “las medidas colectivas tomadas por un gobierno con el fin de, por un lado, estimular el desarrollo de la investigación científica y tecnológica y, por otro, explotar los resultados obtenidos para objetivos políticos generales” ([Aagard & Siune, 2007](#)), deben aprovechar las grandes cantidades de datos y conocimiento que se generan, con el objetivo de desarrollar políticas, predicciones y decisiones más adecuadas para cada situación ([Huang et al., 2016](#)).

En las esferas gubernamentales e institucionales (tanto a nivel global como estatal y regional) se están tomando medidas y creando programas específicos para impulsar la colaboración entre la ciencia, la industria, la toma

de decisiones políticas y la sociedad en su conjunto ([van Drooge & Spaapen, 2017](#)). Diferentes aspectos explican estas nuevas dinámicas, como, por ejemplo, el hecho de que gran parte de las inversiones en investigación se realicen con fondos públicos<sup>1</sup>, o los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible adoptada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas<sup>2</sup>.

En dicha Agenda 2030, las Naciones Unidas plantean precisamente la necesidad de dirigir el desarrollo científico y tecnológico hacia la resolución de problemas globales que tienen que ver tanto con el bienestar del planeta como con el de la sociedad mundial en su conjunto. En términos generales, se pretende conseguir la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. conseguir la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad.

Más allá de los organismos supranacionales, múltiples países están actualmente impulsando estrategias multidisciplinares/interdisciplinares/transdisciplinares, véase por ejemplo China ([Xie et al., 2018](#); [Zhang et al., 2018](#); [Zuo & Zhao, 2018](#)), EEUU y Canadá ([Bollen et al., 2014](#); Clark et al., [2011a](#), [2011b](#); [Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council, 2014](#); [Nicolescu, 2014](#)), o Gran Bretaña ([Razzaq, Townsend, & Pisapia, 2013](#)).

En el Espacio Europeo de Investigación (*European Research Area-ERA*), destacan igualmente el fomento de la colaboración internacional, el favorecimiento de la óptima circulación del conocimiento y la intención de avanzar en los procesos de programación conjunta para resolver los grandes retos de la sociedad ([Comisión Europea., s.f.](#); [Mazzucato, 2018](#)). Más concretamente, el escenario actual de investigación e innovación definido en el Programa Marco de la Unión Europea Horizonte 2020, refleja estas prioridades políticas y aborda las principales preocupaciones compartidas por la ciudadanía, con el objeto de generar complementariedades y sinergias ([Ministerio de Ciencia e Innovación, s.f.](#)).

A nivel estatal, en coordinación con el ERA, desde 1988 se vienen desarrollando los programas y planes de actuación del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI). Estos programas y planes establecen los objetivos y prioridades de las políticas españolas de investigación, desarrollo e innovación a medio y largo plazo, y subrayan la necesidad de promover la comunicación entre las diferentes disciplinas científicas y los distintos grupos de investigación, de desarrollar líneas de investigación y herramientas metodológicas que favorezcan dicha comunicación, y de incrementar la competitividad investigadora con vistas a abordar los problemas concretos demandados por la sociedad. ([Ministerio de Economía y Competitividad, 2012](#)).

La *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020*, además de detallar los objetivos mencionados en el párrafo anterior, plantea la necesidad de fomentar la colaboración entre la totalidad de los agentes involucrados en las actividades I+D+i, con el fin de incrementar los retornos sociales y económicos derivados de la inversión en dichas actividades. Dentro de una dinámica de fomento de la «cultura científica y tecnológica», se pretende hacer partícipe al conjunto de la sociedad de la innovación, el desarrollo y la adopción de nuevas ideas y líneas de investigación, orientadas precisamente a abordar y resolver los principales retos sociales ([Ministerio de Economía y Competitividad, 2012](#)).

Por su parte, la materialización de las directrices establecidas por la *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología e Innovación 2013-2020* y el desarrollo de sus objetivos, se realizan mediante el *Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020*, el cual apuesta por el fortalecimiento científico y tecnológico del sistema de I+D+i, fomentando el desarrollo de proyectos coordinados y la creación de redes o agrupaciones estratégicas de grupos de investigación, centros e instituciones científicas y tecnológicas. Su objetivo es forta-

---

1. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_19\\_1676](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_1676)

2. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

lecer las capacidades del sistema y la transferencia de conocimiento, así como la colaboración público-privada ([Ministerio de Economía Industria y Competitividad, 2017](#); [Ministerio de Economía y Competitividad, 2012](#)).

Más allá de las políticas científicas estatales, tanto las universidades como el resto de instituciones académicas enfatizan la necesidad de desarrollar la investigación de manera colaborativa, superando los límites departamentales y reduciendo las barreras al intercambio; para ello, están emprendiendo los cambios necesarios tanto a nivel político como estructural, con el fin de facilitar la colaboración científica entre disciplinas y la involucración de las mismas en proyectos comunes ([Sá, 2008](#); [Wernli & Darbellay, 2016](#)).

Parte de la comunidad académica sostiene que la estructura disciplinar tradicional no facilita el desarrollo de ideas novedosas que vayan más allá de los estándares de cada disciplina. En este sentido, es importante destacar que con el impulso de la colaboración científica entre disciplinas, el personal investigador recibiría el aporte de nuevas ideas y enfoques teóricos y metodológicos, lo que beneficiaría al conjunto de la comunidad académica ([Irani, 2018](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#)). Si al lector le interesa especialmente este tema, en el capítulo 6 encontrará una descripción más detallada los problemas y barreras a los que se enfrentan la colaboración científica y la práctica transdisciplinar, junto con una serie de recomendaciones y posibles soluciones para su superación.

## Referencias

---

Aagard, K., & Siune, K. (Eds.). (2007). *The design and delivery of inter- and pluri-disciplinary research Proceedings from MUSCIPOLI Workshop Two*. The DaAagaardnish Institute for Studies in Research and Research Policy.

Bollen, J., Crandall, D., Junk, D., Ding, Y., & Börner, K. (2014). From funding agencies to scientific agency. *EMBO reports*, 15(2), 131-133. <https://doi.org/10.1002/embr.201338068>

Burmeister, N. & Abrahamsen, M.T. (2017). How can we promote meaningful collaboration across scientific disciplines? *The role of social sciences and humanities in addressing societal challenges*. Copenhagen Business School and the Think Tank DEA.

Clark, S. G., Rutherford, M. B., Auer, M. R., Cherney, D. N., Wallace, R. L., Mattson, D. J., ... Steelman, T. (2011a). College and University Environmental Programs as a Policy Problem (Part 1): Integrating Knowledge, Education, and Action for a Better World? *Environmental Management*, 47(5), 701-715. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9619-2>

Clark, S. G., Rutherford, M. B., Auer, M. R., Cherney, D. N., Wallace, R. L., Mattson, D. J., ... Steelman, T. (2011b). College and University Environmental Programs as a Policy Problem (Part 2): Strategies for Improvement. *Environmental Management*, 47(5), 716-726. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9635-2>

Comisión Europea. (s.f.). Espacio Europeo de Investigación (EEI). Recuperado de [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/era\\_es](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/era_es)

Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council. (2014). *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. <https://doi.org/10.17226/18722>

Derrick, E.G., Falk-Krzesinski, H.J., Roberts, M. R. (Ed.). (2011). *Facilitating Interdisciplinary Research and Education: A Practical Guide*. En *Science on FIRE: Facilitating Interdisciplinary Research and Education*. American Association for the Advancement of Science, University of Colorado Biofrontiers Institute.

España. Ministerio de Ciencia e Innovación. (s. f.). ESHORIZONTE2020. Programa español del Programa Marco

de Investigación e Innovación de la Unión Europea. Recuperado de <https://eshorizonte2020.es/que-es-horizonte-2020>

España. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, M. de. (2017). *Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020*. Recuperado de <http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Prensa/FICHEROS/2018/PlanEstatalIDI.pdf>

España. Ministerio de Economía y Competitividad. (2012). *Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020*. Recuperado de [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia\\_espanola\\_ciencia\\_tecnologia\\_Innovacion.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia_espanola_ciencia_tecnologia_Innovacion.pdf)

González Alcaide, G., & Gómez Ferri, J. (2014). La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro. *Revista española de Documentación Científica*, 37(4), e062. <https://doi.org/10.3989/redc.2014.4.1186>

Huang, Y., Zhang, Y., Youtie, J., Porter, A. L., & Wang, X. (2016). How Does National Scientific Funding Support Emerging Interdisciplinary Research: A Comparison Study of Big Data Research in the US and China. *PLOS ONE*, 11(5), e0154509. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154509>

Irani, Z. (2018). The university of the future will be interdisciplinary. Traditional departmental structures are preventing research and education from evolving. It's time for something new. *The Guardian*. Recuperado de <https://www.theguardian.com/higher-education-network/2018/jan/24/the-university-of-the-future-will-be-interdisciplinary>

Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., ... Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(S1), 25-43. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>

López, S. U. (2017). ¿El mito de la ciencia interdisciplinar? Obstáculos y propuestas de cooperación entre disciplinas Francisco Javier Gómez González Catarata, Madrid, 2016, 126 páginas. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 12(35), 263-267.

Mazzucato, M. (2018). *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. <https://doi.org/10.2777/36546>

Nicolescu, B. (2014). Methodology of Transdisciplinarity. *World Futures*, 70(3-4), 186-199. <https://doi.org/10.1080/02604027.2014.934631>

Razzaq, J., Townsend, T., & Pisapia, J. (2013). Towards an Understanding of Interdisciplinarity: The Case of a British University. *Issues in Interdisciplinary Studies*, 31, 149-173.

Sá, C. M. (2008). 'Interdisciplinary strategies' in U.S. research universities. *Higher Education*, 55(5), 537-552. <https://doi.org/10.1007/s10734-007-9073-5>

Suresh, S. (2012). Global challenges need global solutions. *Nature*, 490(7420), 337-338. <https://doi.org/10.1038/490337a>

van Drooge, L., & Spaapen, J. (2017). Evaluation and monitoring of transdisciplinary collaborations. *The Journal of Technology Transfer*. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9607-7>

Villeneuve, D., Durán-Rodas, D., Ferri, A., Kuttler, T., Magelund, J., Mögele, M., ... Silva, C. (2019). What is Interdisciplinarity in Practice? Critical Reflections on Doing Mobility Research in an Intended Interdisciplinary Doctoral Research Group. *Sustainability*, 12(1), 197. <https://doi.org/10.3390/su12010197>

Wernli, D., & Darbellay, F. (2016). *Interdisciplinarity and the 21st century University*.

Wilhagen, T., Aarts, E. H. L., & Valcke, P. (2018). A Time for Interdisciplinarity-An Essay on the Added Value of



Collaboration for Science, University, and Society. *A Time for Interdisciplinarity—An Essay on the Added Value of Collaboration for Science, University, and Society* (2018).

Xie, Z., Li, M., Li, J., Duan, X., & Ouyang, Z. (2018). Feature analysis of multidisciplinary scientific collaboration patterns based on PNAS. *EPJ Data Science*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-018-0134-z>

Zhang, L., Sun, B., Chinchilla-Rodríguez, Z., Chen, L., & Huang, Y. (2018). Interdisciplinarity and collaboration: on the relationship between disciplinary diversity in departmental affiliations and reference lists. *Scientometrics*, 117(1), 271-291. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2853-0>

Zuo, Z., & Zhao, K. (2018). The more multidisciplinary the better? – The prevalence and interdisciplinarity of research collaborations in multidisciplinary institutions. *Journal of Informetrics*, 12(3), 736-756. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.06.006>



# Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad

## I. Estado de la cuestión

---

Tradicionalmente, la mayor parte de la investigación científica se ha desarrollado en el contexto específico de disciplinas académicas, a través de la especialización en áreas de conocimiento que funcionan de manera autónoma y que tienen sus propios programas de investigación dedicados a sus objetivos e intereses individuales. Este marco conceptual se viene desarrollando desde el siglo XIX ([Lawrence, 2004](#)), aunque algunas investigaciones retrasan sus inicios hasta la diferenciación entre sujeto y objeto a partir de la obra de Descartes -siglo XVII- o incluso antes ([Jara, Rodríguez y Sosa, 2018](#); [Peñuela Velásquez, 2005](#)).

En la actualidad, si bien en algunos ámbitos la aproximación clásica sigue siendo válida, en otros la manera de hacer ciencia está cambiando; esto se debe fundamentalmente a la existencia de una creciente tensión en los entornos académicos y científicos entre la especialización excesiva y la naturaleza compleja de la realidad a estudiar, la cual puede precisar de la integración de diversos enfoques y/o disciplinas para ser comprendida en su totalidad ([Després, Brais, & Avellan, 2004](#); [Fair, 2010](#); [Ramadier, 2004](#)). Un claro ejemplo en esta línea es el de los sistemas socioeconómicos y ambientales y sus problemas asociados, para la resolución de los cuales, en algunos casos, el paradigma disciplinar resulta incompleto e insuficiente ([Jara, Rodríguez & Sosa, 2018](#); [Wickson, Carew, & Russell, 2006](#)), ya que si bien el estudio de las diferentes partes contribuye a nuestro entendimiento del fenómeno, éste solo puede llegar a ser comprendido de forma completa a través de la dinámica del conjunto ([Doblaré Castellano & Alarcón Álvarez, 2008](#)).

Por tanto, en el momento científico actual, aunque se siguen realizando gran cantidad de investigaciones disciplinares, se están desarrollando también aproximaciones más flexibles, que tratan de superar las limitaciones de la práctica estándar mediante la incorporación de diferentes formas de investigación supradisciplinar tales como la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad. Esencialmente, estas prácticas representan un continuo y se diferencian por el grado de integración y colaboración entre disciplinas, así como por las razones que impulsan dicha colaboración e integración ([Mobjörk, 2010](#)).

En primer lugar, es necesario dejar claro que estas prácticas no rompen completamente con la disciplinariedad (DR en adelante), ya que se desarrollan a partir de las disciplinas y dependen de ellas ([De la Herrán, 2011](#); [Fair, 2010](#)). En la misma línea, es importante incidir en que las prácticas supradisciplinares no pretenden ni conllevar la disolución de la investigación disciplinar tradicional, sino que se basan en la complementariedad entre todas las prácticas investigadoras a través del fortalecimiento del conocimiento generado dentro de cada disciplina ([Andrén, 2010](#); [Gasper, 2001](#); [Jahn et al., 2012](#); [Mcgregor, 2004](#)). Dicha complementariedad entre los enfoques supradisciplinares y los disciplinares se hace patente en que por un lado la organización disciplinar sigue siendo un elemento central del ordenamiento académico, y por otro, en que las prácticas de investigación basadas en la colaboración entre disciplinas ayudan a cuestionar el potencial y los límites de los enfoques monodisciplinares, contribuyendo así a la progresión de las propias disciplinas y a la generación de conocimiento científico ([Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#)). A su vez, esta complementariedad está relacionada con los distintos niveles de detalle acerca de la realidad que cada práctica es capaz de abordar: mientras la DR se enfoca en un solo nivel de la realidad, a veces incluso en fragmentos de dicho nivel de realidad, la TDR se enfoca en las dinámicas existentes entre varios niveles de la realidad al mismo tiempo ([Aagard & Siune, 2007](#)).

Por otro lado, es importante destacar que existe mucho debate incluso en torno a la propia definición de los distintos enfoques supradisciplinares, ya que resulta difícil establecer claramente los límites entre ellos. No

existe consenso acerca de su alcance y sus características distintivas, siendo por consiguiente su definición muy dependiente de las áreas de conocimiento desde las que se formula ([Jahn et al., 2012](#); [Morin, 2001](#); [Zierhofer & Burger, 2007](#)). Como consecuencia, muchas veces los tres términos (multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad) son usados de manera intercambiable ([Jahn et al., 2012](#)), o bien como si se tratara del mismo concepto ([Krishnan, 2009](#)), llegando en algunos casos a ser usados de forma contradictoria ([Aagard & Siune, 2007](#); [Jahn et al., 2012](#)).

Por todo lo anterior, con el fin de clarificar a qué nos referimos a lo largo de esta obra con los distintos términos, ofrecemos a continuación unas definiciones -lo más precisas posible- de acuerdo con la literatura actual.

## 2. Definición de conceptos

---

### 2.1- Disciplinariedad, monodisciplinariedad, unidisciplinariedad

Los tres términos hacen referencia a la forma tradicional de desarrollar la actividad investigadora, la cual se basa en la especialización en disciplinas académicas creada durante el siglo XIX ([Lawrence, 2004](#)). Dentro de este contexto, cada disciplina científica lleva a cabo programas de investigación de manera autónoma con respecto a las otras disciplinas, enfocándose en unos objetivos propios, usando una metodología común, compartiendo el mismo paradigma de investigación, el mismo lenguaje y la misma jerga científica ([Mcgregor, 2004](#)). A su vez, este enfoque disciplinar presenta una total correspondencia con la estructura definida en el contexto académico a través de departamentos diferenciados, profesionales asociados y materias impartidas ([Krishnan, 2009](#)). Esto no quiere decir que estas diferenciaciones sean absolutas, dado que diversas disciplinas pueden compartir temas de interés, teorías y métodos; no obstante, el nivel de definición de los factores epistemológicos e institucionales descritos determina la estructuración y el reconocimiento de una determinada disciplina. Asimismo, en términos prácticos, el personal investigador adscrito a una misma disciplina trabajará, de forma más o menos coordinada, en los temas y objetivos que se consideren como legítimos dentro de la misma ([Wernli & Darbellay, 2016](#)).

### 2.2- Multidisciplinariedad, pluridisciplinariedad

La multidisciplinariedad (MDR en adelante) es la práctica de investigación basada en la yuxtaposición de modelos teóricos y metodológicos pertenecientes a diferentes disciplinas para abordar una pregunta de investigación específica; en este enfoque, cada especialista trabaja por separado, existiendo poca o ninguna sinergia entre los investigadores de los diferentes campos involucrados. Aunque se compartan ciertas perspectivas e información, la yuxtaposición sirve a la disciplina base (la que inició la colaboración a través de una cuestión específica propia de su ámbito de conocimiento) y cuando el trabajo se completa, cada disciplina retorna a sus respectivos límites ([Jahn et al., 2012](#); [Mcgregor, 2004](#)). El acercamiento multidisciplinar es el primer tipo de colaboración entre disciplinas, y conlleva un enriquecimiento de la labor investigadora a través de la incorporación de las perspectivas de diversas áreas. Sin embargo, dicho enriquecimiento está siempre al servicio de la disciplina base, por lo que los límites del marco disciplinar permanecen vigentes ([Aagard & Siune, 2007](#)); la actividad desarrollada en un proyecto multidisciplinar no conduce necesariamente a la interacción, llegando a trabajar los diversos equipos ignorando el trabajo llevado a cabo por el resto ([Andrén, 2010](#); [Gasper, 2001](#)). A su vez, es frecuente escuchar el término multidisciplinar en el contexto de ciertas revistas científicas que publican artículos sobre diferentes temas asociados a este perfil de investigación ([Rousseau et al., 2019](#)).

### 2.3- Interdisciplinariedad

La interdisciplinariedad (IDR en adelante) es una práctica de investigación que se diferencia de la MDR en que aborda una pregunta de investigación específica mediante el diálogo, la coordinación, la colaboración y la

transferencia de modelos y herramientas metodológicas entre las diferentes disciplinas involucradas ([Hadorn et al., 2008](#); [Lawrence, 2004](#); [Pohl & Hadorn, 2008](#); [Ramadier, 2004](#)). La definición de la investigación, sus objetivos, los conceptos centrales y la integración y presentación de resultados se realizan de forma conjunta ([Jahn et al., 2012](#)). La IDR puede tener diferentes significados, pero una de las definiciones más aceptadas y que se repite a lo largo de la literatura científica es la proporcionada por la *National Academy of Sciences* de los EEUU, en la que el concepto clave es la integración de conocimiento (diferentes tradiciones investigadoras, perspectivas y escuelas de pensamiento ([Rousseau et al., 2019](#)):

*A mode of research by teams or individuals that integrates information, data, techniques, tools, perspectives, concepts and/or theories from two or more disciplines or bodies of specialized knowledge to advance fundamental understanding or to solve problems whose solutions are beyond the scope of a single discipline or area of research practice.*

Se pueden distinguir varios grados de IDR, dependiendo de su aplicación (cuando los métodos de una disciplina son transferidos a otra y dan lugar a nuevas aplicaciones), su integración epistemológica (cuando esa transferencia da lugar a nuevos análisis o desarrollos teóricos) o su capacidad de generación de nuevas disciplinas a través de esa transferencia de modelos y métodos. Sin embargo, la IDR (al igual que la MDR), si bien sobrepasa el marco monodisciplinar, todavía mantiene su objetivo dentro del mismo, contribuyendo a trascenderlo en el grado que contribuye a la generación de nuevas disciplinas ([Aagard & Siune, 2007](#); [Mcgregor, 2004](#)). Aunque nuevas sinergias surgen de estas interacciones, pueden no resultar suficientes para abordar la profunda complejidad de los grandes problemas de nuestra sociedad; por ello, en determinados contextos y dependiendo del problema bajo consideración, puede ser necesario impulsar un acercamiento que lleve la integración de las disciplinas un paso más allá, que nos desafíe a trascender los límites de nuestro pensamiento creando un espacio dialogado que conduzca a nuevos enfoques con los que afrontar tal complejidad ([Andrén, 2010](#); [Jahn et al., 2012](#); [Mcgregor, 2004](#)).

## 2.4- Transdisciplinariedad

La transdisciplinariedad (TDR en adelante) es una práctica de investigación basada en la articulación de varias disciplinas en torno al estudio de una pregunta específica, llegándose a generar una nueva parcela de conocimiento, la cual surge como resultado de la superación de los límites de algunas/todas las disciplinas involucradas. Un enfoque TDR comienza desde el diseño mismo de la investigación, y precisa de la creación de una arena e idioma comunes desde los que poder trabajar en conjunto y trascender los marcos tradicionales. Como el propio prefijo “trans” indica, la TDR se corresponde con lo que está *entre, a través de y más allá* de las disciplinas, siendo por tanto capaz de generar cuestiones e hipótesis imposibles de plantear desde una dinámica DR tradicional ([Ciesielski et al., 2017](#)).

El enfoque TDR se hace necesario a la hora de afrontar muchos de los problemas actuales, ya que permite abarcar la complejidad de dichos problemas, toma en cuenta la diversidad existente en la realidad y las diferentes percepciones científicas que se ocupan de acercarse a ella, posibilita conectar el conocimiento abstracto con casos específicos, y constituye el tipo de conocimientos y prácticas que son percibidas socialmente como de “bien común” ([Andrén, 2010](#); [Hadorn et al., 2008](#)). Esta percepción positiva de las prácticas TDR se deriva de su vocación de transparencia y de participación pública ([Graf, 2019](#)), ya que no sólo pretende generar conocimiento, sino que busca sobre todo resolver problemas específicos de la sociedad, fomentando para ello que la comunidad científica trabaje de la mano del resto de los agentes sociales / las diferentes partes implicadas para así contribuir al progreso de todas ellas ([Colpaert, 2018](#); [Hernejoja et al., 2015](#); [Holmes et al., 2018](#); [Jahn et al., 2012](#); [Pohl & Hadorn, 2008](#); [Klein et al., 2001](#)).

Parte de la comunidad académica ha presentado diversas objeciones al concepto de la TDR, o ha alertado acerca de las posibles complicaciones que pueden surgir de su puesta en práctica (Nowotny, 2004). Respecto a los aspectos teóricos, se ha argumentado que la eliminación de los límites entre las disciplinas, así como entre la ciencia y la sociedad, puede llevar a que se diluyan las peculiaridades de cada ámbito (Aronson, 2003). Respecto a los aspectos metodológicos, la principal objeción se concentra en torno a la posibilidad de alcanzar un verdadero enfoque transdisciplinar. Existe un consenso general sobre la falta de un conjunto único de metodologías que puedan caracterizar la práctica de la TDR y, en ocasiones, esta heterogeneidad es vista como un problema. Por último, existen también objeciones relativas a la dificultad para evaluar estas prácticas de investigación debido a su carácter disruptivo y novedoso (Holmes et al., 2018; Klein, 2008).

En cuanto a la puesta en práctica de la TDR, se alude a la necesidad de que la comunidad investigadora sea capaz de asumir esa imbricación entre disciplinas a medida que se crea un corpus de investigación superior, identificándolo como beneficioso para el conjunto y la propia disciplina, y no como una pérdida de identidad, ya que si bien por un lado la TDR hace necesario desterrar el egocentrismo epistemológico, por otro mantiene la referencia a la disciplina de partida (De la Herrán, 2011).

A día de hoy, las prácticas TDR han experimentado un avance significativo en su conceptualización, pero no tanto en su realidad práctica (Peñuela Velásquez, 2005). Esto es en gran medida debido a que, si bien a nivel teórico la conceptualización y la elaboración de planes TDR resulta sencillo, la ejecución práctica de esas ideas, superando los límites de las disciplinas involucradas y con los riesgos inherentes a tal aproximación, no es tarea fácil. Como consecuencia, se siguen manteniendo mayoritariamente los esquemas disciplinares tradicionales, algo que si bien condujo a la hiperespecialización que ha permitido alcanzar el nivel de conocimiento que tenemos hoy en día en cada disciplina, ha dificultado el desarrollo de visiones holísticas (Doblaré Castellano & Alarcón Álvarez, 2008).

De acuerdo a las descripciones realizadas, en el presente volumen se utiliza preferentemente el término TDR – Transdisciplinariedad, ya que se considera que refleja el nivel más completo de colaboración en la investigación científica (académica y no académica), englobando al mismo tiempo en cierta manera al resto de prácticas supra-disciplinares.

## Referencias

---

Aagard, K., & Siune, K. (Eds.). (2007). *The design and delivery of inter- and pluri-disciplinary research Proceedings from MUSCIPOLI Workshop Two*. The DaAagaardnish Institute for Studies in Research and Research Policy.

Andrén, S. (2010). A transdisciplinary, participatory and action-oriented research approach: Sounds nice but what do you mean? *Lund University*.

Aronson, P. (2003). La Emergencia de la Ciencia Transdisciplinar. *Cinta de Moebio*, 18, 179-190.

Balsiger, P. W. (2004). Supradisciplinary research practices: history, objectives and rationale. *Futures*, 36(4), 407-421. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.002>

Ciesielski, T. H., Aldrich, M. C., Marsit, C. J., Hiatt, R. A., & Williams, S. M. (2017). Transdisciplinary approaches enhance the production of translational knowledge. *Translational Research*, 182, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2016.11.002>

Colpaert, J. (2018). Transdisciplinarity revisited. *Computer Assisted Language Learning*, 31(5-6), 483-489. <https://doi.org/10.1080/09588221.2018.1437111>

De la Herrán, A. (2011). COMPLEJIDAD Y TRANSDISCIPLINARIEDAD Complexity and Transdisciplinarity. *Educação SKEPSIS*, n. 2, 294-320.

- Després, C., Brais, N., & Avellan, S. (2004). Collaborative planning for retrofitting suburbs: transdisciplinarity and intersubjectivity in action. *Futures*, 36(4), 471-486. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.004>
- Doblaré Castellano, M., & Alarcón Álvarez, E. (2008). *Retos y oportunidades de la investigación transdisciplinar* (Real Academia de Ingeniería, Ed.). Recuperado de <http://oa.upm.es/25541/>
- Fair, H. (2010). Hacia la transdisciplinariedad. *Con-Sciencias Sociales* 2, 2(1), 19-26.
- Gaspar, D. (2001). Interdisciplinarity: building bridges, and nurturing a complex ecology of ideas. *ISS Working Paper Series/General Series*, 331, 1-42.
- Gaziulusoy, A. I., Ryan, C., McGrail, S., Chandler, P., & Twomey, P. (2016). Identifying and addressing challenges faced by transdisciplinary research teams in climate change research. *Journal of Cleaner Production*, 123, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.049>
- Gintis, H., Doebeli, M., & Flack, J. (2012). The Evolution of Human Cooperation. *Cliodynamics: The Journal of Quantitative History and Cultural Evolution*, 3(1), 172-190. <https://doi.org/10.21237/C7CLIO3112928>
- Graf, J. (2019). Bringing Concepts Together: Interdisciplinarity, Transdisciplinarity, and SSH Integration. *fteval Journal for Research and Technology Policy Evaluation Issue 48/July 2019 – Proceedings of the Conference «Impact of Social Sciences and Humanities for a European Research Agenda Valuation of SSH in mission-oriented research»*, 33-36. <https://doi.org/10.22163/fteval.2019.364>
- Hadorn, G. H., Biber-klemm, S., Grossenbacher-mansuy, W., Hoffmann-riem, H., Joye, D., Pohl, C., ... Zemp, E. (2008). The emergence of transdisciplinary as a form of research. *Handbook of transdisciplinary research*, 19-39.
- Herneoja, A., Pihlajaniemi, H., Luusua, A., Markkanen, P., & Österlund, T. (2015). Remarks on Transdisciplinarity as Basis for Conducting Research by Design Teamwork in Real World Context through Two Case Studies of Algorithm Aided Lighting. *Real Time-Proceedings of the 33rd eCAADe Conference*, 2, 61-70.
- Holmes, H., Gregson, N., Watson, M., Buckley, A., Chiles, P., Krzywoszynska, A., & Maywin, J. (2018). Interdisciplinarity in Transdisciplinary Projects: Circulating Knowledges, Practices and Effects. *disP – The Planning Review*, 54(2), 77-93. <https://doi.org/10.1080/02513625.2018.1487646>
- Jahn, T., Bergmann, M., & Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, 79, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.017>
- Jara, L. M., Rodríguez, T. Á., & Sosa, P. V. (2018). Rastros transdisciplinarios en las Ciencias sociales y la Historia. *Acouyauh (versión impresa)* ISSN 2395-7980, Vol. 60, pp. 37-52.
- Klein, J.T, Grossenbacher-Mansuy, W., Häberli, R., Bill, A., Scholz, R., & Welti, M. (2001). *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society An Effective Way for Managing Complexity* (J. Thompson Klein, W. Grossenbacher-Mansuy, R. Häberli, A. Bill, R. Scholz, & M. Welti, Eds.). [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8419-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8419-8_2)
- Klein, J. T. (2008). Evaluation of Interdisciplinary and Transdisciplinary Research. A Literature Review. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2 SUPPL.), 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.05.010>
- Krishnan, D. A. (2009). *What are Academic Disciplines? Some observations on the Disciplinarity vs. Interdisciplinarity debate*. Recuperado de [http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/what\\_are\\_academic\\_disciplines2009.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/what_are_academic_disciplines2009.pdf)
- Lawrence, R. J. (2004). Housing and health: from interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice. *Futures*, 36(4), 487-502. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.001>
- Mazzucato, M. (2018). *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. <https://doi.org/10.2777/36546>

- Mcgregor, S. (2004). *The Nature of Transdisciplinary Research and Practice*.
- Mitchell, M., Moore, S. A., Clement, S., Lockwood, M., Anderson, G., Gaynor, S. M., ... Lefroy, E. C. (2017). Biodiversity on the brink: Evaluating a transdisciplinary research collaboration. *Journal for Nature Conservation*, 40(August), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.08.002>
- Mobjörk, M. (2010). Consulting versus participatory transdisciplinarity: A refined classification of transdisciplinary research. *Futures*, 42(8), 866-873. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.03.003>
- Moran, E. F., & Lopez, M. C. (2016). Future directions in human-environment research. *Environmental Research*, 144, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.019>
- Morin, E. (2001). MORIN,E. 1987\_\_Introduccion\_al\_pensamiento\_complejo (Gedisa, Ed.). Recuperado de [http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin\\_Introduccion\\_al\\_pensamiento\\_complejo.pdf](http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf)
- Nowotny, H. (2004). The potential of transdisciplinarity. H. Dunin-Woyseth, H. and M. Nielsen, *Discussing Transdisciplinarity: Making Professions and the New Mode of Knowledge Production, the Nordic Reader*, Oslo School of Architecture,Oslo, Norway, 10-19. Recuperado de [http://helga-nowotny.eu/downloads/helga\\_nowotny\\_b59.pdf](http://helga-nowotny.eu/downloads/helga_nowotny_b59.pdf)
- Peñuela Velásquez, L. A. (2005). LA TRANSDISCIPLINARIEDAD MÁS ALLÁ DE LOS CONCEPTOS, LA DIALÉCTICA. *Andamios, Revista de Investigación Social*, 1(2), 43-77. <https://doi.org/10.29092/uacm.v0i2.492>
- Pohl, C., & Hadorn, G. H. (2008). Core Terms in Transdisciplinary Research. En *Handbook of Transdisciplinary Research* (pp. 427-432). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6699-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6699-3_28)
- Ramadier, T. (2004). Transdisciplinarity and its challenges: the case of urban studies. *Futures*, 36(4), 423-439. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.009>
- Rousseau, R., Zhang, L., & Hu, X. (2019). *Knowledge Integration: Its Meaning and Measurement*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_3)
- Wernli, D., & Darbellay, F. (2016). *Interdisciplinarity and the 21st century University*.
- Wickson, F., Carew, A. ., & Russell, A. W. (2006). Transdisciplinary research: characteristics, quandaries and quality. *Futures*, 38(9), 1046-1059. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2006.02.011>
- Wilthagen, T., Aarts, E. H. L., & Valcke, P. (2018). *A Time for Interdisciplinarity-An Essay on the Added Value of Collaboration for Science, University, and Society. A Time for Interdisciplinarity-An Essay on the Added Value of Collaboration for Science, University, and Society* (2018).
- Zierhofer, W., & Burger, P. (2007). Disentangling Transdisciplinarity: An Analysis of Knowledge Integration in Problem-Oriented Research. *Science and Technology Studies*, 20(1), 51-74.



# Ciencias Sociales Computacionales y Humanidades Digitales: un ejemplo de praxis transdisciplinaria

Las Ciencias Sociales y las Humanidades presentan, especialmente estas últimas, dinámicas de investigación que las diferencian y las dotan de una personalidad propia, identificada como una cultura de investigación específica, diferente a la propia de las Ciencias Exactas y de la Vida ([Marcos, 2015](#); [Snow, 1959](#)). La existencia de una excesiva diferenciación entre esas culturas de investigación ha sido criticada de forma reiterada ([Bilbeny & Guàrdia, 2015](#)). No obstante, el rumbo fijado para la investigación por las políticas científicas asume la eliminación de esas posibles barreras y la fusión entre los diferentes campos del saber a través de la transferencia de los diferentes enfoques y metodologías ([Marcos, 2015](#); [Snow, 1959](#)).

Así, se ha planteado la necesidad de una renovación de las Ciencias Humanas y Sociales, dirigida a matizar, por ejemplo, las dinámicas altamente individuales en la investigación humanística, la inexistencia de grandes grupos de investigación, el desarrollo de procesos de formalización de la información, la integración de metodologías cuantitativas y la integración en programas de investigación más amplios. El uso de las nuevas tecnologías y la implementación de procesos de digitalización ha llevado también a la emergencia de las Ciencias Sociales Computacionales y las Humanidades Digitales, que junto a otras nuevas áreas de conocimiento, como son por ejemplo las Humanidades Ambientales, constituyen la vanguardia en lo referido a las Humanidades y la transdisciplinariedad.

Ya en el capítulo introductorio se resaltaba que la Red de Excelencia *SimPastNet* es el resultado de la ejecución del proyecto de Investigación transdisciplinaria CONSOLIDER Ingenio *SimulPast. Simulating the Past to Understand Human Behavior*. La experiencia desarrollada durante el proyecto demostró la capacidad de las Ciencias Sociales Computacionales y las Humanidades Digitales para resultar aproximaciones metodológicas que facilitan y promueven la cooperación transversal entre disciplinas.

El modelado computacional y la simulación se han incorporado con fuerza al debate científico en las últimas décadas, produciendo resultados importantes en muchas disciplinas científicas como la Física, la Química, la Biología, la Economía o la Ingeniería. Paralelamente, ha surgido una importante base teórica y herramientas de diferentes campos para estudiar sistemas con un alto número de componentes capaces de autoorganizarse para formar estructuras y comportamientos a escalas mayores -sistemas complejos-, disciplina conocida con el nombre de *Complexity Science* ([Mathews, White & Long, 1999](#)). El progreso logrado en todos estos campos, junto con el desarrollo de la Inteligencia Artificial (AI) y el *Data Science*, ha desencadenado una revolución en la forma en que trabajamos, nos comunicamos, compramos, etc., posibilitando al mismo tiempo importantes oportunidades económicas y de innovación.

Una nueva disciplina como las Ciencias Sociales Computacionales ([Cioffi-Revilla, 2017](#); [Lazer et al., 2009](#); [Mann, 2016](#)) que aglutina la aplicación tanto de las ciencias de la complejidad como del análisis computacional en las Ciencias Sociales, aporta un enfoque innovador para la comprensión del comportamiento humano y social, así como de los fenómenos culturales, al mismo tiempo que permite investigar procesos sociales y económicos a diferentes escalas espaciales o temporales, y también a diferentes niveles de análisis; todo ello a la vez que fomenta la estandarización de datos. Se promueven así no solo otro tipo de preguntas, sino también la cooperación y la colaboración entre disciplinas. Asimismo, se pueden explorar también nuevas hipótesis a partir de la disponibilidad de nuevos conjuntos de datos y nuevas capacidades de exploración de estos. El desarrollo de nuevos paradigmas y la colaboración entre diferentes campos de conocimiento tienen el potencial de promo-

ver nuevos escenarios de investigación, evitando la reiteración en construcciones interpretativas preexistentes ([Cioffi-Revilla, 2017](#); [Conte et al., 2012](#)).

No obstante, la difusión de estas metodologías analíticas se encuentra todavía en desarrollo, enfrentando aún una gran cantidad de desafíos, como señala el reciente *Manifiesto of Computational Social Science* ([Conte et al., 2012](#)):

1. El campo de estudio de las Ciencias Sociales y las Humanidades presenta de forma inherente una gran complejidad que actúa a diferentes niveles y en diferentes direcciones. No sólo existen retroalimentaciones entre la *micro* y la *macro* escala, sino también mecanismos modulados por diferentes niveles en la mesoescala (familias, grupos, comunidades, etc). La formación de los niveles intermedios y la interacción entre estos niveles y entre las propias entidades en cada nivel generan fenómenos emergentes todavía poco entendidos.
2. Desde la perspectiva del modelado, el desarrollo de modelos que incorporen de forma integrada diferentes características culturales, diferentes procesos dinámicos y en diferentes escalas es todavía un desafío. Los modelos jerárquicos y multinivel que capturen este tipo de interdependencias todavía están en desarrollo.
3. La utilización de metodologías cruzadas que integren modelado con experimentación bien diseñada, capaz de discernir entre explicaciones alternativas, también supone un desafío para las Ciencias Sociales Computacionales. Si bien el diseño de experimentos, tanto para la inferencia como para la validación de resultados teóricos, y la experimentación social en grandes escala se están desarrollando con éxito en los últimos años, y todavía están lejos de ser metodologías consolidadas en este campo.
4. El modelado basado en agentes ([Izquierdo et al., 2008](#)), una de las herramientas clave para incorporar la complejidad de los sistemas sociales en modelos formales, presenta también disyuntivas de diseño muy relevantes. El nivel de complejidad individual que es necesario incorporar en los modelos para capturar la inteligencia social de los procesos representa todavía un desafío por resolver en muchos casos.
5. Y la propia respuesta al tipo de modelos ([Edmonds et al., 2019](#)) que son necesarios en cada contexto y problema científico supone todavía un reto por superar.

Todos estos desafíos muestran el gran potencial de la Ciencia de la Complejidad y las Ciencias Sociales Computacionales para convertirse en herramientas relevantes en diversas áreas de conocimiento, como se ilustra en el capítulo 5 de este mismo documento. Por ejemplo, en Historia, y más específicamente en Arqueología, la adopción de una metodología basada en la simulación computacional ha brindado una oportunidad única para desarrollar y validar nuevas técnicas y enfoques, no solo para apoyar la investigación sobre el pasado, sino también para proporcionar una mejor comprensión del presente y el futuro ([Lawrence, 2004](#)). Además, en la actualidad, el acceso a la supercomputación distribuida en red (*grid computing technologies*) se ha popularizado, lo que facilita, junto con la ubicuidad de datos, la adopción de estos métodos en las Ciencias Sociales y las Humanidades.

Aparte de las Ciencias Sociales Computacionales, las Humanidades Digitales es otra de las columnas metodológicas que sostienen parte de la investigación formal multidisciplinar en Ciencias Sociales y Humanidades. El término ha surgido a modo de concepto paraguas ([Dacos, 2011](#)) para englobar investigaciones que comparten, por un lado, un objeto de estudio de las disciplinas humanísticas o sociales; y por otro, su abordaje realizado mediante toda una serie de tecnologías TIC (Tecnologías de Información y Comunicación). Las Humanidades Digitales participan, por una parte, de la dinámica general de digitalización, incluyendo tareas de registro, almacenaje y generación de sistemas de consulta de datos (visuales, textuales, sonoros); así como análisis de texto electrónico o sistemas de marcación digital, entre otros ([González-Blanco García, 2016](#); [Rojas Castro, 2013](#))

Plantea también otros aspectos, todos ellos haciendo uso de tecnologías ampliamente adoptadas en otras áreas de conocimiento, pero que constituyen en algunos casos todavía enfoques novedosos para la actualmente cambiante cultura de investigación propia a las Humanidades (Filatkina, Sánchez-Carretero & Tomalin, 2007; Schindler-Daniels, 2014). Tal sería el caso de aquellos estudios ligados al análisis de datos mediante *Big Data*, la Simulación Social, el aprendizaje automático, el análisis geoespacial o el análisis de redes, entre otros, que engloban parte de la investigación enmarcada en las Ciencias Sociales Computacionales, pero que también incluyen otros muchos usos computacionales ya no enfocados en el modelado, donde las Ciencias Sociales Computacionales tienen un pronunciado acento. Estas no solo están asociadas a la investigación, sino que exploran otros espacios de experimentación artística en los que tiene cabida las artes visuales y la literatura.

Las Humanidades Digitales plantean una reflexión profunda sobre los efectos de la tecnología en la enseñanza y la investigación científica, participando así de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020, que incluye como uno de sus ocho retos la economía y la sociedad digital.

El rápido crecimiento de grupos de excelencia dedicados a estas perspectivas en el escenario mundial demuestra las expectativas internacionales y las inversiones significativas realizadas en esta dirección. Actualmente, los científicos sociales son conscientes de que las herramientas tradicionales utilizadas en los estudios socioeconómicos se pueden complementar con estas nuevas metodologías para abordar la complejidad de dichos sistemas. Algunas líneas de trabajo que permiten abordar esta complejidad desde diferentes ángulos y perspectivas son la simulación basada en agentes, el análisis de redes, diferentes tipos de análisis cuantitativos y el aprendizaje automático, entre otros. El uso de estas herramientas para explorar la vida social y económica puede permitir enfrentar los principales desafíos sociales y medioambientales tanto a nivel global como local.

## Referencias

---

Bilbeny, N. & Guàrdia, J (eds.). (2015). *Humanidades e investigación científica. Una propuesta necesaria*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Cioffi-Revilla, C. (2017). *Introduction to Computational Social Science. Principles and Applications*. Berlin: Springer.

Conte, R., Gilbert, N., Bonelli, G., Cioffi-Revilla, C., Deffuant, G., Kertesz, J., Loreto, V., Moat, S., Nadal, P. P., Sanchez, A., Nowak, A., Flache, A., San Miguel, M. & Helbing, D. (2012). «Manifiesto of computational social science». *The European Physical Journal Special Topics* 214(1): 325-46. <http://link.springer.com/10.1140/epjst/e2012-01697-8>.

Dacos, M. (2011). «Manifiesto por unas Humanidades Digitales.» <https://tcp.hypotheses.org/487>.

Edmonds, B., Le Page, C., Bithell, M., Chattoe-Brown, E., Grimm, V., Meyer, R., Montañola-Sales, C., Ormerod, P., Root H. & Squazzoni, F. (2019). «Different Modelling Purposes». *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 22(3). <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/22/3/6.html>.

Filatkina, N., Sánchez-Carretero, E. & Tomalin, C. (2007). «In Varietate Concordia. A manifesto for the Humanities in Europe.» *ESF Standing Committee for the Humanities*: 8.

González-Blanco García, E. (2016). «Un nuevo camino hacia las humanidades digitales: el Laboratorio de Innovación en Humanidades Digitales de la UNED (LINHD) = A new way towards digital humanities: the Digital Humanities Innovation Lab at UNED (LINHD)». *Signa: Revista de la Asociación Española de Semiótica* 25: 79-93. <http://revistas.uned.es/index.php/signa/article/view/16959>.

Izquierdo, L.R., J.M. Galán, J.I. Santos & del Olmo, R. (2008). «Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas». *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales* 16: 85-112.

- Lawrence, R. (2004). «Housing and health: From interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice». *Futures* 36: 487-502.
- Lazer, D., Pentland, A., Adamic, L., Aral, S., Barabási, A., Brewer, D., Christakis, N., Contractor, N., Fowler, J., Gutmann, M., Jebara T., King G., Macy M., Roy D., Van Alstyne, M. (2009). «SOCIAL SCIENCE: Computational Social Science». *Science* 323(5915): 721-23. <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1167742>.
- Mann, A. (2016). «Core Concept: Computational social science». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(3): 468-70. <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1524881113>.
- Marcos, A. (2015). «A vueltas con las dos culturas. Las sinergias entre ciencias y humanidades». *Investigación y ciencia*. 466: 91-93. <https://www.investigacionyciencia.es/files/20426.pdf>.
- Mathews, K. M., White, M. C., Long, R. G. (1999). «Why Study the Complexity Sciences in the Social Sciences?» *Human Relations* 52(4): 439-62. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872679905200402>.
- Rojas Castro, A. (2013). «Las Humanidades Digitales: principios, valores y prácticas.» *Janus: estudios sobre el Siglo de Oro*. 2: 74-99. <https://repositori.upf.edu/handle/10230/21517>.
- Schindler-Daniels, A. (2014). «Shaping the Horizon: social sciences and humanities in the EU framework programme “Horizon 2020”». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 17(S6): 179-94. <http://link.springer.com/10.1007/s11618-014-0580-8>.
- Snow, C.P. (1959). *Las dos culturas*. Universidad Nacional Autónoma de México.

PARTE III  
ANÁLISIS DE LA MULTIDISCIPLINARIEDAD EN ESPAÑA



# Introducción

Como hemos visto en el capítulo anterior, en la actualidad existe cierta tensión entre la especialización disciplinaria y la naturaleza compleja de la realidad a analizar, que a veces requiere de aproximaciones holísticas (Després, Brais, & Avellan, 2004; Fair, 2010; Ramadier, 2004). Existen varios enfoques de investigación que intentan superar las limitaciones del marco disciplinario, como la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad o la transdisciplinariedad.

Para abordar con éxito estos casos, es prioritario: 1) abordar la complejidad actual complementando los actuales marcos ontológicos y epistemológicos mayoritarios, y 2) transformar las estructuras burocráticas relacionadas con la generación de conocimiento, altamente fragmentadas, a través de la colaboración y comunicación efectiva entre los miembros de la comunidad investigadora por un lado, así como con el resto de la sociedad por el otro (Bozeman & Crow, 1990; Lawrence & Després, 2004).

Para dotar al Sistema Español de Ciencia y Tecnología (SECyT) de la capacidad de afrontar estos enfoques en las mejores condiciones, las iniciativas orientadas a crear y mantener redes colaborativas estables y a la vez dinámicas es un aspecto fundamental.

Una forma de entender el funcionamiento actual de las redes de trabajo conjunto en investigación es analizando y midiendo la colaboración dentro y entre distintas instituciones científicas. De hecho, existe un nuevo campo de estudio, la llamada *Science of Team Science* (SciTS) enfocado completamente a esta misión. Este campo se centra en analizar los niveles de colaboración científica, la efectividad del trabajo en equipo y los mecanismos de ensamblaje de los grupos de investigación utilizando una variedad de métodos (Leone Sciabolazza et al., 2017). Estudiar patrones de colaboración dentro y entre disciplinas o ciencias contribuye a comprender la diversidad de comportamientos cooperativos y los diferentes modos de fusión de conocimiento (Xie et al., 2018). Hasta ahora, una parte importante de estas metodologías, dirigidas a evaluar y cuantificar la multidisciplinariedad y la colaboración científica, se han desarrollado a través de estudios bibliométricos de publicaciones indexadas (Porter & Rafols, 2009; Xie et al., 2018; Zuo & Zhao, 2018), análisis de colaboraciones de investigación de ciertas instituciones (Leone Sciabolazza et al., 2017), análisis de resultados de encuestas (Evans et al., 2019; Woolley et al., 2015; Yusof, Anuar, & Latif, 2019) o estudios en busca de evidencia empírica acerca de la mayor productividad de los trabajos de investigación realizados desde una perspectiva de colaboración multidisciplinar frente a la investigación individual (Benson et al., 2016; Wuchty, Jones, & Uzzi, 2007).

Con este propósito, el objetivo principal del presente trabajo es no ceñirnos a los trabajos previos, realizados generalmente desde una perspectiva bibliométrica, y adoptando una perspectiva de red innovadora basada en el análisis de los proyectos nacionales coordinados financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (<https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/>). Este análisis permite identificar la estructura de las colaboraciones entre centros de investigación, así como las relaciones entre áreas de conocimiento.

## Referencias

- Benson, M. H., Lippitt, C. D., Morrison, R., Cosens, B., Boll, J., Chaffin, B. C., ... Valentin, V. (2016). Five ways to support interdisciplinary work before tenure. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 6(2), 260-267. <https://doi.org/10.1007/s13412-015-0326-9>
- Bozeman, B., & Crow, M. (1990). The environments of U.S. R&D laboratories: political and market influences. *Policy Sciences*, 23(1), 25-56. <https://doi.org/10.1007/BF00136991>

- Després, C., Brais, N., & Avellan, S. (2004). Collaborative planning for retrofitting suburbs: transdisciplinarity and intersubjectivity in action. *Futures*, 36(4), 471-486. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.004>
- Doblaré Castellano, M., & Alarcón Álvarez, E. (2008). *Retos y oportunidades de la investigación transdisciplinar* (Real Academia de Ingeniería, ed.). Recuperado de <http://oa.upm.es/25541/>
- Evans, L., Donovan, B., Liu, Y., Shaw, T., & Harnett, P. (2019). A tool to improve the performance of multidisciplinary teams in cancer care. *BMJ Open Quality*, 8(2), e000435. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-000435>
- Fair, H. (2010). Hacia la transdisciplinariedad. *Con-Sciencias Sociales* 2, 19-26.
- Lawrence, R. J., & Després, C. (2004). Futures of Transdisciplinarity. *Futures*, 36(4), 397-405. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.005>
- Leone Sciabolazza, V., Vacca, R., Kennelly Okraku, T., & McCarty, C. (2017). Detecting and analyzing research communities in longitudinal scientific networks. *PLOS ONE*, 12(8), e0182516. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182516>
- Mobjörk, M. (2010). Consulting versus participatory transdisciplinarity: A refined classification of transdisciplinary research. *Futures*, 42(8), 866-873. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.03.003>
- Porter, A. L., & Rafols, I. (2009). Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81(3), 719-745. <https://doi.org/10.1007/s11192-008-2197-2>
- Ramadier, T. (2004). Transdisciplinarity and its challenges: the case of urban studies. *Futures*, 36(4), 423-439. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.009>
- Woolley, R., Sánchez-Barrioluengo, M., Turpin, T., & Marceau, J. (2015). Research collaboration in the social sciences: What factors are associated with disciplinary and interdisciplinary collaboration? *Science and Public Policy*, 42(4), 567-582. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu074>
- Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge. *Science*, 316(5827), 1036-1039. <https://doi.org/10.1126/science.1136099>
- Xie, Z., Li, M., Li, J., Duan, X., & Ouyang, Z. (2018). Feature analysis of multidisciplinary scientific collaboration patterns based on PNAS. *EPJ Data Science*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-018-0134-z>
- Yusof, S. R. M., Anuar, A. N., & Latif, A. A. (2019). Multidisciplinary Collaboration in Engineering Service-Learning Project. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v9-i1/5492>
- Zuo, Z., & Zhao, K. (2018). The more multidisciplinary the better? – The prevalence and interdisciplinarity of research collaborations in multidisciplinary institutions. *Journal of Informetrics*, 12(3), 736-756. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.06.006>



# Análisis de la multidisciplinariedad de la investigación en España mediante la red de proyectos de I+D+I coordinados

Silvia Díaz-de la Fuente<sup>a</sup>, Virginia Ahedo<sup>a</sup>, Jorge Caro<sup>a</sup>, María Pereda<sup>b</sup>, José Ignacio Santos<sup>a</sup> y José Manuel Galán<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Burgos; <sup>b</sup> Universidad Politécnica de Madrid

## Resumen

---

Este artículo recoge los resultados de un análisis de la multidisciplinariedad de la investigación en España. Con información recogida del Ministerio de Ciencia e Innovación sobre los proyectos de investigación de naturaleza coordinada financiados durante el periodo 2013-2017 hemos formalizado una red de instituciones y otra red de áreas temáticas. Las técnicas de análisis de redes nos han permitido caracterizar las propiedades generales y estructurales de estas redes, así como identificar las instituciones que lideran la multidisciplinariedad en España, las comunidades de instituciones que mantienen una mayor colaboración, y las áreas temáticas que reúnen el mayor número de colaboraciones multidisciplinares.

## I. Introducción

---

Cuando nos propusimos estudiar la dimensión multidisciplinar de la investigación en España no imaginábamos que poco tiempo después el mundo iba a enfrentarse a una inimaginable pandemia. Un pequeñísimo microorganismo ha puesto en jaque la economía de muchos países y la salud de sus ciudadanos, y también, a toda la comunidad científica que se ha visto urgida a dar respuesta a las múltiples y complejas cuestiones abiertas por la pandemia. En ausencia de este hecho, hubiéramos introducido este trabajo aludiendo a la **utilidad de estudiar la complejidad de muchos problemas desde una perspectiva multidisciplinar**, es decir, desde un trabajo colaborativo en el que la utilización de conocimientos, metodologías y técnicas de diferentes disciplinas científicas puede generar más valor que la suma de investigaciones independientes y aisladas. Sin embargo, una calamidad mundial como la pandemia de coronavirus nos está enseñando el mejor ejemplo de cómo la ciencia ante problemas complejos busca respuestas multidisciplinares. Encontramos numerosos proyectos de investigación que tratan de superar las tradicionales fronteras disciplinares para abordar con más probabilidades de éxito el desarrollo de fármacos y vacunas contra la enfermedad ([“Coronavirus research and innovation | European Commission,” 2020](#); [CSIC, 2020](#)), la implementación de modelos epidemiológicos más precisos ([“Mapa de riesgo COVID-19 – España,” 2020](#)), o la explotación de la propia información científica que se va generando sobre el virus y la enfermedad ([“Help us better understand COVID-19 | Kaggle,” 2020](#)), por citar solo algunos ejemplos.

El estudio de la multidisciplinariedad en la ciencia abarca **diferentes enfoques y metodologías**. Por enfoques nos referimos a la propia definición del objeto de estudio, que puede utilizar diferentes niveles de abstracción, desde la simple multidisciplinariedad, entendida como la colaboración de diferentes disciplinas en una tarea común pero trabajando cada una desde en su propio dominio, la interdisciplinariedad, que requiere una integración de conocimientos y metodologías, y finalmente la transdisciplinariedad, que pretende crear un nuevo marco de conocimiento y metodológico que trasciende las disciplinas de partida ([Stember, 1991](#)). Y al hablar

de metodologías, nos referimos a los métodos y las técnicas que podemos emplear para estudiar el problema, aunque en la práctica, resulta difícil averiguar el grado de abstracción que mejor describe muchas de las investigaciones en las que colaboran científicos de diferentes disciplinas.

Aunque los estudios sobre multidisciplinariedad pueden plantear preguntas heterogéneas, muchos recurren a **técnicas comunes basadas en análisis bibliométrico**. Así, por ejemplo, algunos trabajos analizan el impacto en la productividad de la investigación en equipos multidisciplinares ([Wuchty, Jones, & Uzzi, 2007](#)); otros intentan describir las colaboraciones construyendo mapas de la multidisciplinariedad (Porter & Rafols, 2009); incluso podemos encontrar trabajos que analizan las dificultades de la carrera profesional que desarrolla ciencia multidisciplinar ([Benson et al., 2016](#)). Estos son solo algunos ejemplos del interés que en la propia ciencia suscita el estudio del modo de hacer ciencia. La multidisciplinariedad también se hace hueco como medida de comparación entre universidades y centros de investigación, utilizándose como un indicador más en estudios de ranking del sistema universitario nacional ([Fundación BBVA e Ivie \(Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas\), 2019](#)).

Con este trabajo pretendemos hacer una aportación significativa al conocimiento sobre la multidisciplinariedad de la investigación en España. El **resultado es novedoso** por dos aspectos, en primer lugar, por los datos que utilizamos provenientes del Ministerio de Ciencia e Innovación que capturan la multidisciplinariedad desde una perspectiva financiera, a diferencia de los tradicionales estudios sobre productividad científica; y en segundo lugar, por el marco de trabajo en el que desarrollamos el análisis que es la teoría de redes, que nos permite mostrar la dimensión relacional de las colaboraciones entre las diferentes instituciones de investigación españolas.

## 2. Metodología

El trabajo se ha desarrollado en dos etapas. En una primera se han **recogido y procesado la información** publicada por el Ministerio de Ciencia e Innovación sobre las ayudas concedidas por el programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientado a los retos de la sociedad entre los años 2013 y 2018. Esta tarea se ha realizado mediante técnicas de “scraping” de la documentación en formato PDF publicada por el ministerio. De entre todos los proyectos financiados, se han seleccionado exclusivamente los **proyectos coordinados** en la que dos o más instituciones presentan una memoria de investigación única que por su característica multidisciplinar requiere la colaboración de grupos de investigación diferentes (ver la [Figura 1](#)). Ha sido necesario revisar manualmente los datos filtrados para corregir errores o pequeñas variaciones en las variables de texto que podían introducir duplicidades en el análisis posterior.

ANEXO I. AYUDAS CONCEDIDAS - CONVOCATORIA 2014 - PROYECTOS I+D+I  
PROGRAMA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN ORIENTADA A LOS RETOS DE LA SOCIEDAD

REFERENCIA	TÍTULO	BENEFICIARIO	CENTRO	CIF	PERIODO EJECUCIÓN		CONTRATOS PREDOC. PROP.	FINANCIACIÓN CONCEDIDA (euros)							
					FECHA INICIO	FECHA FIN		Total	% FEDER	Por concepto de gasto		Por anualidad			
										Costes Directos	Costes Indirectos	Primera anualidad	Segunda anualidad	Tercera anualidad	Cuarta anualidad
AGL2014-52395-G2-1-R	... ESTUDIO DE LA PATOGENIA DE VIRUS ANIMALES. APLICACIONES A LA MEJORA DE VACUNAS Y A LA IDENTIFICACION DE DIANAS ANTIVIRALES	AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)	CENTRO DE BIOLOGIA MOLECULAR SEVERO OCHOA (CBM)	Q2818002D	01-01-15	31-12-17	1	254.100,00	0,0	210.000,00	44.100,00	88.935,00	60.984,00	104.181,00	0,00
	DESARROLLO DE NUEVAS ESTRATEGIAS ANTIVIRALES Y VACUNAS BASADAS EN...	AGENCIA ESTATAL	CENTRO DE												

**Figura 1.** Muestra de una de las múltiples tablas procesadas que recogen la relación de proyectos financiados por el ministerio y la financiación concedida. Los proyectos coordinados se caracterizan por añadir un valor alfanumérico a la referencia que define el grupo y su orden; dos o más instituciones que participan en el mismo proyecto comparten la parte principal de la referencia y difieren en la parte de grupo. La variable “beneficiario” identifica el nodo en la red de instituciones, mientras que la variable “centro” ha sido utilizada como criterio para clasificar el proyecto en una de las áreas temáticas de la ANEP.

En una segunda etapa, a partir de los datos capturados se han formalizado y analizado dos redes:

1. Una **red de instituciones** en la que los nodos son los beneficiarios de las ayudas, y cada enlace pesado define el número de proyectos coordinados que dos beneficiarios han suscrito durante el periodo de estudio. Entre los beneficiarios de estas ayudas se encuentran una gran parte de las universidades, así como el CSIC y otras instituciones de investigación nacional.
2. Una **red de áreas temáticas**. Desafortunadamente la información publicada por el ministerio no recoge los campos clave con los que se clasifican los proyectos. Sin embargo, hemos propuesto una clasificación tentativa utilizando como criterio de clasificación el dato del centro que lidera el proyecto dentro de la institución, y como clases las áreas temáticas de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), (ver la [Tabla 1](#)). La clasificación de los proyectos financiados nos ha permitido crear una red de áreas temáticas donde los nodos corresponden con un código ANEP, y un enlace pesado representa el número de proyectos coordinados que relacionan dos áreas temáticas.

Área ANEP	Código
Ciencias y tecnologías químicas	CTQ
Energía y transporte	EYT
Ciencias físicas	FIS
Ciencias y tecnologías de materiales	MAT
Ciencias matemáticas	MTM
Producción industrial ingeniería civil	PIN
Tecnologías de la información y comunicaciones	TIC
Ciencias sociales	CSO
Derecho	DER
Economía	ECO
Ciencias de la educación	EDU
Cultura filología literatura y arte	FLA
Mente lenguaje y pensamiento	MLP
Estudios del pasado historia y arqueología	PHA
Psicología	PSI
Biociencias y biotecnología	BIO
Biomedicina	BME
Ciencias agrarias y agroalimentarias	CAA
Ciencias y tecnologías medioambientales	CTM
Universidades e Institutos sin especificar	gen

**Tabla 1.** Áreas temáticas de la ANEP

El tratamiento de los datos del ministerio, la formalización de las redes y su análisis se ha realizado en Python mediante las librerías NetworkX ([Hagberg, Schult, & Swart, 2008](#)), Pandas ([The pandas development Team, 2020](#)) y Numpy ([Oliphant, 2006](#); [van der Walt, Colbert, & Varoquaux, 2011](#)), el programa de “consensus clustering” ([Lancichinetti & Fortunato, 2012](#)), y el programa de detección de comunidades OSLOM ([Lancichinetti et](#)

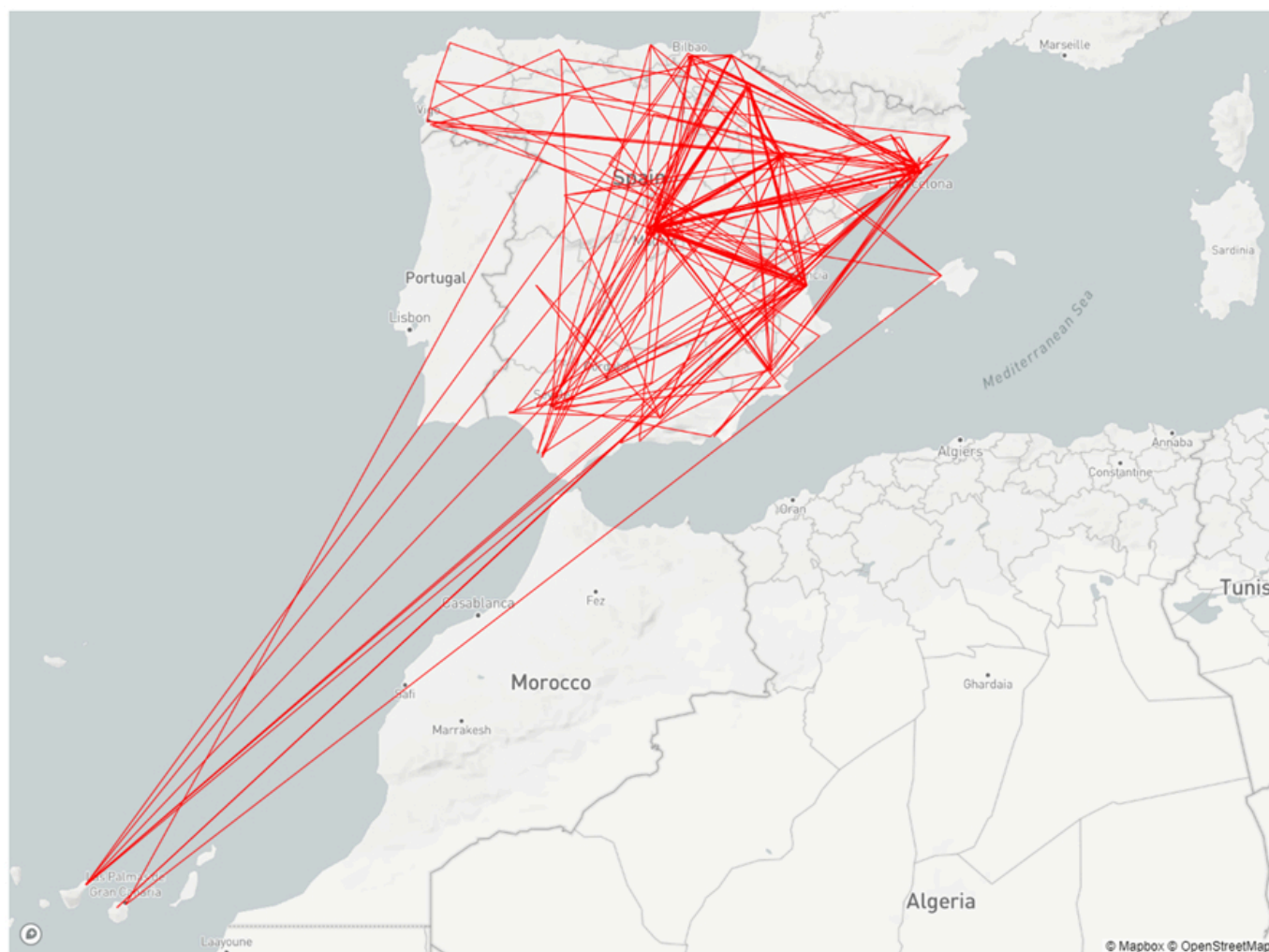
al., 2011). Además, hemos utilizado el programa de visualización de redes Gephi (Bastian, S., & M., 2009) para crear algunas de las figuras.

## 3. Principales resultados

### 3.1- Red de instituciones

#### 3.1.1- Características generales

La red de instituciones está formada por todos los beneficiarios de los proyectos coordinados, que corresponden a las instituciones solicitantes. Se establece un enlace entre dos instituciones si ambas han participado en al menos un proyecto multidisciplinar, siendo el peso del enlace el número de proyectos compartidos. Hemos geolocalizado cada institución lo que nos ha permitido representar la red de instituciones en el mapa de España (ver la [Figura 2](#)); dada la naturaleza del CSIC que agrupa una gran variedad de centros, se han tenido en cuenta la geolocalización del centro particular del CSIC que solicitaba el proyecto para no generar un sesgo de concentración de enlaces hacia la capital. El análisis de esta figura nos permite obtener algunos resultados cualitativos de la distribución espacial de la multidisciplinariedad en España. Especialmente podemos destacar el número de relaciones entre instituciones situadas en la capital **Madrid** con instituciones localizadas en las **principales ciudades del arco mediterráneo, Barcelona y Valencia, así como con el noreste peninsular, Bilbao, Pamplona y Zaragoza.**



**Figura 2.** Proyección en el mapa de España de la red de instituciones.

La red de instituciones presenta un componente mayor con más del 98% de los nodos cuyos principales esta-

32 | Análisis de la multidisciplinariedad de la investigación en España mediante la red de proyectos de I+D+I coordinados

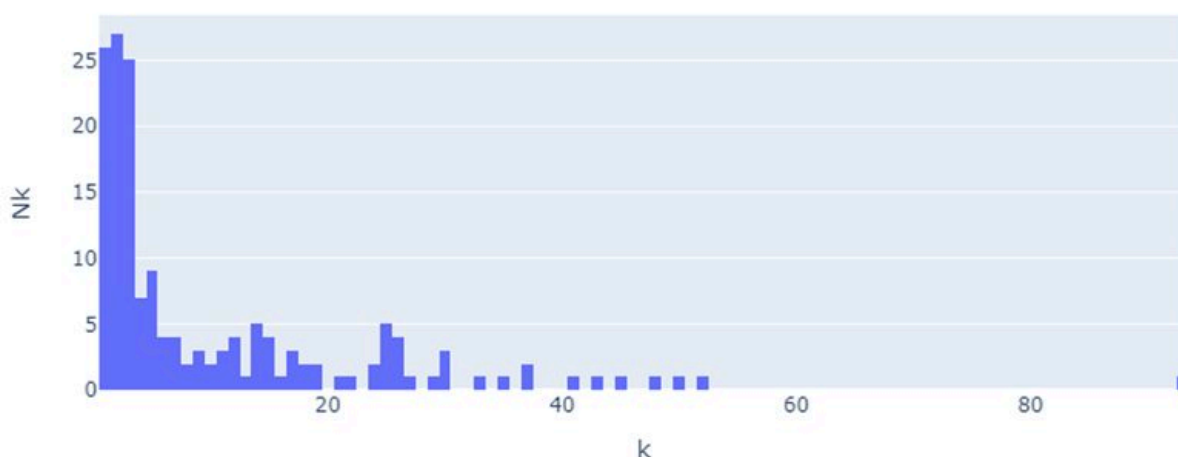
dísticos se muestran en la [Tabla 2](#). Este componente presenta un **clustering elevado**, debido a la existencia de muchas relaciones triangulares en los proyectos coordinados.

Además, destaca una **asortatividad de grado negativa**, lo que evidencia una estructura de red estrellada, donde aquellas instituciones con un mayor número de vínculos tienden a establecer relaciones con instituciones con pocos vínculos. Esta estructura estrellada puede responder a un modelo de especialización, donde las grandes instituciones (en términos de volumen de proyectos y vínculos con otras instituciones) tienden a liderar los proyectos, desarrollando probablemente la línea de investigación principal, asociándose con instituciones más pequeñas que desempeñarían tareas más especializadas.

Nodos	Enlaces	Densidad	Distancia geodésica media	Grado medio	Clustering medio	Asortatividad de grado
163	844	0.063925	2.484284	10.355828	0.460527	-0.243814

**Tabla 2.** Estadísticas básicas del componente principal de la red de instituciones.

La [Figura 3](#) muestra la **distribución de grado** de la red de instituciones. El CISIC con sus 93 enlaces (ver la [Tabla 3](#)) representa claramente un outlier puesto que agrupa a una gran diversidad de centros de investigación distribuidos por toda España. Sin tener en cuenta el CSIC, el resto de la gráfica manifiesta una **significativa heterogeneidad** fruto de que unas pocas instituciones tienen un mayor número de relaciones que la mayoría.



**Figura 3.** Distribución de grado de la red de instituciones. El grado (no pesado) se calcula como el número de enlaces que una institución tiene con otras de la red.

La [Tabla 3](#) recoge las 20 instituciones con un mayor número de enlaces. Además del CISIC, en los primeros lugares destacan las principales universidades politécnicas, la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Politécnica de Madrid, junto con la Universidad de Barcelona, la Universidad del País Vasco y la Universidad Complutense de Madrid, todas ellas con más de 40 vínculos correspondientes a más de 100 proyectos coordinados cada una. Más adelante veremos que las áreas temáticas de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y producción industrial e ingeniería civil (PIN) agrupan una gran cantidad de los proyectos por lo que no sorprende los puestos de las universidades de perfil más tecnológico como las politécnicas. Se ha incluido una variable con el personal de cada una de las instituciones como representante del tamaño de ésta. Sin tener en cuenta el CSIC, podemos ver que existe una **importante correlación lineal entre el grado y el tamaño de las instituciones** como se muestra en la [Figura 4](#).

Institución	Código	Grado	Peso	Personal
CONSEJO-SUPERIOR-DE-INVESTIGACIONES-CIENTIFICAS	CSIC	93	429	3646
UNIVERSITAT-POLITECNICA-DE-CATALUNYA	UPC	52	149	2643
UNIVERSITAT-POLITÈCNICA-DE-VALÈNCIA	UPV	50	128	2598
UNIVERSIDAD-DE-BARCELONA	UB	48	123	5391
UNIVERSIDAD-POLITECNICA-DE-MADRID	UPM	45	158	2911
UNIVERSIDAD-DEL-PAIS-VASCO-EUSKAL-HERRIKO-UNIBERTSITATEA	UPV-EHU	43	103	4383
UNIVERSIDAD-COMPLUTENSE-DE-MADRID	UCM	41	105	5727
UNIVERSIDAD-DE-CASTILLA-LA-MANCHA	UCLM	37	67	2383
UNIVERSIDAD-DE-VALENCIA	UV	37	106	4186
UNIVERSIDAD-CARLOS-III-DE-MADRID	UC3M	35	94	1555
UNIVERSIDAD-DE-SEVILLA	US	33	89	4163
UNIVERSIDAD-AUTONOMA-DE-BARCELONA	UAB	30	72	3532
UNIVERSIDAD-DE-MALAGA	UMA	30	57	2404
UNIVERSIDAD-DE-ZARAGOZA	UNIZAR	30	78	3615
UNIVERSIDAD-DE-VIGO	UVIGO	29	80	1362
UNIVERSIDADE-DE-SANTIAGO-DE-COMPOSTELA	USC	27	48	2066
UNIVERSIDAD-DE-CANTABRIA	UNICAN	26	63	2520
UNIVERSIDAD-REY-JUAN-CARLOS	URJC	26	49	2280
UNIVERSIDAD-DE-VALLADOLID	UVA	26	53	1226
UNIVERSIDAD-AUTONOMA-DE-MADRID	UAM	26	52	1523

**Tabla 3.** Lista de las 20 instituciones con mayor número de enlaces (grado) y el número de proyectos coordinados (peso). Se ha incorporado una variable con el personal de cada institución (fuente U-Ranking 2019).



**Figura 4.** Gráfico de dispersión del grado frente al personal de la lista de las 20 instituciones con mayor grado. La línea roja representa la regresión lineal sin el dato del CSIC (con un coeficiente de correlación cercano al 0.5).

Finalmente hemos completado la caracterización de las instituciones calculando las medidas de centralidad de PageRank y de intermediación (*betweenness*). La [Tabla 4](#) recoge la lista de las 15 instituciones con mayor grado de intermediación, junto con su valor de PageRank. En esta red, la medida de PageRank está muy correlada con la medida del grado y no añade más información a lo ya comentado. La **medida de intermediación** establece

un ranking de instituciones parecido al ranking de grado. Aquellas instituciones con mayor grado que lideran los centros de la estructura estrellada de la red lógicamente también tienen altos valores de intermediación. Aunque también nos permite descubrir algunas otras instituciones que, si bien no tienen tantos vínculos, sí desempeñan un puesto importante como puente de conexión entre instituciones en los proyectos multidisciplinares. Entre estos casos destacamos la **Universidad Pompeu Fabra**, que estando en la posición 31 del ranking de grado ocupan la séptima posición de acuerdo con la intermediación; y el **Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)** que ocupa la duodécima posición en el ranking de intermediación frente a la posición 50 en el ranking de grado.

Institución	Betweenness	PageRank	Grado	Ranking (grado)
CSIC	0.316172474	0.10234972	93	1
UNIVERSITAT-POLITECNICA-DE-CATALUNYA	0.088377378	0.035143813	52	2
UNIVERSIDAD-COMPLUTENSE-DE-MADRID	0.081128512	0.027548889	41	7
UNIVERSIDAD-DE-BARCELONA	0.070336353	0.029512757	48	4
UNIVERSITAT-POLITÈCNICA-DE-VALÈNCIA	0.059703985	0.029565437	50	3
UNIVERSIDAD-POLITECNICA-DE-MADRID	0.057972253	0.035767548	45	5
UNIVERSITAT-POMPEU-FABRA	0.054281014	0.009882365	19	31
UNIVERSIDAD-DEL-PAIS-VASCO-EUSKAL-HERRIKO-UNIBERTSITATEA	0.044935846	0.024205139	43	6
UNIVERSIDAD-DE-SEVILLA	0.039507153	0.021196435	33	11
UNIVERSIDAD-CARLOS-III-DE-MADRID	0.037576766	0.02187506	35	10
INSTITUT-DE-RECERCA-I-TECNOLOGIA-AGROALIMENTARIES-(IRTA)	0.037402525	0.005346497	10	55
UNIVERSIDAD-DE-VALENCIA	0.035621288	0.02440262	37	9
UNIVERSIDAD-DE-ZARAGOZA	0.031349284	0.019077639	30	14
UNIVERSIDAD-DE-CASTILLA-LA-MANCHA	0.029765122	0.016104666	37	8

**Tabla 4.** Medidas de centralidad de intermediación (betweenness), PageRank y grado.

### 3.1.2- Identificación de comunidades de instituciones

Hemos aplicado el algoritmo OSLOM de **detección de comunidades** a nuestra red de instituciones ([Lancichinetti et al., 2011](#)). El objetivo es describir la estructura de grupos de la ciencia multidisciplinar en España observada a través de la lente de la financiación de proyectos coordinados. Debemos recordar, que el problema de identificar comunidades, en nuestro caso **grupos de instituciones que se caracterizan porque los miembros de cada una comparten un mayor número de proyectos entre ellos mismos que con el resto**, es un problema muy complejo del que únicamente podemos esperar soluciones aproximadas ([Fortunato, 2010](#)). Un algoritmo de “consensus clustering” ([Lancichinetti & Fortunato, 2012](#)) nos ha permitido sortear el problema de la estocasticidad en el resultado de las particiones, construyendo una partición consenso de la red de instituciones formada por 7 comunidades. El valor de la información que aporta cada comunidad está limitado por la su significación estadística, medida como la probabilidad de encontrar una comunidad igual en una red aleatoria. Cuatro de las 7 comunidades presentan un p-valor menor del 5%, lo que nos permite confiar en las interpretaciones que obtenemos de ellas. Las otras tres tienen un p-valor más grande lo que reduce la confianza en su interpretación, algo que no debemos olvidar.

La partición que hemos obtenido responde únicamente a la lógica de los enlaces de la red, es decir, no tiene en cuenta ninguna otra información exógena a la misma. Sin embargo, para interpretar su significado hemos añadido información externa, en particular, la localización espacial de las instituciones y la clasificación de los proyectos en áreas temáticas. De esta forma, cada comunidad muestra dos caras que explorar, un rostro espa-

cial formada por la representación de las instituciones de una comunidad en el mapa de España, y un rostro disciplinar, formada por las áreas temáticas de la ANEP de los proyectos realizados dentro de la comunidad. La [Figura 5](#) y la [Figura 6](#) recogen para cada comunidad su representación espacial y su perfil disciplinar. El **perfil disciplinar** se ha calculado mediante un histograma de la frecuencia de los diferentes temas abordados en los proyectos, destacando en color rojo aquellas áreas que representan el 80% de los proyectos. Además, en cada figura se indican las instituciones más importantes (en términos de grado) que forman la comunidad.

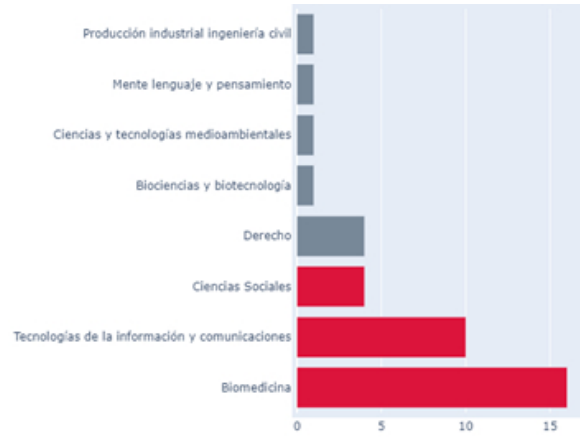
En nuestro análisis hemos encontrado algunos casos de **solapado** que corresponden a instituciones que el algoritmo asigna con la misma probabilidad a dos comunidades. Para interpretar estos casos debemos observar que estos casos suelen ser instituciones grandes con heterogeneidad de centros que participan en cada comunidad con proyectos de áreas temáticas distintas. El caso del CSIC es el más evidente, pues agrupa una gran diversidad de centros de investigación, cada uno de los cuales probablemente mantiene una red de colaboraciones independientes.

La interpretación de la dimensión disciplinar se ve limitada en parte por la falta de datos suficientes para clasificar los proyectos que nos ha obligado a crear una clase genérica que a modo de cajón desastre agrupa todos aquellos proyectos indeterminados.

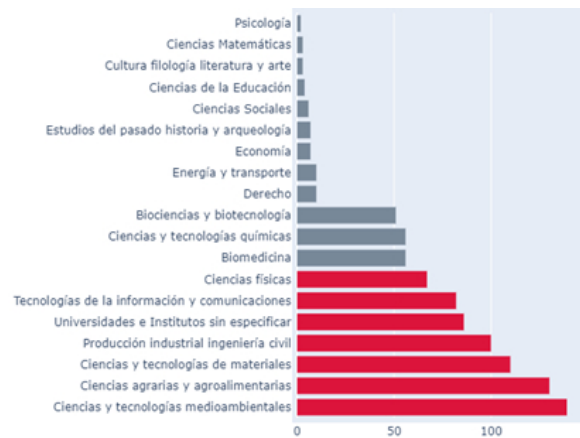
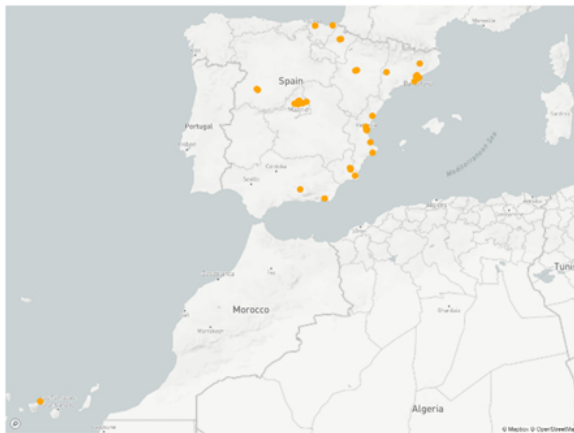
Los principales resultados que obtenemos del análisis de las comunidades de la red de instituciones se resumen en los siguientes puntos:

- Existen dos comunidades con un patrón espacial en forma de **triángulo que une la capital Madrid con el arco mediterráneo y el País Vasco y Navarra** (comunidades [2](#) y [3](#) de la [Figura 5](#)) con una gran diversidad de áreas donde destacan principalmente las **ciencias medioambientales, agrarias y agroalimentarias**. Una de las comunidades ([comunidad 2](#)) está liderada por instituciones valencianas, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Valencia, mientras que la otra ([comunidad 3](#)) está liderada principalmente por instituciones catalanas, la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad de Barcelona y la Universidad Autónoma de Barcelona.
- La [comunidad 4](#) ([Figura 6](#)) muestra una distribución espacial más **centrada que va de norte a sur** y agrupa a un conjunto de **universidades más similares en grado**, la Universidad de Castilla la Mancha, la Universidad de Sevilla, la Universidad de Málaga, la Universidad de Valladolid, la Universidad de Oviedo, la Universidad de Murcia, la Universidad de Granada y la Universidad de Extremadura. La dimensión disciplinar también es variada, aunque en este caso tienen un peso importante la **producción industrial e ingeniería civil, y las tecnologías de la información y comunicación**.
- La [comunidad 6](#) ([Figura 6](#)) une instituciones del **norte peninsular, Galicia, León, País Vasco, con Madrid y el área mediterránea**. Destacan las **principales universidades politécnicas**, la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad Politécnica de Madrid, junto con la Universidad del País Vasco, la Universidad de Valencia, la Universidad Carlos III, la Universidad de Vigo, la Universidad de Zaragoza y la Universidad de Santiago de Compostela. También con un perfil disciplinar heterogéneo en el que destaca la producción industrial e ingeniería civil, y las tecnologías de la información y comunicación.
- Finalmente, la [comunidad 5](#) ([Figura 6](#)) está muy **centrada en instituciones de Madrid**, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Carlos III y la Universidad Rey Juan Carlos, con colaboraciones con instituciones más pequeñas principalmente del País Vasco y del área mediterránea. Al igual que las comunidades anteriores, muestra un perfil disciplinar variado más orientado hacia **la producción industrial e ingeniería civil, y las tecnologías de la información y comunicación**.

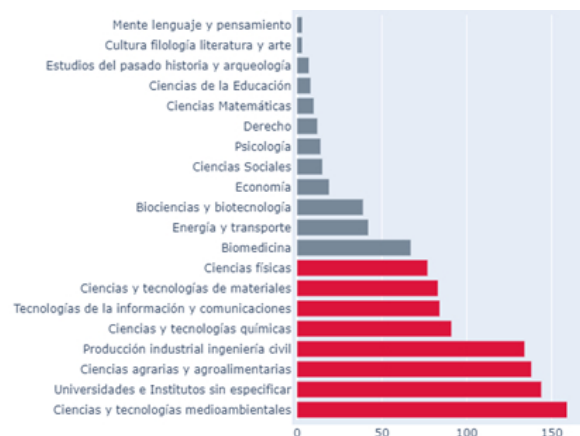
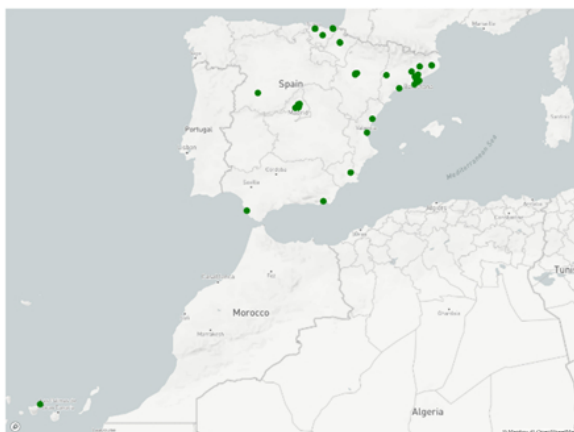




**Comunidad 1** liderada por la Universidad Pompeu Fabra con un peso muy importante en proyectos de biomedicina.



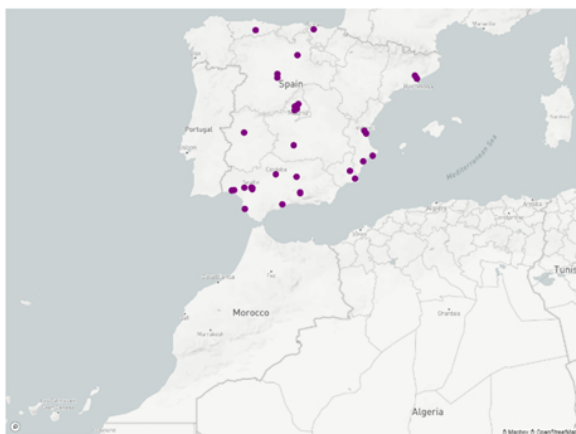
**Comunidad 2** liderada por una parte del CSIC, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Valencia con un peso muy importante en ciencias medioambientales, agrarias y agroalimentarias.



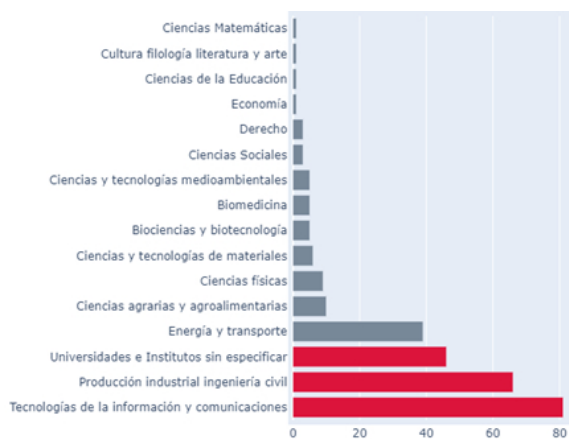
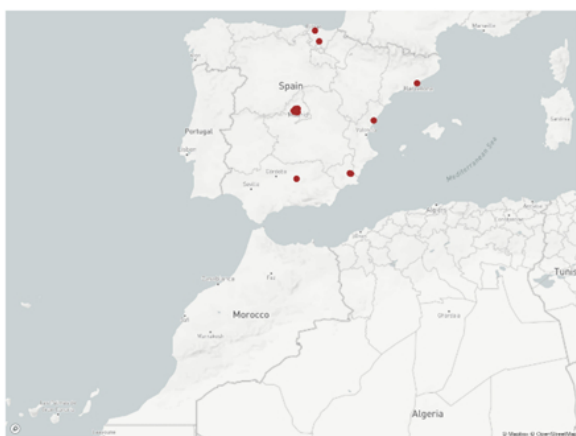
**Comunidad 3** liderada por el CSIC, la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad de Barcelona, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad Complutense de Madrid, con un peso significativo en ciencias medioambientales, agrarias, agroalimentarias y producción industrial.

**Figura 5.** Principales comunidades de la red de instituciones con **p-valor menor del 5%**. Existe una cuarta comunidad muy pequeña que hemos omitido en el análisis porque aporta poca información. Para cada comunidad se muestra: (1) la distribución en el mapa de España, (2) el histograma de la frecuencia de los diferentes temas abor-

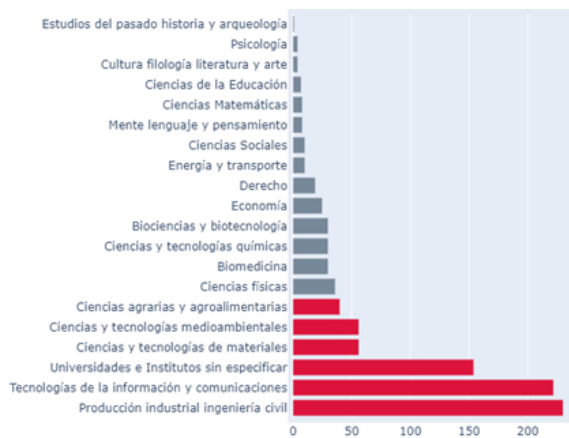
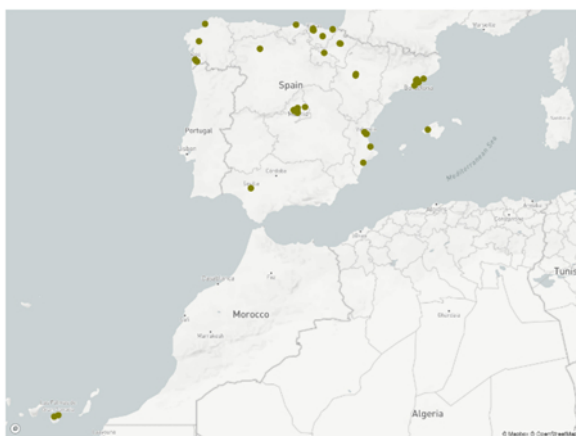
dados en los proyectos, destacando en color rojo aquellas áreas que representan el 80% de los proyectos, y (3) las instituciones con más grado que forman la comunidad.



**Comunidad 4** donde concurren un conjunto de universidades muy parecidas en grado como la Universidad de Castilla la Mancha, la Universidad de Sevilla, la Universidad de Málaga, la Universidad de Valladolid, la Universidad de Oviedo, la Universidad de Murcia, la Universidad de Granada y la Universidad de Extremadura, que destacan principalmente en proyectos industriales y TIC.



**Comunidad 5** liderada por la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Carlos III, y la Universidad Rey Juan Carlos que destacan en proyectos industriales y TIC.



**Comunidad 6** lideradas por la Universidad Politécnica de Cataluña, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad del País Vasco, junto con otras instituciones como la Univer-

sidad de Valencia, la Universidad Carlos III, la Universidad de Vigo, la Universidad de Zaragoza y la Universidad de Santiago de Compostela, todas ellas con proyectos principalmente industriales y TIC.

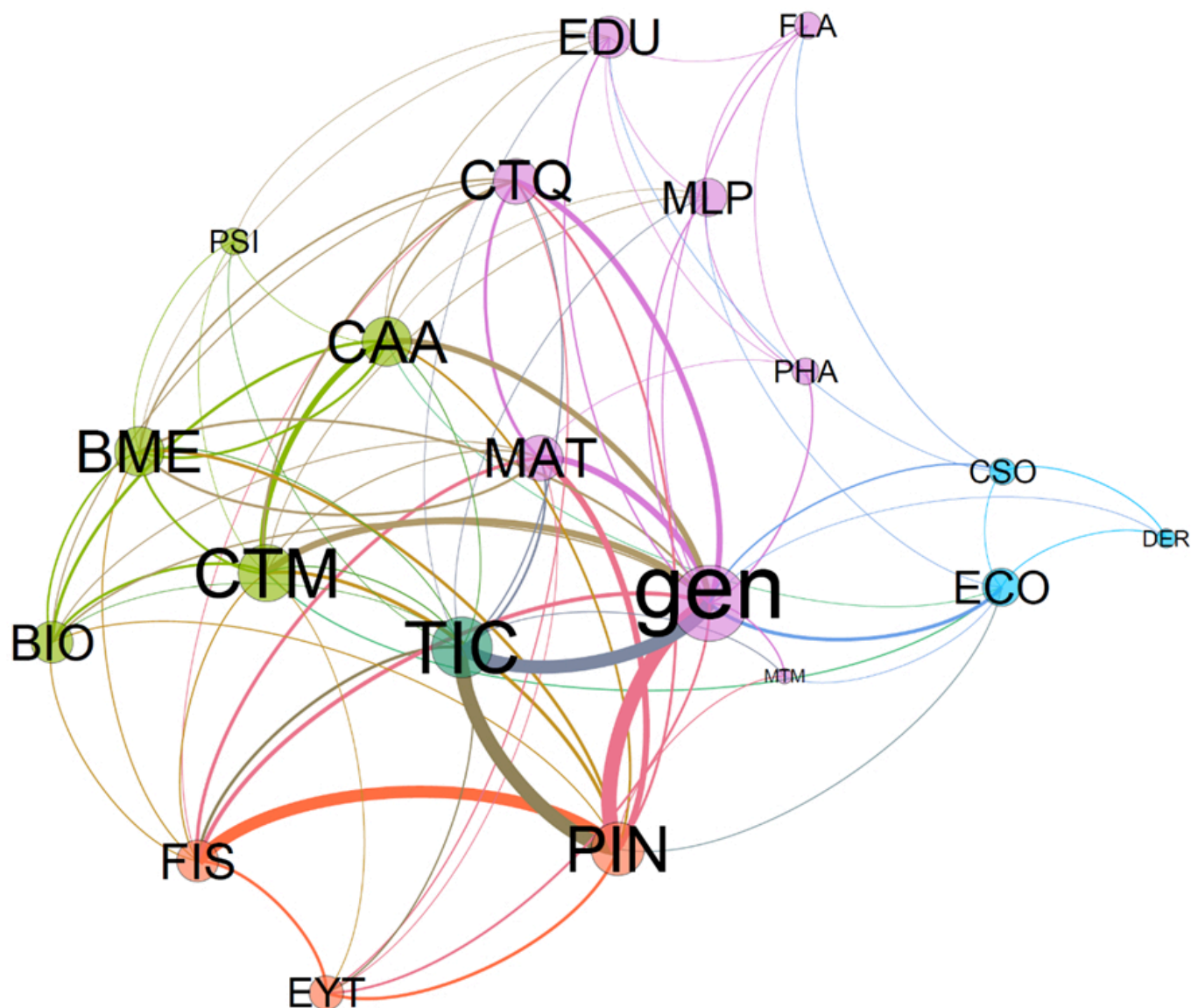
**Figura 6** Comunidades de la red de instituciones con **p-valor mayor del 5%**. Para cada comunidad se muestra: (1) la distribución en el mapa de España, (2) el histograma de la frecuencia de los diferentes temas abordados en los proyectos, destacando en color rojo aquellas áreas que representan el 80% de los proyectos, y (3) las instituciones con más grado que forman la comunidad.

## 3.2- Red de áreas ANEP

### 3.2.1- Características generales

La red de áreas temáticas se construye después de clasificar cada registro de las tablas de proyectos ([Figura 1](#)) en una de las **áreas temáticas de la ANEP**. La clasificación se hace asociando el nombre del centro solicitante a un área temática. Por ejemplo, el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS) del CSIC se ha asociado al área de Ciencias y tecnologías de materiales (MAT) de la ANEP. Muchos de los centros tienen una fácil clasificación, sin embargo, algunos no ofrecen información suficiente en su nombre por ser demasiado genérico, caso por ejemplo de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Girona, por lo que son agrupados en un **área temática nueva genérica** que llamamos “universidades e institutos sin especificar”. En esta red, definimos un enlace entre dos áreas temáticas siempre que haya al menos un proyecto multidisciplinar con dos centros cada uno clasificado en una de las áreas, siendo el peso del enlace el número de proyectos semejantes.

La [Figura 7](#) representa la red de áreas temáticas donde se destacan la importancia de cada área (de acuerdo con el grado), la importancia de cada enlace (de acuerdo con el peso de los proyectos) y la partición en comunidades mediante colores ([ver Tabla 6](#)).



**Figura 7.** Red de áreas temáticas ANEP creada mediante el programa Gephi. Los nodos están coloreados de acuerdo con las comunidades detectadas, su tamaño es proporcional al grado, y el tamaño de los enlaces es proporcional al número de proyectos coordinados que tocan cada par de áreas.

Los principales estadísticos de esta red se muestran en la [Tabla 5](#). Esta proyección de los proyectos en áreas temáticas nos genera una red muy pequeña que se caracteriza principalmente por su elevado clustering y su falta de asortatividad de grado. Como ya comentamos en apartados anteriores, la interpretación de esta red está fuertemente limitada por la falta de datos para clasificar todos los proyectos. Consecuentemente los resultados que podemos extraer son mucho más modestos en comparación con los resultados obtenidos de analizar la red de instituciones.

Nodos	Enlaces	Densidad	Distancia geodésica media	Grado medio	Clustering medio	Asortatividad de grado
20	107	0.563158	1.542105	10.7	0.738453	-0.04028

**Tabla 5.** Estadísticas básicas del componente principal de la red de áreas temáticas de la ANEP.

Obviando la categoría genérica, sí podemos destacar algunas conclusiones ([ver Tabla 6](#)). La primera es que **las disciplinas de perfil más tecnológico**, como las tecnologías de la información y comunicaciones, las ciencias y tecnologías medioambientales, la producción industrial ingeniería civil, las ciencias agrarias y agroali-

mentarias, la biomedicina, las ciencias y tecnologías de materiales, las ciencias y tecnologías químicas, o las biociencias y biotecnología **lideran la multidisciplinariedad** de los proyectos coordinados financiados por el ministerio. Probablemente la propia naturaleza de los problemas de estas disciplinas, que requiere de aproximaciones multidisciplinares, o también una cultura de investigación tradicionalmente más abierta a la discusión interdisciplinar, esté detrás de este hecho. Por el contrario, las disciplinas menos tecnológicas y más teóricas como la psicología, la cultura filología literatura y arte, los estudios del pasado historia y arqueología, el derecho o las ciencias matemáticas, participan en menor grado en las colaboraciones multidisciplinares. También llama la atención el **alto valor de intermediación de las tecnologías de la información y comunicaciones**, que caracteriza su importancia como disciplina común en muchos de los proyectos coordinados.

Código	Área ANEP	Grado	Betweenness	PageRank
<b>gen</b>	Universidades e Institutos sin especificar	1.052631579	0.259530771	0.164081268
<b>TIC</b>	Tecnologías de la información y comunicaciones	0.842105263	0.066743247	0.105027712
<b>CTM</b>	Ciencias y tecnologías medioambientales	0.789473684	0.044569758	0.071870245
<b>PIN</b>	Producción industrial ingeniería civil	0.736842105	0.030339738	0.139762005
<b>CAA</b>	Ciencias agrarias y agroalimentarias	0.684210526	0.028849903	0.06512904
<b>BME</b>	Biomedicina	0.684210526	0.020627959	0.042950575
<b>MAT</b>	Ciencias y tecnologías de materiales	0.631578947	0.021651351	0.057800342
<b>CTQ</b>	Ciencias y tecnologías químicas	0.631578947	0.004511278	0.044727189
<b>BIO</b>	Biociencias y biotecnología	0.578947368	0.001670844	0.029798473
<b>EDU</b>	Ciencias de la Educación	0.578947368	0.04619883	0.017502303
<b>FIS</b>	Ciencias físicas	0.578947368	0.001670844	0.066834523
<b>MLP</b>	Mente lenguaje y pensamiento	0.526315789	0.020467836	0.017577349
<b>ECO</b>	Economía	0.526315789	0.034307992	0.033263524
<b>EYT</b>	Energía y transporte	0.473684211	0	0.025283746
<b>CSO</b>	Ciencias Sociales	0.368421053	0.009990253	0.023157597
<b>PSI</b>	Psicología	0.368421053	0.000974659	0.013996596
<b>FLA</b>	Cultura filología literatura y arte	0.368421053	0.003411306	0.016382026
<b>PHA</b>	Estudios del pasado historia y arqueología	0.368421053	0.005847953	0.015893771
<b>DER</b>	Derecho	0.263157895	0	0.037872813
<b>MTM</b>	Ciencias Matemáticas	0.210526316	0.000974659	0.011088905

**Tabla 6.** Medidas de centralidad de la red de áreas temáticas de la ANEP. La tabla está ordenada de mayor a menor de acuerdo con el grado de los nodos (valor normalizado).

### 3.2.2- Identificación de comunidades de áreas temáticas

También hemos analizado la estructura de grupos de la red de áreas temáticas. En este caso, la identificación de comunidades pretende descubrir aquellos **grupos temáticos que se caracterizan porque dentro del grupo comparten un mayor número de proyectos que fuera del mismo**.

La [Tabla 7](#) muestra la partición en comunidades calculada mediante el algoritmo de Louvain (Blondel et al., 2008) (representada por colores en la [Figura 7](#)). Una revisión de esta nos permite destacar los siguientes puntos:

- Las áreas temáticas más dinámicas en su dimensión multidisciplinar conforman tres comunidades clara-

mente diferenciadas que podemos denominar como: (1) la **comunidad industrial**, formada por las áreas producción industrial e ingeniería que colabora con la física y la energía y transporte; (2) la **comunidad biológica y medioambiental**, formada por ciencias y tecnologías medioambientales, ciencias agrarias y agroalimentarias, y biomedicina; y (3) la **comunidad TIC**, formada por tecnología de la información y comunicaciones.

- Junto a las anteriores, hay una **comunidad de ciencias sociales**, que agrupa áreas con menor productividad multidisciplinar, como ciencias sociales, economía y derecho.
- Finalmente, existe una comunidad más heterogénea y difícil de interpretar ([comunidad 5](#) de la [Tabla 7](#)), en el que destaca el área de universidades e institutos sin especificar que representa los proyectos no clasificados.

Comunidad	Área ANEP	Código
1	Ciencias Sociales	CSO
	Derecho	DER
	Economía	ECO
2	Producción industrial ingeniería civil	PIN
	Ciencias físicas	FIS
	Energía y transporte	EYT
3	Ciencias agrarias y agroalimentarias	CAA
	Ciencias y tecnologías medioambientales	CTM
	Biociencias y biotecnología	BIO
	Biomedicina	BME
4	Tecnologías de la información y comunicaciones	TIC
5	Universidades e Institutos sin especificar	gen
	Ciencias y tecnologías químicas	CTQ
	Ciencias y tecnologías de materiales	MAT
	Ciencias Matemáticas	MTM
	Ciencias de la Educación	EDU
	Cultura filología literatura y arte	FLA
	Mente lenguaje y pensamiento	MLP
	Estudios del pasado historia y arqueología	PHA
	Psicología	PSI

**Tabla 7.** Partición en comunidades de la red de áreas temáticas de la ANEP. Los colores de las filas se corresponden con los utilizados para colorear los nodos de la Figura 7.

## 4. Conclusiones

Con este trabajo hemos pretendido realizar una interesante aportación al conocimiento sobre la **multidisciplinariedad de la investigación científica en España**. A diferencia de los estudios tradicionales basados principalmente en análisis bibliométricos, nosotros hemos pretendido enfocar el problema de la multidisciplinariedad desde su **dimensión financiera**, concretada en la captación de recursos que supone la financiación en las convocatorias nacionales anuales. El resultado resulta novedoso también por el marco de trabajo en el que desarrollamos el análisis, por la forma de transformar los datos en **redes que muestran las relaciones entre instituciones y entre áreas temáticas**.

No debemos olvidar algunas **limitaciones de este estudio**. En primer lugar, la ventana temporal 2013-2018 de las convocatorias del ministerio estudiadas. Hubiera sido interesante abarcar más años para tener una visión más amplia de la actividad multidisciplinar en España, pero carecíamos de estos datos. En segundo lugar, por la propia información utilizada, solo proyectos financieros en la convocatoria nacional de I+D+I del Ministerio

de Ciencia e Innovación. Seguramente la incorporación de datos de otras convocatorias a diferentes niveles, regional, nacional e internacional, permitirían capturar relaciones que actualmente con nuestros datos se nos han escapado. Estas limitaciones, sin embargo, se convierten en **futuras líneas de trabajo** en las que trataremos de incorporar más años y más fuentes de datos.

Las diferentes técnicas de análisis de redes nos han permitido caracterizar las propiedades generales y estructurales de las redes de colaboración multidisciplinar en España, y obtener algunos **resultados** curiosos:

- La **dimensión espacial de la multidisciplinariedad en España** muestra una relación muy intensa entre las instituciones científicas de la capital Madrid y las de las principales ciudades del arco mediterráneo, Barcelona y Valencia, así como con el noreste peninsular, Bilbao, Pamplona y Zaragoza.
- Hemos descubierto una estructura de **red de instituciones estrellada** que puede responder a un **modelo de especialización**, donde las grandes instituciones tienden a desarrollar la línea principal de los proyectos y se asocian con instituciones más pequeñas que desempeñarían tareas más especializadas.
- Hemos identificado diferentes **comunidades de instituciones** que colaboran más intensamente entre de ellas que con el resto. Podemos destacar, dos comunidades con un patrón espacial triangular que une la capital Madrid con el arco mediterráneo y el País Vasco y Navarra que abordan principalmente proyectos de ciencias medioambientales, agrarias y agroalimentarias; una comunidad más central que une norte y sur y agrupa universidades más similares en grado con proyectos de producción industrial e ingeniería civil y tecnologías de la información y comunicación; y una comunidad que une instituciones del norte peninsular, Galicia, León, País Vasco, con Madrid y el área mediterránea, donde tienen un peso muy importante las principales universidades politécnicas, que abordan principalmente proyectos de producción industrial e ingeniería civil y tecnologías de la información y comunicación.
- La red de áreas temáticas evidencia que las **disciplinas de perfil más tecnológico** son las que lideran la multidisciplinariedad en España, frente a disciplinas menos tecnológicas y más teóricas que participan en menos colaboraciones multidisciplinares.
- Hemos identificado tres comunidades temáticas con mayor productividad multidisciplinar, una **comunidad industrial**, una **comunidad biológica y medioambiental**, y una **comunidad TIC**. Y junto a ellas, una **comunidad de ciencias sociales** que agrupa áreas temáticas con una menor actividad multidisciplinar.

## 5. Agradecimientos

---

Los autores quieren mostrar su agradecimiento al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (redes de excelencia HAR2017-90883-REDC y RED2018-102518-T, y FEDER (España), ayuda PGC2018-098186-B-100 (BASIC)); y a la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León a través de BDNS 425389, el contrato predoctoral de Virginia Ahedo (financiado por el Fondo Social Europeo) y la ayuda destinada a financiar la contratación de personal técnico de apoyo a la investigación por las Universidades Públicas de Castilla y León, para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil, cofinanciadas por el Fondo Social Europeo y la Iniciativa de Empleo Juvenil.

## Bibliografía

---

Bastian, M., S., H., & M., J. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. In *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. Retrieved from <http://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/view/154>.

Benson, M. H., Lippitt, C. D., Morrison, R., Cosens, B., Boll, J., Chaffin, B. C., ... Valentin, V. (2016). Five ways

- to support interdisciplinary work before tenure. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 6(2), 260–267. <https://doi.org/10.1007/s13412-015-0326-9>
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Coronavirus research and innovation | European Commission. (2020). Retrieved April 18, 2020, from [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/health-research-and-innovation/coronavirus-research-and-innovation\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/health-research-and-innovation/coronavirus-research-and-innovation_en).
- CSIC. (2020). La plataforma Salud Global del CSIC lanza 12 proyectos científicos para abordar la pandemia del coronavirus | Consejo Superior de Investigaciones Científicas – CSIC – csic.es. Retrieved April 18, 2020, from <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/la-plataforma-salud-global-del-csic-lanza-12-proyectos-cientificos-para-abordar>.
- Fortunato, S. (2010, February 1). Community detection in graphs. *Physics Reports*. North-Holland. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>
- Fundación BBVA e Ivie (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas). (2019). Rankings de las universidades españolas. Retrieved April 18, 2020, from <https://www.u-ranking.es/>.
- Hagberg, A. A., Schult, D. A., & Swart, P. J. (2008). Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. In G. Varoquaux, T. Vaught, & J. Millman (Eds.), *Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008)* (pp. 11–15). Pasadena, CA, USA.
- Help us better understand COVID-19 | Kaggle. (2020). Retrieved April 18, 2020, from <https://www.kaggle.com/covid19>.
- Lancichinetti, A., & Fortunato, S. (2012). Consensus clustering in complex networks. *Scientific Reports*, 2(1), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep00336>
- Lancichinetti, A., Radicchi, F., Ramasco, J. J., & Fortunato, S. (2011). Finding Statistically Significant Communities in Networks. *PLoS ONE*, 6(4), e18961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018961>
- Mapa de riesgo COVID-19 – España. (2020). Retrieved April 18, 2020, from <https://covid-19-risk.github.io/map/spain/es/>.
- Oliphant, T. E. (2006). *A guide to NumPy*. USA: Trelgol Publishing.
- Porter, A. L., & Rafols, I. (2009). Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81(3), pp. 719–745. <https://doi.org/10.1007/s11192-008-2197-2>
- Stember, M. (1991). Advancing the social sciences through the interdisciplinary enterprise. *The Social Science Journal*, 28(1), pp. 1–14. [https://doi.org/10.1016/0362-3319\(91\)90040-B](https://doi.org/10.1016/0362-3319(91)90040-B)
- The pandas development Team. (2020). pandas-dev/pandas: Pandas. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>
- van der Walt, S., Colbert, S. C., & Varoquaux, G. (2011). The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation. *Computing in Science & Engineering*, 13(2), pp. 22–30. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2011.37>
- Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge. *Science*, 316(5827), pp. 1036–1039. <https://doi.org/10.1126/science.1136099>



PARTE IV  
TRANSDISCIPLINARIEDAD Y TRANSVERSALIDAD EN LA  
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA ACTUAL



# Introducción

El Workshop *Terra Incognita. Transdisciplinariedad y Transversalidad en la investigación científica actual*<sup>1</sup>, permitió obtener una imagen general de cómo se han incorporado los enfoques y las prácticas transdisciplinares a diferentes ámbitos de investigación de las Humanidades y Ciencias Sociales.

En este Workshop, por una parte se realizó un encuentro (abierto al público) entre los componentes del proyecto *SimulPast* (<http://simulpast.imf.csic.es/>), dirigido por el **Dr. Marco Madella** (ver [Imagen 1](#)), y por otra se llevaron a cabo diferentes ponencias relacionadas con el papel de la transdisciplinariedad y la transversalidad en determinados campos científicos o bien la presentación de diversos casos de estudio realizados bajo estos mismos enfoques.

Debido a que *SimPastNet* surgió del proyecto *SimulPast* arriba nombrado, la mayoría de las ponencias del workshop estuvieron relacionadas con el desarrollo de reflexiones y prácticas científicas transversales dentro del ámbito de la Historia y la Arqueología. Dicha elección se debió asimismo a la intención de tratar un ámbito definido de conocimiento, con el fin de ofrecer ejemplos concretos y fácilmente identificables. Esto permitió contar con visiones concisas acerca de diferentes aspectos identificados como propios de la colaboración científica supradisciplinar; aspectos como la definición de conceptos desde diferentes perspectivas, la investigación orientada a problemas, el desarrollo de perfiles de investigación híbridos, la transversalidad de las Humanidades y las Ciencias Sociales, las Humanidades Digitales, así como la transferencia de conocimiento y la aportación práctica a la toma de decisiones políticas, tanto desde el ámbito teórico como metodológico.

---

1. Durante los días 12-13 de diciembre de 2019 se celebró en la Residència d'Investigadors-CSIC (C/Hospital 64, 08001, Barcelona) el Workshop titulado *Terra Incognita. Transdisciplinariedad y Transversalidad en la investigación científica actual*, desarrollado como actividad del proyecto de Red *SimPastNet*.



**Imagen 1:** El Dr. Marco Madella, coordinador del proyecto SimulPast, durante su intervención en el workshop, donde presentó dicho proyecto y además abordó las dificultades de crear perfiles híbridos dentro de las Humanidades.

En su aportación, la **Dra. Margarita Díaz-Andreu** (ICREA, Universitat de Barcelona) y la **Dra. Marta Portillo** (IMF-CSIC) hacen un exhaustivo repaso del desarrollo histórico de la interdisciplinariedad en España dentro del campo de la arqueología desde el siglo XIX hasta la actualidad. En ella explican cómo la interdisciplinariedad, entendida como “una aproximación basada en perspectivas disciplinarias que integran sus puntos de vista” ante problemáticas que han de resolverse, se ha ido abriendo paso e imponiéndose durante las tres últimas décadas en España dentro de la arqueología, a pesar de ser este un país que en un inicio siempre fue por detrás de otros en lo que respecta a la aplicación de enfoques interdisciplinares en el ámbito arqueológico.

Partiendo de las relaciones que se vienen estableciendo entre diferentes disciplinas, gracias en parte a la colaboración entre diferentes áreas de conocimiento y a la aparición de las Humanidades Digitales, la **Dra. Iza Romanowska** (Barcelona Supercomputing Center) plantea una reflexión sobre la investigación transdisciplinar en el ámbito de las Humanidades. Consciente de la dificultad que entraña la realización de investigaciones en las que participan profesionales de diferentes áreas de conocimiento, expone las formas más efectivas y pragmáticas para realizar trabajos de investigación transdisciplinares.

La ponencia de la **Dra. María Coto-Sarmiento** (*Universitat de Barcelona*) se centra nuevamente en el ámbito de la Arqueología. Concretamente, en esta presentación se aborda la interdisciplinariedad examinando, a través de dos casos de estudio prácticos, el potencial que presenta la aplicación de métodos cuantitativos en arqueología y los límites que existen también en el tratamiento de datos de época romana.

La **Dra. Luce Prignano** y el **Dr. Sergi Lozano** (*UBICS – Universitat de Barcelona*), ilustran la transdisciplinariedad a través de la aplicación en arqueología de diferentes técnicas de análisis procedentes de diversas disciplinas pertenecientes a las ciencias naturales y computacionales, las cuales permiten lograr un mejor conocimiento del pasado, a pesar de que esta no resulte una tarea sencilla para los profesionales de estas disciplinas. Asimismo, se exponen las dificultades que existen hoy en día para desarrollar investigaciones transdisciplinares que impliquen la colaboración entre la ciencia de redes y la arqueología, a pesar de la innovación científica que supone su unión y el interés de los resultados a los que ésta puede dar lugar.

El **Dr. Jesús M. Galech** (*Universitat de Barcelona*) expone en su aportación cómo la transdisciplinariedad rompe las barreras entre las ciencias y las artes, disciplinas que, aunque se creen independientes, la historia de la ciencia ha demostrado que no están realmente separadas, siendo su colaboración muy beneficiosa para ambas. Las “implicaciones en la innovación científica” que conlleva la unión entre las ciencias y las artes, presentan a la transdisciplinariedad como un factor clave que permite el enriquecimiento de la investigación.

En su aportación, el **Dr. Andreu Arinyo i Prats** (*IFISC-CSIC*) describe las múltiples posibilidades que ofrece la transdisciplinariedad en cuanto a la aparición de nuevas metodologías se refiere. En este caso, presenta algunos ejemplos en los que las herramientas estadísticas y numéricas se combinan con la arqueología y los datos históricos; así como también describe la investigación que se encuentra desarrollando, en la que aplica diferentes metodologías y que pretende sentar como nueva área de estudio: “*Understanding cultural loss under extreme events*”.

La **Dra. Lidia Bocanegra-Barbecho** (*MediaLab – UGR*) aborda el ámbito de las Humanidades Digitales, donde la interdisciplinariedad cobra un especial protagonismo. Concretamente presenta el proyecto e-xiliados para ilustrar la aplicación de una “metodología híbrida de participación pública internacional”, donde las redes sociales son utilizadas para conectar la ciencia con la sociedad, y obtener así “datos e información acerca del exilio republicano español”. De esta forma presenta una nueva forma de investigación interdisciplinar en la que, gracias al desarrollo en los últimos tiempos de las nuevas tecnologías, la participación ciudadana resulta esencial.

En su aportación, el **Dr. Francesc La Roca** (*Fundación Nueva Cultura del Agua – FNCA*) aborda la transdisciplinariedad desde un punto de vista institucional. Concretamente expone el caso de la Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA) “una organización concebida como instrumento de generación de conocimiento e intervención social, que integra miembros de la academia y otros profesionales junto con activistas de movimientos sociales en torno al agua”. Tras presentar brevemente la organización y sus “referentes teóricos de carácter epistemológico (transdisciplinariedad y ciencia postnormal)”, se exponen algunas de las acciones llevadas a cabo “por la FNCA a lo largo de sus veinte años de existencia” y reflexiones basadas en “una experiencia de cogeneración y transmisión de conocimiento aplicable al mundo de la política de aguas”.



# La interdisciplinariedad en la Arqueología española

Margarita Díaz-Andreu<sup>a</sup> y Marta Portillo<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ICREA, Universitat de Barcelona

<sup>b</sup> IMF-CSIC

## Resumen

---

En este trabajo trataremos sobre la historia de la interdisciplinariedad de la arqueología en España, realizando un rápido recorrido desde el siglo XIX hasta nuestros días. En esta historia diacrónica entendemos la interdisciplinariedad no como una suma de ciencias o disciplinas sin un intercambio de saberes entre ellas (multidisciplinariedad), o como la integración de dos disciplinas en una (pluridisciplinariedad), o el ideal de unión de todas las ciencias (transdisciplinariedad), sino como una aproximación basada en perspectivas disciplinares que integran sus puntos de vista que enfatiza su relación con la resolución de problemáticas ([Díaz-Andreu & Portillo, 2020](#)).

## I. Los orígenes: desde el inicio de la profesionalización hasta la Guerra Civil española (1850-1936)

---

Aplicar al siglo XIX las definiciones que empleamos hoy en día de interdisciplinariedad nos lleva a dificultades puesto que la disciplina en sí estaba todavía en formación. La gran mayoría de los que se dedicaban a la arqueología se ganaban la vida en otros oficios y algunos de ellos llegaron a emplear su conocimiento en su propia ciencia en beneficio del estudio de las antigüedades. Un trabajo reciente ha tratado la interdisciplinariedad en la arqueología de esta época con más detalle ([Díaz-Andreu & Coltofean, 2020](#)) pero, resumiendo, podemos citar ejemplos como el geólogo Casiano de Prado y Vallo o al ingeniero Eduardo Saavedra y Moragas. Lo que parece que no se dio en España fue una colaboración al nivel de lo producido en Escandinavia con las comisiones de los Montones de Desechos de Cocina (*køkkenmøddingkommission* en danés), creándose la primera entre los años 1848-1869 en la que un naturalista, un geólogo y un arqueólogo se juntaron para estudiar sitios arqueológicos e intentar analizar su naturaleza aportando cada uno los conocimientos de su ciencia ([Kristiansen, 2002](#)). Es interesante observar que aunque los arqueólogos españoles conocían los debates de esta y las siguientes comisiones, esto no llevó a una colaboración semejante entre miembros de diferentes disciplinas en nuestro país, siendo un primer ejemplo de que el conocimiento no lleva a la emulación. Tampoco parecerían influir, al menos en el siglo XIX, la interdisciplinariedad desarrollada en las excavaciones de Olimpia por los alemanes, en las que colaboraron una serie de especialistas en diferentes ciencias ([Eberhardt, 2008](#)).

Las que más reflejan la influencia de lo que está pasando en el centro y norte de Europa son precisamente las personas formadas allí y que luego investigan en España. Nos estamos refiriendo al belga Luis (Louis) Siret (1857-1934) y al alemán Adolf Schulten (1870-1960). El primero de ellos es un ingeniero de minas que llega a España en 1881 y que, aunque de forma limitada, colaborará con otros especialistas como se observa en su libro *Les premiers ages du métal dans le Sud-Est de l'Espagne* ([Siret & Siret 1887](#), [Siret & Siret, 1890](#)) en el que se da importancia a las semillas carbonizadas en contextos arqueológicos, un material que, sin embargo, solo será estudiado varias décadas después ([Netolitzky, 1935](#); [Hopf, 1990](#)). También analiza una serie de piezas del Bronce

Final con un metalúrgico ([Montero-Ruiz et al., 2011](#)) y realiza una serie de experimentos junto con un farmacéutico ([Siret, 1913](#)). Por su parte Schulten colabora con un amplio abanico de profesiones en sus excavaciones de los campamentos de Numancia y luego en sus trabajos de Tartessos y Massada ([Garcés i Estallo & Gómez Gonzalo, 2020](#)).

En España en el ámbito del cuaternario sí que se produce cierta interdisciplinariedad en la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas creada en 1914 ([Rasilla Vives & Santamaría Álvarez, 2003-05](#)). Una serie de circunstancias debidas a rivalidades académicas, sin embargo, hará que esta institución prácticamente abandone la arqueología a partir de mediados de los años veinte ([Díaz-Andreu, 2012b, pp. 28-35](#); [2014](#)).

## 2. El franquismo (1939-1975): las “ciencias auxiliares”

---

La generación que accede a cátedras justo poco antes de la Guerra Civil, que será la que pase a primera línea detrás de la contienda, será testigo de cómo en otros países el conocimiento creado en otras ciencias incide directamente en la arqueología, y cómo incluso algunos especialistas de estas entran a trabajar en departamentos o institutos de arqueología. Este sería el caso del geólogo Frederick Zeuner que se incorpora en 1936 en el Instituto de Arqueología de Londres, consiguiendo una cátedra en el mismo en 1946. Zeuner acudirá por primera vez a España invitado por Luis Pericot a principios de los años cincuenta, y de los contactos con nuestro país saldrán publicadas traducciones de dos de sus obras más conocidas ([Zeuner, 1956;1959](#), ver [Díaz-Andreu, 2012a, pp. 148-152](#)). Los viajes también exponen a los arqueólogos a lo que está pasando en, por ejemplo, Estados Unidos, con reveladores comentarios como este realizado por el catedrático catalán:

Decir que los métodos usados por los arqueólogos americanos son los más avanzados, no sería decir nada nuevo. Todo el secreto de ello está en la colaboración de los científicos, geólogos, químicos, edafólogos, geógrafos, de que las instituciones disponen, mientras en nuestros viejos países no siempre es fácil contar con su cooperación ([Pericot, 1959, p. 8](#)).

Aunque luego reconoce que en parte esto se relaciona con “la relativa abundancia de recursos” que existe en aquel país ([Pericot, 1959, p. 9](#)). Sin embargo no todo es la financiación, porque aunque el dinero le llegue con, por ejemplo, subvenciones de la Wenner Gren Foundation, le faltará la mentalidad que le permita dar este salto: no vemos en él ningún impulso hacia la interdisciplinariedad a pesar de defender el empleo de lo que entonces se consideran “ciencias auxiliares”. Sí que existen en España otros científicos que se interesan por la arqueología, como en botánica el ingeniero Ricardo Téllez y la geóloga Josefa Menéndez Amor, y se produce también la creación de instituciones como el Laboratorio de Geocronología financiado por la Fundación Juan March en 1966. En esos años son los cuaternaristas los que comienzan a andar el camino de la interdisciplinariedad con personajes como Joaquín González Echegaray desde finales de los años cincuenta ([Janssens & González Echegaray, 1958](#)).

El impulso hacia la interdisciplinariedad que, como hemos visto, Pericot percibe en Estados Unidos, lleva en los países más adinerados del momento a acciones significativas como la creación de la revista *Archaeometry* (1958), la aparición de influyentes libros de texto como el de *Ciencia en Arqueología* ([Brothwell & Higgs, 1963](#)), etc. (para Francia ver [Bellet-Gurlet & Dillmann, 2018](#)). Entre los países de habla inglesa el interés por la teoría de la Nueva Arqueología o Arqueología Procesual viene acompañado por el ímpetu en convertir a la arqueología en una disciplina más científica ([Díaz-Andreu en prensa 2020](#)) y va asociada a la especialización interdisciplinar. En los años sesenta y setenta equipos extranjeros acuden a trabajar en España trayendo consigo nuevas prácticas interdisciplinares, como la Escuela de Chicago ([Straus, 2016](#)), con la que se asocian el ya referido Joaquín González Echegaray y también Emiliano Aguirre, Juan María Apellániz, Jesús Altuna y Benito Madariaga y



que terminará influyendo en investigadores de generaciones más jóvenes como Manuel Santonja y M<sup>a</sup> Ángeles Querol.

Los norteamericanos no serán los únicos extranjeros en España puesto que también vemos a alemanes, británicos y franceses. Los primeros no vendrán formando un equipo sino que varios especialistas acuden a España a estudiar los restos botánicos, faunísticos o los metalúrgicos hallados en contextos arqueológicos ([Boessneck, 1969](#); [Hopf, 1965](#); [Junghans et al., 1960](#); [Junghans et al., 1968-74](#)). En cuanto a los británicos su presencia en España viene de la mano del proyecto “*The Early History of Agriculture*” ([Díaz-Andreu, 2012a, pp. 148-152](#)) y su influencia será más bien en arqueología espacial y análisis botánicos y faunísticos. En contraste con todos los anteriores, los franceses se interesan desde los años sesenta por la *archéometrie* ([Djindjian, 2016](#)) y una de sus pioneras en palinología, Arlette Leroi-Gourhan, analizará granos de polen de sitios españoles ([Leroi-Gourhan, 1966](#); [1971](#)). La mayor influencia de Francia en España, sin embargo, proviene de la atracción que ejercen varias de las figuras principales de la arqueología gala del momento: André Leroi-Gourhan, Henri de Lumley y George Laplace. A pesar de que estos trabajan poco o nada en territorio español, su quehacer inspira a los que se están formando en la profesión en esos años, y algunos acuden a sus laboratorios, sobre todo en los últimos momentos del periodo dictatorial, como será el caso concreto de Arlette Leroi-Gourhan con Pilar López.

### 3. La inmersión de la arqueología española en la interdisciplinariedad: desde la transición hasta nuestros días (1970-2020)

---

En el libro *Arqueología e interdisciplinariedad: la microhistoria de una revolución en la arqueología española (1970-2020)* ([Díaz-Andreu et al., 2020](#)) se recogen cerca de medio centenar de biografías de algunos de los protagonistas que han jugado un papel en la inmersión de la arqueología española en la interdisciplinariedad en este último medio siglo. Como la microhistoria creada a partir de ellas indica ([Díaz-Andreu & Portillo, 2020](#)) se percibe en estas autobiografías y, en algunas publicaciones, una gran ilusión de las nuevas generaciones de la transición por cambiar el *status quo* y esto llevará a la profesionalización de especialistas en paleopalinología, paleofauna, antracología, carpología, arqueometalurgia, entre otros. La mayoría de los pioneros de los relatos de este libro contribuyen al éxodo temporal de jóvenes españoles hacia el extranjero para formarse en una nueva manera de hacer arqueología.

A la vez otros especialistas de otras ciencias se acercan a la arqueología, como en arqueofauna, arqueomalacología y geoarqueología. Como siempre los estudios de Cuaternario van por delante. Las publicaciones de los yacimientos de Pinedo y Áridos en el Valle del Tajo demuestran la enorme actividad interdisciplinar con colegas de otras disciplinas que se está produciendo en los estudios de Cuaternario ([Querol & Santonja, 1979](#); [Santonja et al., 1980](#)), pero tras ellos vienen los interesados en periodos más recientes ([Dossier – Métodes científicas... 1984](#)). Los congresos también son buen reflejo de los cambios: además de las convocatorias del Grupo de Trabajo del Cuaternario, la primera reunión sobre industria ósea celebrada en Madrid en 1979 o los simposios de palinología comienzan a organizarse en los setenta, a los que empiezan a acudir arqueólogos. Los años ochenta se inaugurarán con las influyentes primeras (y únicas) jornadas de metodología de investigación prehistórica de Soria 1981 ([Jornadas... 1984](#)).

En los años ochenta algunos de los pioneros consiguen trabajo en las universidades y centros de investigación y, si tienen posibilidades, hacen lo posible para ampliar la plantilla de sus departamentos con especialistas en las diferentes arqueociencias, y a crear laboratorios propios. Con ellos se va extendiendo el modelo de interdisciplinariedad entre las nuevas generaciones, de manera que vemos a nuevas remesas de aspirantes marchándose al extranjero a formarse en un número cada vez mayor de especialidades. Las posibilidades se ampliarán aún más con el programa *Erasmus* en 1987 que también permite a los universitarios acceder a esta formación fuera de España. La generación que se educa en los ochenta, sin embargo, tendrá más problemas para establecerse como profesionales que la generación anterior, que son los que se han beneficiado en gran parte de la

entrada masiva de profesorado a mitad de los ochenta (aunque en su caso solo accediendo a puestos menores ya que son jóvenes para las idoneidades). Es decir, que parte de esta formación de los ochenta se pierde, pero es todavía importante la influencia de los que finalmente logran asentarse.

Si los de los ochenta encuentran mayores dificultades que los anteriores para asentarse profesionalmente, los de los noventa y dos mil lo van a tener aún más difícil, y lo que se percibe es que el número de años post-doctorales se va alargando a medida que pasa el tiempo, y estas estancias en el extranjero se convierten, en numerosos casos, en un *modus vivendi* que les permite continuar en la profesión pasando ellos mismos en ocasiones no ya a formarse, sino a formar a otros tanto dentro como fuera de España. Los que sí que logran consolidarse en nuestro país van montando laboratorios donde todavía no los había, como por ejemplo el de Paleobotánica en la Universidad del País Vasco, por el que tanto trabajó Lydia Zapata, o el de Paleoambiente en la Universidad de Jaén. De hecho, en comparación algunos de los laboratorios pasan a equiparse a los que se encuentran en otros países de mayor tradición en la interdisciplinariedad.

A la formación a los nuevos estudiantes de los noventa y los dos mil ayuda una mayor presencia de asignaturas interdisciplinares a veces incluso impartidas por profesorado de otras facultades. La inclusión de prácticas obligatorias y, al final de esta década, los cambios en los planes para adaptarse al Plan Bolonia (1999, Real Decreto 1393/2007), son aprovechadas por algunas universidades para fomentar aún más la interdisciplinariedad.

Hoy en día los más optimistas opinan que “lo que hace veinte años se llamaba ‘científico’ o ‘interdisciplinar’ ya no se ve como tal, y se considera un elemento normal de nuestra práctica diaria” ([Martín-Torres, 2020](#)). Los más jóvenes todavía han de seguir beneficiándose de los contratos postdoctorales pero en algunos casos ahora es España el polo de atracción para extranjeros que desean formarse, o incluso que se asientan profesionalmente en nuestro país. El nivel internacional al que ha llegado la interdisciplinariedad de la arqueología en España se nota en cuestiones muy dispares, desde la gran cantidad de publicaciones realizadas por autores españoles en revistas de carácter internacional, hasta la frecuente celebración de congresos internacionales especializados en nuestro suelo. La interdisciplinariedad se ha impuesto en la arqueología española por la iniciativa de varias generaciones – es decir, en un movimiento de abajo hacia arriba – pero en estos últimos años también como una imposición de arriba hacia abajo: se ha convertido en un prerrequisito prácticamente imprescindible de los proyectos de investigación a todos los niveles, del internacional al local. También se potencia en las relaciones inter e intra-institucionales, y en el impacto que se da a lo publicado en revistas que fomentan la interdisciplinariedad.

La gran implantación de la interdisciplinariedad en España, sin embargo, no es completa, en el sentido de que lo que diferencia a nuestro país de otros, es el ensamblaje de la arqueología científica con la teoría para intentar contestar a los retos más amplios sobre el pasado humano ([Kintigh et al., 2014](#)). Esto es algo sobre lo que sugerimos que los arqueólogos y arqueólogas inmersos en la interdisciplinariedad deberían reflexionar de cara al futuro de su práctica profesional ([Díaz-Andreu & Portillo, 2020](#)).

## 4. Agradecimientos

---

Este artículo es resultado del proyecto InterArq, ref. HAR2016-80271-P, “Arqueología e interdisciplinariedad: una investigación arqueológico-histórica sobre las relaciones interdisciplinares en la Historia de la Arqueología española (siglos XIX y XX). <https://interarqweb.wordpress.com/>, subvencionado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI), los fondos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Unión Europea (UE).

## Bibliografía

---

- Bellot-Gurlet, L. y Dillmann, P. (2018). Archéométrie une discipline du passé ou un enjeu interdisciplinaire pour l'avenir? Réflexions issues du bilan de 40 ans de colloques du GMPCA. *ArcheoSciences* 42 (1), 77-83.
- Boessneck, J. (1969). *Die Knochenfunde vom Cerro del Real bei Galera (Prov. Granada). Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 1. München, Madrid: Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München; DAI – Abteilung Madrid, 1986.
- Brothwell, D. y Higgs, E. (1963). *Science in archaeology: a comprehensive survey of progress y research*, 1st edition edition. London: Thames & Hudson.
- Díaz-Andreu, M. (2012a). *Archaeological encounters. Building networks of Spanish y British archaeologists in the 20th century*. Newcastle: Cambridge Scholars.
- Díaz-Andreu, M. (2012b). A Hundred years of post-Palaeolithic rock art studies in Spain / Cien años en los estudios de pintura rupestre post-paleolítica en la investigación española. En García Arranz, J. J., Collado, H. y Nash, G. (eds.), *The Levantine Question: the development of Spanish Levantine Rock-art*, pp. 23-53, Budapest: Archaeolingua.
- Díaz-Andreu, M. (2014). Transnationalism y archaeology. The connecting origins of the main institutions dealing with prehistoric archaeology in Western Europe: the IPH, the CIPP y the CRPU (1910-1914). En Guidi, A. (ed.). *150 anni di preistoria e protostoria in Italia: 163-177*, Firenze: Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Studi di Preistoria e Protostoria I).
- Díaz-Andreu, M. en prensa. (2020). Towards Archaeological Theory: a history. En Díaz-del-Río, P., Lillios, K. y Sastre, I. (eds.), *The Power of Reason, the Matter of Prehistory. Papers in Honour of Antonio Gilman Guillén*. Edited by Pedro Díaz-del-Río, Katina Lillios y Inés Sastre, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Bibliotheca Praehistorica Hispana).
- Díaz-Andreu, M. y Coltofean, L. (2020). Hacia una historia de la interdisciplinariedad en la Arqueología española: introduciendo una nueva perspectiva. *Veleia* [Dossier: M. Díaz-Andreu y L. Coltofean (eds.) *Historia de la interdisciplinariedad en Arqueología*] 37, pp. 13-32.
- Díaz-Andreu, M., Portillo, M. y Coltofean, L. eds., (2020). *Arqueología e interdisciplinariedad: la microhistoria de una revolución en la arqueología española (1970-2020)*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Díaz-Andreu, M. y Portillo, M. (2020). La interdisciplinariedad en la arqueología española: una historia por contar. En Díaz-Andreu, M., Portillo, M. y Coltofean, L. (eds.), *Arqueología e interdisciplinariedad: la microhistoria de una revolución en la arqueología española (1970-2020)*, Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Djindjian, F. (2016). The Revolution of the Sixties in Prehistory y Protohistory. En Delley, G., Díaz-Andreu, M., Djindjian, F., Fernández, V., Guidi, A. y Kaeser, M. A. (eds.), *History of Archaeology – international perspectives*, 125-144, Oxford: Archaeopress (British Archaeological Reports).
- Dossier – Mètodes científics... (1984). Dossier – Mètodes científics aplicats a la reconstrucció paleoambiental de la prehistòria. *Cota Zero* 4, 1-106.
- Eberhardt, G. (2008). Methodological Reflections on the History of Excavation Techniques. En Schlanger, N. y Nordbladh, J. (eds.), *Histories of Archaeology: archives, ancestors. practices*: 89-96, Oxford: Berghahn Books.
- Garcés i Estallo, I. y Gómez Gonzalo, M. P. (2020). La colaboración interdisciplinar en los trabajos de Adolf Schulten. *Veleia* [Dossier: M. Díaz-Andreu y L. Coltofean (eds.) *Historia de la interdisciplinariedad en Arqueología*] 37.
- Hopf, M. (1965). Getreidefunde von El Cigarralejo bei Mula (Prov. Murcia). *Madriider Mitteilungen* 3, 157-166.

- Hopf, M. (1990). Kulturpflanzenreste aus der Sammlung Siret in Brüssel. En Schubart, H. y Ulreich, H. (eds.), *Die Funde der südöstspanischen Bronzezeit aus der Sammlung Siret*, pp. 397-413, Mainz am Rhein: Verlag Phillipp von Zabern (Madrider Beiträge 17).
- Janssens, P. y González Echegaray, J. (1958). *Memoria de las Excavaciones de la Cueva del Juyo*. Santander: Patronato de las Cuevas Prehistoricas.
- Jornadas... (1984). *Primeras jornadas de metodología de investigación prehistórica*. Soria 1981. Madrid: Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.
- Junghans, S., Sangmeister, E. y Schröder, M. (1960). *Metallanalysen Kupferzeitlicher und Frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europas*. *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* 1. Berlín: Gebr. Mann.
- Junghans, S., Sangmeister, E. y Schröder, M. (1968-74). *Kupfer und Bronze in der Fruhen Metallzeit Europas*. 4 vols. *Studien zu den Anfängen der Metallurgie* 2,3. Berlín: Gebr. Mann.
- Kintigh, K. W., Altschul, J. H., Beaudry, M. C., Drennan, R. D., Kinzig, A. P., Kohler, T. A., Limp, W. F., Maschner, H. D. G., Michener, W. K., Pauketat, T. R., Peregrine, P., Sabloff, J. A., Wilkinson, T. J., Wright, H. T. y Zeder, M. A. (2014). Grand challenges for archaeology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* 111 (3), 879-880.
- Kristiansen, K. (2002). The Birth of Ecological Archaeology in Denmark: history y research environments 1850-2002. En Fischer, A. y Kristiansen, K. (eds.), *The Neolithisation of Denmark. 150 years of debate*: 11-31, Poole: Orca Book.
- Leroi-Gourhan, A. (1966). Analyse pollinique de la Cueva del Otero. En González Echegaray, J., García Guinea, M. Á. y Begines Ramirez, A. (eds.), *Cueva del Otero*, pp. 83-85, Madrid: Servicio Nacional de Excavaciones Arqueológicas (Excavaciones Arqueológicas en España 53).
- Leroi-Gourhan, A. (1971). La fin du Tardiglaciare et les industries préhistoriques (Pyrénées-Cantabres). *Munibe – Sociedad de Ciencias Naturales Aranzadi XXIII* (2/3), 249-254.
- Martinón-Torres, M. (2020). Marcos Martinón-Torres: tras la interdisciplinariedad de la ciencia arqueológica. En Díaz-Andreu, M., Portillo, M. y Coltofean, L. (eds.), *Arqueología e interdisciplinariedad: la microhistoria de una revolución en la arqueología española (1970-2020)*, Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Montero-Ruiz, I., Cacho, C., Galán, E., García-Vuelta, O. y Murillo-Barroso, M. (2011). Luis Siret: arqueólogo experimental. En Sánchez Romero, M. (ed.), *Memorial Luis Siret. I Congreso de Prehistoria de Andalucía*, pp. 529-532, Sevilla: Junta de Andalucía.
- Netolitzky, F. (1935). Kulturpflanzen und Holzreste aus dem Prähistorischen Spanien und Portugal. *Buletinul Facultății de Științe din Cernăuți [Boletín de la Facultad de Ciencias de Chernivtsi, Rumanía]* IX, 4-8.
- Pericot, L. (1959). Impresiones arqueológicas de mis últimos viajes a América. *Boletín Americanista (Barcelona)* 1, 7-21.
- Querol, M. Á. y Santonja, M. eds., (1979). *El yacimiento achelense de Pinedo (Toledo)*. Madrid: Ministerio de Cultura (Excavaciones Arqueológicas en España).
- Rasilla Vives, M. d. I. y Santamaría Álvarez, D. (2003-05). Algunos promotores de la investigación prehistórica hispana a principios del siglo XX: Eduardo Hernández-Pacheco Estevan, Conde de la Vega del Sella, Marqués de Cerralbo, Juan Cabré Aguiló y Amalio Gimeno Cabañas. En Cabrera, V. y Ayarzagüena, M. (eds.), *El nacimiento de la Prehistoria y la Arqueología Científica. III Congreso Internacional de Historia de la Arqueología*, pp. 209-214, Madrid: UNED.

Santonja, M., López, N. y Pérez-González, A. eds., (1980). *Ocupaciones achelenses en el Valle del Jarama* (Arganda, Madrid). Madrid: Diputación Provincial de Madrid (Arqueología y Paleoecología I).

Siret, H. y Siret, L. (1887). *Les premiers ages du métal dans le Sud-Est de l'Espagne: résultats des fouilles faites par les auteurs de 1887 á 1887*. Anvers; Louvain, Namur: Imprimerie de Charles Peeters; Impr. Paul Godenne.

Siret, H. y Siret, L. (1890). *Las primeras edades del metal en el sudeste de España*. Barcelona: Imprenta de Henrich y Cia.

Siret, L. (1913). *Questions de chronologie et d'Ethnographie ibériques. Tome I: De la fin du Quaternaire a la fin du Bronze*. Paris: Paul Geuthner.

Straus, L. G. (2016). The Chicago Connection in Spanish Paleolithic Prehistory. En Delley, G., Díaz-Andreu, M., Djindjian, F., Fernández, V., Guidi, A. y Kaeser, M. A. (eds.), *History of Archaeology – international perspectives*, pp. 111-119, Oxford: Archaeopress (British Archaeological Reports).

Zeuner, F. E. (1956). *Geocronología: la datación del pasado. Una introducción a la cronología prehistórica*. Barcelona: Omega.

Zeuner, F. E. (1959). *El período pleistoceno: su clima, cronología y sucesiones de la fauna*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



# Ciencia ciudadana y memoria histórica: nuevas perspectivas historiográficas desde las Humanidades Digitales y la Historia Pública Digital

Lidia Bocanegra Barbecho <sup>1</sup>

Universidad de Granada

## I. Introducción

El presente análisis pretende reflexionar acerca de la importancia del compromiso público en la investigación científico-social, en concreto en aquellos proyectos basados en recuperar la memoria histórica. Cuando hablamos de compromiso público nos referimos a aquellos aspectos participativos ciudadanos en alguno o todo el proceso de la investigación. Para aquellas personas no familiarizadas con el método de la ciencia ciudadana, de forma genérica diremos que dicho método está basado en la inclusión de miembros del público en algún aspecto de la investigación científica<sup>2</sup>; nos referimos a cualquier forma de participación activa en la ciencia que va más allá de la investigación profesional<sup>3</sup>. De las diferentes formas de definir la ciencia ciudadana por parte de especialistas en el tema, destacamos aquella que define la misma en relación con la educación cívica, como el trabajo realizado con las comunidades ciudadanas para avanzar en la ciencia, fomentar una mentalidad científica amplia y el compromiso democrático, ayudando a la sociedad a abordar problemas modernos complejos (Ceccaroni, Bowser & Brenton, 2017). Asimismo, algunos autores enfatizan acerca de la responsabilidad de la ciencia para con la sociedad y que ellos denominan ciencia ciudadana «democrática» (Irwin, 1995). Destacar, también, la importancia de los voluntarios y no profesionales en dicho método, quienes contribuyen participando colectivamente en una amplia gama de proyectos científicos para responder preguntas del mundo real. Tanto las contribuciones de los ciudadanos, como las actitudes de los investigadores, abarcan un amplio conjunto de actividades a múltiples escalas; de esta manera, encontramos interacciones masivas ocasionales a escala global de manera virtual, pero también una participación proactiva regular en entornos locales que identifican nuevas preguntas de investigación (VVAA, 2013).

Como observamos, se trata de un concepto flexible, todavía inacabado, con muchos puntos en común. Para un mayor entendimiento del enfoque de ciencia ciudadana, aconsejamos leer los diez principios clave que subyacen a las buenas prácticas de la ciencia ciudadana y que han sido establecidos por la *European Citizen Science Association* (ECSA) (VVAA, s.f). Algunos de estos principios ya se han ido nombrando en esta sección (fomentar la mentalidad científica y el compromiso público), pero nos gustaría destacar también aquel que expone que

- 
1. El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación: Análisis de la Participación Pública en la investigación histórica desde el ámbito de la ciencia ciudadana (Co-Historia), Ref. E-HUM-507-UGR18, financiada en la convocatoria de Proyectos I+D+i del Programa Operativo FEDER 2018 de la Universidad de Granada, siendo la Dra. Lidia Bocanegra Barbecho la investigadora principal.
  2. Para una mayor reflexión terminológica del concepto de ciencia ciudadana, véase: Eitzel, M.V., et al. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1): 1, pp. 1-20, <https://doi.org/10.5334/cstp.96>
  3. Discover Citizen Science through Open Science. OpenAire-Advance project, Grant Agreement No. 777541, <https://www.openaire.eu/citizen-science-activities-in-openaire> (accedido el 25/04/2020).

los datos y metadatos de los proyectos en ciencia ciudadana deberían ser públicos y, a ser posible, los resultados deberían publicarse en formato de acceso abierto siempre y cuando no haya problemas de seguridad y/o privacidad que lo impidan. Esto es importante ya que este hecho, junto con el del compromiso público mencionado anteriormente, son dos aspectos transversales que se enmarcan también en otras disciplinas afines tales como las Humanidades Digitales y la Historia Pública Digital.

No es motivo del presente análisis teorizar acerca de la conceptualización de las disciplinas de la Historia Pública Digital y las Humanidades Digitales; un debate que, aunque inacabado, conlleva cierto consenso.

En relación a las Humanidades Digitales, y a nivel de la investigación, caracteriza esta disciplina aquellos proyectos que tienen un fuerte componente tecnológico. Dicho de otro modo; sin la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proyecto éste no se podría realizar. Aunque cada vez menos, existe la falsa creencia en disciplinas más tradicionales de que lo digital en la investigación, caracterizado por el ámbito web 2.0 y la red Internet, únicamente sirve para comunicar o para hacer transferencia del conocimiento; sin embargo, sirve sobre todo para investigar, co-crear, debatir y hacer *networking* en una temática concreta. ¿Se puede ser un especialista en Humanidades Digitales sin tener conocimientos informáticos? No se puede. No hace falta dominar el medio tecnológico por completo, pero sí conocer cómo funciona para saber qué beneficios se pueden sacar de él. Asimismo, la curiosidad en las TIC debe ser esencial, motivo por el cual está tan extendido la utilización de software *Open Source*, el Open Data y, relacionado con lo anterior, el abogar por la interdisciplinariedad; aspectos, todos ellos, característicos de las Humanidades Digitales. El protagonismo del trabajo en equipo (co-creación, contribución), con un replanteamiento de las formas de autoría y del reconocimiento académico, es una de las características más definitorias de esta disciplina; la participación pública y el enfoque de ciencia ciudadana se asientan de forma sólida en la investigación.

Como ocurre con la ciencia ciudadana y en la Historia Pública, como veremos a continuación, no existe una definición precisa acerca de la disciplina de las Humanidades Digitales<sup>4</sup>. Hay autores que asemejan esta disciplina más a una perspectiva metodológica común, comparándola a una empresa social que alberga redes de personas que han estado trabajando juntas, compartiendo investigaciones, discutiendo, compitiendo y colaborando durante muchos años. En definitiva, se trataría de un enfoque de investigación que valora la colaboración, la apertura, las relaciones no jerárquicas y la agilidad ([Kirschenbaum, 2010](#)). Para otros especialistas, las Humanidades Digitales describe no solo un singular colectivo, sino también las humanidades en plural; es decir, capaz de abordar e involucrar temas dispares en los medios, el idioma, la ubicación y la historia. A pesar de esta heterogeneidad, las Humanidades Digitales están unificadas por su énfasis en hacer, conectar, interpretar y colaborar ([Burdick et al., 2012](#)).

Como sucede con otras disciplinas con fronteras borrosas, a través de reuniones científicas internacionales se ha sometido a debate la conceptualización de las Humanidades Digitales con el fin de intentar llegar a un consenso. Destacamos la conferencia THATCamp LAC 2012<sup>5</sup> en donde se consensuó a una definición, durante la conferencia, y que fue recogido en el *Glossary of the Digital Humanities*. Se acordó que las Humanidades Digitales valoran la colaboración, la pluralidad, la investigación de la cultura humana y la interrupción y reflexión sobre las prácticas tradicionales; preocupándose no únicamente del uso de la tecnología digital para proyectos de humanidades, sino de cómo el uso de esta tecnología digital en los proyectos de humanidades cambia la experiencia del usuario ([THATCamp LAC 2012](#)).

Con respecto a la Historia Pública, el *National Council on Public History* (NCPH) define dicha disciplina como

---

4. Para ver una lista de hitos en el desarrollo de las Humanidades Digitales véase: John Unsworth. What's "digital humanities" and how did it get here?, 09/10/2012, <https://blogs.brandeis.edu/library/2012/10/09/whats-digital-humanities-and-how-did-it-get-here/> (29/04/2020).

5. THATCamp, <https://thatcamp.org/> (29/04/2020).



un movimiento, una metodología y un enfoque que promueve el estudio y la práctica en colaboración de la historia. Básicamente, la historia pública describe las muchas y diversas formas en que la historia se pone en práctica en el mundo. Los historiadores públicos participan habitualmente en un trabajo colaborativo, con miembros de la comunidad, partes interesadas y colegas profesionales, incluso algunos sostienen que la colaboración es una característica fundamental y definitoria de lo que hacen los historiadores públicos. Las tecnologías digitales desempeñan un papel cada vez más importante en el trabajo de esta tipología de historiadores, creando nuevos espacios donde comparten su trabajo y encuentran audiencias nuevas y variadas; de aquí que, cada vez más, se hable de Historia Pública Digital. De acuerdo la NCPH, los historiadores públicos se hacen llamar consultores históricos, profesionales de museos, historiadores del gobierno, archiveros, historiadores orales, administradores de recursos culturales, curadores, productores de cine y medios, intérpretes históricos, conservacionistas históricos, asesores de políticas, historiadores locales y activistas comunitarios, entre muchas otras descripciones. Todos ellos tienen en común el compromiso de hacer que la historia sea relevante y útil en la esfera pública ([National Council on Public History. 2020](#)). Destacar que la Historia Pública comprende una amplia gama de actividades realizadas por historiadores/profesionales que generalmente trabajan fuera de entornos académicos especializados. Algunos de los entornos tradicionales más comunes para la práctica de la Historia Pública son los museos, casas históricas y lugares históricos (yacimientos arqueológicos, por ejemplo), parques temáticos, campos de batalla, archivos, compañías de cine y televisión, etc. El historiador Thomas Cauvin ha visualizado la disciplina de la Historia Pública a través de la representación de un árbol ([Figura 1](#)), centrándose en cuatro niveles interconectados de práctica y uso de la misma: creación y gestión de las fuentes (materiales, digitales, documentales, etc.), interpretación, comunicación y usos de la historia. Sin embargo, habría que añadir aquí las redes sociales, siendo éstas un instrumento importante de comunicación actual pero también de herramienta de investigación para interpretar la historia. Igualmente, para completar dicha representación, faltaría incluir también la participación pública de manera transversal en cada uno de los niveles, por la importancia de este enfoque en esta disciplina.



## 2. La importancia de la participación pública en la investigación científica y su reflejo en el marco de la financiación europea

---

La importancia de la participación ciudadana en la investigación queda reflejada en el programa marco de financiación de la Comisión Europea: Horizon 2020 (H2020)<sup>8</sup>, a punto de finalizar, en donde se estableció una sección propia al respecto denominada *Science with and for society* (SWAFS)<sup>9</sup>, muy enfocado a las disciplinas de las Humanidades, Ciencias Sociales y Ciencias de la Educación. Esta sección encapsuló tres programas de trabajo (*Work Programmes*)<sup>10</sup>, en donde cada uno de ellos establecía una serie de convocatorias que, en su mayoría, variaba de un programa a otro.

El principal objetivo del programa SWAFS es la de abordar la investigación de los desafíos sociales europeos de una manera que implique la participación ciudadana en la investigación, a la vez que desarrollar capacidades y nuevas formas innovadoras de conectar la ciencia con la sociedad. Asimismo, además de dar solución a determinados retos establecidos en la prioridades de la Comisión Europea<sup>11</sup>, otro de los objetivos del programa SWAFS es la de hacer que la ciencia sea más atractiva a la ciudadanía, con principal foco en los jóvenes, a la vez que pretende incrementar el interés de la sociedad por la innovación abriendo nuevas actividades de investigación e innovación.

¿Por qué para la Comisión Europea es importante la participación ciudadana en la investigación? La respuesta principal está en el hecho de que permitiendo a los actores sociales (investigadores, ciudadanos, formuladores de políticas (legisladores), empresas, organizaciones del tercer sector, ONGs, etc.), participar en el proceso de la investigación, se alinearán mejor tanto el proceso como sus resultados con los valores, necesidades y expectativas de la sociedad europea. Dicho de otro modo, esta participación adoptará nuevas formas de conocimiento<sup>12</sup>, así como la consideración de una gama más amplia de necesidades y perspectivas sociales, las cuales son clave para ayudarnos a abordar y entender mejor los desafíos sociales complejos e interconectados que se encuentran entre nosotros. Pero no únicamente eso, para la Comisión Europea la participación pública en la investigación e innovación contribuye aún más a la mejora de la creatividad en los procesos y resultados del diseño de investigación e innovación; así como la probabilidad de que los resultados de esta investigación sean más relevantes y deseables para la sociedad. Igualmente, para aquellos proyectos con enfoque de negocio, la participación pública puede lograr un tiempo de comercialización más corto y una mayor aceptación del consumidor de los resultados de investigación e innovación. Por último, la participación ciudadana proporciona un caldo de cultivo para fomentar una sociedad más científicamente alfabetizada de ciudadanos impulsados por el conocimiento y empoderados, capaces e interesados en participar y apoyar procesos democráticos, inclui-

---

8. El programa de trabajo H2020 tiene una duración de seis años: 2014-2020.

9. Programa SWAFS: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/science-and-society> (accedido el 23/04/2020).

10. WP1: 2014-2015; WP2: 2016-2017; WP3: 2018-2020

11. El programa H2020 se crea para dar respuesta y soluciones, mediante la investigación básica y aplicada, a las prioridades establecidas por la Comisión Europea, para ver las mismas visítase el siguiente enlace el siguiente enlace: [https://ec.europa.eu/info/priorities\\_en](https://ec.europa.eu/info/priorities_en) (accedido el 23/04/2020).

12. Por citar un ejemplo, el proyecto europeo Socientize (Society as infrastructure for e-science via technology, innovation and creativity), Grant agreement ID: 312902, se basó en coordinar a los agentes involucrados en la ciencia ciudadana, sentando las bases de este paradigma de ciencia abierta que promueve el uso de las infraestructuras compuestas por recursos dedicados y externos basados en científicos y aficionados. Metodológicamente utilizó talleres abiertos y conferencias donde los socios del proyecto establecían las bases interactivas con las partes interesadas. Información del proyecto vía CORDIS: <https://cordis.europa.eu/project/id/312902> (accedido el 24/04/2020).

das las decisiones de financiación de Investigación e Innovación<sup>13</sup>, y la formulación de políticas<sup>14</sup> basadas en la evidencia<sup>15</sup>.

Este aspecto participativo ciudadano forma parte de un nuevo enfoque inclusivo de investigación e innovación que la Comisión Europea denomina Investigación e Innovación Responsables (RRI en sus siglas en inglés – *Responsible Research and Innovation*), y puesto en marcha en el programa marco H2020. El objetivo del RRI es alinear mejor el proceso y los resultados de la investigación e innovación con los valores, necesidades y expectativas de la sociedad europea. En la práctica, este enfoque de investigación implica el diseño y la implementación de la investigación e innovación que tenga en cuenta los siguientes aspectos fundamentales: a) involucrar a la sociedad de manera más amplia en sus actividades de investigación e innovación; b) aumentar el acceso a resultados científicos mediante la utilización del Acceso Abierto (*Open Access*); c) asegurar la igualdad de género, tanto en el proceso de investigación como en el contenido de la investigación; d) tener en cuenta la dimensión ética y e) promover la educación científica formal e informal<sup>16</sup>. De esta manera, observamos que la participación ciudadana es un punto fundamental en este enfoque de investigación inclusivo, además de otros aspectos como la igualdad de género, el acceso abierto, la educación científica y la ética. Cabe destacar que el enfoque RRI es una cuestión transversal en H2020; es decir, que el investigador/ra debe tenerlo en cuenta, a la hora de diseñar un proyecto de investigación competitivo, sea cual sea su temática, disciplina y convocatoria. Por poner algún ejemplo, para el tema del acceso abierto, el Artículo 29.2 del Modelo de Acuerdo de Subvención de las convocatorias europeas establece requisitos legales detallados sobre el acceso abierto a publicaciones científicas; en Horizonte 2020, cada beneficiario debe garantizar el acceso abierto (gratuito, acceso en línea para cualquier usuario) a todas las publicaciones científicas revisadas por pares relacionadas con sus resultados, utilizando la vía de acceso *Green* o *Gold*<sup>17</sup>.

En definitiva, la participación pública en el enfoque RRI se trata de co-crear el futuro con ciudadanos y organizaciones de la sociedad civil; también la de incorporar la mayor diversidad posible de actores, que normalmente no interactuarían entre sí en asuntos de ciencia y tecnología<sup>18</sup>.

A punto de finalizar el último programa de trabajo de SWAFS, los resultados han sido muy positivos. Desde el inicio del programa H2020 en el año 2014, se han financiado unos ciento sesenta y cuatro proyectos dentro del

---

13. Por ejemplo, el proyecto europeo VOICES (Views, Opinions and Ideas of Citizens in Europe on Science) se basó en una consulta pública innovadora que utiliza las opiniones de mil personas de veinte siete países de la UE para dar forma al futuro de la investigación europea. VOICES diseñó una metodología especializada utilizando cien grupos focales de tres horas para involucrar a los ciudadanos y recopilar sus opiniones e ideas sobre investigación e innovación en 2013. Las consultas fueron dirigidas por centros de ciencias y museos y coordinado por ECSITE (European Network of Science Centres and Museums). Web del proyecto: <https://www.ecsite.eu/activities-and-services/projects/voices> (accedido el 24/04/2020).

14. Un objetivo principal de la política de investigación e innovación europeas es la de proporcionar conocimiento y evidencia para apoyar el diseño y la implementación de políticas temáticas (por ejemplo: medio ambiente, salud, transporte) en múltiples niveles (de global a local); en particular, en relación con la lucha contra los desafíos sociales. Destacamos el proyecto europeo GAP2 (Bridging the gap between science, stakeholders and policy makers Phase 2: Integration of evidence-based knowledge and its application to science and management of fisheries and the marine environment), Grant agreement ID: 266544, se trató de una iniciativa sobre gestión regional de la pesca en apoyo de la aplicación de la Política Pesquera Común de la UE. Metodológicamente, el proyecto reunía científicos, pescadores y responsables políticos y la participación de una sociedad más amplia sobre la gestión de la pesca; coordinaba, además, trece proyectos de investigación (estudios de casos) centrados en pescadores y científicos que trabajan juntos. Web del proyecto: <http://gap2.eu/> (accedido el 24/04/2020).

15. Policy. Public Engagement. European Commission, <https://ec.europa.eu/research/swafs/index.cfm?pg=policy&lib=engagement> (accedido el 24/04/2020).

16. Para mayor información visítese: <https://www.rri-tools.eu/es/about-rri> (accedido el 23/04/2020).

17. H2020 Programme. AGA – Annotated Model Grant Agreement. Version 5.2, 26/06/2019, European Commission, pp. 245-246, [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants\\_manual/amga/h2020-amga\\_en.pdf#page=242](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/amga/h2020-amga_en.pdf#page=242) (accedido el 23/04/2020).

18. Horizon 2020. Public Engagement in Responsible Research and Innovation, European Commission, <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/node/766> (accedido el 24/04/2020).

programa SWAFS<sup>19</sup>, una cifra nada despreciable si la comparamos con el anterior programa marco de financiación: *Seventh Framework Programme (7FP)*, en donde se financiaron veintisiete iniciativas relacionadas con la participación pública. De estos ciento sesenta y cuatro proyectos financiados, en noventa y dos de los mismos participaron entidades españolas, lo que demuestra un interés acerca de este programa por parte del ámbito académico y empresarial español. En definitiva, estos parámetros indican cómo ha evolucionado la forma de investigar en los últimos diez años, hacia enfoques y procesos participativos ciudadanos con creciente interés en la comunidad académica europea y española en general.

El próximo programa marco, con nombre similar: *Horizon Europe*<sup>20</sup>, otorgará importancia también al aspecto participativo ciudadano en la investigación manteniendo el enfoque RRI y la ciencia ciudadana en la misión: *Widening Participation and Strengthening the European Research Area*, dentro de la categoría de *Reforming and enhancing the European R&I system*<sup>21</sup>. Esto significa que el tema de la participación pública queda lejos de ser simplemente una moda investigativa pasajera, para tomar un lugar, podíamos decir, intrínseco en los modos de hacer investigación, más abierta y participativa que nunca.

### 3. Caso de estudio: el proyecto e-xiliad@s

---

En el año 2010 salió a la luz el proyecto e-xiliad@s; se trata de un proyecto de investigación *crowdfunding* y multilingüe cuyo objetivo principal es recopilar a nivel internacional, y en línea, fuentes inéditas de exiliados republicanos anónimos [www.exiliadosrepublicanos.info]. El proyecto ha sido financiado en un par de ocasiones por el Ministerio de Inmigración (2009)<sup>22</sup> y el Ministerio de Empleo y Seguridad Social (2011)<sup>23</sup> a través de la Dirección General de Migraciones del Gobierno Español.

---

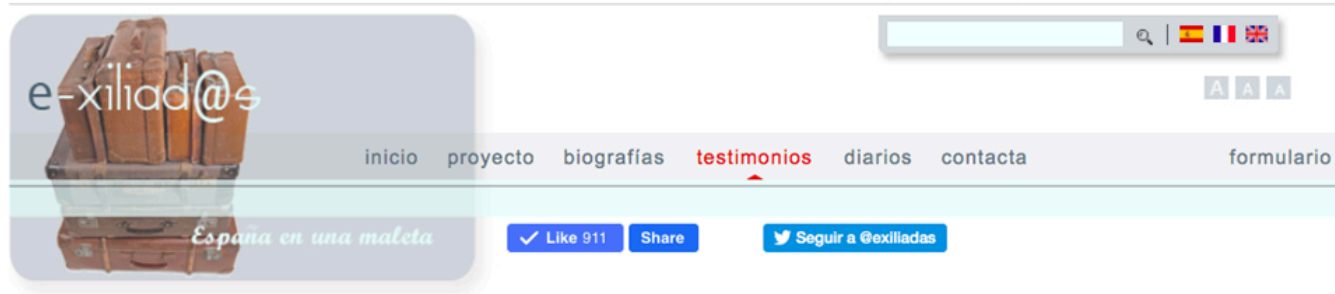
19. Información obtenida a fecha 24 de abril de 2020 a través del portal CORDIS. EU Research Results, bajo los parámetros de búsqueda de 'Projects' y 'Science with and for society', <https://cordis.europa.eu/search/enq=contenttype%3D%27project%27%20AND%20programme%2Fcode%3D%27H2020-EU.5.%27&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing> (accedido el 24/04/2020).

20. Para mayor información acerca del nuevo programa véase: *Horizon Europe - the next research and innovation framework programme. The Commission's proposal for Horizon Europe, strategic planning, implementation, news, related links*, [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme\\_en](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en) (accedido el 27/04/2020).

21. Horizon Europe. The next EU Research & Innovation Investment Programme (2021-2027). European Commission. May 2019. Version 25, [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research\\_and\\_innovation/strategy\\_on\\_research\\_and\\_innovation/presentations/horizon\\_europe\\_en\\_investing\\_to\\_shape\\_our\\_future.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/strategy_on_research_and_innovation/presentations/horizon_europe_en_investing_to_shape_our_future.pdf) (accedido el 25/04/2020).

22. Ref. 12/2009. Programa de Comunicación. Iniciativas de Comunicación Exterior, Orden TAS/874/2007 de 28 de marzo, B.O.E. No 62 -13 de marzo de 2009.

23. Ref. 20/2011. Programa de Comunicación. Iniciativas de Comunicación Exterior, Orden TAS/874/2007 de 28 de marzo, B.O.E. No 163 - 9 de julio de 2011.



1939, el éxodo republicano

---

Ellas: perfiles de las exiliadas

---

Retrato del exilio: galería de imágenes

---

Mapa

---

**NUEVO** Actividades del proyecto

---

Bibliografía y webgrafía del exilio

---

Filmoografía del exilio

### TESTIMONIOS DE LOS CAMPOS

Una parte importante de la historia del exilio la conforma los campos de concentración en donde estuvieron hacinados en condiciones nefastas, la mayoría de las veces, los exiliados republicanos: mujeres, hombres y niños. Los campos más destacados, pero no únicos, estuvieron ubicados en Francia, Norte de África y Alemania: Argelés, Saint-Cyprien, Vallespir, Arles-sur-Tech, Prats de Molló, Adge, Bram, Gurs, Judes, Collioure, Vernet-d'Ariège, Rieucros, Morand, Suzzoni, Rélizane, Merijda, Djelfa, Mauthausen, Dachau, Buchenwald, Ravensbrück...

Brevemente los hemos tratado en la sección **1939, el éxodo republicano**, sin embargo hemos querido dedicarles un espacio exclusivo en el proyecto, debido a la profunda huella que dejó en los exiliados su paso por los mismos.

Cómo vivieron aquel hacinamiento, de la vida en el campo, de la esperanza y la incertidumbre del retorno, es un tema que nos interesa desde cualquier perspectiva, ya sea a nivel de memorias, así como



**Figura 2.** Detalle de la sección 'Testimonios de los campos' del Proyecto e-xiliad@s. Fuente: Proyecto e-xiliad@s, <https://exiliadosrepublicanos.info/es/testimonios-campos>.

El público objetivo del proyecto son los familiares y amigos de los exiliados republicanos, así como personas interesadas o especialistas en el tema, quienes aportan información acerca de estas personas. Metodológicamente, el proyecto ha creado *ad hoc* una metodología de trabajo en línea que se complementa con los datos recibidos por la ciudadanía en general y la elaborada por el especialista en la temática y colaboradores afines, siendo administrados y gestionados por la persona responsable del proyecto<sup>24</sup>. Hablar de ciencia ciudadana en la actualidad puede resultar sencillo, siendo tema de financiación, incluso, como hemos visto en el apartado anterior; pero no lo era tanto hace diez años y menos aún aplicada a un proyecto de investigación en historia. Este hecho convirtió e-xiliad@s en un proyecto pionero ya que se nutre de la obtención de fuentes inéditas en línea acerca del exiliado republicano anónimo; refinando, a lo largo de los años, una metodología participativa interconectada con los usuarios de dentro y fuera del proyecto a través de sus redes sociales, como veremos más adelante.

El exilio republicano español fue consecuencia de la derrota republicana en la Guerra Civil española en 1939, causando que aproximadamente unas cuatrocientas sesenta y cinco mil personas tuvieran que exiliarse en Francia, Norte de África, Latinoamérica y otros países, en vísperas de la Segunda Guerra Mundial y, más tarde, durante la Guerra Fría.

Identificamos los siguientes aspectos innovadores del proyecto e-xiliad@s:

1) utilización de una metodología participativa desarrollada *ad hoc* y en continuo desarrollo, basado en los prin-

24. La ideóloga e investigadora principal del proyecto e-xiliad@s es la Dra. Lidia Bocanegra Barbecho: @Lidia\_Bocanegra.

cipios de co-creación y contribución<sup>25</sup>. El proyecto utiliza una plataforma digital creada en base a los principios del e-commerce, cuyo parte clave es la sección del formulario que, cumplimentado, da lugar a una “ficha del exiliado”<sup>26</sup>. Previo registro, cualquier usuario a nivel internacional puede aportar datos acerca de un exiliado republicano en concreto y adjuntar archivos en una amplia variedad de formatos (jpg, jpeg, gif, png, txt, html, htm, doc, pdf, mp3, wmv, etc.). Todo esto se lleva a cabo a través de un formulario interno en donde hay una serie de preguntas de elección múltiple y respuesta sencilla, ordenadas cronológicamente para estimular la memoria familiar<sup>27</sup>;

2) aboga por los datos abiertos previo consentimiento. El tema del acceso abierto es una parte fundamental de la metodología del proyecto, al dar al público lo que se recibe de él, siempre y cuando se hayan aceptado los términos y condiciones de la iniciativa<sup>28</sup>;

3) conlleva practicidad social mediante la información obtenida acerca de exiliados. Muy pocas veces un proyecto de historia tiene una practicidad social a corto plazo, ya que normalmente este tipo de proyectos se basan en incrementar el conocimiento; e-xiliad@s va más allá al ayudar a ponerse en contacto a familiares de exiliados republicanos desaparecidos;

4) creación de una comunidad del exilio republicano a través de las redes sociales del proyecto. Estas redes sociales se han configurado a lo largo de todos estos años como unas de las más importantes dentro de la temática del exilio republicano, por la información de calidad que ofrece y por su fuerte presencia en la red Internet en general.

Los resultados de e-xiliad@s son varios: cerca de doscientas fichas creadas con aproximadamente quinientos archivos recopilados; más de mil cuatrocientos seguidores en sus redes sociales, configurándose, a su vez, como espacios identitarios del exilio republicano español. Destacar que el setenta por ciento de las fichas de los exiliados recopiladas son públicas<sup>29</sup>, demostrando el interés por los familiares y personas interesadas en dar nombre y apellidos a esos exiliados anónimos; en definitiva, de recuperar la memoria del exilio republicano.

A lo largo de estos diez años de funcionamiento del proyecto, se ha ido configurando alrededor de él una comunidad identitaria del exilio republicano que ayuda no únicamente a recuperar la memoria del exilio, sino a mantenerla viva mediante lazos de solidaridad a través de compartir información. Y todo esto se hace a través de las redes sociales Facebook<sup>30</sup> y Twitter<sup>31</sup> de e-xiliad@s. En un estudio previo realizado a través del análisis de estas dos redes sociales y de su conexión con otras redes afines, nos informó de que en la actualidad existen seis grandes comunidades en línea que mueven gran parte de la información acerca del tema del exilio republicano y la Guerra Civil española, entre las cuales se encuentra el proyecto e-xiliad@s. Juegan un rol significativo a nivel nacional e internacional con respecto a la recuperación de la memoria histórica, por la cantidad y

---

25. Para saber más acerca de esta metodología véase: Lidia Bocanegra Barbecho, Maurizio Toscano, & Lara Delgado Anés. (2017). Co-creación, participación y redes sociales para hacer historia. *Ciencia con y para la sociedad. Historia y comunicación social*, 22(2), 325-346. <http://doi.org/10.5209/HICS.57847>; Bocanegra Barbecho, Lidia, & Toscano, Maurizio. (2015). El exilio republicano español: Estudio y recuperación de la memoria a través de la web 2.0. Nuevo enfoque metodológico con el proyecto e-xiliad@s. *Migraciones & exilios*, 15, 113-136. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1182238>.

26. Formulario: <https://exiliadosrepublicanos.info/es/formulario> (accedido el 26/04/2020).

27. Para mayor información acerca de cómo se crea una ficha véase una demostración en línea a través del siguiente enlace:

[https://youtu.be/udR\\_U3PEQfk](https://youtu.be/udR_U3PEQfk) (accedido el 26/04/2020).

28. El ejercicio de los derechos de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de los contenidos del proyecto e-xiliad@s se adecua a la Licencia Creative Commons: Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual (by-nc-sa). Esta Licencia prevé un uso no comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, así como la distribución con el reconocimiento de los créditos y la regulación bajo una licencia con las mismas condiciones.

29. Las fichas publicadas de los exiliados republicanos se encuentran en la sección de “Biografías” del proyecto: <https://exiliadosrepublicanos.info/es/biografias> (accedido el 26/04/2020).

30. <https://www.facebook.com/exiliadosrepublicanos> (accedido el 26/04/2020).

31. <https://twitter.com/exiliadas> (accedido el 26/04/2020).

calidad de información que ofrecen, relacionada siempre con el argumento del exilio republicano, sea cual sea el área: académica, periodística, artística, investigadora, etc. Muchas de las veces, esta información es ofrecida por el público en general a través de las redes sociales de dichas comunidades; convirtiéndose en núcleos de interés de individuos e instituciones que conectan con ellas. Son las siguientes: Búscame en el ciclo de la vida; Sibbrint; Unitat contra el Feixisme; Proyecto e-xiliad@s; Museo Memorial de l'Exili y el Memorial Democràtic<sup>32</sup>.

Las redes sociales del proyecto funcionan en simbiosis con la web y, en especial, con el tablón de anuncios de e-xiliad@s<sup>33</sup>. Gracias a este tablón de anuncios, algunas personas han podido encontrar a familiares desaparecidos. Tal es el caso de la noticia publicada en el tablón en donde se solicitaba información acerca del exiliado Ángel Escobio Andraca<sup>34</sup>. Siguiendo con la metodología empleada por el proyecto, dicha noticia se publicitó también en las redes sociales de e-xiliad@s, mencionadas anteriormente, con el fin de acelerar el proceso de búsqueda. Al cabo del tiempo la noticia del tablón de anuncios se vio invadida por respuestas con informaciones muy interesantes, previa moderación por el administrador del proyecto, escritas mayoritariamente por los propios familiares (nietos en este caso) de Ángel Escobio<sup>35</sup>, incluso por un hijo suyo nacido en Kiev, lugar del supuesto exilio de Ángel; véase [Figura 2](#).

---

32. Para saber más véase: Bocanegra Barbecho, Lidia & Escobar Deras, Mauricio; Redes sociales y exilio republicano español: participación ciudadana y memoria compartida en ámbito digital en Acevedo, G. y Santana, A., (coords.), *Rutas y experiencias: 80 años del exilio republicano español*, CIALC, UNAM, Cátedra del Exilio, EN PRENSA.

33. Tablón de anuncios del proyecto de e-xiliad@s: <https://exiliadosrepublicanos.info/es/tablon-anuncios>.

34. Solicitud de información acerca de Ángel Escobio Andraca: <https://exiliadosrepublicanos.info/es/rabelesius/4494> (accedido el 26/04/2020).

35. Información biográfica acerca de Ángel Escobio Andraca: <http://dbe.rah.es/biografias/35522/angel-escobio-andraca> (accedido el 28/04/2020).



## INFORMACION

---

Enviado por Rabelesius el Lun, 07/03/2016 - 10:45.

ESTOY RECABANDO INFORMACION SOBRE...

ANGEL ESCOBIO ANDRACA.

NACIDO EN SANTANDER. EJERCIÓ COMO NEURÓLOGO EN SANTANDER, DIRIGENTE COMUNISTA EN SANTANDER. TUVO ALGÚN CARGO DE RESPONSABILIDAD EN EL PERIODO DE GUERRA, TRAS LA CIADA DE SANTANDER, HUYÓ A BARCELONA, Y EN EL 39 PASÓ A FRANCIA Y TERMINÓ EN LA URSS. EJERCIÓ COMO NEUROPATÓLOGO EN UCRANIA Y CRIMEA, DONDE MURIÓ EN EL 56. INFORMACION DUDOSA HABLA DE ESPOSA E HIJA QUE SE EXILIARON EN MEXICO EN EL 39.

---

Enviado por Anonymous (no verificado) el Vie, 21/06/2019 - 01:29.

### Información de Ángel Escobio Andraca

Soy nieta de Ángel Escobio Andraca, hija de Margarita Escobio Souza. La mujer de Ángel era Mercedes Souza Villa, mi abuela.

Veo que muchos tienen curiosidad sobre el destino de mi madre y abuela, me gustaría saber quiénes son ustedes y qué quieren saber sobre ellas.

[responder](#)

---

Enviado por Rabelesius el Sáb, 28/01/2017 - 08:46.

### Información sobre Angel Escobio Andraca

Me llamo José Rafael Alvarez Altuna. Nací en Kiew, marzo 1950. Según contaba mi madre natural, Pepita Altuna Barandiarán, soy hijo de Angel Escobio Andraca. Regresamos, bueno yo llegué, a España, septiembre 1956, acuerdo URSS-España, mediado por la Cruz Roja. He vivido en Donostia, siendo adoptado por mis tíos. He localizado una foto del carnet del PCE de Angel, por internet.

Desearía mantener una línea mas directa y accesible, si quieres. Poco te puedo ofrecer sobre Angel Escobio. Lo poco que se lo he obtenido por internet.

Es muy grande mi interés por conocer algo de tí, de tus circunstancias y de cuanto me pueda facilitar una idea de lo que pudo ser; en reciprocidad te puedo ofrecer lo mismo.

Un muy fuerte abrazo. Encantado de haber coincidido.

Rafa

[responder](#)

**Figura 3:** Detalles de algunas de las respuestas a la noticia acerca de Ángel Escobio Andraca, publicada en el tablón de anuncios del proyecto e-xiliad@s.

Como vemos, la iniciativa e-xiliad@s utiliza el enfoque de la ciencia ciudadana y se alinea con las necesidades de los usuarios quienes ven la iniciativa como un lugar de identidad del exilio en donde depositar la memoria familiar, a la vez que obtener datos acerca otros exiliados o del exilio republicano en general. Un proyecto que innova en la medida que ofrece practicidad social, conectado a familiares en todo a la figura de un exiliado en particular. Asimismo, e-xiliad@s se enmarca en la disciplina de las Humanidades Digitales y la Historia Pública Digital, ya que nace y se desarrolla en un entorno puramente digital (vía web 2.0 y base de datos web), a la vez que investiga y comunica los resultados de forma inmediata. Conecta la ciudadanía con un argumento que dista mucho de ser local, debido a las propias características de la diáspora; asimismo, un amplio sector del ámbito de la educación, estudiantes y profesores, utilizan la plataforma para investigar y educar.

Por motivos de espacio, nos dejamos en el tintero muchos otros aspectos interesantes del proyecto e-xiliad@s, algunos de los cuales ya se han analizado y publicado previamente. Cerramos esta sección con la convicción de

que la iniciativa seguirá viva gracias a la colaboración ciudadana a nivel de aportación de datos, con el apoyo continuo de sus comunidades en línea y con el esfuerzo de los especialistas y colaboradores que lo administran para otorgarle coherencia y rigor científico. Todo ello, con el ánimo de seguir recuperando de manera colectiva la memoria de los exiliados republicanos anónimos, sin olvidarnos, nunca, de la perspectiva de género.

## 4. Perspectivas de futuro

---

Como hemos ido observado a lo largo del presente análisis, la participación pública en la investigación es un enfoque transversal en las disciplinas de las Humanidades Digitales y la Historia Pública. Un enfoque de ciencia ciudadana que se enmarca, cada vez más, en un modo de hacer investigación en el ámbito académico actual y que por sus beneficios, especialmente en los resultados durante y después de la investigación, ha dado lugar que sea motivo de financiación por la Comisión Europea en el presente programa marco y en el próximo. Pero no únicamente eso, la experiencia de los múltiples proyectos financiados ha ayudado a consolidar el compromiso público en la investigación e innovación y han arrojado luz en nuevas formas participativas, incrementado el interés de la sociedad por la ciencia y dando lugar a una investigación más democrática. Todo ello visibiliza una perspectiva de futuro a corto plazo en donde este enfoque participativo ciudadano se permeabilizará en distintas disciplinas tradicionales como la de la Historia.

En la actualidad todavía estamos ante una falta de precisión conceptual de las disciplinas de las Humanidades Digitales y la Historia Pública Digital, lo que supondrá una mayor implicación por parte de los especialistas en los próximos años en trabajar sobre las mismas mediante la organización de nuevos simposios internacionales, quizá, esta vez, con una mayor participación ciudadana contando con el *feedback* de aquellas personas que ya hayan colaborado en un proyecto previamente. Pero lo más importante es que se hará necesario reflexionar sobre los puntos comunes, puesto que son muchos más que los divergentes, entre ambas disciplinas considerando la amplia sobreposición de aspectos entre ambas.

Ser investigador en Historia Pública Digital o en Humanidades Digitales supone enfrentarte a problemas de acreditaciones y acceso a plazas de profesorado. Esto se debe a que éstas “relativamente” nuevas disciplinas en España todavía no han calado a fondo en las estructuras académicas, teniendo como prácticamente único espacio de expresión los proyectos de investigación. Sabemos que en el marco de la financiación europea están reconocidas su practicidad y resultados, pero ¿qué sucede si bajamos al plano contractual docente? La respuesta es que hay un importante desconocimiento acerca de dichas especialidades por una gran mayoría de departamentos. Solicitar plazas de profesorado, por ejemplo, de Ayudante Doctor o Profesor Sustituto, en Historia, significa que muy probablemente apliquen factores de afinidad a muchas de las publicaciones de este investigador no pudiendo competir en igualdad de condiciones que sus contrincantes. Y esto se debe a que no se concibe que se puedan analizar aspectos históricos desde el plano puramente digital y con colaboración ciudadana, sin que ello afecte lo más mínimo a la calidad de los resultados. Igualmente, investigar en estos campos significa lidiar con revistas “tradicionales” que no tienen entre sus líneas editoriales el tema digital como metodología. Y esto da lugar a artículos científicos rechazados porque tales revistas científicas los consideran fuera de su alcance temático. Por otro lado, cuando se quiere recurrir a las revistas especialistas en Humanidades Digitales, por ejemplo, las mismas no están indexadas, o indexadas con cuartiles bajos, lo que afecta al currículum del investigador a la hora de las acreditaciones y de solicitud de plazas de profesorado. Estamos ante un pez que se muerde la cola; hemos dejado claro que el tema interesa en las agencias financiadoras, pero no anda parejo con en el desarrollo de la carrera investigadora. Pero que no cunda el pánico, a corto plazo muchas de estas revistas científicas ya estarán indexadas (en SJR y JCR) y bien posicionadas, y destacar que algunas ya se encuentran en la base de datos de la *Emergency Citation Index* (ESCI) de la *Web of Science* (WOS), por lo tanto el investigador ya no tendrá que lidiar más con este aspecto.

En el plano docente, las Humanidades Digitales van conquistando terreno a nivel de másteres y cursos de

especialización; todo apunta a que este interés va a ir calando también en los cursos de Grado y, una vez conseguido, podremos decir que la brecha digital en la docencia y en la investigación en el ámbito de las Humanidades estará prácticamente superada y reconocida la importancia del enfoque de la ciencia ciudadana. ¿El resultado?: una mayor conexión entre sociedad y ámbito universitario.

Finalizamos esta sección reflexionando acerca de la importancia de analizar cuestiones de memoria histórica en España utilizando estas disciplinas digitales. Para ello nos remitimos a un artículo periodístico del historiador Antonio Cazorla Sánchez, en donde se argumenta que hacer Historia Pública acerca de una guerra civil es difícil y no solo en España; comenta que en España sigue habiendo “muchos lugares sin memoria y muchas memorias sin lugar” (Cazorla, 2019)<sup>36</sup>, y esto se debe a que, como bien aclara el autor, los buenos y los malos no están claros en una sociedad que ha sufrido una guerra civil. Estamos de acuerdo con esta afirmación. De forma acertada, Cazorla afirma de que la Historia Pública de la memoria histórica en España sigue siendo deficiente por tener muchos lugares sin la resignificación histórica que se merece (por ejemplo, el Valle de los Caídos); así como que la gran mayoría de los escolares terminan sus estudios sin haber tratado en clase el tema de la Guerra Civil y el Franquismo. Pero también argumenta que se han realizado esfuerzos importantes y destaca tres centros de referencia importantes tales como: el Museo de la Paz de Guernica (creado en 1998), el Centro Documental de la Memoria Histórica de Salamanca y el Memorial Democràtic de Barcelona, ambos fundados en 2007; nombrando únicamente como proyecto digital la base de datos Todos los Nombres. El artículo argumenta: “podemos hacer como Alemania y construir una memoria colectiva democrática basada en un proyecto de Historia Pública que afronte nuestra historia difícil con profesionalidad y con imparcialidad. Podríamos, por ejemplo, tener el coraje de crear un museo nacional de la Guerra Civil y la dictadura. O podemos, por el contrario, seguir escondiéndonos detrás de la coartada de unas heridas que supuestamente la mayoría de los españoles tenemos y no queremos reabrir” (ibidem). Estamos de acuerdo con esta afirmación pero se deja en el tintero el reconocimiento del ámbito digital en recuperar la memoria histórica de España. Proyectos como Todos los Nombres, E-xiliad@s, y otros tantos, algunos de los cuales se han nombrado en el presente análisis, trabajan en esa línea desde hace años; y lo hacen aprovechando la fuerza de la red Internet que conecta, reconstruye y difunde dicha memoria. Con esto queremos decir que tan necesario es crear infraestructuras físicas (museos, centros de interpretación, etc.), que ayuden a entender y digerir una memoria de una “democracia con contradicciones” (en palabras de Cazorla), como el de continuar creando infraestructuras digitales a modo de proyectos y cursos en donde prime el enfoque de la ciencia ciudadana. Creemos que una investigación participativa en memoria histórica, ya sea digital o no, dará lugar una investigación más democrática en todos los sentidos y un mayor entendimiento de tales temas “sensibles”.

## Referencias

---

Burdick, A; Drucker, J.; Lunenfeld, P.; Presner, T.; Schnapp, J. (2012). *Digital Humanities*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. London, <https://mitpress.mit.edu/books/digitalhumanities> (29/04/2020).

Cazorla, A. (03/07/2019). Memoria e Historia Pública. *El Español*. Recuperado de: [https://www.elespanol.com/opinion/tribunas/20190703/memoria-historia-publica/410828915\\_12.html](https://www.elespanol.com/opinion/tribunas/20190703/memoria-historia-publica/410828915_12.html) (accedido el 29/04/2020).

Ceccaroni, L., Bowser, A. and Brenton, P. (2017). Civic Education and Citizen Science: Definitions, Categories, Knowledge Representation In: Ceccaroni, L. and Piera, J. eds. *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research*. Hershey, PA: IGI Global, pp. 1-23, <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0962-2.ch001>.

---

36. Antonio Cazorla es catedrático de Historia de la Trent University. El artículo en cuestión define la Historia Pública como la historia destinada a la educación del público a través de museos, docencia, exposiciones, medios audiovisuales, etc

Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A study of people, expertise and sustainable development*. London: Routledge. 136.

Kirschenbaum, M.G. "What Is Digital Humanities and What's It Doing in English Departments?" *ADE Bulletin*, Number 150, (2010), [https://mkirschenbaum.files.wordpress.com/2011/01/kirschenbaum\\_ade150.pdf](https://mkirschenbaum.files.wordpress.com/2011/01/kirschenbaum_ade150.pdf) (29/04/2020).

National Council on Public History. (2020). *How do we define Public History?* <https://ncph.org/what-is-public-history/about-the-field/> (accedido el 25/04/2020).

THATCamp LAC. (2012). *Glossary of Digital Humanities*. [https://docs.google.com/document/d/129\\_260mbp6C6JaqmymhMTXA1sv7YYQOOLsAOAOoCJE/edit?pli=1](https://docs.google.com/document/d/129_260mbp6C6JaqmymhMTXA1sv7YYQOOLsAOAOoCJE/edit?pli=1) (29/04/2020).

VV.AA. (s.f). *Diez principios de ciencia ciudadana*. European Citizen Science Association, [https://ecsa.citizen-science.net/sites/default/files/ecsa\\_ten\\_principles\\_of\\_cs\\_spanish\\_0.pdf](https://ecsa.citizen-science.net/sites/default/files/ecsa_ten_principles_of_cs_spanish_0.pdf) (accedido el 25/04/2020).

VV.AA. (2013). *Green Paper on Citizen Science*. *Citizen Science for Europe: Towards a better society of empowered citizens and enhanced research*, European Commission, p.21, [https://www.researchgate.net/publication/271130919\\_Green\\_Paper\\_on\\_Citizen\\_Science\\_Citizen\\_Science\\_for\\_Europe\\_Towards\\_a\\_better\\_society\\_of\\_empowered\\_citizens\\_and\\_enhanced\\_research](https://www.researchgate.net/publication/271130919_Green_Paper_on_Citizen_Science_Citizen_Science_for_Europe_Towards_a_better_society_of_empowered_citizens_and_enhanced_research) (accedido el 25/04/2020).

# Sit tibi data levis: el rol de los métodos cuantitativos en arqueología

María Coto-Sarmiento

Universitat de Barcelona

## Resumen

---

El auge y desarrollo de los métodos cuantitativos en arqueología ha supuesto un importante cambio en materia de comprender fenómenos históricos específicos. Un mayor acceso a la tecnología ha dado como resultado que cada vez más investigadores recurran a herramientas cuantitativas para comprender diferentes tipos de patrones que configuran el pasado y que son prácticamente imperceptibles en las fuentes arqueológicas e históricas. No obstante, el uso de la metodología cuantitativa sigue siendo hoy día considerada como una herramienta auxiliar de la arqueología que solo debe usarse en casos que requieran una complejidad específica.

En este sentido, la arqueología se basa en la evidencia generada a través de las excavaciones, trabajos de recolección de datos y fuentes escritas. Tanto el estudio de las fuentes escritas como el análisis arqueológico han mostrado una enorme capacidad a la hora de analizar las dinámicas del pasado. Si bien, la escasez de fuentes escritas en algunas sociedades ha impedido que se puedan explorar detalles más complejos con mayor determinismo. A esto se le suma la excesiva dificultad en cuanto a la interpretación del registro arqueológico en algunos casos.

Este trabajo presenta una breve introducción a la arqueología cuantitativa aplicada a los estudios históricos donde se enfatizan los posibles potenciales y límites en cuanto a su aplicabilidad. Es necesario matizar que este artículo se centra en los métodos cuantitativos más comunes en ciencia, y no explora otras herramientas de modelización como la simulación, que otros autores ya han debatido ([Lake, 2014](#); [Rubio-Campillo, 2017](#); [Romanowska et al., 2019](#)). En general, se ofrece un posible enfoque para formalizar hipótesis donde la narrativa histórica se presenta más compleja y complicada de ser detectada a través del registro arqueológico.

## I. El uso de la metodología cuantitativa en arqueología

---

En los últimos años, el uso de las herramientas cuantitativas y los avances tecnológicos han sido fundamentales para mejorar el conocimiento más allá de los métodos tradicionales usados en arqueología. Los resultados obtenidos en arqueología son frecuentemente medidos y cuantificados, aunque los métodos usados para su análisis resulten básicos dado que el aprendizaje de métodos numéricos no ha tenido un gran peso dentro de la disciplina. Este hecho ha generado ciertos problemas en cuanto a la interpretación del registro arqueológico no teniendo en cuenta las particularidades del mismo.

La problemática del discurso arqueológico requiere de estudios avanzados que integren análisis desde diferentes tipos de escala, desde lo más individual hasta lo más complejo ([Rubio-Campillo et al., 2018a, p. 239](#)). La llegada de los métodos cuantitativos en arqueología ha permitido reconstruir dinámicas históricas, centrándose en un enfoque mucho menos específico ([Bevan, 2014](#); [Rubio-Campillo et al., 2018a](#)). El uso de métodos cuantitativos ha conseguido, en cierta manera, acercar el procedimiento científico al estudio de fenómenos históricos en arqueología. Se basa en una metodología científica que utiliza la estadística para describir o predecir el comportamiento de determinados factores sociales o ambientales ([Targett, 1990](#); [Baxter 2003](#)). Sin embargo,

su aplicabilidad no ha estado exenta de polémica debido a la escasa transdisciplinariedad de los actuales sistemas académicos y a la alta especialización que requiere.

En cuanto a la transdisciplinariedad, resulta primordial tener en cuenta otro tipo de estudios desde diferentes campos que permitan evaluar y analizar distintas hipótesis siempre desde un razonamiento objetivo y no basado en dogmas históricos. La metodología cuantitativa se ha percibido como una herramienta independiente de la arqueología, que se utiliza como método para resolver determinados problemas específicos, pero raramente se ha integrado a los estudios históricos ([Shennan, 2008, p. 2](#)).

Esto ha llevado a que una gran parte de la comunidad arqueológica aún no se haya formado en un uso mucho más especializado por requerir un largo periodo de tiempo en formación. Además, es fundamental destacar que la arqueología ha adoptado de forma relativamente rápida los primeros pasos de la metodología estadística, como pueden ser la exploración de datos y gráficas, el uso de métodos aplicados a la arqueometría o el manejo de modelos con GIS, entre otros. Incluso, el uso del método cuantitativo ha posibilitado desarrollar cálculos mucho más generalizados que normalmente se realizaban en arqueología, pero de forma manual o descriptiva. Si bien, la dificultad en el aprendizaje ha supuesto que no se haya prestado demasiada atención sobre un posible potencial más allá de un uso exploratorio para profundizar en la detección de patrones en los datos arqueológicos ([Shennan, 2008, p. 3](#)). La integración de la metodología estadística supondría una mayor profundización histórica en búsqueda de la naturaleza de los acontecimientos complejos a través de la estadística. De esta manera, no será lo mismo un estudio descriptivo de piezas cerámicas que un modelo estadístico. El primero llevará más tiempo en desarrollarlo, mientras que el segundo podrá calcular de una forma más rápida cuántas piezas pueden ser descritas de una forma u otra y qué patrones siguen.

Por otra parte, la arqueología necesita tener en cuenta otras herramientas que valoren de manera científica hechos o acontecimientos para contrastarlos con hipótesis históricas. Ha quedado constancia que la aproximación científica es la única que permite evaluar la plausibilidad de una hipótesis mediante el planteamiento de unas preguntas previas que requieran un procedimiento específico para confrontarlas con la evidencia. Así, se trata del método más óptimo para avanzar en el conocimiento, permitiendo saber cuándo se está equivocado a través de la comprobación de hipótesis. Esto no implica que todos los estudios históricos sin una metodología científica clara carezcan de criterio alguno, aunque se considera necesario evaluar su posible potencialidad para el contraste de hipótesis. El empleo de una metodología cuantitativa se inserta dentro del método empírico-analista que posibilita el análisis del comportamiento de una serie de causas y efectos mediante el estudio de datos numéricos y probabilísticos ([Little, 2013](#)). Se trata también de un estudio descriptivo, pero que permite analizar y predecir patrones dentro de una población mediante el análisis de muestras numéricas. Por lo tanto, para que se pueda aplicar un enfoque cuantitativo es necesario contar con una serie de datos numéricos de una determinada población susceptibles de ser analizarlos ([Drennan, 1996, pp. V-XI](#)). Como ejemplo, es posible cuantificar el grado de cambio cultural a través del análisis de la variación de los artefactos arqueológicos. Este estudio requerirá un análisis numérico tomando en consideración variables como las medidas de cada uno de los artefactos a lo largo del tiempo para observar qué patrones han seguido.

El interés en aplicar una metodología cuantitativa a la arqueología reside en conocer cuándo las hipótesis resultan poco plausibles y, *por ende*, estarán probablemente equivocadas ([Smith, 2015, p. 18](#)). Es necesario enfatizar que dentro de la disciplina histórica se peca con frecuencia de argumentos *post-hoc* en cuanto a la interpretación de fenómenos sociales. Se trata de una falacia que describe una situación en función del orden de los acontecimientos, tales como encontrar un material poco común en un yacimiento y atribuirle un carácter votivo debido a su rareza. Por ello, será útil considerar las evidencias de las que se dispone y si es posible realizar un estudio comparativo en el que se evalúen varias hipótesis. La crítica se centraría más en el predominio de un discurso con un enfoque mayoritariamente descriptivo en lugar de explorar otros mecanismos causales o en analizar los cambios a lo largo de tiempo ([Smith, 2015, p. 22](#)). En general, un enfoque cuantitativo puede ayudar a verificar hasta qué punto una hipótesis puede resultar verdadera ante la plausibilidad de

diferentes hipótesis que permita explicar la evidencia arqueológica obtenida. Por otra parte, será importante saber que un discurso histórico tendrá siempre diversas interpretaciones y, en ocasiones, será imposible llegar a un criterio marcado por un denominador común.

## 2. Potenciales y límites de la arqueología cuantitativa

---

La arqueología cuantitativa se ha mostrado como una posible alternativa bastante útil a la hora de interpretar el pasado. No obstante, es necesario tener en cuenta una serie de potenciales y límites con anterioridad a la hora de aplicar esta metodología al estudio histórico. En cuanto a los posibles potenciales que puede ofrecer la arqueología cuantitativa se encuentran:

- **Facilidad en el análisis de datos.** Permite analizar una gran cantidad de datos en un tiempo más reducido que hacerlo de forma manual. Esto conlleva a una mayor reducción del coste de trabajo y del tiempo requerido. Por ejemplo, un análisis de textos de forma manual supondrá un tiempo mayor que hacerlo mediante herramientas creadas para analizar textos automáticamente.
- **Contraste de hipótesis.** El método cuantitativo posibilita el contraste de hipótesis con respecto a la evidencia observada. Incluye herramientas que posibilitan cuantificar la plausibilidad de una hipótesis que puede llegar a explicar mejor los datos arqueológicos.
- **Categorizar diferencias con mayor facilidad.** Es posible analizar los tipos de cerámicas en un yacimiento sin necesidad de realizar una categorización manual. El incremento del uso de diferentes programas informáticos permite poder hacer este trabajo mucho más accesible y fácil que con otra metodología más rudimentaria. La naturaleza de los datos arqueológicos hace que sea posible la extracción de distinta información para buscar patrones. Al igual que ocurre con otros métodos como la modelización, su uso no implica que no puedan existir ciertos errores, por lo que será necesario tener un conocimiento previo para poder solventar dichos errores y así evitar que puedan dar descripciones inconexas.
- **Descripción de fenómenos complejos.** Estudiar fenómenos sociales requiere un análisis complejo. Las consecuencias de analizar fenómenos que lleven cierta complejidad implica una posible pérdida de información dentro del discurso histórico-arqueológico. En otras ocasiones, ni siquiera existen evidencias arqueológicas que expliquen diversos fenómenos. Es por lo que, el uso de las herramientas cuantitativas podrían ayudar a representar patrones que expliquen esta complejidad que no puede ser estudiada en el registro arqueológico. Sin embargo, la excesiva complejidad de los fenómenos históricos también hace que a la hora de ser analizados exista una cierta incertidumbre, que será necesaria considerar previamente.
- **Análisis de fenómenos a macro-escala.** Es factible estudiar fenómenos poblacionales a macro-escala debido a su potencial herramienta que puede analizar cientos de datos reduciendo el coste temporal.
- **Interdisciplinariedad.** La facilidad del manejo de nuevas herramientas estadísticas favorece a la comunidad arqueológica ampliar su enfoque hacia otras disciplinas diferentes. Sin embargo, el desconocimiento previo de estas materias puede producir a la larga un coste en sobre esfuerzo de aprendizaje, así como una posible reticencia en cuanto al uso de las matemáticas en arqueología debido a la escasez de un enfoque interdisciplinar. Esto último adquiere especial relevancia cuando supone una limitación en cuanto al uso de la metodología estadística. En el caso de los estudios sociales, carecen de programas de aprendizaje de otras disciplinas que podrían ser útiles para la misma.
- **Replicabilidad y reproductividad.** La problemática creada en torno a la extrema complejidad de las operaciones matemáticas ha dado lugar a que se compartan muchas investigaciones con el objetivo de mejorar su aplicabilidad. La principal razón se centra en reivindicar un mayor acceso a los datos y códigos como forma de mejorar su uso y comprensión. La accesibilidad a las fuentes de datos ha enriquecido

también la interacción entre investigadores haciendo que cada vez sea más fácil replicarlos o ser usados en otros estudios ([Marwick, 2017](#)).

El uso de una metodología cuantitativa también puede suponer una serie de inconvenientes que deberán tenerse en cuenta previamente. Entre los inconvenientes encontramos:

- **Alta especialización.** Aprender métodos cuantitativos exige una alta especialización independientemente de la disciplina, por eso resultará imprescindible evaluar previamente si realmente existe una necesidad de aplicarlo a nuestra área de estudio. Una evaluación previa llevará también a determinar cuál puede ser el método que mejor se ajuste a los datos disponibles.
- **Ausencia de datos.** Normalmente los métodos cuantitativos requieren recolectar una gran cantidad de datos para que el análisis sea viable. El analizar pocos datos puede llevar a errores de muestreo y a una falsa verificación de los resultados obtenidos.
- **Incertidumbre.** Otro punto importante es la incertidumbre en los datos. En el caso de la arqueología, esta incertidumbre se muestra mucho mayor que en otros datos porque partimos de evidencias arqueológicas del pasado. Esto hace que sea necesario poder aplicar una metodología que permita contemplar este problema previamente al análisis.
- **Evaluación del tiempo-coste de trabajo.** El coste elevado de tiempo y de trabajo exige que se evalúe con anterioridad la aplicación de una metodología cuantitativa para el análisis de datos.

### 3. Nuevas perspectivas cuantitativas aplicadas a la arqueología

El uso de la metodología estadística en arqueología no es nada nuevo. Existen multitud de trabajos enfocados en el análisis estadístico de diferentes sociedades, mayormente en etapas prehistóricas ([Renfrew & Bahn, 2004; p. 505](#)). No obstante, este tipo de metodologías parece no haber calado lo suficiente en etapas más históricas, quizás debido a la posibilidad de contar con fuentes escritas o a una tendencia conservadora de la disciplina, donde resulta más complicado aprender nuevas herramientas cuantitativas cuando no existen programas especiales que las impartan dentro de la propia disciplina.

En recientes años, aplicar métodos cuantitativos parece haberse convertido en una nueva tendencia ([Drennan, 1996; Shennan, 2008, p. 3](#)). Tal y como ocurrió con otras disciplinas, su repercusión tuvo que ver con la accesibilidad a nuevas tecnologías que facilitaron el desarrollo de aplicaciones informáticas para el análisis de datos arqueológicos. Además, las expectativas generadas mediante el uso del método científico a la disciplina supuso un factor importante a la hora de desvincularse de un enfoque más postmoderno.

En general, la arqueología cuantitativa ha estado ligada a diferentes tipos de métodos estadísticos basados en el análisis exploratorio de datos para observar patrones ([Orton, 1982, p. 28](#)). Entre las técnicas más usadas cabe destacar algunas encaminadas a resolver problemas con el manejo de datos, tales como los análisis de correlación y regresión, *testing*, análisis multivariantes o el análisis exploratorio de datos (EDA). Este último ha permitido acercar la disciplina arqueológica a la estadística básica debido a su facilidad para explorar patrones con el manejo de datos.

Un importante avance fue la integración de la inferencia bayesiana a la arqueología. La estadística bayesiana incluye la incertidumbre al análisis de datos. Esto quiere decir que la probabilidad para que una hipótesis sea cierta dependerá de la observación o evidencias que se empleen para verificar la hipótesis ([Gelman et al., 2013](#)). Se trata de una estadística de carácter predictivo donde el conocimiento es limitado desde un principio y se mide a través de predicciones mediante la evidencia observada ([Kruschke, 2014, p. 16](#)). La estadística bayesiana maneja un conocimiento *a priori* donde la incertidumbre de datos es tenida en cuenta desde el principio. La diferencia con la estadística clásica o frecuentista es que en la frecuentista no existe ese conocimiento *a priori*



puesto que ya se fundamenta en un patrón de conocimiento fijo. En cualquier caso, el uso de la inferencia bayesiana en arqueología no ha sido muy frecuente hasta el momento ([Crema et al., 2015](#), [Buck & Meson, 2015](#); [Rubio-Campillo, 2016](#); [Rubio-Campillo et al., 2017](#)).

El análisis cuantitativo también se ha centrado en el tema evolutivo debido a su potencialidad en identificar patrones culturales en los datos arqueológicos. La mayor parte de los estudios donde se aplica una metodología estadística se encuentran relacionados con la observación de variaciones en los artefactos arqueológicos ([Neff, 1992](#); [Lyman & O'Brien, 2000](#); [Li et al. 2014](#); [Okumura & Araujo, 2014](#); [Shennan et al., 2015](#)). En el caso de estudios históricos, son pocos los ejemplos de los que se disponen, aunque en los últimos años se ha producido un auge significativo ([Isaksen, 2008](#); [Murrieta et al., 2015](#); [Rubio-Campillo et al., 2017](#); [Busto-Zapico, 2018](#); [Coto-Sarmiento et al., 2018](#); [Rubio-Campillo et al., 2018b](#); [Turchin et al., 2018](#)).

En un futuro se espera que el análisis cuantitativo termine por integrarse definitivamente a los estudios arqueológicos sin necesidad de seguir siendo una herramienta auxiliar útil vinculada únicamente a pocos especialistas en la disciplina.

## Bibliografía

---

- Baxter, M. J. (2003). *Statistics in archaeology*. United Kingdom: Arnold. Application of Statistics.
- Bevan, A. (2014). Mediterranean Containerization. *Current Anthropology*, 55(4), 387–418. <https://doi.org/10.1086/677034>.
- Buck, C. E. y Meson, B. (2015). On being a good Bayesian. *World Archaeology*, 47(4), 567–584.
- Busto Zapico, M. (2018). Análisis estadísticos para determinar el grado de estandarización y las unidades de medida en la producción cerámica. En D. Jiménez-Badillo (Ed.), *Arqueología computacional: Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural*, pp. 127-141. México, CDMX: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Crema, E., Edinborough, K., Kerig, T., y Shennan, S. (2015). An Approximate Bayesian Computation approach for inferring patterns of cultural evolutionary change. *Journal of Archaeological Science*, 50, pp. 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.07.014>.
- Coto-Sarmiento, M., Rubio-Campillo, X., y Remesal, J. (2018). Identifying social learning between Roman amphorae workshops through morphometric similarity. *Journal of Archaeological Science*, 96, pp. 117–123.
- Drennan, R. D. (1996). *Statistics for archaeologists. A Commonsense Approach. Interdisciplinary Contributions to Archaeology*. New York: Plenum Press.
- Gelman, A., Stern, H. S., Carlin, J. B., Dunson, D. B., Vehtari, A., y Rubin, D. B. (2013). *Bayesian data analysis*. Florida: Chapman and Hall/CRC.
- Isaksen, L. (2008). The application of network analysis to ancient transport geography: A case study of Roman Baetica. *Digital Medievalist*, 4.
- Johnson, M. (2000). *Teoría arqueológica: una introducción*. Barcelona: Ariel Historia.
- Kruschke, J. (2014). *Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan*. London: Elsevier Academic Press.
- Lake, M. W. (2014). Trends in archaeological simulation. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 258-287.

- Li, X. J., Bevan, A., Martínón-Torres, M., Rehren, T., Cao, W., Xia, Y., y Zhao, K. (2014). Crossbows and imperial craft organisation: the bronze triggers of China's Terracotta Army. *Antiquity*, 88(339), 126–140.
- Little, T. D. (2013). *The Oxford handbook of quantitative methods, Volume 2: Statistical Analysis*, tomo 2. Oxford: Oxford University Press.
- Lyman, R. L. y O'Brien, M. J. (2000). Measuring and explaining change in artifact variation with clade-diversity diagrams. *Journal of Anthropological Archaeology*, 19(1), 39–74.
- Marwick, B. (2017). Computational reproducibility in archaeological research: basic principles and a case study of their implementation. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 24(2), 424–450.
- Murrieta-Flores, P., Baron, A., Gregory, I., Hardie, A., & Rayson, P. (2015). Automatically analyzing large texts in a GIS environment: The registrar general's reports and cholera in the 19th century. *Transactions in GIS*, 19(2), 296–320.
- Neff, H. (1992). Ceramics and evolution. *Archaeological Method and Theory*, 4, pp. 141–193.
- Orton, C. (1982). *Mathematics in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Okumura, M. y Araujo, A. G. (2014). Long-term cultural stability in hunter-gatherers: a case study using traditional and geometric morphometric analysis of lithic stemmed bifacial points from Southern Brazil. *Journal of Archaeological Science*, 45p, 59–71.
- Rubio-Campillo, X. (2016). Model selection in historical research using approximate Bayesian computation. *PLoS one*, 11(1).
- Rubio-Campillo, X. (2017): *El papel de la simulación en la arqueología actual. Arqueología computacional: Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural*, pp. 51-58 México, CDMX: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Rubio-Campillo, X., Coto-Sarmiento, M., Remesal, J., y Pérez González, J. (2017). Bayesian analysis and free market trade within the Roman Empire. *Antiquity*, 91(359), 1241–1252.
- Rubio-Campillo, X., Bermúdez, J., Montanier, J., Moros Diaz, J., Pérez-González, J., y Remesal, J. (2018a). Provincias, sellos e hipótesis nulas: la identificación de rutas de comercio a través de medidas de distancia cultural. En *Cuantificar las economías antiguas. Problemas metodológicos*, pp. 237–249. Col·lecció Instrumenta. Universitat de Barcelona.
- Rubio-Campillo, X., Montanier, J.-M., Rull, G., Bermúdez Lorenzo, J. M., Moros Díaz, J., Pérez González, J., y Remesal Rodríguez, J. (2018b). The ecology of Roman trade. Re-constructing provincial connectivity with similarity measures. *Journal of Archaeological Science*, 92, pp. 37–47.
- Renfrew, C. y Bahn, P. (2004). *Arqueología. Teoría, Métodos y Práctica*. Madrid: Ediciones Akal.
- Romanowska, I., Crabtree, S. A., Harris, K., & Davies, B. (2019). Agent-Based Modeling for Archaeologists: Part 1 of 3. *Advances in Archaeological Practice*, 7(2), 178–184.
- Shennan, S. (2008). *Quantifying archaeology*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Shennan, S. J., Crema, E. R., y Kerig, T. (2015). Isolation-by-distance, homophily, and “core” vs. “package” cultural evolution models in Neolithic Europe. *Evolution and Human Behavior*, 36(2), 103–109.
- Smith, M. E. (2015). How can archaeologists make better arguments. *The SAA Archaeological Record*, 15(4), 18–23.
- Targett, D. (1990). *Quantitative Methods*. Edinburgh Business School: Pitman.
- Turchin, P., Currie, T. E., Whitehouse, H., François, P., Feeney, K., Mullins, D., ... & Mendel-Gleason, G. (2018).

Quantitative historical analysis uncovers a single dimension of complexity that structures global variation in human social organization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(2), E144-E151.



# Cultural Loss Under Bottlenecks – Demographic, Climatic and Environmental Shocks (CLUB-DECES)

Andreu Arinyo i Prats

IFISC-CSIC

## Abstract

---

The loss of cultural complexity and diversity is a common phenomenon throughout human and potentially non-human history, often in relation to major external shocks. Yet, there are few studies that analyse cultural loss as a topic of research. Difficult questions like the study of cultural resilience need to be answered by the use of a diverse set of tools and datasets that goes beyond the level of multidisciplinary that currently exists on the cultural studies fields, what is needed is deep conversations and collaboration of multiple research fields and non-academic actors, providing statistical methods, data extraction and analysis, as well as a global understanding of the topic. CLUB-DECES homes in on the resilience of culture under demographic, climatic and environmental shocks –the occurrence of which is prognosed to become more frequent and severe in the future. By modelling and analysing drastic changes in population or in the environment brought about by shocks CLUB-DECES pursues to measure the cultural resilience of culture by adapting methodologies based on Bayesian inference commonly used in cosmological studies. Thus CLUB-DECES involves multidisciplinary and transdisciplinary studies, combining numerical and analytical modelling from a wide suite of fields, primarily using tools developed to model cosmological datasets, data science, archaeological and anthropological data extraction, together with the most susceptible communities, their representatives and involved the institutions. This ambitious endeavour shall study culture in the human and non-human realm, aiming –on the basis of past datasets– to forecast the requirements to achieve a general measure of the shock-induced tipping-points of culture. This is highly relevant now at a global and European scale. Globally climate change and environmental degradation bring to the tipping-point many vulnerable societies, human and non-human. In Europe, rural areas and whole member states, like Bulgaria, are losing large amounts of population due to migration. CLUB-DECES results will shed new light on our understanding of the past, and thanks to that help our present and have influence on the preservation of cultural diversity for future generations.

**Keywords:** Transdisciplinarity, multidisciplinary, cultural loss, resilience, shocks, disasters, Bayesian statistics, policy-making, data-sets, agent modeling, mock data.

## I. Transdisciplinarity

---

In research, especially in research concerning the human and cultural domain, there are many questions that due to their complexity need a multidisciplinary approach involving a wide diversity of academic areas. However, for cultural studies, this academic multidisciplinary research is not enough and it has to go beyond working with tools and methods from multiple fields. The study must also involve, to the degree that is possible, the communities that are the focus of the study, the policymakers, non-governmental organizations (NGOs) and other organisms that represent and interact with them. This global framework will be referred to as transdisciplinarity through this text.

The work that is presented here: Cultural Loss Under Bottlenecks – DEMographic, Climatic and Environmental Socks (CLUB-DECES), is especially relevant in the advancement towards a transdisciplinary framework because its main goal is to establish cultural loss as an area of research, by involving not only many different academic fields, but also –by necessity– include the non-academic actors that have a saying on cultural resilience. The communication between all the spheres is essential in CLUB-DECES because to be able to measure resilience one has to properly interpret the data in order to make extensive use of numerical methods. These conversations and methods are indispensable to estimate the cultural loss tipping-points triggered by demographic, climatic and environmental shock events among different past and present societies, as well as non-human animal cultures.

Cultural loss is a highly relevant topic for all humankind, as it is a common phenomenon that repeatedly occurs throughout history, to the degree that it is even in present in the collective conscience, exemplified by awareness of the disappearance of the Iberians as a distinct culture, the fall of the Roman Empire, or no longer using horses as the main means of transport and its repercussions, to name but a few. However, it is difficult to differentiate between a normal loss of culture brought about by cultural evolution, where cultures change gradually through time, as opposed to a loss of culture that results in the sudden disappearance of unique knowledge, producing a decrease of local and global diversity of culture.

In order to disentangle these two phenomena and focus only on the sudden loss of culture, it is necessary to study societies that have been hit by a sudden abrupt disaster, or shock. In them then measure which are the repercussions on the survival of the cultural expressions that were present into the community ([Companion, 2015](#)). This focus on shocks allows marginalizing over complex dynamics that drive cultural evolution in its many forms, enabling to capture the mechanisms that operate over cultural resilience and avoiding many of the more complex issues of cultural evolution. Moreover, this approach puts forward the need to study cultural systems against disasters and shocks, as shocks are a common occurrence in nature and, at present, there are no works that study numerically the effect that these have in cultural survival. This work strongly arises the need for transdisciplinarity, to involve the communities and actors that can identify and understand the susceptibility of cultural traditions against shocks.

This involvement has to contribute to have a more integrated development on each of the phases of the research in cultural loss, where an ad hoc methodology has to be developed to tackle this complex topic: a common vocabulary has to be created; which data will be the most relevant and why; this data then has to be interpreted, transformed in numerical values, be processed mathematically; and then the results be translated into meaningful units to be shared with the community. For each of the processes in the way, there must exist a profound conversation and understanding between the experts of each of the disciplines involved, as well as to involve those social sectors that will be affected. This shall allow them to have a crucial input in the key steps of the analysis, in order to produce a relevant practical output that should help conscience about cultural loss and provide further tools to increase resilience.

Moreover, it has to be noticed that this transdisciplinarity goes beyond current multidisciplinary research being done in cultural evolution, which tangentially deals with the loss of culture. Cultural evolution, by necessity, is already a highly multidisciplinary field involving research from archaeology, anthropology, evolutionary biology, paleoclimatology, complex systems and physics, among others ([Mesoudi, 2016](#)). However, as much as that field already works with a wide range of datasets and numerical modeling, it has not yet attempted to compute cultural resilience against abrupt shocks and disasters, nor has it delved into conversations with current stressed communities most susceptible to cultural loss.

## 2. Relevance of Resilience

---

CLUB-DECES focuses on cultural resilience or cultural heritage resilience –the capacity to preserve cultural

traits long established in a community. This is currently a highly relevant topic in a world so exposed to shocks and abrupt change. The loss of traditional knowledge is already identified as a consequence of environmental change and degradation by The United Nations Environment Programme Convention on Biological Diversity, Article 8(j) ([INTER-SESSIONAL, 2005](#)). Moreover, in the last decades the UNESCO established the Intangible Cultural Heritage lists which recognizes the significance of non material cultural heritage as “a repository of cultural diversity and of creative expression” and the need to safeguard it ([UNESCO, 2003](#)).

Yet, targeted research has so far been very limited, especially there is a worrying lack of modelling of the processes that drive cultural loss in order to understand their underlying casualties. It is especially relevant at the present because **we inhabit a rapidly changing world involving social, cultural, technological and environmental disruptions, climate change, mass migrations, and habitat degradation**. At a global scale, climate change and environmental degradation is prognosed to be much more severe, and this will likely bring to the tipping-point of cultural loss for many susceptible societies. These are already producing an age of extinction, not only on the biological front but also in the cultural sphere, leaving an immense imprint on cultural preservation ([Dryzek et al., 2011](#)), especially in traditional knowledge and even in non-human animal cultures ([Brakes et al., 2019](#)).

Exploring this avenue of biological and cultural comparison, recently it has been observed that the global diversity of species is decreasing fast, despite the remaining ecosystems having similar numbers of species. This is because more generalist species take the ecological space that was occupied by local ones that get extinct or retrocede to smaller habitat range ([Dornelas et al., 2018](#)). By focusing on cultural loss, a similar assessment of this loss of culture at local and global level can be attempted. This would enable to produce a preliminary picture of similar trends that cultural diversity is experiencing when exposed to shocks in a globalized world.

Moreover, such an approach can contribute to thinking in terms of cultural ecosystems, that is, understanding the macro-evolutionary dynamics accounting for socio-ecological networks at different scales. These dynamics involve many cultural traits and social interactions that are key to maintain a rich and resilient ecosystem, which can better withstand shocks. Furthermore, by studying the resilience of different cultures and cultural traits, allows assigning a risk of disappearance that they experience, similar to the list of the most endangered species.

### 3. Instances of Cultural Loss Under Bottlenecks Induced by Shocks

From an academic point of view it is important to incorporate shocks because, even though the field of cultural evolution has seen a range of studies linking demography and culture, generating a vivid debate ([Henrich, 2004](#); [Shennan, 2001](#); [Collard et al., 2016](#); [Aoki, 2018](#)), such studies tend to focus only on evolution over long time scales. They have so far neglected for the most part the study of the impact of short-term shocks on culture, with only a few exceptions ([Rorabaugh, 2014](#); [Premo & Kuhn, 2010](#); [Fogarty et al., 2017](#)). These, nevertheless, study the effect of the shocks many generations after and ignore the short-term impact. By studying the effect of shocks these would better describe pressures on the cultural evolution of the system, helping to disentangle the debate of demography and culture, plus the ability to describe historical and modern events of shock-induced loss and survival.

When dealing with cultural loss in **short-term shock events** and susceptible to be studied, the scope of cases is illustrated by a broad range of instances where communities have experienced or might experience them:

- **Epidemic and plagues.** For example, it was recorded that an Inuit community hit by a plague lost some technology when key members of the community died ([Boyd et al., 2011](#)). It also might affect current cultural practices, one can not help but wonder if cultural traits like kissing as a greeting gesture will not be extinguished in some parts by a health emergency like the current COVID-19 pandemic.

- **Environmental degradation.** It can be observed that in many communities of all socio-economical backgrounds cultural preservation is affected when the community is displaced or affected by a shift in their environment in the form of **storms, volcanic eruptions** ([Riede, 2014](#)), **displacement and droughts** ([Companion, 2015](#)). For example, it has been observed that the displacement after the Fukushima nuclear disaster and tsunami is threatening the cultural survival of its traditional residents.
- **Persecution and cultural imposition** of cultural characteristics, such as Cambodia during the Khmer Rouge, where traditional cultural expressions were prosecuted ([De Walque, 2004](#)). El Salvador during its dictatorship where they efficiently rooted out the use of indigenous languages because they were associated with ideology ([Lemus, 2004](#)), or China during the Cultural Revolution where traits such as traditional theatre and music were systematically eliminated ([Mackerras, 1973](#)).
- **Rural exodus** into the cities, resulting in an attendant loss of local knowledge, both in developed and developing societies, as is the case of many European rural areas, resulting in an attendant failure to keep of local knowledge, both in developed and developing societies, as is the case of many European rural areas such as Spain's interior ([Polo et al., 2009](#)) and Italian alps ([Ianni et al., 2015](#)) where local botanical and environmental knowledge is being lost.
- **Low natural growth and migration.** This is the case in Europe for many ex-communist countries (e.g. Bulgaria, Moldova, and Latvia have experienced more than 20% of population decline in the last 30 years and expect further losses) ([Pitheckoff, 2017](#)).
- **Acculturation** of communities that are being **more integrated** within neighbouring communities by improved infrastructure, bringing access to resources and means of communication external to them. For example, in a multidecadal study it was observed that communities in the Amazon would lose more ethnobotanical knowledge the closer they were to roads and markets ([Reyes-García et al., 2013](#)).
- **Non-human animal cultures** shall also be considered. For example, just recently it has been observed the proximity of chimpanzee communities to human infrastructure correlates strongly with the lack of richness in cultural traits that can be observed in the communities ([Kuhl et al., 2019](#)).

In general, any society or group that is exposed to **harsh economic shocks, wars, internal conflict, genocide, epidemics, natural disasters and famine** may see the loss of cultural richness and complexity. Such factors were frequent in the past and likely will keep occurring in the present world ([Dryzek et al., 2011](#)).

## 4. Cultural Classification and Use of Cultural Proxies

---

When talking about cultural loss one can consider knowledge, diversity and culture as a whole, even though **culture** and knowledge are **difficult to distinguish, define and measure** in an exhaustive way ([Stump et al., 2013](#); [Whyte, 2013](#); [Haidle et al., 2016](#)). For example, the United Nations Environment Programme defines traditional knowledge as:

'[T]raditional knowledge' refers to the knowledge, innovations and practices of indigenous and local communities, developed and shared through experience gained over time and adapted to the local social structure, culture and environment. Such Knowledge tends to be collective in nature.

However, other schools of thought defend the concept of traditional ecological knowledge (TEK) ([McGregor, 2008](#)):



TEK is viewed as the process of participating fully and responsibly in such relationships [between knowledge, people, all of Creation (the natural world as well as the spiritual)], rather than specifically as the knowledge gained from such experiences. ... This means that, at its most fundamental level, one cannot ever really acquire or learn TEK without having undergone the experiences originally involved in doing so.

Therefore, different understandings of culture, and even more, the need to consider the practice of a cultural trait as an intangible knowledge, as TEK illustrates, make, impossible to consider the complete cultural content of a society for this study. For simplicity, **culture will be defined to mean all the information of a society that can be transmitted through different generations by any learning mechanism** (Borgerhoff et al., 2006). It has to be highlighted that this is a practical definition; at this point, it is impossible to consider the complete cultural content of a society for this study.

It is already difficult to classify a cultural trait in a given culture, therefore it is extremely challenging to do so in a way that it can be compared across cultures, but a first attempt will be made to identify proxies for the communities being studied, this is already done in other studies where for example pattern of dots in decoration of ceramics is used as a proxy of cultural traditions (Crema et al., 2016b).

To make the proxies as general as possible, with the help of experts and the communities, cultural traditions could be classified in the temporal, spatial, energetic, and social scales in which the trait is expressed. For temporal scales this means the periodicity of usage, be it daily, weekly, monthly, yearly and so on. For spatial scales this concerns the distances involved in obtaining the required resources for a society, i.e. what is the geographical extension needed to make use of the trait, e.g. resources for tool making. Energetic scales would relate to the energetic cost of the trait to be expressed. Social scales would account for the dimension of the social network needed to put in practice a trait.

Later on, this classification would be **carried out for as many and as diverse systems as possible, extracted from sources data-banks such as Seshat (Turchin et al., 2015), Human Resource Area Files (Biesele et al., 2013) and D-PLACE (Kirby et al., 2016)**, as well as a set of individual works and cases. From these works a meta-analysis has to be conducted to obtain results from the trans-study comparison of all the collected data. Finally, from the experience of the pilot projects and the conversations with experts and communities, guidelines will be created to structure and compile future datasets in a way that the methodology is standardized and the data can be used in a homogenous way across many different studies.

## 5. Numerical Approach

---

Research already exists that focuses on cultural survival (Day, 2016) and preservation of cultural heritage in rural communities (Ruritage, 2019). Yet, this research usually focuses on present day issues, usually ignoring historical events that would greatly inform on shock-induced processes that current communities are facing or might experience in the future. Unfortunately, historical events are difficult to fully reconstruct, that is why there is the need for a numerical approach that will reinforce, broaden and validate the perspective that is already being researched. Moreover, numerical analysis has the unique property of being able to conduct a more abstract approach, describing mathematically highly complex aspects of a system. This allows identifying broader aspects and patterns of the systems studied that might seem at first unrelated from other perspectives, and that a humanistic approach might not be suited to explore.

Crucially for attempting this numerical approach, the last decades have seen a dramatic advance in the amount and **availability of relevant data**; **new** analytical and interpretive **methods**; more **computational power** and

**open access** platforms all of which have fostered new research questions. These have enabled the creation of the multidisciplinary platforms necessary to ask new questions or to deploy statistical and quantitative data in new and innovative ways ([Kandler & Powell, 2018](#); [Crema et al., 2016](#); [Lane & Gantley, 2018](#)). Most importantly, the **data currently available is of a quantitatively and qualitatively higher order** than anything available before ([Gantley et al., 2018](#); [Cobo et al., 2019](#)), facilitating a closer relationship between the physical and social sciences. Yet, **substantial issues of interpretation and method have remained unaddressed**, as it is the case for cultural loss where, although the impact of demographic, climate, and environmental shocks on human social organization has been debated for many decades. These issues and their impact have hardly been added in modeling and addressed from a data perspective ([Turchin et al., 2018](#)). Essentially, oversimplification of the causal **connections between cultural change and environment** ([Ahedo et al., 2019](#)) make it necessary to rethink how Social and Natural sciences can build **transdisciplinary** research, this without ignoring the principles of research and analysis upon which both are founded.

The aim of most researchers is to gather data of enough accuracy to test the models and narratives proposed. Accordingly, CLUB-DECES will estimate which are the best strategies to focus on when improvement for the data is required, i.e. identifying the minimum requirements in terms of noise (measurement uncertainty), systematic errors (hyper-parameters), imperfect knowledge of the system (nuisance parameters), modelling uncertainty (model comparison and model averaging), completeness and gaps (missing parts of the dataset), resolution (data-points per time and space), sample size, outliers and others. These levels of accuracy have to be achieved in order to test the models ([Font-Ribera et al., 2012](#); [Font-Ribera & Miralda-Escudé, 2012](#); [Anders et al., 2016](#)). This will be done for both individuals as well as a combination of datasets. To achieve that, one has to merge crucial expertise from multiple fields, using state-of-the-art tools and skills binged from expertise in model fitting methods from cosmology ([Arinyo-i-Prats et al., 2015](#)), 'big data' analysis ([Arinyo-i-Prats et al., 2018](#)) and observational thresholds estimation ([Lee et al., 2014](#)) plus complex and dynamical systems. Combining these approaches would result in an entirely novel investigation that pushes the methodological and empirical envelope.

## 6. Phases of the Research

---

The main objective of this research is to establish cultural loss as a field of research and concern for the academic world and the wider society. In order to achieve this, the work shall be conducted in four interrelated phases (see [Figure 1](#) for a summary of the methodology):

1. **Communication** with experts and affected communities **to gather or generate datasets** that are meaningful for the proposed research in cultural loss affected by shocks, both from historical and current data. In this endeavour, the focus must be on the identification of nuisances, errors, problems of interpretation, different data gathering practices, biases and other effects that could potentially have a detrimental effect on the findings of the study.
2. Selection, creation and **elaboration of mock datasets** by the application of agent based models that allow introducing shocks, and the data characteristics of the data sets studied in the previous phase. The generation of artificial datasets is necessary for the accurate analysis of the data, as mock data both to be used in the next step, as an integral part of the Bayesian inference, and allows one to have a more nuanced understanding of which are the errors in the data that have the biggest effect on the accuracy of the research outcomes.
3. **Estimation of the resilience** of cultural traits and the tipping-points that trigger it for cultural communities **by the application of Bayesian statistical methods** already developed for other fields, specially cosmological studies. This approach allows one to compare models and datasets, providing a confidence level of how well the models are able to reproduce the available data, and constraining power of the

datasets used. Moreover, by the use of mock datasets, it allows to forecast which are the best practices to improve both modelling and data gathering practices.

4. **Sharing** with the wider scientific community and social sphere to interpret and integrate the results of the study into decision-making involving cultural heritage resilience. This will be achieved by conducting regular meetings and creating guidelines together with all the concerned agents to guide our data gathering routines, participate in the decision-making with informed numerical estimates and communicate with the wider public the importance of cultural heritage resilience and which strategies are best suited for that endeavour.

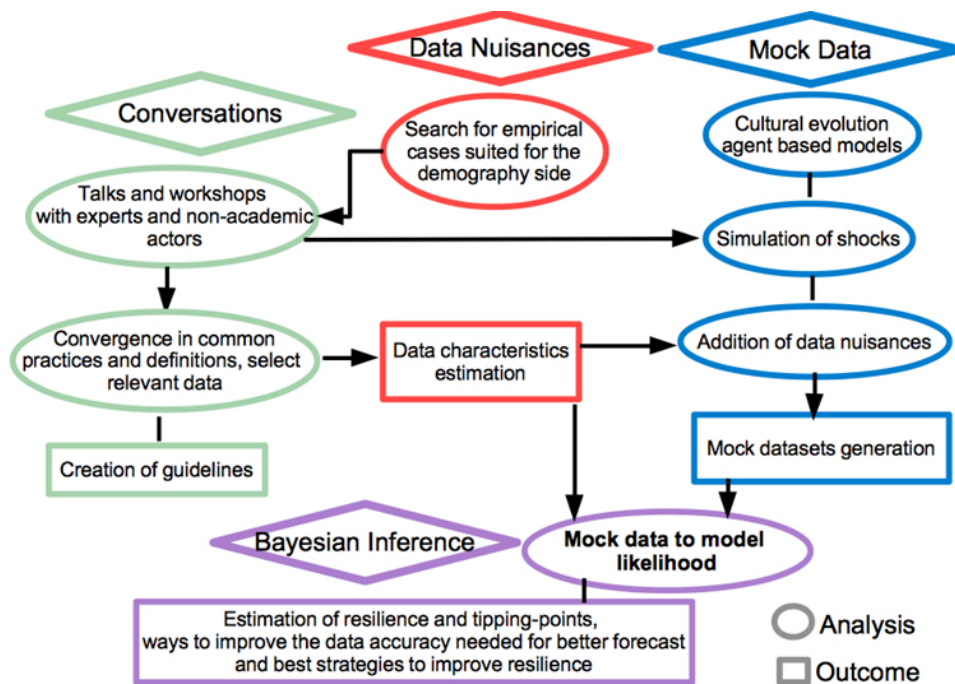


Figure 1: Schematic of the methodological approach.

## 7. Conclusions

This work highlights the **need to focus on the study of cultural loss driven by shocks, and how transdisciplinary approach is needed to tackle it**. I have shown the relevance of cultural loss, a significant topic recognized internationally and collectively, which shapes our world but which has been until now grossly overlooked. Moreover, I motivated why resilience has to be studied against shocks to disentangle it from other evolutionary processes and to better have an idea of the resilience of current susceptible communities. Finally, I have illustrated a structured approach to numerically estimate the community’s tipping-points that might trigger cultural loss, and how to interpret and communicate the whole process and outcomes.

To address the numerical challenge, I take advantage of the unprecedented progress of data compilation, computational capacities and numerical techniques developed in the last decades to propose a feasible approach to the tipping points that trigger cultural loss in different communities. Through the text I have divided in steps the process needed for assessing one specific objective: **to understand the resilience of culture against shocks**. Each of the steps illustrates the need to engage the expertise in different disciplines, and a profound conversation to settle into topics and concepts shared by all the experts and non-academic actors involved. Once a common agreement and understanding can be established, universal or general guidelines can be created in order to use basic concepts as interchangeable proxies to be fed into a data processing machinery, machinery that has been already developed and optimized for another field of study, cosmology.

Using the methodology routinely applied there, significant questions and progress can be achieved in the necessary disciplines involved.

The main goal of the research is to place the cultural loss debate into the general agenda, endeavours like these do not only have the duty to create bridges between the researchers of multiple disciplines and communities affected, but also have regular outreach with the wider society through the contact with journalists, social media, policymakers, NGOs and organizations and the general public to raise awareness about the problematic being addressed. This communication and awareness has to be effectively achieved thanks to the unitary mental framework created in a deeply transdisciplinary project, where the academic experts as well as the affected communities, associations and governmental agents, have the capacity to understand each other. This would facilitate the endeavour of transmitting the relevance of this topic to the wider society. **It is of utmost importance to improve the resilience of culture against future shocks.** We are currently experiencing heavy shocks, but others, similar to historical ones, might yet arise. This work will provide a way of understanding the past to have an influence in the future.

## References

---

Ahedo, V., Caro, J., Bortolini, E., Zurro, D., Madella, M., and Galán, J. M. (2019). Quantifying the relationship between food sharing practices and socio-ecological variables in small-scale societies: A cross-cultural multi-methodological approach. *PloS one*, 14(5).

Anders, F., Chiappini, C., Rodrigues, T., Piffl, T., Mosser, B., Miglio, A., Montalbán, J., Girardi, L., Minchev, I., Valentini, M., et al. (2016). Galactic archaeology with corot and apogee: Creating mock observations from a chemodynamical model. *Astronomische Nachrichten*, 337(8-9), 926–930.

Aoki, K. (2018). On the absence of a correlation between population size and ‘toolkit size in ethnographic hunter-gatherers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1743), 20170061.

Arinyo-i Prats, A., Mas-Ribas, L., Miralda-Escudé, J., Pérez-Rafols, I., and Noterdaeme, P. (2018). A metal-line strength indicator for damped Lyman alpha (dLy $\alpha$ ) systems at low signal-to-noise. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 481(3), 3921–3934.

Arinyo-i Prats, A., Miralda-Escudé, J., Viel, M., and Cen, R. (2015). The non-linear power spectrum of the Lyman alpha forest. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2015(12), 017.

Bieseke, M., Bleek, D. F., Jones, N. B., Cashdan, E. A., Denbow, J. R., Draper, P., Eibl-Eibesfeldt, I., Fourie, L., Guenther, M., Harpending, H., et al. (2013). *Electronic human relations area files. Human Relations Area Files*, New Haven. <http://hraf.yale.edu>

Borgerhoff Mulder, M., Nunn, C. L., and Towner, M. C. (2006). Cultural macroevolution and the transmission of traits. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 15(2), 52–64.

Boyd, R., Richerson, P. J., and Henrich, J. (2011). The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(Supplement 2), 10918–10925.

Brakes, P., Dall, S. R., Aplin, L. M., Bearhop, S., Carroll, E. L., Ciucci, P., Fishlock, V., Ford, J. K., Garland, E. C., Keith, S. A., et al. (2019). Animal cultures matter for conservation. *Science*, 363(6431), 1032–1034.

Cobo, J. M., Fort, J., and Isern, N. (2019). The spread of domesticated rice in eastern and southeastern Asia was mainly demic. *Journal of Archaeological Science*, 101, 123–130.

Collard, M., Vaesen, K., Cosgrove, R., and Roebroeks, W. (2016). The empirical case against the ‘demographic turn in palaeolithic archaeology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1698), 20150242.

- Companion, M. (2015). *Disaster's Impact on Livelihood and Cultural Survival: Losses, Opportunities, and Mitigation*. CRC Press.
- Crema, E. R., Kandler, A., and Shennan, S. (2016b). Revealing patterns of cultural transmission from frequency data: Equilibrium and non-equilibrium assumptions. *Scientific reports*, 6, 39122.
- Day, P. A. (2016). Indigenous peoples and cultural survival. In *Encyclopedia of Social Work*.
- De Walque, D. (2004). *The long-term legacy of the Khmer Rouge period in Cambodia*. The World Bank.
- Dornelas, M., Antao, L. H., Moyes, F., Bates, A. E., Magurran, A. E., Adam, D., Akhmetzhanova, A. A., Appeltans, W., Arcos, J. M., Arnold, H., et al. (2018). Biotime: A database of biodiversity time series for the anthropocene. *Global Ecology and Biogeography*, 27(7), 760–786.
- Dryzek, J. S., Norgaard, R. B., and Schlosberg, D. (2011). *The Oxford handbook of climate change and society*. Oxford University Press.
- Fogarty, L., Wakano, J. Y., Feldman, M. W., and Aoki, K. (2017). The driving forces of cultural complexity. *Human Nature*, 28(1), 39–52.
- Font-Ribera, A., McDonald, P., and Miralda-Escudé, J. (2012). Generating mock data sets for large-scale Lyman- $\alpha$  forest correlation measurements. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2012(01), 001.
- Font-Ribera, A. and Miralda-Escudé, J. (2012). The effect of high column density systems on the measurement of the Lyman- $\alpha$  forest correlation function. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2012(07), 028.
- Gantley, M., Whitehouse, H., and Bogaard, A. (2018). Material correlates analysis (mca): An innovative way of examining questions in archaeology using ethnographic data. *Advances in Archaeological Practice*, 6(4), 328–341.
- Haidle, M. N., Conard, N. J., and Bolus, M. (2016). *The Nature of Culture: Based on an Interdisciplinary Symposium 'The Nature of Culture', Tübingen, Germany*. Springer.
- Henrich, J. (2004). Demography and cultural evolution: How adaptive cultural processes can produce maladaptive losses: The Tasmanian case. *American Antiquity*, 69(2), 197–214.
- Ianni, E., Geneletti, D., and Ciolli, M. (2015). Revitalizing traditional ecological knowledge: A study in an alpine rural community. *Environmental Management*, 56(1), 144–15.
- INTER-SESSIONAL, A. H. O.-E. (2005). Convention on biological diversity.
- Kandler, A. and Powell, A. (2018). Generative inference for cultural evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1743), 20170056.
- Kirby, K. R., Gray, R. D., Greenhill, S. J., Jordan, F. M., Gomes-Ng, S., Bibiko, H.-J., Blasi, D. E., Botero, C. A., Bowern, C., Ember, C. R., et al. (2016). D-place: A global database of cultural, linguistic and environmental diversity. *PLoS One*, 11(7), e0158391.
- Kuhl, H. S., Boesch, C., Kulik, L., Haas, F., Arandjelovic, M., Diegues, P., Bocksberger, G., McElreath, M. B., Agbor, A., Angedakin, S., et al. (2019). Human impact erodes chimpanzee behavioral diversity. *Science*, 363(6434), 1453–1455.
- Lane, J. E. and Gantley, M. J. (2018). Utilizing complex systems statistics for historical and archaeological data. *Journal of Cognitive Historiography*, 3(1-2), 68–92.
- Lee, K.-G., Hennawi, J. F., Stark, C., Prochaska, J. X., White, M., Schlegel, D. J., Eilers, A.-C., Arinyo-i Prats, A., Suzuki, N., Croft, R. A., et al. (2014). Ly $\alpha$  forest tomography from background galaxies: The first megaparsec-resolution large-scale structure map at  $z \approx 2$ . *The Astrophysical Journal Letters*, 795(1), L12.

- Lemus, J. E. (2004). El pueblo pipil y su lengua. *Científica*, 5, 7–28.
- Mackerras, C. (1973). Chinese opera after the cultural revolution (1970–72). *The China Quarterly*, 55, 478–510.
- McGregor, D. (2008). Linking traditional ecological knowledge and western science: Aboriginal perspectives from the 2000 state of the lakes ecosystem of the lakes. Ecosystem conference. *The Canadian Journal of Native Studies*, 28(1), 139–158.
- Mesoudi, A. (2016). Cultural evolution: a review of theory, findings and controversies. *Evolutionary Biology*, 43(4), 481–497.
- Pitcheckoff, N. (2017). Aging in the republic of Bulgaria. *The Gerontologist*, 57(5), 809–815.
- Polo, S., Tardío, J., Vélez-del Burgo, A., Molina, M., and Pardo-de Santayana, M. (2009). Knowledge, use and ecology of golden thistle (*scolymus hispanicus* L.) in central Spain. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5(1), 42.
- Premo, L. S. and Kuhn, S. L. (2010). Modeling effects of local extinctions on culture change and diversity in the paleolithic. *PLoS One*, 5(12), e15582.
- Reyes-García, V., Gue`ze, M., Luz, A. C., Paneque-Gal`vez, J., Macía, M. J., Orta-Martínez, M., Pino, J., and Rubio-Campillo, X. (2013). Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evolution and Human Behavior*, 34(4), 249–257.
- Riede, F. (2014). Towards a science of past disasters. *Natural hazards*, 71(1), 335–362.
- Riede, F. (2017). Past-forwarding ancient calamities. pathways for making archaeology relevant in disaster risk reduction research. *Humanities*, 6(4), 79.
- Rorabaugh, A. N. (2014). Impacts of drift and population bottlenecks on the cultural transmission of a neutral continuous trait: an agent based model. *Journal of Archaeological Science*, 49, 255–264.
- “Ruritage: Rural Regeneration through Systemic Heritage-led Strategies.” Accessed 25 March 2019. <https://www.ruritage.eu>
- Shennan, S. (2001). Demography and cultural innovation: a model and its implications for the emergence of modern human culture. *Cambridge archaeological journal*, 11(1), 5–16.
- Stump, D., Colwell-Chanthaphonh, C., Doolittle, W. E., Gnecco, C., Herrera, A., Pikirayi, I., Sillar, B., Spriggs, M., and Stump, D. (2013). On applied archaeology, indigenous knowledge, and the usable past. *Current Anthropology*, 54(3), 000–000.
- Trotta, R. (2008). Bayes in the sky: Bayesian inference and model selection in cosmology. *Contemporary Physics*, 49(2), 71–104.
- Turchin, P., Brennan, R., Currie, T. E., Feeney, K. C., Francois, P., Hoyer, D., Manning, J. G., Marciniak, A., Mullins, D. A., Palmisano, A., et al. (2015). Seshat: The global history databank. *Cliodynamics: The Journal of Quantitative History and Cultural Evolution*.
- Turchin, P., Witoszek, N., Thurner, S., Garcia, D., Griffin, R., Hoyer, D., Midt-tun, A., Bennett, J., Myrum Næss, K., and Gavrillets, S. (2018). A history of possible futures: Multipath forecasting of social breakdown, recovery, and resilience. *Cliodynamics*, 9(2).
- United Nations Educational, S. and (UNESCO), C. O. (2003). Convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage.
- Whyte, K. P. (2013). On the role of traditional ecological knowledge as a collaborative concept: a philosophical study. *Ecological processes*, 2(1), 7.

# From multi- to interdisciplinarity: a view from archaeology

Iza Romanowska<sup>1</sup>

Barcelona Supercomputing Center

## Abstract

---

Archaeology has been one of the disciplines in humanities most pressed for multidisciplinary approaches. Partially due to the nature of the data and partially because of the general paucity of it, archaeologists have always worked very closely with researchers from outside of their profession to squeeze the most of the little information there is about ancient societies. We get fellow geomorphologists to look at the soil profiles, osteoarchaeologists to analyse the bones and physicists to date the finds, etc. However, this kind of collaboration often does not extend beyond a “customer – service provider” type of relationship, in which members of one discipline use their skills and knowledge to provide a service to another, for example, to establish the most probable age of a sample using a particular dating technique. Although useful and necessary this is hardly a model for ‘transdisciplinarity’.

Throughout this piece the word “multidisciplinarity” is understood as this kind of collaboration – using the expertise of other disciplines to perform a specific service such as an analysis of the particular type of data. In contrast, the term “inter-” and “transdisciplinary” is used here to mean a much closer and mutually dependent type of working together towards a common goal. An interdisciplinary team aims to work out a problem together by applying, developing and adapting tools of different disciplines in a synthetic manner. This type of collaboration formed the spine of a recently concluded ERC-funded EPNet project: “Production and Distribution of Food during the Roman Empire: Economic and Political Dynamics” (ERC-2013-ADG 340828). Led by prof. J. Remesal Rodríguez – the head of CEIPAC group ([CEIPAC 2019](#)) at the Department of History and Archaeology at the University of Barcelona, Spain, it united historians, archaeologists, network scientists and specialist in computer simulation to try to understand how commerce of foodstuff shaped the economy of the Roman Empire. The ambitious goal was to use the existing archaeological datasets, and in particular, the epigraphic dataset collected over the last two decades by CEIPAC ([romanopendata, 2019](#)), to validate or reject existing hypotheses regarding the functioning and organisation of Roman trade. The project ran for five years between 2014-2019 and employed over 15 researchers at different stages of their academic career based at three research institutions (University of Barcelona, Barcelona Supercomputing Center and Siris Academics) ([Remesal et al., 2015](#)). Here, we present a few ‘lessons learnt’ in the five years of this collaborative interdisciplinary project.

## 1. The team needs to share a baseline epistemological framework

---

No collaboration can happen if there is no common framework between researchers specifying how data,

---

1. This opinion piece was originally published as: Romanowska, I. 2019 “CASE STUDY. From multi- to interdisciplinarity: a view from archaeology.” In: GUNi Higher Education in the World Report 7. 2019. Humanities and Higher Education: Synergies between Science, Technology and Humanities, eds. D. Bueno, J. Casanovas, M. Garcés, J. M. Vilalt, pp. 154-156. GuNI: Barcelona. ISBN: 978-84-09-14675-8.

models and tools are collected, manipulated and used. Although differences in the language used across different disciplines are commonly raised as a major challenge for interdisciplinary research, diverging views of what the scientific method entails and what are the basic requirements of data collection, analysis and modelling are much more fundamental obstacles for a fruitful collaboration between disciplines. There are three major axes of scientific research where definitions, methods and interpretation need to be synchronised between partners prior to the beginning of work: theory, data and models. Progress is unlikely to be achieved if partners disagree about such fundamental questions as to what constitutes evidence, what is the function of data and theory or whether the research questions (hypotheses) at the center of the project need to be testable. This common challenge can be overcome with a solid amount of goodwill and openness between researchers involved in an interdisciplinary project, but it requires time, effort and appreciation that different disciplines may have different takes on the fundamentals of how we do science.

## **2. An interdisciplinary researcher to ‘bridge’ between the disciplines is a worthwhile investment**

---

One may hope that putting together top experts in their disciplines in one room is enough to spur research excellence. In practice, this has proven numerous times to be an almost infallible recipe for a disaster. Different disciplines operate in different semantic realms meaning that their representatives speak almost foreign languages but also in different epistemological worlds where things get done differently. Similarly, it is easy to under -or over- estimate the level of knowledge and understanding of almost any topic by a partner from a different discipline since their educational trajectories differ significantly from ours. A common result of putting two experts together without someone acting as a ‘bridge’ or a ‘glue’ between them are high levels of frustration, researchers accusing each other of incompetence and eventually, having everyone retreat into the safety of their disciplinary boundaries. A team member who is neither the top specialist in discipline A nor in discipline B but has experience in working in both can mean that the full potential of all team members is achieved. Where two people may be working at 20% of their capacity because they struggle to communicate, adding an interdisciplinary researcher is likely to decrease the risk of catastrophic failure due to miscommunication but also to ensure that the expertise of all team members is used to the full.

## **3. One of the legacies of an interdisciplinary project needs to be cross-disciplinary training**

---

When developing a new method, paradigm or research area within one discipline is often coupled with strong dissemination and training of other members of the community. The same should apply to any interdisciplinary work. If method “a” from discipline A can be successfully applied to problem “b” in discipline B then part of the work should focus on laying out the groundwork for a wider recognition of the new method among practitioners. This serves two purposes – first of all, it allows other researchers to critically engage with the study and its results; second, it enables them to pick up the knowledge and skills and ensures that what was originally ‘interdisciplinary’ work becomes part of the standard toolkit of the discipline.

## **4. The systemic barriers are standing strong despite the common calls from higher education management for more interdisciplinarity**

---

High level of competitiveness and strict ‘selection’ criteria are the reality of academia across most of the world. Yet despite the common calls for ‘interdisciplinarity’ coming from all ranks of the Higher Education establishment the footsoldiers of science – PhD students, postdocs, early-career faculty need to carefully navigate a



system where transgression across disciplines' boundaries are commonly punished. What is the value for a physics PhD student of a paper published in an archaeological journal? Will a postdoctoral researcher be awarded a fellowship in computer science if their first degree was in history? Which department should an interdisciplinary researcher teach at if their expertise stretches over two distinct disciplines? Despite the seemingly unending 'hype' of interdisciplinarity career paths and progression for interdisciplinary researchers are poorly defined, leaving them in a difficult situation in which only part of their academic output 'counts'. Although having well defined disciplinary boundaries is in many cases useful and necessary it is also important to counteract the disadvantage that they place on certain type of research. Without establishing a clear professional development path for interdisciplinary researchers this kind of work will be considered 'risky' in the long perspective even if short term incentives (such as project funding) are presented. The work necessary to make systemic changes, such as the way in which tenure is granted, cannot be left entirely for early career researchers to shoulder.

## 5. Summary

---

The EPNNet project proposed a research agenda focused on using formal modelling techniques to gain insight into the inner dynamics of trade in the Roman Empire. At the time, this was a revolutionary proposition and almost entirely *terra incognita* on the map of archaeological and historical research. Throughout the lifetime of the project physicists, computer scientists, historians and archaeologists had to come together, iron out their differences and find a common way forward. It would be naive to suggest that this is an easy process but some of the challenges described above have also opened up new ways of looking at old problems. For example, one of the most common 'sins' of humanities research is the non-formal formulation of hypotheses (models) meaning that any attempts at operationalizing them in order to test them against existing data must necessarily include a solid amount of 'interpretation' of what the original author had in mind. This turned out to be an interesting exercise for all researchers involved and generated some great insights. Some of the issues (e.g., the systemic disadvantage of interdisciplinary research in academia) could not be solved within one specific project but it did help to identify where the disciplinary boundaries are most strictly enforced. However, the major impact of the EPNNet project lies in demarcating the basic framework of this kind of interdisciplinary research and adopting tools and methods from other disciplines to the humanities context. This would not be possible without engaging with scholars across disciplinary boundaries.

## References

---

- CEIPAC. (2019). "Centro para el estudio de la interdependencia provincial en la antigüedad clásica." «<http://ceipac.ub.edu/> Accessed 20/05/2019.
- Remesal, J., Díaz-Guilera, A., Rondelli, B., Rubio, X., Aguilera, A., Martín-Arroyo, D., Mosca, A., Rull, G. (2015). "The EPNNet Project. Production and Distribution of Food during the Roman Empire: Economics and Political Dynamics." In *Information Technologies for Epigraphy and Cultural Heritage. Proceedings of the First EAGLE International Conference*, pp. 455-464. Rome: Sapienza Università Editrice. <http://ceipac.ub.edu/biblio/Data/A/0771.pdf>.
- romanopendata. (2019). "Roman Open Data. A Data Visualization & Exploratory interface." [www.romanopendata.eu](http://www.romanopendata.eu) Accessed 20/05/2019.



# Los extremos se tocan. La transdisciplinariedad entre artes y ciencias

Jesús María Galech Amillano

*Universidad de Barcelona*

En la reunión de trabajo *Terra Incognita*, sobre la transdisciplinariedad y transversalidad en la investigación científica actual, se debatió sobre la incursión en territorios nuevos, fuera de los habituales límites disciplinares; sobre cómo los problemas que aborda la investigación tal vez requieran un cambio de paradigma metodológico. Más allá de una transdisciplinariedad entre disciplinas científicas, se buscaba también el rol que pueden adoptar las humanidades y las ciencias sociales en la investigación. No sólo cuando la investigación ya está finalizada y aparece la necesidad de dirigirse a determinados públicos, aspecto que suele implicar la intervención de la comunicación, la mercadotecnia o el diseño, sino en el proceso mismo de investigación, ya sea en la toma de decisiones que conducen a su puesta en marcha o en las estrategias a seguir durante su ejecución. ¿Es posible –y conveniente– la inclusión de las humanidades y las ciencias sociales en la orientación y metodologías de la investigación científica?

Conviene comenzar con una aproximación al significado mismo de transdisciplinariedad, pues con frecuencia es un término controvertido, difuso y variable. Una forma útil y conveniente para dar una posible definición es hacerlo por contraposición como otros dos términos cercanos que suelen acompañar esta discusión: multidisciplinariedad e interdisciplinariedad. La primera, multidisciplinariedad, describe el estudio de un tema de investigación en diversas disciplinas simultáneamente. Se considera como un valor añadido en una investigación, pues sobrepasa las fronteras entre disciplinas para abordar un problema desde múltiples perspectivas independientes, si bien sus objetivos permanecen limitados por el marco de investigación de una disciplina determinada, aquella que ha propuesto el tema de estudio. En cambio, la interdisciplinariedad, aún manteniendo también los objetivos dentro de los límites de una disciplina que actúa de directora, busca la transferencia de métodos de unas disciplinas a otras. Desde una mirada histórica, la interdisciplinariedad en ocasiones ha dado como resultado la creación de nuevas disciplinas, como por ejemplo la cosmología cuántica o la teoría del caos. Así, la transdisciplinariedad quedaría definida por orientarse hacia aquello que está entre disciplinas, que atraviesa disciplinas y que sobrepasa toda disciplina. Una investigación cuyos objetivos no sería posible mantener dentro de la normatividad de ninguna de las disciplinas implicadas. Se suele postular este tipo de objetivos como aquellos orientados a la comprensión del mundo contemporáneo, para lo que un imperativo sería la búsqueda de una cierta unidad del conocimiento que únicamente se podría generar a través de un acercamiento transdisciplinar ([Nicolescu, 1996](#)).

La transdisciplinariedad en la investigación científica se presenta, por tanto, cuando varias disciplinas afrontan una problemática que cae sobre ellas, entre ellas, que las cruza y las desborda. En otras palabras, cuando se investigan problemas más amplios que los límites normativos de operación de una o varias disciplinas. Es en estos casos donde se plantea que pueda ser necesario pasar «al otro lado» de las disciplinas implicadas, para tenerlo en cuenta e implicar en la investigación aquello que previamente quedaba fuera. En la situación más extrema, este otro lado tanto del conocimiento teórico como práctico de una disciplina científica, que suele permanecer en la sombra para buena parte de la comunidad científica implicada, lo forman las humanidades, siendo entre todas ellas las de carácter artístico las más alejadas de ser consideradas científicas.

Tradicionalmente se entienden las artes y las ciencias como categorías opuestas, ámbitos de la actividad humana que forman los polos de un binomio diferenciado, que con mucha asiduidad se refuerza al definirse

cada una por oposición a la otra. En lo que sigue me centraré en la transdisciplinariedad entre ciencias y humanidades, en particular en esos extremos que en realidad se tocan, las artes y las ciencias. Porque ser es diferente de aparentar, la separación entre artes y ciencias es histórica y filosóficamente insostenible, y sólo se mantiene en nuestro entorno cultural por la retórica propia de cada ámbito. Pero es precisamente lo retórico lo que se pretende evitar con la transdisciplinariedad; esquivar la mirada corta y autoreferenciada de las disciplinas para analizar problemáticas que las sobrepasan.

Disciplinas tradicionales como la historia de las ciencias y la historia de las artes viene aclarando desde hace algunas décadas las numerosas conexiones y relaciones entre ambas actividades, generando estudios que pueden aportar algunas claves para comprender el beneficio mutuo que la colaboración entre ellas puede generar. La transdisciplinariedad entre ciencias y artes presenta implicaciones destacadas en la investigación e innovación, tanto en sus aspectos más teóricos y básicos, como en las aplicaciones orientadas a productos y a la solución de problemas concretos de nuestro mundo contemporáneo. Por un lado, contribuye a situar la investigación en su contexto social, cultural, político y económico, permitiendo la reflexión pública y contribuyendo a la generación de políticas concretas. Por otro, el intercambio metodológico entre ambas áreas enriquece la observación atenta, la reflexión y la creación de soluciones, al tiempo que abre el camino para generar miradas al futuro.

Se trata, sin duda, de desterrar ese falso binomio que sólo aparentemente configuran las humanidades y las ciencias, que no es más que una herencia del positivismo ingenuo de la segunda mitad del siglo XIX y de sus variantes del siglo XX. Este tipo de abismos, como el señalado entre ciencias y artes, también se da, cada vez más, entre las disciplinas autoproclamadas científicas. La capacidad de comunicación entre diferentes ciencias se torna difícil por su grado creciente de especialización. Para la historia, la filosofía, la literatura o las artes, entre otras humanidades, la ciencia siempre ha sido objeto de investigación, y dado el marcado dominio de las ciencias y las técnicas en nuestro mundo contemporáneo, ese interés como objeto de estudio no ha hecho sino aumentar. Un primer paso hacia la transdisciplinariedad, que ayudaría a evitar incomprensiones entre diferentes disciplinas científicas, es que éstas escuchen lo que las humanidades tengan que decir al respecto. No sólo cuando llega el momento de acercarse a los potenciales públicos de interés en una investigación ya realizada, sino antes de idearla y durante su ejecución.

El abismo cultural abierto entre las ciencias y las humanidades, que pretendía un progreso utópico guiado en exclusiva por las ciencias, se percibe una vez pasado el siglo XX de forma diferente, en algunos casos incluso contraproducente. Problemas globales como la contaminación o el cambio climático han contribuido a generar en nuestra sociedad dos nuevos sentimientos respecto de las ciencias. Por un lado, la reclamación de una aún incipiente regulación de las actividades y productos de la ciencia; por otro lado, la aparición de un nuevo clima favorecedor del entendimiento y colaboración entre las humanidades y las ciencias. Un ejemplo de esto son los requisitos que ya exigen instituciones como la Comisión Europea para dotar de fondos económicos a la investigación científica. Urge a la colaboración transversal y a la participación de las humanidades y ciencias sociales en la valoración crítica de cada proyecto. En este sentido, es significativo que la propia Comisión Europea añada que las humanidades son necesarias para el pensamiento creativo, el respeto a la diversidad, el fomento de los derechos humanos y la resolución de conflictos. No se trata de negar la dependencia del saber respecto de las ciencias, que son lo mejor de que dispone la humanidad para avanzar en el conocimiento, sino de reconocer la necesidad de que las ciencias asuman la perspectiva social y el abordaje crítico.

El manido debate entre ciencias y humanidades esconde otra realidad: hay una crisis en marcha, entre *pensar* y *hacer*, que afecta a las ciencias básicas y experimentales. En nuestro mundo, este tipo de disciplinas científicas son cada vez más incapaces de justificarse, rodeadas de un contexto orientado a la producción de objetos y de soluciones tecnológicas guiadas exclusivamente por su rendimiento económico. La innovación ha sido secuestrada por el capital, quedando reducida a su variante tecnológica y orientada hacia la comercialización. En este contexto, una alianza de las ciencias básicas y experimentales con las humanidades puede resultar determi-

nante para la supervivencia de ambas, en particular para la captación de recursos para la investigación. No hay investigación sin interpretación, ni interpretación sin apoyo científico y en debate constante con el saber empírico (Bilbeny & Guardia, 2011). En un tiempo en que con frecuencia creciente la persona científica es también emprendedora, diseñadora y gestora económica, las humanidades se hacen necesarias para la formación de este individuo, para que actúe con responsabilidad, para que disponga de una visión transdisciplinar de los problemas que afronta y trata de resolver, y para dirigir grupos o instituciones.

En la sociedad del producto mercantilizable, lo teórico pierde prestigio y presencia, como si no fuera útil para la solución de los problemas materiales y sociales del mundo. Se busca el saber de inmediata utilidad y rentabilidad, por esto se habla de la industria del conocimiento, de la industria del entretenimiento, de acercar el mundo empresarial a la universidad, etc. Se ha roto el delicado equilibrio entre el conocimiento teórico y la praxis, ha cedido a la presión de la capitalización de todo y a la amortización urgente de la inversión económica. Las ciencias básicas y experimentales sufren en un entorno que las aboca a buscar una rentabilidad económica, lo que provoca una visión reduccionista y tecnológica de la vida y del avance del conocimiento. Una dificultad que comparten en alto grado con las humanidades, con lo que la solución puede estar en caminar juntas, un frente común teórico, experimental y humanístico contra la visión exclusivamente tecnológica y mercantilista de la sociedad. Si se consigue que la curiosidad reaparezca como motor de la investigación, lógicamente compartiendo este papel con otras motivaciones más prácticas, se puede conseguir la generación de un conocimiento desinteresado. Un conocimiento que contribuya al bienestar y dignidad de todas las personas y de nuestro planeta. La curiosidad como guía de la investigación nace de la creatividad humana, un ámbito donde las humanidades ayudan a imaginar y a representar aquello que se busque entender o solucionar. Su colaboración será importante para pensar, diseñar y ejecutar la investigación, de forma que la transdisciplinariedad, más que ser conveniente, se torna necesaria.

La creatividad es, ante todo, una capacidad individual, de cada persona, si bien lógicamente se puede poner en juego dentro de un grupo de trabajo. Siendo así, conviene detenerse en la puesta en práctica de la transdisciplinariedad, puesto que con frecuencia se centra la discusión en la manera de organizar grupos de investigación transdisciplinares, dejando fuera la caracterización de la transdisciplinariedad en el plano personal. Porque, si la transdisciplinariedad es, como dije arriba, ese pasar al otro lado, me parece más factible que ese tránsito lo realice una persona que no todo un grupo. Es el individuo que participa en una investigación quien puede aportar comportamientos transdisciplinares, puesto que se trata de cambiar visiones y procedimientos muy interiorizados tras años de formación dentro de la rigidez que impone la separación entre disciplinas. Hay que darse la vuelta, volverse de dentro a afuera, ocupar otra piel, cambiar la mirada y la forma de ver, de observar, de argumentar y de razonar; en última instancia, cambios en el pensar, el hacer y el actuar. Por tanto, la persona transdisciplinar será aquella capaz de cambiar su forma de mirar y en esto las humanidades, particularmente las artes, serán su principal ayuda. También será la persona capaz de utilizar técnicas y metodologías de esas otras disciplinas, porque las humanidades y las artes también investigan.

El entendimiento de las artes es en lo anterior un punto clave que con demasiada frecuencia resulta desconocido o negado entre las disciplinas científicas. La noción y alcance de las artes cambió de forma importante en el Renacimiento, teniendo como efecto secundario su influencia en la adopción de una filosofía experimental por parte de las ciencias de aquel tiempo, lo que junto con otros muchos factores provocó la aparición de la llamada ciencia moderna. Esta llegada de la modernidad, que no sólo implicó a las ciencias, trajo consigo con el paso del tiempo la separación entre disciplinas y la especialización. Pero en el siglo XX –y esto es lo que con más frecuencia se desconoce– las artes sufrieron una nueva modificación radical, una redefinición. A ello contribuyó, sin ser la única causa, la nueva física de la relatividad y la cuántica. En el siglo pasado llegaron las vanguardias artísticas y con ellas otras formas de entender las artes, sus obras, sus procesos y, lo que es más importante aquí, el significado de ser artista. Liberadas de la representación, las artes abordaron la experimentación y la presentación de emociones e imaginaciones y diversificaron enormemente sus procesos y tipos de producciones. Por este camino, en las décadas finales del pasado siglo apareció la figura de la persona artista e

investigadora ([Mejía, 2014](#)). Si hoy las artes pueden investigar, nada parece impedir, más allá de animadversiones trasnochadas, que un artista participe en grupos de investigación, más aún si hablamos de transdisciplinariedad.

Es necesario afirmar, por tanto, que la persona artista puede buscar una relación entre la práctica artística y la praxis investigadora. Se abre así un camino por el que algunos artistas deciden adentrarse en nuestra contemporaneidad, como investigadores de ella y de sus problemáticas. Para ello necesitan dotarse de una teoría que pueda explicar qué están haciendo, no para explicar lo que es el arte, sino para liberarse de sus identidades tradicionales como artista. En este sentido esa teoría dota a su práctica artística de universalidad, como cualquier otra teorización en nuestro mundo. La persona artista se postula como investigadora a través de la práctica artística: de sus obras de arte, de sus acciones artísticas y de sus procesos creativos. En términos metodológicos, el proceso creativo forma el camino por el cual busca nuevas interpretaciones y conocimientos sobre la problemática que decide abordar ([Borgdorff, 2010](#)).

De esta manera, la artista investigadora puede participar en grupos de investigación transdisciplinar e, igualmente, una misma persona puede dotarse de conocimientos de ámbitos tanto científicos como artísticos para abordar futuras investigaciones. Su contribución aportará técnicas y metodologías diferentes y, más importante aún, otras formas de ver, tanto de la problemática de la investigación como de su contexto. El coste de todo ello es alto, puesto que moverse a través de diferentes disciplinas, de las ciencias a las humanidades o al contrario, es ciertamente difícil. Exige una formación para la que nuestro sistema educativo no está diseñado, todo lo contrario, ahonda en la falsa separación entre estos ámbitos de conocimiento y de práctica. Ni siquiera iniciativas recientes como la llamada educación STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts-Humanities and Mathematics*) lo consiguen, pues se ven reducidas drásticamente a una apropiación por parte de las ciencias de los tiempos y espacios educativos de las humanidades. Mantienen, en definitiva, una supuesta y falsa superioridad de unas respecto de las otras. Tampoco es sólo un problema educativo, puesto que ejercer la transdisciplinariedad es también una actitud mental, personal y pública. En nuestra sociedad es difícil hacerse un hueco profesional viviendo en esos espacios transdisciplinares, no está preparada para asumir tránsitos teóricos, metodológicos y tecnológicos.

Hay una relación estrecha entre la conveniencia de la transdisciplinariedad tal y como queda aquí caracterizada y la finalidad de la investigación científica. Un acercamiento transdisciplinar exige un punto de vista privilegiado por encima de cualquier persona o grupo de investigación: aquel de la ciudadanía, de la sociedad humana. Debe primar el querer conocer y sentar las bases sobre las que se entenderá el progreso de nuestra sociedad, interpretar el presente en clave de futuro, un futuro a elegir construir voluntariamente. Si es esto lo que deseamos, la transdisciplinariedad escapa de controversias y se convierte en el crisol del pensamiento crítico, algo que me parece que se necesita con cierta urgencia. La cultura hace al ser humano más libre e independiente, le dota de juicio crítico, de capacidad de reaccionar de forma reflexiva frente a la realidad. Ese juicio crítico significa saber pensar, razonar, observar, analizar y evaluar en constructivo. A estos procesos mentales contribuye el conocimiento de las ciencias y también de las humanidades, lo que explica esa necesaria transdisciplinariedad, tanto individual como de grupo.

No se trata de buscar una fusión de saberes, sino de una fecundación mutua que no afecte a su identidad. No se busca producir amalgamas, que con frecuencia llevan a pseudociencias y pseudohumanidades. Si la ciencia no tiene en cuenta un entorno de conocimientos filosóficos, históricos, éticos y artísticos, puede perder su sentido de ser, el de contribuir al bienestar y la dignidad humana, y convertirse en un reto intelectual o comercial. Una educación y formación exclusivamente científica o humanística crea profesionales altamente competitivos, cualificados y especializados, pero no contribuye a forjar personas reflexivas adaptadas y adaptables a una sociedad plural y que se centren en la promoción del bienestar y la dignidad personales y globales. El conocimiento es saber consciente y debe ser comunicado y discutido. Un conocimiento que se considerará pleno cuando sea realmente transversal. Por esto la importancia de la educación, divulgación y popularización de la

ciencia y de las humanidades, pues nutren la cultura, permiten el pensamiento y juicio crítico, y fortalecen los mecanismos democráticos.

## Bibliografía

---

Bilbeny, N. y Guardia, J. (eds.). (2011). *Humanidades e investigación científica. Una propuesta necesaria*. Barcelona: Universidad de Barcelona.

Borgdorff, H. (2010). *The Production Of Knowledge In Artistic Research*, Henrik Karlsson & Michael Biggs (eds.), *The Routledge Companion to Research in the Arts*.

Mejía R., I. (2014). *El artista como investigador. La docencia como proceso emancipatorio y la escritura como ejercicio político*. Ciudad de México: UNAM.

Nicolescu, B. (1996). *La Transdisciplinarité. Manifeste*. Mónaco: Editions du Rocher.





# Hacia una ciencia de redes de los objetos que quedaron: una aproximación transdisciplinaria

Luce Prignano y Sergi Lozano

UBICS – Universitat de Barcelona

## I. Introducción

---

A lo largo de las últimas décadas, las ciencias arqueológicas han tejido relaciones cada vez más estrechas y frecuentes con un amplio abanico de disciplinas, algunas de ellas muy lejanas en cuanto a metodología y campo del conocimiento.

Hoy en día, la arqueología cuenta con técnicas de análisis basadas en la física, la química o la geología para conocer la antigüedad, la procedencia u otras características de todo tipo de evidencia. Asimismo, no sorprende demasiado que un grupo de investigación en alguna de las diversas ciencias naturales se dedique a desarrollar o mejorar procedimientos y dispositivos tecnológicos para, por ejemplo, leer antiguos rollos de papiro que no se pueden desenrollar ([Mocella et al., 2015](#)), inferir la dieta y los hábitos cotidianos de grupos humanos que vivieron hace decenas de miles de años ([Smith et al., 2018](#)), o reconstruir la voz de alguien que murió hace 3000 años ([Howard et al., 2020](#)). Los ejemplos son numerosos y diversos. Pero, ¿de qué tipo de relación se trata? ¿Existe un denominador común?

En general, la colaboración con especialistas dentro de las disciplinas STEM (ciencias, tecnologías, ingeniería y matemáticas, por las conocidas siglas en inglés) suele estar relegada a una fase muy concreta de la investigación, situada idealmente entre la recolección de evidencias materiales y el esfuerzo más genuinamente intelectual de juntar las piezas e inferir conclusiones. Haciendo un paralelismo poco original con el periodismo, y simplificando mucho, se podría resumir en que los expertos STEM pueden llegar a tener un papel principal en averiguar el “cuándo”, el “(de) dónde” y a veces también el “qué”, pero raras veces participan en investigar el “cómo” y casi nunca el “por qué”, que representan el verdadero núcleo de cualquier disciplina. Es decir, para entender los procesos, ir más allá de la mera descripción e identificar relaciones causales, se necesita de todo el bagaje de saberes acumulados en torno al tema en cuestión, porque la comprensión profunda se alcanza no solamente a partir de los nuevos datos disponibles, sino contando también con todo el conocimiento previo.

En una colaboración entre grupos de investigación epistemológicamente lejanos, apenas hay contenido común en lo que a la formación académica se refiere y esto propicia una separación casi completa de las tareas y una distinción drástica entre innovación metodológica (procedimental o tecnológica) y de contenido (disciplinaria).

Por lo tanto, la interacción más frecuente entre ciencias arqueológicas y STEM es la que se enmarca en la multidisciplinariedad clásica, que consiste básicamente en enviar muestras a “laboratorios” para que sean analizadas. En la gran mayoría de casos, lo que aporta la colaboración tiene la naturaleza de asesoría especializada. En particular, la física –la primera “disciplina colaboradora” que se nos suele ocurrir por las dataciones por radio-carbono– se ha quedado estancada en una relación multidisciplinaria tradicional.

La física aplicada a la conservación del patrimonio, como se denomina habitualmente, representa un conjunto de técnicas enfocadas al análisis de las evidencias arqueológicas en tanto que materiales compuestos de átomos, cuyo fin – por lo menos para una amplia mayoría de ellas – es su datación ([Garrison, 2001](#)). En general, quien aplica las técnicas de datación no tiene la necesidad de formarse en algo ajeno a su bagaje académico

porque se trata de una cooperación en la cual cada uno tiene un papel bien determinado que puede desarrollar sin tener que inmiscuirse en lo que hace el otro. Una consecuencia básica de esta forma de interactuar es que desde la física raras veces nos hemos planteado abordar otros tipos de preguntas de investigación que también podrían valerse, sin ir más lejos, de las propiedades de los isótopos (véase, por ejemplo, [Samuelsen & Potra \(2020\)](#); un estudio que no ha contado con investigadores en física).

Cuando la distancia epistemológica entre dos ámbitos disciplinares es muy grande, el desconocimiento mutuo de las preguntas de investigación y del lenguaje propio del otro campo dificultan la posibilidad de interacciones fructíferas. Que esto ocurra en el contexto de la organización del saber actual es, en cierta medida, inevitable y tiene la consecuencia, a la vez obvia e indeseada, de desperdiciar parte del potencial de aplicación de la investigación científica.

## 2. El lenguaje de la complejidad

---

Sin embargo, a lo largo de la última década, se han ido vislumbrando con creciente claridad algunas vías de escape muy prometedoras. Entre ellas, destacamos el lenguaje de la complejidad. Surgido en los años setenta del siglo pasado, el paradigma de los sistemas complejos ha estado realizando un trabajo de hormiga, lento y valioso, construyendo puentes entre saberes diversos y empieza a asentarse como herramienta de uso extendido también en la arqueología.

En pocas décadas ha obligado a revisar algunos pilares de la epistemología reduccionista que había caracterizado a la física sobre todo a partir del siglo XIX, postulando que “el todo es más que la suma de las partes” y rompiendo así con la jerarquía de las disciplinas que primaba las “más fundamentales” por encima de otras consideradas meras aplicaciones de las primeras. Sin negar que las moléculas están compuestas por átomos, las células por moléculas y los seres vivos por células, ni recurrir a ningún principio vitalista, pretende reconocer que existen propiedades de un sistema que no se pueden reducir a las de sus componentes. Cada objeto de estudio adquiere entonces autonomía y, por lo tanto, se deja de lado la obsesión por plasmar las demás ciencias al ejemplo de la física. Lejos de propiciar la separación definitiva de los distintos campos de la investigación, esta aproximación ha sentado las bases para un fructífero -aunque incipiente- diálogo entre iguales.

El nuevo paradigma conlleva un cambio de enfoque a varios niveles: de los detalles de los componentes a la estructura del sistema que componen; de la predicción exacta de la evolución de un proceso, a la clasificación tipológica de los comportamientos; de los particulares que diferencian a los rasgos comunes entre fenómenos aparentemente lejanos (véase [https://complexityexplained.github.io/ComplexityExplained\[Spanish\].pdf](https://complexityexplained.github.io/ComplexityExplained[Spanish].pdf) para una introducción divulgativa).

Se trata fundamentalmente de una nueva forma de explicar los fenómenos que implica el reemplazamiento del habitual lenguaje reduccionista o mecanicista por un lenguaje al que podemos llamar semántico o simbólico ([Cini, 2004, p. 145](#)), hasta el punto que en ocasiones nos referimos de forma indiferenciada al paradigma y al lenguaje como si fueran lo mismo.

Prescindir de los detalles es necesario si se quiere lidiar con niveles de organización superiores. Por ejemplo, para describir el funcionamiento de un imán no es conveniente – ni práctico, ni útil – entrar en la descripción de la estructura atómica y del movimiento de los electrones que generan el campo magnético a nivel microscópico. Será suficiente limitarse a tener en cuenta que cada átomo tiene un momento magnético – como si fuera a su vez un pequeño imán – y recordar que lo que es relevante para la descripción macroscópica es su orientación. Podremos centrarnos en las interacciones entre tales orientaciones, estudiando bajo qué condiciones acaban alineándose o manteniéndose descorrelacionadas. Con este fin, tendremos en cuenta aspectos como con cuántos átomos interacciona cada uno, el efecto de estas interacciones, así como el papel de posibles factores externos. Esta aproximación no solamente permite describir y predecir todos los aspectos relevantes del comportamiento de un imán, sino que es susceptible de aplicarse a otros sistemas sin apenas modificaciones.

En particular, en vez de átomos podríamos considerar un sistema social compuesto por individuos que tienen una opinión (por ejemplo, a favor o en contra de algo) que se puede ver condicionada por las opiniones de las demás personas con las que interactúan y por factores externos (los medios, la administración pública). Los rasgos esenciales de la descripción no se verían afectados y podríamos seguir con la misma explicación de las condiciones que determinan si el sistema tiene un comportamiento ordenado (la misma postura se extiende globalmente), desordenado (cada uno adopta una postura de forma independiente) o algo intermedio (se crean islas, grupos de personas que comparten la misma opinión, sin que en conjunto ninguna de las dos opciones domine sobre la otra) ([Castellano, Fortunato & Loreto, 2009](#)).

Esta forma de abordar los fenómenos establece un puente directo entre la física, las matemáticas y las ciencias de la computación, por un lado, y las ciencias sociales, por el otro. Ya no hace falta ir de átomos a moléculas, a células y organismos, para finalmente llegar a los sistemas sociales. Se puede dar un salto al vacío, olvidarse de los intermediarios y hablar de “átomos sociales” ([Buchanan, 2007](#)).

### 3. Hacia una ciencia de redes para la arqueología

---

De todas las ciencias de la complejidad, una de las que más han contribuido desde esta perspectiva es la ciencia de redes, una especialidad que estudia datos relacionales complejos. La ciencia de redes o ciencia de las redes complejas emerge de estudios realizados en diferentes disciplinas y, en resumidas cuentas, se compone de un formalismo, una caja de herramientas de análisis y una plétora de resultados concretos inherentes a casos de estudio que van de la evolución de la movilidad urbana a la navegabilidad de la *Web*, de la resiliencia de los ecosistemas a la viralización de contenidos en las redes sociales (véase por ejemplo [Solé, 2009](#); para una introducción no técnica). También en arqueología, la aplicación de la ciencia de redes es cada vez más frecuente, aunque con algunas dificultades.

Su objeto de estudio son los sistemas complejos, es decir cualquier porción de la realidad de la que podemos definir unos límites o fronteras con el único requerimiento de estar compuesta por múltiples elementos en interacción. La peculiaridad que define la aproximación de redes complejas es que prima las conexiones por encima de los componentes. Una red no es otra cosa que una representación matemática de un sistema en la que los componentes son mapeados en objetos abstractos llamados nodos (o vértices), y las conexiones entre ellos en enlaces (o aristas) que los unen, sin importar la naturaleza ni de los primeros ni de las segundas. A partir de aquí, la ciencia de redes se olvida de la realidad concreta del sistema en examen y trabaja con objetos abstractos. Es por eso que el formalismo es denominador común de cualquier investigación, teórica o aplicada, adscribible a esta rama de las ciencias de la complejidad.

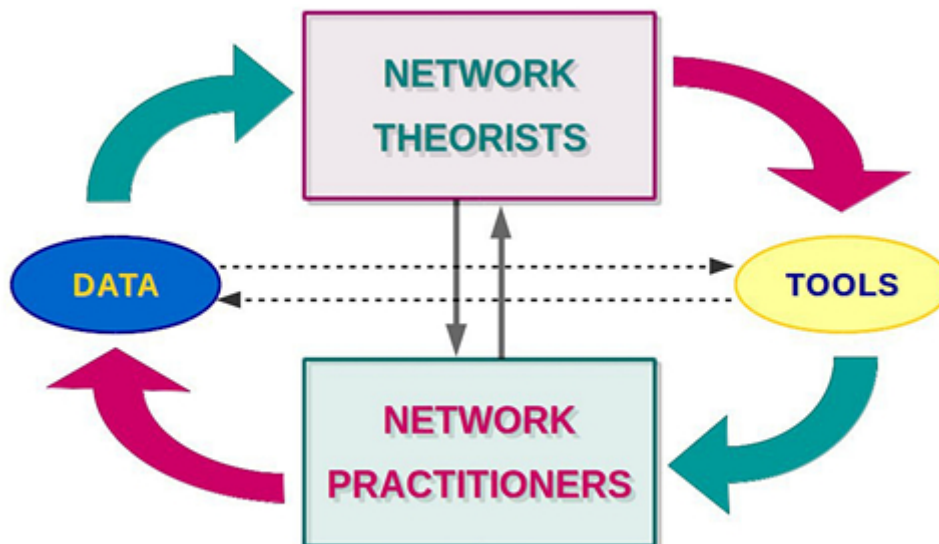
El procedimiento usual consiste en construir la representación matemática del sistema y caracterizarla mediante el cálculo de métricas definidas expresamente para ello. La elección de métricas depende del contexto. Las más básicas incluyen, entre otras, el número medio de enlaces por nodo (grado medio), la longitud mínima media del camino que separa dos nodos en términos de número de enlaces (longitud media del camino más corto), la fracción de triángulos cerrados presente en la red con respecto al total de los que podría haber (coeficiente de agrupamiento). La caracterización a través de las métricas permite responder a varios tipos de preguntas no solamente sobre un sistema en concreto, sino también en términos de comparación entre sistemas distintos. La mayoría de las preguntas más comunes y transversales a diferentes campos de estudio tienen a día de hoy formas estándar de ser respondidas, aunque cierto nivel de adaptación suele ser necesario. Por ejemplo, existe un consenso amplio sobre cómo determinar el papel de cada nodo o enlace y sabemos cómo cuantificar las consecuencias de su eventual eliminación. También hay consenso acerca de cuáles son las técnicas más efectivas para establecer si existen subregiones de mayor cohesión o si el sistema está organizado de forma jerárquica, entre otras muchas cuestiones.

Una fracción pequeña de estas preguntas pueden ser respondidas con la ayuda de *software* cuyo uso no

requiere conocimientos de programación ni de los detalles matemáticos y conceptuales de las técnicas empleadas, funcionando un poco como una caja negra de uso fácil. Esta posibilidad ha tenido consecuencias ambivalentes. Por un lado, ha propiciado la difusión del análisis de redes también entre investigadores sin familiaridad con el formalismo matemático y la computación, extendiendo muchísimo el alcance de esta aproximación. Por el otro, se ha propagado una visión de la ciencia de redes como mero análisis exploratorio y herramienta de visualización. Sin los instrumentos necesarios para adaptar o idear métricas para exigencias específicas, pero sobre todo sin la posibilidad de usarlas para validar o descartar hipótesis, las redes se quedan huérfanas de ciencia. La medición de métricas de redes tendría que desempeñar el papel del experimento en un proceso científico normal: se empieza formulando una o más hipótesis teóricas, que luego son traducidas a valores esperados de determinadas métricas, entonces se llevan a cabo las medidas y se comparan los valores empíricos con los esperados de forma rigurosa con el fin de determinar si las similitudes y diferencias son significativas. Para llevar a cabo este último paso, tal y como ocurriría en cualquier otra ciencia empírica, nos valemos de las ciencias estadísticas. De todos estos pasos, el *software* de uso fácil sólo sirve para el segundo y de forma parcial.

Aunque no se ha normalizado como parte integrante de las ciencias arqueológicas, la aplicación del análisis de redes se ha extendido ampliamente a lo largo de la última década, con un número creciente de publicaciones en revistas especializadas. De todas ellas, una amplia mayoría se sirven solamente de herramientas básicas de visualización y caracterización como complemento en estudios de otro tipo. Para entender esta situación, es necesario comprender cómo funciona la colaboración interdisciplinaria en la ciencia de redes.

La ciencia de redes avanza mediante la combinación de dos enfoques de investigación complementarios. El primero corresponde a cuando los científicos de redes, que miran a las redes como objetos matemáticos abstractos, identifican una pregunta o problema general y desarrollan un método para abordarlo. El segundo es lo que hacen los investigadores de cualquier otro campo cuando adoptan el enfoque de ciencia de redes para extraer información de sus datos, y así generan nueva información refinada codificada en forma de nodos y enlaces que podrán ser utilizados más adelante ([Figura 1](#)). En el primer caso, la «caja de herramientas universales» (o teoría) crece mediante la abstracción a partir de una multiplicidad de estudios de casos diversos. En el segundo, la comprensión de un caso de estudio particular (aplicación) avanza mediante la aplicación de la herramienta universal adecuada, mientras que el proceso de construcción de la teoría se alimenta indirectamente (nuevos datos). Esta forma de funcionar, aunque es preciso tener en cuenta que se trata de una simplificación, pone de manifiesto cómo la producción de la ciencia de redes depende de la comunicación fluida entre la comunidad de investigación que se ocupa de los aspectos teóricos y las diferentes comunidades de los ámbitos de aplicación. Si un campo de aplicación se queda aislado, volvemos al problema inicial del desconocimiento mutuo de las preguntas de investigación y del lenguaje entre dos disciplinas alejadas.



**Figura 1:** Ciencia de redes. Idealmente, los teóricos de redes diseñan herramientas analíticas que los expertos de otras disciplinas aplican a sus datos, generando a la vez nuevos datos que los teóricos usan para testear nuevas técnicas (Fuente: [Prignano, Morer, & Diaz-Guilera, 2017](#)).

En el caso de la arqueología, esto ocurre por una combinación de razones diversas. Imaginemos que un grupo de investigación en ciencia de redes encuentra en un repositorio abierto unos *datasets* arqueológicos susceptibles de mapearse en una o más redes. El primer problema al que se tendría que enfrentar tiene que ver con la depuración de los datos, porque para construir una red hay que identificar la información relevante y descartar el resto, tarea ardua si no se dispone del conocimiento adecuado acerca del caso de estudio. En segundo lugar, surgirán dificultades a la hora de definir una pregunta de investigación. Suele haber un amplio abanico de cuestiones que pueden parecer interesantes pero que no están presentes en la agenda de la investigación arqueológica. Por lo tanto, estudiarlas supondría poco más que un mero ejercicio sin interés para la comunidad arqueológica. Finalmente, hay que añadir las problemáticas propias de los datos arqueológicos: no solamente los datos disponibles en abierto son escasos y su interpretación no es trivial, sino que a menudo se trata de *datasets* pequeños con problemas de incompletitud, heterogeneidad de estándares y diferentes tipos de sesgos.

En conclusión, para que los datos arqueológicos entren en el circuito virtuoso de la ciencia de redes, el camino no es en absoluto llano. Haría falta, de entrada, una motivación específica fuerte dirigida a un determinado caso de estudio o tipo de fenómeno o proceso social, porque la inversión inicial de tiempo y también el riesgo de fracaso son bastante mayores que en el caso de otros campos de aplicación ya normalizados. En otras palabras, la colaboración no puede ser puntual y circunscrita a un proyecto de corto plazo, como suele ser la interdisciplinariedad. Es preciso formar perfiles híbridos que se manejen con ambos lenguajes, sino de forma equitativa por lo menos mínimamente equilibrada, o perfiles puentes que pueden entenderse y funcionar de mediadores. Podríamos decir que si queremos salir del paradigma de la multidisciplinariedad y aprovechar plenamente el potencial de las ciencias de la complejidad en arqueología no es viable quedarnos en ningún punto medio. Es imprescindible dar el salto a la transdisciplinariedad; o por lo menos, intentar acercarse planteando una interdisciplinariedad persistente que empiece con una etapa de formación cruzada de las personas involucradas.

A continuación, proporcionamos tres ejemplos de aplicación de la ciencia de redes a la arqueología que han seguido esta orientación.

### 3.1- Caso 1. La evolución en la conectividad comercial del Mediterráneo Antiguo

El primer caso<sup>1</sup> encaja bien con la idea de una interdisciplinariedad persistente: los científicos de redes no nos involucramos en la identificación de la pregunta de investigación, ni en la selección de los datos más adecuados para abordarla. Nuestro papel fue el de ayudar a diseñar una metodología que permitiera aprovechar al máximo los datos disponibles para inferir información acerca de una cuestión que ya se nos presentaba traducida al lenguaje de la ciencia de redes. El tema central de la colaboración ha sido la evolución de la conectividad comercial en el Mar Mediterráneo a lo largo de la época del Imperio Romano. Se nos propuso utilizar datos previamente recopilados de naufragios en el Mediterráneo, más en concreto de pecios en los que se había encontrado material anfórico. Las ánforas presentan algunas características ventajosas: el material es durable, han sido halladas en un gran número de pecios, y se pueden clasificar en distintas tipologías, para muchas de las cuales ha sido posible inferir área geográfica y período de producción. No obstante, la distribución geográfica y cronológica de los naufragios excavados está afectada por una superposición de sesgos de origen diverso que incluyen desde la heterogeneidad de las iniciativas llevadas a cabo por los diferentes países hasta limitaciones técnicas y logísticas. Por lo tanto, es imprescindible ser precavidos a la hora de sacar conclusiones, ya que el mero análisis exploratorio de los datos que se puede llevar a cabo con las herramientas básicas de la ciencia de redes seguramente nos devuelve puro espejismo.

Nos propusimos identificar las posibles relaciones comerciales preferentes entre zonas geográficas, sorteando la amplificación artificial de algunas relaciones debido a la concentración de la producción anfórica en determinadas regiones. Para ello, creamos varias copias artificiales del *dataset* original en las que, cada vez, reubicamos las evidencias encontradas en los pecios de forma aleatoria. Estas copias reproducen lo que se habría podido observar en el caso de total ausencia de relaciones preferentes entre lugares (nuestra hipótesis nula). Las relaciones realmente importantes se pueden así identificar porque destacan en el *dataset* original muy por encima de lo que se observa en las copias aleatorizadas.

Mapeamos los datos originales en una red e hicimos lo mismo con las copias aleatorizadas (tipos anfóricos reubicados aleatoriamente). Obtuvimos así otras muchas redes del mismo tipo, pero diferentes, seleccionamos las métricas apropiadas para su caracterización y recurrimos a la estadística -un test diseñado *ad hoc*- para destacar las relaciones (enlaces) entre lugares (nodos) que destacan en la red empírica (datos no manipulados).

A lo largo de este proceso, no hemos innovado en cuanto a ciencia de redes, pero sí hemos adaptado herramientas existentes a un caso aplicativo y unos datos con características -particulares, pero no únicas- que podrían encontrarse en otros casos de estudios de ámbito arqueológico. Haber desarrollado esta metodología podría facilitar futuras aplicaciones de la ciencia de redes a la arqueología.

### 3.2- Caso 2. Infraestructuras de transporte terrestre en Etruria Meridional y Latium vetus

El segundo es, más bien, un caso de la evolución de una cooperación de largo plazo que empezó de forma parecida al caso anterior, pero que posteriormente mutó a algo novedoso. Sin entrar en los detalles de los casos de estudio ([Prignano et al., 2019](#); [Fulminante et al., 2017](#)), intentamos explicar cómo se puede gestar una investigación realmente transdisciplinar.

En esta ocasión, los datos arqueológicos se presentaban en forma de mapas de redes de caminos, es decir, no se trataba directamente de evidencias arqueológicas sino de su traducción (por parte de expertos) en posibles infraestructuras de comunicación terrestre, en concreto en Etruria Meridional y Latium vetus (Italia Central)

---

1. Para más detalles: [https://www.academia.edu/42174477/Chance\\_biases\\_and\\_data\\_incompleteness.\\_Uncovering\\_Patterns\\_in\\_Mediterranean\\_Connectivity\\_in\\_Roman\\_Time](https://www.academia.edu/42174477/Chance_biases_and_data_incompleteness._Uncovering_Patterns_in_Mediterranean_Connectivity_in_Roman_Time)

entre los siglos X y V a.C.. Mientras la investigación arqueológica se centraba en caracterizar estas infraestructuras y las posibles relaciones causales entre su desarrollo y la evolución del sistema político-social que las produjo, nos planteamos una pregunta ligeramente distinta: ¿Qué clase de relaciones entre las proto-ciudades y asentamientos en general pueden haber generado estas infraestructuras? La ciencia de redes permite abordar este tipo de cuestiones si recurrimos a su otra caja de herramientas: los algoritmos generativos o modelos mecanicistas de redes sintéticas, un instrumento poderoso para testear hipótesis de forma rigurosa. De forma parecida a lo que ocurre con otras simulaciones informáticas -ya sean modelos de agentes o de otro tipo- un algoritmo generativo de redes sintéticas permite explorar escenarios. Se formula una hipótesis sobre las reglas que habrían podido gobernar el proceso en examen, se traducen en operaciones ejecutables por un ordenador y se analiza el resultado comparándolo con las evidencias empíricas. Si se parecen según unos criterios establecidos, entonces se puede concluir que las reglas de nuestra hipótesis son plausibles. Si tenemos más de una hipótesis sobre la mesa, como es recomendable, entonces podemos determinar cuál de ellas es la que tiene más posibilidades de acercarse a lo que realmente ocurrió. En el caso de la ciencia de redes, las reglas que se necesitan de construcción de nodos y/o de los enlaces de una red.

A pesar de su gran difusión, el uso de los algoritmos generativos en los campos de aplicación que suelen adoptar el software de uso fácil es muy limitado. El problema principal es que las reglas a implementar varían muchísimo e incluirlas en este tipo de software es, por lo general, inviable. Por ejemplo, en nuestro caso tuvimos que desarrollar dos modelos nuevos.

Esta colaboración ha implicado un trabajo conjunto de ambas partes en todas las etapas y ha producido innovación tanto en el ámbito de la ciencia de redes (nuevos modelos mecanicistas) como en el de la arqueología. Por lo tanto, se puede considerar plenamente transdisciplinaria.

### 3.3- Caso 3. Distribución espacial y evolución tecnológica de los últimos grupos de cazadores-recolectores prehistóricos en la Península Ibérica

La principal diferencia que presenta el tercer caso de estudio ([Lozano et al., 2020](#)) es su planificación. Nuestra involucración como científicos de redes empezó con la redacción de la propuesta del proyecto PALEODEM<sup>2</sup>, como parte de un grupo de investigación transdisciplinar que integraba perfiles muy diversos que ya habíamos trabajado juntos. Uno de los objetivos de PALEODEM es analizar la relación entre la distribución espacial de los últimos grupos cazadores-recolectores en Iberia y determinados fenómenos de cambio tecnológico observados a lo largo del periodo estudiado. En la propuesta decidimos abordar esta problemática desde una perspectiva de redes, centrándonos en la interacción entre la red socio-espacial de los grupos humanos y las dinámicas de difusión de conocimiento técnico entre ellos.

Los diferentes retos a los que se enfrenta el equipo de trabajo han sido considerados de forma explícita desde el principio. Primero, la construcción de redes socio-espaciales de grupos prehistóricos a partir de un registro arqueológico intrínsecamente problemático (fragmentado y de tamaño reducido), que proporciona un proxy indirecto de las relaciones que se pretende estudiar. La definición de la naturaleza de los enlaces y su operativización requiere de conocimientos sobre el registro empírico, de teoría antropológica, y también de inferencia estadística aplicada a la ciencia de redes. Además, hay que caracterizar los fenómenos de cambio tecnológico estudiados y obtener unos patrones cuantitativos (a partir del análisis del registro arqueológico) que puedan ser contrastados con los datos obtenidos experimentalmente (*aleatorizaciones* del registro, redes generadas por modelos mecanicistas, etc.).

Abordar estos retos requiere de la colaboración estrecha de ambas partes. Por un lado, las respuestas a pre-

---

2. <http://paleodem.eu/>

guntas arqueológicas como las formuladas más arriba deben implicar a los que desarrollarán los experimentos computacionales (es decir, los investigadores de redes). Por el otro, la selección de los mecanismos subyacentes a los procesos difusivos modelizados debe ser acorde con la bibliografía antropológica al respecto (que conocen muy bien los arqueólogos del proyecto).

Así pues, este caso representa una innovación en sí mismo, ya que implica un trabajo conjunto de las dos partes en todas las etapas. Además, está produciendo innovación tanto en el ámbito de la ciencia de redes (con métodos para la construcción de redes a partir de información relacional incompleta y la modelización de difusión tecnológica a muy largo plazo) como en el del estudio del Pasado Humano (influencia de la organización espacial de los grupos humanos prehistóricos sobre su evolución cultural).

## 4. Conclusiones

---

Apenas empezamos a vislumbrar el potencial de establecer auténticas colaboraciones interdisciplinares y transdisciplinares entre las ciencias de la complejidad en general (y la de redes en particular) con las ciencias arqueológicas. Las publicaciones que se enmarcan en esta línea son cada vez más numerosas e incluyen desde artículos científicos ([Graham, 2006](#); [Golitko et al., 2012](#); [Brughmans, Keay, & Earl, 2014](#); solo por mencionar algunos), a libros editados ([Knappett, 2013](#); [Collar, Brughmans, & Coward, 2016](#)) y manifiestos científicos ([Brughmans et al., 2019](#)). No obstante, una parte muy pequeña de estos trabajos se publica en revistas especializadas de ciencia de redes ([Radivojević & Grujić, 2018](#)) y aunque algunos lleguen a las revistas multidisciplinares más prestigiosas (por ejemplo, [Mills et al., 2013](#)) pasan inadvertidos. Un poco como ocurría con la sociología hace un par de décadas, cada comunidad tiene sus publicaciones de referencia y apenas hay intersección entre ambas ([Freeman, 2004](#)).

Construir un punto de encuentro va a ser un proceso largo. Las colaboraciones lentas y duraderas no encajan del todo con el modelo de financiación de la investigación actual. La carrera académica para los perfiles híbridos que se escapan al encasillamiento disciplinar se convierte en un camino lleno de incertidumbre. La solución pasa por cambios estructurales en dos direcciones: ofrecer formación en ambos sentidos (ciencia de redes para estudiantes de arqueología y presentación de la arqueología como campo de aplicación entre los científicos de redes), y perseguir la viabilidad financiera de colaboraciones duraderas. Con el tiempo, los logros conseguidos compensarán ampliamente los esfuerzos invertidos.

## Referencias

---

Brughmans, T., Collar, A., Coward F. (eds). *The Connected Past Challenges to Network Studies in Archaeology and History*. Oxford University Press (2016).

Brughmans, T., Hanson, J. W., Mandich, M. J., Romanowska, I., Rubio-Campillo, X., Carrignon, S., ... Ritondale, M. (2019). Formal Modelling Approaches to Complexity Science in Roman Studies: A Manifesto. *Theoretical Roman Archaeology Journal*, 2(1), 4, 1-19. <https://doi.org/10.16995/traj.367>

Brughmans, T., Keay, S., & Earl, G. (2014). Introducing exponential random graph models for visibility networks. *Journal of Archaeological Science*, 49, 442-454. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.05.027>

Buchanan, M. (2007). *The Social Atom. Why the Rich Get Richer, Cheaters Get Caught, and Your Neighbor Usually Looks Like You*. (BLOOMSBURY, ed.).

Castellano, C., Fortunato, S., & Loreto, V. (2009). Statistical physics of social dynamics. *Reviews of Modern Physics*, 81(2), 591-646. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.81.591>

Cini, M. (2004). *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*. Feltrinelli.



Collar, A., Brughmans, T., & Coward, F. (Eds.). (2016). *The Connected Past: Challenges to Network Studies in Archaeology and History*. Oxford University Press.

Freeman, L. C. (2004). *The development of social network analysis: a study in the sociology of science*. Vancouver: Empirical Press.

Fulminante, F., Prignano, L., Morer I., Lozano S. (2017) Coordinated Decisions and Unbalanced Power. How Latin Cities Shaped Their Terrestrial Transportation Network. *Front. Digit. Humanit.*, 13 February 2017 <https://doi.org/10.3389/fdigh.2017.00004>

Garrison, E. G. (2001). Physics and Archaeology. *Physics Today*, 54(10), 32-36. <https://doi.org/10.1063/1.1420551>

Golitko, M., Meierhoff, J., Feinman, G. M., & Williams, P. R. (2012). Complexities of collapse: the evidence of Maya obsidian as revealed by social network graphical analysis. *Antiquity*, 86(332), 507-523. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00062906>

Graham, S. (2006). Networks, Agent-Based Models and the Antonine Itineraries: Implications for Roman Archaeology. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 19(1), 45-64. <https://doi.org/10.1558/jmea.2006.19.1.45>

Howard, D. M., Schofield, J., Fletcher, J., Baxter, K., Iball, G. R., & Buckley, S. A. (2020). Synthesis of a Vocal Sound from the 3,000 year old Mummy, Nesyamun 'True of Voice'. *Scientific Reports*, 10(1), 45000. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56316-y>

Knappett, C. (Ed.). (2013). *Network Analysis in Archaeology*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199697090.001.0001>.

Lozano, S., Prignano, L., Gómez-Puche, M., & de Pablo, J. F.-L. (2020). Early Holocene Socio-Ecological Dynamics in the Iberian Peninsula: A Network Approach. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-34127-5\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34127-5_27)

Mills, B. J., Clark, J. J., Peeples, M. A., Haas, W. R., Roberts, J. M., Hill, J. B., ... Shackley, M. S. (2013). Transformation of social networks in the late pre-Hispanic US Southwest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(15), 5785-5790. <https://doi.org/10.1073/pnas.1219966110>

Mocella, V., Brun, E., Ferrero, C., & Delattre, D. (2015). Revealing letters in rolled Herculaneum papyri by X-ray phase-contrast imaging. *Nature Communications*, 6(1), 58-95. <https://doi.org/10.1038/ncomms6895>

Prignano, L., Morer, I., & Diaz-Guilera, A. (2017). Wiring the Past: A Network Science Perspective on the Challenge of Archeological Similarity Networks. *Frontiers in Digital Humanities*, 4. <https://doi.org/10.3389/fdigh.2017.00013>

Prignano, L., Morer, I., Fulminante, F., Lozano, S. (2019) Modelling terrestrial route networks to understand inter-polity interactions (southern Etruria, 950-500 BC). *Journal of Archeological Science*, 105, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.02.007>

Radivojević, M., & Grujić, J. (2018). Community structure of copper supply networks in the prehistoric Balkans: An independent evaluation of the archaeological record from the 7th to the 4th millennium BC. *Journal of Complex Networks*, 6(1), 106-124. <https://doi.org/10.1093/comnet/cnx013>

Samuelsen, J. R., & Potra, A. (2020). Biologically available Pb: A method for ancient human sourcing using Pb isotopes from prehistoric animal tooth enamel. *Journal of Archaeological Science*, 115, 105079. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105079>

Smith, T. M., Austin, C., Green, D. R., Joannes-Boyau, R., Bailey, S., Dumitriu, D., ... Arora, M. (2018). Wintertime stress, nursing, and lead exposure in Neanderthal children. *Science Advances*, 4(10), eaau9483. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau9483>

Solé, R. (2009). *Redes complejas. Del genoma a Internet*. Tusquets Editores S.A.



# El mundo más allá de la organización institucional del conocimiento. La experiencia transdisciplinar de la Fundación Nueva Cultura del Agua

Francesc La-Roca

Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA)

## I. La Fundación Nueva Cultura del Agua: origen y referentes

---

La Fundación Nueva Cultura del Agua es una organización sin ánimo de lucro de ámbito de actuación ibérico, cuya misión es *recoger, integrar, generar y transmitir conocimiento y valores humanos para promover la adopción de la Nueva Cultura del Agua, entendida ésta como un cambio de paradigma hacia la sostenibilidad ambiental, económica, social y cultural, orientado a una consideración ecosistémica y patrimonial del agua. Somos profesionales procedentes de diferentes ámbitos (académico, empresarial, cultural, social...) que, a través del conocimiento científico y con sensibilidad social, defendemos una Nueva Cultura del Agua.* (<http://www.fnca.eu/>).

Nueva Cultura del Agua ([Martínez Gil, 1997](#)) resume en tres palabras la propuesta de abordar, de una forma distinta a la habitual, las cuestiones relacionadas con el agua evitando, por un lado, el reduccionismo de los enfoques disciplinarios y trascendiendo, por otro, el conocimiento científico, que se concibe como una parte -irrenunciable, pero solo una parte- de esa nueva cultura, definida también por un conjunto de valores y sensibilidades -ecológicos, sociales- que configuran una visión holística del agua y la dotan de coherencia.

La Fundación nace en el contexto de las luchas de oposición a la construcción de grandes obras hidráulicas (Riaño, Itóiz, Jánovas, Santaliestra...) reactivada tras la consolidación de la reforma del franquismo en 1978 y el acceso al gobierno del partido socialista en 1982. En 1995 las diferentes plataformas locales de defensa de los pueblos amenazados por las obras hidráulicas se reunieron en una Coordinadora de Afectados por Grandes Embalses y Trasvases (COAGRET), con capacidad suficiente para atraer al debate a científicos y técnicos con una visión crítica de la política hidrológica del Estado. Este grupo de investigadores contribuye con su experiencia científica y con informes específicos a formalizar los argumentos de los movimientos sociales y a proponer su confrontación pública con los de la administración promotora de las obras. Con el tiempo constituirán el núcleo fundador de la FNCA.

Como primer paso destacable, se convoca un Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas. Celebrado en Zaragoza en septiembre de 1998 bajo el expresivo lema de *El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua* ([Arrojo & Martínez, 1999](#)), el congreso moviliza a un importante número de académicos e investigadores respaldados formalmente por los rectores de 60 universidades de España y Portugal. Como resultado de la reunión se evidencia la importante cantidad de grupos de investigación en temas relacionados con el agua que han venido desarrollando sus actividades con escasa conexión entre ellos, al tiempo que se valora la oportunidad de mantener la continuidad del recién iniciado debate pluridisciplinar. La conveniencia, percibida por los asistentes, de dar continuidad al debate, trasciende el impulso inicial de apoyo a los movimientos sociales agrupados en COAGRET y recoge su propuesta de construir una *nueva cultura del agua*.

La convocatoria del congreso se produce en un momento de renovación mundial de la política de aguas que,

en la Unión Europea, se inicia con la presentación de una propuesta de directiva relativa a la calidad ecológica del agua –antecedente de la vigente directiva marco del agua (DMA). Propuesta que en el estado español tropieza con la férrea oposición de la comunidad de política tradicional del agua. Ésta, integrada por regantes, hidroeléctricas, grandes constructoras y consultoras, contrapone al nuevo planteamiento de la directiva –finalmente aprobada en 2000- la continuidad de una política, basada en la gran obra hidráulica, que se oficializa con la aprobación en 2001 del Plan Hidrológico Nacional.

La directiva marco del agua, al colocar en el centro de la acción política la protección de los ecosistemas acuáticos y el uso sostenible del agua, reconoce explícitamente la complejidad del objeto a regular y convoca la participación de numerosas áreas y formas de conocimiento. La gestión del agua en el siglo XXI deja de ser –al menos sobre el papel- una tarea de ingenieros, para reclamar la participación de ecólogos, químicos, economistas, etc. Es más, la DMA prevé la participación activa de las partes interesadas y el público en general.

La Fundación Nueva Cultura del Agua se constituye formalmente en 2000, con la misión de contribuir a la construcción y transmisión de conocimiento en torno al agua desde una perspectiva explícitamente transdisciplinar.

El número y el perfil profesional de los socios de la FNCA ha permanecido aproximadamente estable a lo largo de los casi veinte años transcurridos desde su creación, con una participación de aproximadamente el 60% de miembros de la universidad y otros centros de investigación y el 40% restante repartido entre personal técnico de las administraciones públicas y, en menor medida, del sector privado y ONGs. ([Tabla 1](#)).

FNCA Founding Members (Total 102)	
Professional Affiliations/Job Categories (Total 109)	
University research and/ or teaching	60
Government	17
International	1
National	8
Regional	5
Local	1
State-owned water company	2
NGO	6
NGO/Environment	4
NGO/Other	2
Private Law Practice	1
Private Sector/ Environment-Water Resource Management	4
Private Sector-Other	7

**Tabla 1.** Perfil profesional de los socios fundadores de la FNCA (2002). Fuente: [Bukowski \(2017b; 17\)](#).

Por otra parte, la formación académica de los socios fundadores muestra una notable diversidad, como queda reflejado en la siguiente [Tabla 2](#)<sup>1</sup>.

1. La discrepancia entre el número de socios y el de títulos se debe a la doble titulación de alguno de los miembros

### *Characterisation of founding membership*

FNCA Founding Members (Total 102)

Academic Fields in Highest Level of Education (Total 107)

	PhD	MA/MS	Total
Sciences	24	8	32
Biology/ Ecology	14	7	21
Hydrology/ Geology	5	0	5
Physics	4	0	4
Chemistry	1	1	2
School of Business	12	1	13
Economics	10	1	11
Business	2	0	2
Social Sciences	16	2	18
Geography	10	0	10
Sociology	3	0	3
Anthropology	1	1	2
History	2	0	2
Philosophy	0	1	1
Engineering	10	8	18
Law	1	1	2
Professional			4
Education	0	1	1
Agriculture	1	0	1
Medical Sciences	2	0	2
Unknown			20

**Tabla 2.** Caracterización disciplinaria de los socios fundadores (2002) Fuente: [Bukowski \(2017b; 17\)](#)

La experiencia de la FNCA ha merecido la atención en el ámbito de los estudios sobre la manera de hacer ciencia, su relación con otras formas de conocimiento y su papel en la toma de decisiones en asuntos complejos como la política de medio ambiente. Bukowski (2017a,b) ha descrito la FNCA como una comunidad epistémica en la que, siguiendo a [Haas \(2004\)](#), encuentra los siguientes rasgos:

- a) Red de profesionales con experiencia y competencia reconocidas en un determinado ámbito y con una reivindicación de conocimiento relevante para la política en ese ámbito o área temática.
- b) Principios e ideas normativas compartidas.
- c) Convicciones causales compartidas.
- d) Nociones de validez compartidas.
- e) Proyecto político común.

Entre los principios e ideas normativas compartidas nos interesa aquí detenernos someramente en los referentes comunes de carácter epistémico, que se han ido consolidando mediante la práctica y el debate interno, al menos entre los miembros más activos de la comunidad epistémica, y que enunciamos de manera esquemática a continuación.

Uno de los puntos de partida del trabajo de la FNCA es la **crítica al enfoque reduccionista** de la política de aguas del siglo XX que se pretende superar. La concepción de la política hidrológica como un problema hidráu-

lico a resolver mediante la construcción y gestión de obras de infraestructura de almacenamiento y transporte de agua al servicio de la producción ignora, por ejemplo, la **complejidad** de los procesos de los ecosistemas acuáticos o la imbricación de éstos con aspectos fundamentales de la vida social (simbólicos, lúdicos y, en general, no lucrativos) que quedan fuera del foco de esta aproximación y son, por tanto, ignorados en la toma de decisiones.

El reto que se plantea es el de cómo abordar la comprensión y la representación de la complejidad desde una perspectiva holística, recomponiendo el desmenuzamiento analítico de las disciplinas tradicionales que tratan aspectos relacionados con el agua. Al adoptar **una visión sistémica** (socio-ecosistémica) cobran una importancia especial las cuestiones relacionadas con la conjugación de las diversas escalas (espaciales, temporales, niveles de organización) en las que se desarrollan las investigaciones, por un lado y, por otro, el diálogo (luego veremos cómo) entre las distintas disciplinas que aportan su mirada a una determinada escala.

Parafraseando a Haas, entre los fines de la Fundación por una nueva cultura del agua está *la reivindicación de conocimiento relevante para la política en ese ámbito o área temática*. En otros términos, la FNCA aspira a tener incidencia en la política del agua, por lo que su orientación epistémica está en ese sentido **enfocada a la resolución de problemas** (*problem solving*). Es precisamente esa vocación de incidencia política la que lleva a cuestionar no sólo la fragmentación disciplinaria, sino también las condiciones de producción y validación del conocimiento científico y su aplicación a la toma de decisiones colectivas.

La aproximación socio-ecosistémica a los problemas relacionados con el agua se nutre de las aportaciones de la economía ecológica y la ecología política, en las que el concepto de **ciencia posnormal**, propuesto por Fun-towicz y Ravetz (1994, 2000), es comúnmente aceptado como marco epistemológico, por lo que éste es también un referente para la FNCA.

Según estos autores, ante situaciones complejas en las cuales hay que fundamentar decisiones urgentes en presencia de valores en conflicto y con un elevado nivel de incertidumbre y riesgo, los procedimientos de la ciencia normal (en el sentido de Kuhn (1962) no son suficientes. Por ello proponen un marco diferente, la ciencia posnormal, en la cual los criterios de validación se desplazan del producto -los resultados- al proceso de construcción del conocimiento, por un lado; y, por otro, se amplía la comunidad de pares tradicional en el proceso de revisión de la producción científica a una comunidad extendida en la que participan, en plano de igualdad con los anteriores, todos aquellos que tienen *algo que decir* en el asunto porque tienen *algo en juego* (*at stake*).

El enfoque posnormal está en línea con la llamada a la **pluralidad** metodológica, fundacional de la economía ecológica (Norgaard, 1989), uno de los intentos más serios de transcendencia de los límites disciplinarios. También cierta visión de la **transdisciplinariedad** forma parte de las características fundacionales de la economía ecológica. Entendida inicialmente como un intento de integrar y sintetizar muchas perspectivas disciplinarias diferentes (Costanza et al., 1991), pronto evoluciona hacia una concepción más amplia y acorde con el enfoque posnormal, según la cual la transdisciplinariedad no solo integra perspectivas disciplinarias diferentes, sino que también atiende a los valores e intereses de una comunidad amplia que trasciende el ámbito de los científicos.

El planteamiento transdisciplinar supone un reto al marco disciplinario de validación del conocimiento al ampliar la comunidad de pares a miembros ajenos no solo a una disciplina institucionalizada, sino también más allá de la propia comunidad científica. Este es un territorio por explorar y, como *Terra Incognita*, no exento de riesgos y posibles sorpresas.

La asunción de una finalidad del conocimiento distinta de la mera satisfacción de la curiosidad, como es la solución de problemas, es decir la contribución a la capacidad de transformación de la realidad gracias a una comprensión mejor de los fenómenos, sitúa la interconexión entre la ciencia y la política en el centro del debate. Un debate importante que no solo afecta al uso de la ciencia en la elaboración y justificación de las

políticas, sino también a la propia actividad de producción científica, su validación y legitimación como guía para la acción y su relación con otras formas de conocimiento.

[Bukowski \(2017b\)](#) se vale de un esquema de análisis de la interconexión entre política y ciencia para caracterizar las actividades de la FNCA. El esquema se describe como un continuo entre dos polos, que transita entre una posición más positivista, que entiende la ciencia como una actividad claramente distinta de la política (de la cual conviene mantener lo más separada posible) y otra más constructivista, según la cual la ciencia y la política están sometidas al mismo tipo de presiones propias de la interacción social. Entre el primer extremo, descrito como *fortaleza ciencia* y el último *co-producción*, se insertan las categorías intermedias etiquetadas como *evaluaciones científicas autónomas*, *evaluaciones científicas políticamente comprometidas* y *comunidad de pares extendida / democratización de la ciencia*.

A partir de las entrevistas realizadas a miembros de la FNCA y del análisis de documentos, Bukowski concluye que en la Fundación se pueden observar posiciones correspondientes a todas las categorías establecidas, dependiendo individualmente de los socios y colectivamente del momento y de la estrategia de intervención adoptada según el cambiante contexto político.

## 2. Algunos ejemplos de la actividad de la FNCA

Teniendo en cuenta esa diversidad temporal y personal de las actividades de la FNCA hemos seleccionado algunos proyectos, que cabe situar en las casillas de democratización de la ciencia y co-producción, en los cuales las barreras disciplinarias eran percibidas como un problema y, en consecuencia, se adoptaron medidas proactivas para resolverlo. Hay que señalar que otras muchas actividades de la FNCA, entre las que destaca la celebración bianual desde 1998 de los Congresos Ibéricos de Gestión y Planificación de Aguas, comparten la vocación transdisciplinar de los ejemplos aquí comentados.

- **La Guía Nueva Cultura del Agua o la base del diálogo interdisciplinario** <sup>2</sup>:

La guía virtual Nueva Cultura del Agua, actualmente en proceso de revisión, se concibió en 2011 con la finalidad de difundir esta nueva visión del agua construida a partir de la crítica de la tradición hidráulica y sus consecuencias sociales y ecológicas, que se había ido consolidando desde el congreso de 1998. La guía, destinada a un público no especializado, se organiza en 11 áreas temáticas que pretenden cubrir diferentes perspectivas desde las que se abordan las cuestiones más relevantes relacionadas con el agua, a partir *un enfoque integrador, ecosistémico y socialmente participado* <sup>3</sup>. La guía contó con la colaboración de una cincuentena de autores tanto de la FNCA, como ajenos a la misma. La mayor parte de las colaboraciones, bien por su planteamiento, bien por su autoría -ya sea porque están escritas en colaboración o por el perfil de su único autor- trascienden los límites disciplinarios establecidos. A ello contribuye la propia definición de los temas que, en su mayoría, incorpora un elemento de transversalidad que reclama de manera natural el concurso de diferentes aproximaciones.

- **El Observatorio de las políticas del agua** <sup>4</sup>:

En 2006 la FNCA inicio un proyecto de Observatorio de Seguimiento e Implementación de la Directiva Marco del Agua (ODMA). Con el fin de analizar la adaptación de la planificación hidrológica al nuevo marco establecido por la directiva de aguas aprobada en 2000, se constituyó un equipo de trabajo integrado por dos sub-

---

2. <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/>

3. Hernández-Mora (s.a.).

4. <https://fnca.eu/oppa>

grupos. Uno, encargado de desarrollar un marco de análisis temático, siguiendo los elementos básicos que estructuran la propia directiva, integrado principalmente por académicos y, por tanto -aunque de manera imperfecta- fácilmente asimilables a áreas de conocimiento establecidas. El otro, encargado del seguimiento en cada demarcación de los temas seleccionados tenía una composición menos homogénea y se articulaba en torno a activistas cualificados de los movimientos sociales en torno al agua en cada territorio analizado. De esta manera se integraba de manera directa en las tareas de seguimiento el conocimiento directo e insustituible de los actores afectados por la planificación, con sus propios intereses y valores. El proyecto cambió de nombre en 2013 adoptando el de Observatorio de las Políticas del Agua (OPPA), más acorde con el conjunto de actividades que venía desarrollando y que contemplan también otros ámbitos de la política hidrológica. Sin embargo -y esto es lo importante- la red de colaboradores del Observatorio con el doble perfil temático y territorial, por un lado, y académico y activista, por otro, se ha consolidado y sigue activa.

- **El acercamiento al mundo del arte: *Litoral*<sup>5</sup> e *Inner Nature*<sup>6</sup> :**

La experiencia transdisciplinaria de la FNCA se extiende también a las artes. Desde su constitución, el proyecto de la Fundación se concibe como la promoción de un cambio en la visión hegemónica en la sociedad del agua y sus múltiples dimensiones, que se entiende como un cambio de cultura. Entre esas dimensiones postergadas por la cultura hidráulica actualmente dominante destacan, entre otros, los usos comunes y los aspectos lúdicos y emocionales<sup>7</sup>.

Desde un punto de vista más pragmático, las actividades comunicativas -esenciales a un proyecto de cambio como el emprendido- plantean un conjunto de reflexiones compartidas acerca de los medios, su eficacia comunicativa y su adecuación a los fines. Por otro lado, algunas corrientes artísticas actuales buscan en la ciencia una fundamentación de sus actividades.

De este mutuo acercamiento surgen dos proyectos de carácter muy diferente -la participación en la elaboración de un número de la revista de literatura *Litoral* y la colaboración en diferentes ediciones del proyecto de videoarte *Inner Nature*- en los cuales la FNCA contribuye con su visión y conocimiento en temas de agua a unas iniciativas cuyo formato está predeterminado por los artistas. En el primer caso, la revista *Litoral*, sugiriendo temas, imágenes y alguna pieza literaria además de aportar un texto explicativo de la Nueva Cultura del Agua. El proyecto *Inner Nature*, una convocatoria global de creación audiovisual en torno a la naturaleza, concebida con un elemento importante de interacción con movimientos sociales, invitó a participar a la FNCA en su segunda y tercera convocatorias. La colaboración se centró en la provisión, por parte de la Fundación, de materiales de carácter contextual que orientaran a los artistas en la comprensión de los objetivos de la convocatoria y en la participación en eventos de acompañamiento de la presentación de los vídeos seleccionados, de carácter local.

### 3. Reflexiones finales

---

La experiencia supradisciplinaria de la FNCA, resumida en las líneas precedentes, viene motivada por el reconocimiento de las insuficiencias del conocimiento científico especializado para abordar determinados retos de gran relevancia, como la crisis ecológica planetaria acelerada en las últimas décadas por la intensificación de la globalización capitalista y, más precisamente, los relacionados con el ciclo hidrológico y los usos humanos del agua. Dichas insuficiencias no se restringen a los contenidos de la investigación científica, ni se limitan a cuestiones derivadas de la incertidumbre que le acompaña, sino que están enraizadas en un modelo de gobernanza

---

5. <http://edicioneslitoral.com/tienda/agua-arte-literatura-rl259-edicion-impresa/>

6. <http://innernature.webs.upv.es/>

7. Ver, por ejemplo, [Martínez Gil \(2010\)](#).



de la ciencia y de la interconexión del conocimiento con la política obsoleto frente a la urgencia y magnitud de los retos planteados.

El enfoque adoptado por la FNCA, orientado a la resolución de problemas, confiere un carácter exploratorio a la transgresión de las barreras disciplinarias en la ciencia y a la extensión de los planteamientos epistemológicos de la Fundación más allá de ésta.

Este proceso exploratorio, cambiante con el paso del tiempo, se ha visto favorecido por la fertilización cruzada resultante de una cooperación continuada entre investigadores y otros profesionales de distintos campos relacionados con el agua y por las nuevas visiones y demandas aportadas por los movimientos sociales. Los medios audiovisuales y otras tecnologías de la comunicación han contribuido notablemente la tarea facilitando, por un lado, la interacción a distancia y, por otro, la aproximación a cuestiones relacionadas con los medios y las formas de transmisión de conocimiento.

La experiencia de la FNCA (y de la personal de quien esto escribe en numerosos proyectos de investigación con vocación transdisciplinar) muestra la existencia de importantes dificultades intrínsecas al proceso de construcción de un conocimiento transdisciplinario. Así, es necesario resolver cuestiones tan elementales como el uso de un lenguaje comúnmente compartido (por ejemplo, la utilización de unos mismos términos con distinto significado según la disciplina genera confusión), o la disparidad de criterios en las diferentes tradiciones disciplinarias en la aplicación de métodos y técnicas de análisis de uso común, como la estadística (por ejemplo, en la fijación de umbrales, como el tamaño mínimo suficiente de una muestra o de los niveles de confianza razonables). El trabajo transdisciplinar exige esfuerzo para superar estas diferencias y, sobre todo, una actitud abierta y respetuosa hacia otras aproximaciones al objeto de estudio compartido.

A las dificultades intrínsecas se añaden las externas, como son las derivadas de la organización institucional de la ciencia tanto las de carácter burocrático como las mercantiles, por otra parte, cada vez más inseparables. Los procesos de estandarización mediante protocolos de evaluación (tipo ANECA, indicadores bibliométricos, rankings universitarios, etc.) como elemento necesario para facilitar el intercambio del conocimiento como mercancía, generan un rígido marco que no sólo penaliza la actividad transdisciplinaria, la cual no encaja en la estructura disciplinaria de evaluación, sino que en muchos casos puede suponer también una seria limitación a la creatividad, debido a la dinámica centralizadora –en torno a los *casos de éxito*– que desencadena.

Ante las incertidumbres internas y externas que conlleva el proyecto transdisciplinar se produce, con frecuencia, una respuesta regresiva amparada por la seguridad que ofrece el marco disciplinario cuestionado. Así, en la ejecución de un proyecto, ante la aparición de desavenencias o incomprensiones entre dos investigadores de distintas disciplinas la solución más fácil –y *a priori* menos fructífera– es renunciar al trabajo común y realizar cada uno *su parte*. Por otro lado, la reforma de planes de estudios del proceso de Bolonia ha centrado los grados en torno a los núcleos duros disciplinarios, expulsando de los currícula todo aquello que en las licenciaturas de origen competía a otras disciplinas, mientras la propia lógica de la negociación de los planes de estudio excluía la posibilidad de aprovechar la extensión de las titulaciones de tres años (diplomaturas) a cuatro para introducir una mayor diversidad de conocimientos. Las dobles graduaciones, además de la penalización temporal de un año más para alcanzar el grado, tienen un carácter minoritario.

Jesús Galech en su intervención en el seminario argumentó que la transdisciplinariedad es, ante todo, una disposición de las personas a ver el mundo desde diferentes perspectivas. Si eso es así, debemos concordar con [Max-Neef \(2005\)](#) que una síntesis integradora del conocimiento fragmentado *must occur inside each of the brains and, thus, we need to orient higher education in a way that makes the achievement of such a purpose possible*, y, *a fortiori* si no se producen cambios profundos en la actual organización institucional de la ciencia, incluidos los planes de estudio universitarios, es difícil anticipar un escenario futuro de superación de las barreras disciplinarias y mayor integración del conocimiento, sin embargo, tan necesario.

## 4. Agradecimientos

---

Agradezco a los organizadores del *Workshop Terra Incognita* la invitación a participar en él y al resto de asistentes el fructífero intercambio de ideas y experiencias. A Leandro del Moral, que leyó críticamente el texto, le agradezco sus comentarios –siempre acertados– mientras le eximo, obviamente, de toda responsabilidad en el resultado final.

## Referencias

---

- Arrojo Agudo, P. & Martínez Gil, F.J. (Coords.) (1999). *El agua a debate desde la universidad. Hacia una nueva cultura del agua. 1er. Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Institución Fernando el Católico (CSIC), Excma. Diputación de Zaragoza, Zaragoza.
- Bukowski, J. (2017a). A “new water culture” on the Iberian Peninsula? Evaluating epistemic community impact on water resources management policy. *Environment and Planning C. Politics and Space*, Vol 35(2); 239-264.
- Bukowski, J. (2017b). The Science-Policy Interface: Perceptions and Strategies of the Iberian ‘New Water Culture’ Expert Community. *Water Alternatives* 10(1); 1-21.
- Costanza, R., Daly, H.E. & Bartholomew, J.W. (1991). Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics, in Costanza, R. (Ed.), *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press, New York; pp. 1-20.
- Funtowicz S. & Ravetz J.R. (1994). The Worth of a Songbird: Ecological Economics as a Post-normal Science. *Ecological Economics* 10(3); 197-207.
- Funtowicz S. & Ravetz J.R. (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*, Icaria, Barcelona.
- Haas, P.M. (2004) When does power listen to truth? A constructivist approach to the policy process. *Journal of European Public Policy* 11(4); 569-592 [cit. in Bukowski 2017b].
- Hernández-Mora, N. (s.a). *La Guía Nueva Cultura del Agua*: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/presentacion-de-la-guia/la-guia-nueva-cultura-del-agua>
- Jantsch, E. (1972). Towards Interdisciplinarity and Transdisciplinarity in Education and Innovation, in OECD (1972) *Interdisciplinarity. Problems of Teaching and Research in Universities*, Centre for Educational Research and Innovation (CERI)-OECD, Paris; pp. 97-120.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago (Il).
- Martínez Gil, F.J. (1997). *La nueva cultura del agua en España*, Bakeaz-Coagret, Bilbao.
- Martínez Gil, F.J. (2010) *Una nueva cultura del agua y de la vida. La experiencia fluviofeliz*, Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza.
- Max-Neef, M. (2005). Foundations of transdisciplinarity. *Ecological Economics* 53; 5-16.
- Norgaard, R.B. (1989). The case for methodological pluralism. *Ecological Economics*, 1; 37-57.

PARTE V  
LA EXPERIENCIA SIMULPAST



# SimulPast: Social and environmental transitions: Simulating the past to understand human behaviour – A project overview

Marco Madella<sup>abc</sup>

<sup>a</sup> CaSEs, Department of Humanities, Universitat Pompeu Fabra, C/Triass Fargas 25-27, 08005 Barcelona, Spain. Associated Unit to IMF-CSIC.

<sup>b</sup> ICREA, Passeig Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain.

<sup>c</sup> School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, The University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

*SimulPast* aimed at developing an innovative and interdisciplinary methodological framework to model and simulate ancient societies, and their relationship with environmental transformations. In order to achieve this, the project attempted to define “best practices” for simulation in the Humanities and Social Sciences and to consolidate a new research line in the use of formal modelling and simulation to investigate past human societies and, as a result, to support a better understanding of the present.

Computer modelling and complex systems simulation dominated the scientific debate over the last two decades, providing important outcomes in biology, geology and life sciences, and resulting in the origin of entirely new disciplines such as bioinformatics or geoinformatics. However, ten years ago most social scientists continued to consider simulation as a less interesting tool for their investigations as the perception was that reproducing “inside a computer” what past societies did and believed was not possible, because of the perceived complexity of social structures.

The teams involved in *SimulPast* considered that this skepticism was largely due to anthropocentrism. Human behaviour may be complex, however many other systems being studied by scientists are as intricate as social structures. Furthermore artificial intelligence has shown how the appropriate interconnection of very simple computational mechanisms is able to show extraordinary complex patterns, and now that access to distributed supercomputing (grid technologies) is affordable, it is no longer possible to justify not applying these methods to the Humanities and Social Sciences.

The origin of *SimulPast* was the realisation of a group of researchers that progress in the acquisition of better, more precise and more reliable data was not being matched with corresponding progress in the analysis of such data and the conclusions that could be drawn. Building on their knowledge of other fields and on the initiatives that were at the time underway in their own domain, we decided to unite our efforts in order to investigate a model and simulation-based analytical approach.

Social and environmental transitions represent key aspects to better understand human behaviour. From a complex systems perspective, the most decisive questions about human societal systems are related to the transitions between phases of equilibrium. Therefore, the study of these transitions is extremely interesting in order to move forward with our current understanding of human behaviour at macro, meso and micro-level. In that respect, ancient societies present a great opportunity to build a virtual laboratory in which to model, explore and simulate different hypotheses and theories about social and environmental transitions.

Archaeology is particularly well suited for modelling and simulation. It is a data oriented subject, with a strong focus on the collection of objective material data for the study of past human societies. Furthermore, it is a discipline with a long tradition of attempting to bridge the divide between the Social Sciences and Humanities

on one side and the Natural and Formal Sciences on the other. Finally, it deals with events in the past and therefore provides the possibility of comparing the results of the run experiments with the facts that are known to have occurred.

The project intended to demonstrate the applicability of models and that these models were able to provide answers, which would not be obtainable using other methodological approaches. A model also acts as a “neutral” backdrop to express phenomena and ideas in a common way that can be understood by researchers from the Social Sciences and Humanities as well as the Formal and Natural Sciences. Moreover, because models can describe changes occurring in complex sets of relationships, they are extremely useful to formalize dynamic theories that can be rigorously tested against observed data.

Simulation expresses a theory and this theory produces a series of empirical predictions that can be directly contrasted with the real world. It thus makes it possible to check assumptions and correct or reformulate theories. In the Social Sciences and Humanities this provides a unique opportunity to develop and validate new techniques and new approaches, not only with a view to support the investigation of the past but also to provide a better understanding of the present. *SimulPast* has used simulation as a virtual laboratory in which different techniques have been exploited to formalize and falsify scientific hypotheses about social transformations. Different case studies integrating empirical data collection and general theories acted in certain cases as validating opportunities for the model(s).

Traditionally modelling and simulation techniques are split between two different perspectives: a) ecologically influenced or b) oriented to artificial societies. The first perspective is mostly interested in environmental constraints and resource exploitation and management, often neglecting the importance of human behaviour and cultural constraints that intervene in this process. The second perspective makes use of simplified virtual societies to investigate theoretical questions, thus removing what should be a basic component of the model: the environment where human interactions take place. *SimulPast* has strived to unify these two perspectives. It is essential to model complex behaviour, and simulate the decision-making processes of people, but in addition it is imperative to consider the constraints defined by the environment, which may affect these very same actions. Therefore, our project has been focusing on models that explored the spatio-temporal evolution of concrete socio-ecological units, as well as their size and distribution on complex stratified landscapes (geological, ecological, socio-political, etc.). Furthermore, the project's teams were also convinced that abstract simulation models could significantly aid the development of a more formal approach to the model-building process. For that reason *SimulPast* investigated abstract simulation models to explore emergent properties and complex adaptive systems. Our diverse case studies were the starting points to contrast precise, small-scale socio-ecological questions as well as to validate and to corroborate more general theories. We considered that the constant exchange between these two perspectives provided an exemplar methodological paradigm and consolidated an innovative proposal for simulation in the Social Sciences and Humanities.

The critical mass that *SimulPast* generated (with 63 researchers and PhD students involved from the start of the project plus the new personnel hired specifically by the project, for a grand total at one point of 85 researchers) has been a unique example of a “transversal” project testing the potential for tight collaboration between the Human and Social Sciences (Archaeologists, Anthropologists and Sociologists) and the Formal Sciences (Mathematicians, Logicians and Computer Scientists).



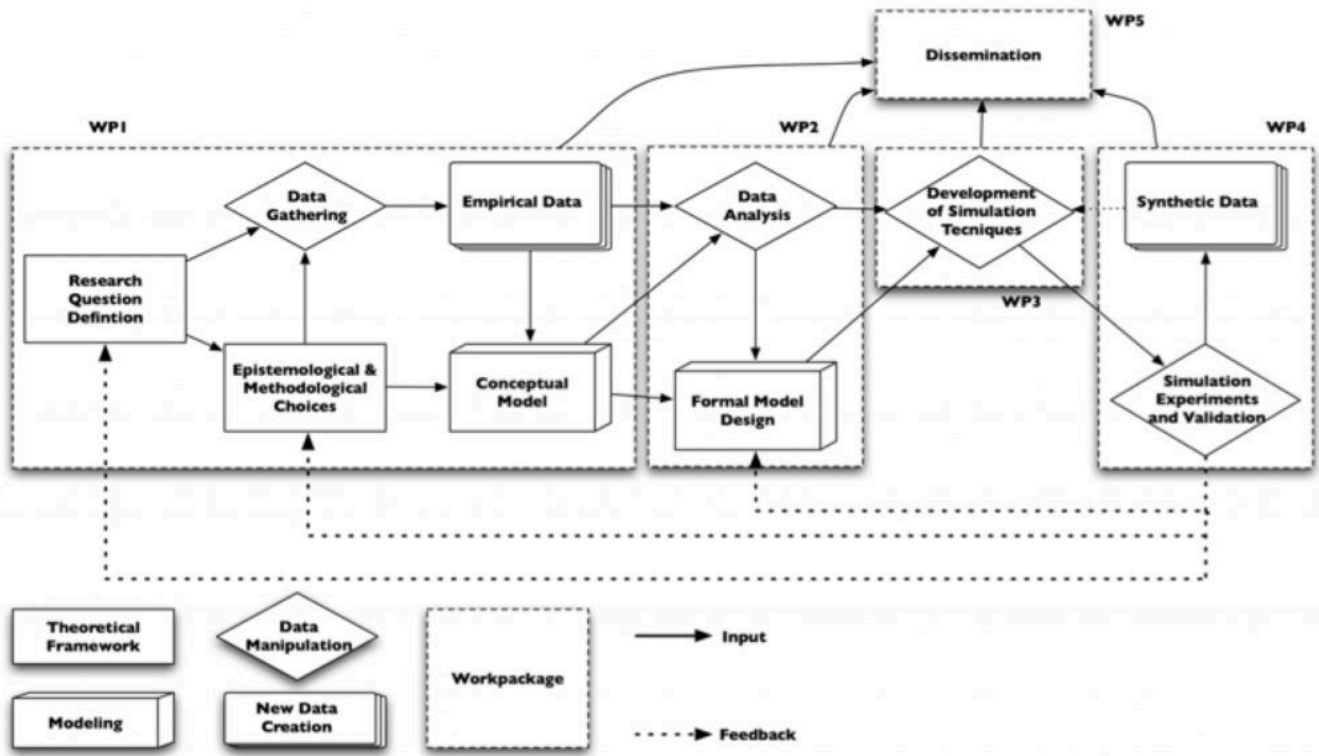
**Figure 1.** Institutions involved in the SimulPast project.

## I. Background and development

---

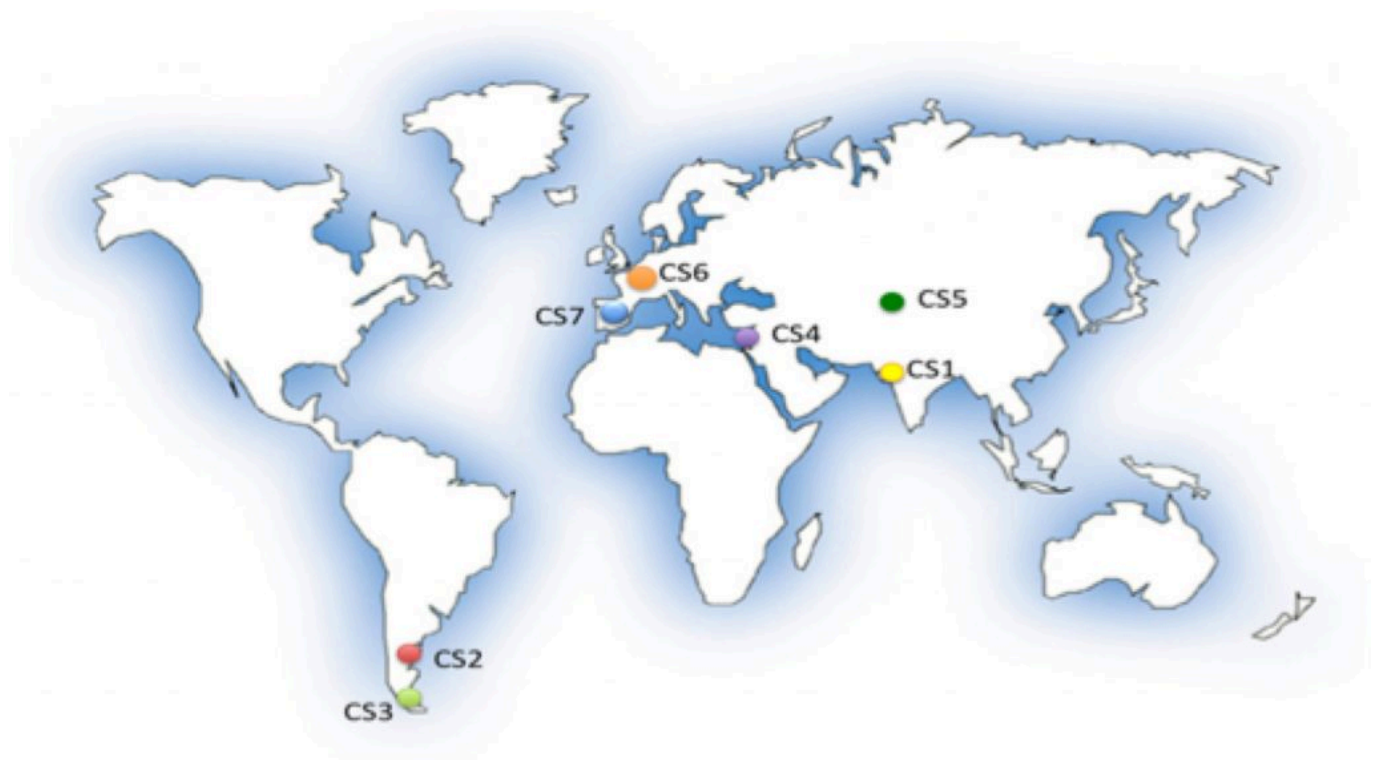
*SimulPast* was developed around five theoretical, analytical and practical areas that were expressed as work packages in the project's organization ([Figure 2](#)):

- WP1 – Data structure/model and problem formulation
- WP2 – Modelling
- WP3 – Simulation
- WP4 – Verification and validation
- WP5 – Dissemination



**Figure 2.** Project's work packages and organization. Data structure/model and problem formulation.

The first step of the project was the definition of a series of specific research problems related to past human behaviour and approached through different case studies (Figure 3).



**Figure 3.** Geographical settings of SimulPast case studies.

CS1: Resources, seasonality and landscape in the Holocene of northern Gujarat (India).

CS2: Emergence of ethnicity in hunter-gatherer societies in Patagonia (Argentina).



CS3: Social cooperation and conflict in late hunter-gatherer societies of Tierra del Fuego (Argentina).

CS4: Exchange networks dynamics in early the near eastern societies (Syria).

CS5: Adaptive systems for resource exploitation in Central Asia (Uzbekistan).

CS6: Origin and spread of agriculture in prehistoric Europe.

CS7: Dynamics of social interactions and adoption of innovation in prehistoric Europe.

These case studies served to test the three non-linear aspects of human societies that were the focus of *SimulPast*:

- Adaptive systems and resource exploitation strategy (CS1 and CS3).
- Emergent properties and social dynamics (CS2, CS4 and CS6).
- Networking and complex interactions (CS5 and CS7).

To facilitate the exchange of data between the diverse groups it was necessary to use a formally controlled process to standardize the encoding and description of the archaeological and simulation data. This process is known as data modelling. In general, four levels of abstraction can be recognized within data modelling:

1. The first of these is observation of reality, which is the range of phenomena we wish to model as they actually exist or are perceived to exist in all their complexity.
2. The second level is the conceptual model, which is the first stage abstraction and incorporates only those parts of reality considered to be relevant to the particular application. A cartographic map is a good metaphor for the conceptual model as a map only contains those features that the cartographer has chosen to represent and all other aspects of reality are omitted. This provides an immediate simplification, though a sense of reality can still be readily interpreted or reconstituted from it.
3. The third level is the logical model, often called the data structure. This is a further abstraction of the conceptual model into lists, arrays, and matrices that represent how the features of the conceptual model are going to be entered and viewed in the database, handled within the code of the software, and prepared for storage. The logical model can generally be interpreted as reality only with the assistance of software, such as by creating a display.
4. The fourth level is the file structure (sometimes called physical structure). This is the final abstraction and represents the way in which the data are physically stored on the hardware or media as bits and bytes.

## 1.1- Modelling

A model of a thing is a representation of such thing in a different context. A model may have more or less characteristics in common with the object: a model railroad is fairly close to a real railroad except in scale, a ship in a bottle is a reproduction of the outward appearance of a ship, but in a completely different functional context. The word “model” describes ways of thinking about a certain subject or problem – as in “Adam Smith’s model of the market”, meaning an understanding of supply, demand and competition in terms of an “invisible hand”, or “the entity/relationship model”, meaning the approach to think about reality in terms of entities and relations between them.

A traditional approach to modelling in the Natural Sciences is the formulation of a problem as a set of complete and consistent mathematical descriptions, which give some insight into the problem the researcher is trying to solve. This, as with all modelling techniques, focuses on the search for answers to the original research questions, simplifying the problem through the elimination of all the unimportant and unrelated topics around

them. If the model is correctly designed, solving the equations will improve the understanding of the problem and, hopefully, validate or invalidate the working hypothesis.

In contrast, the use of models within Engineering has followed a different approach, representing aspects of the real world in an abstract form suitable for computer processing – a technique commonly called conceptual data modelling. The conceptual model for a simulation addresses the simulation's context, how it will satisfy its requirements, and how its entities and processes will be represented. The conceptual model is key to assessing a simulation's validity for any situation not explicitly tested and determining the appropriateness of a simulation (or its parts) for reuse or use with other simulations in a distributed simulation. It is important to note that there are no widely accepted approaches for decomposing the representation of the simulation subject into the entities and processes of a simulation's conceptual model, for abstracting such representation from available information about the subject, or for describing and documenting the simulation's conceptual model.

The search for valid models within the Humanities and Social Sciences has been more problematic. It is considered difficult to create systems able to meaningfully represent human behaviour and interaction (both with the environment as well as other humans). This is the reason why most models remain formulated as verbal constructs or mechanical analogies (e.g. market laws). The major drawbacks of verbal models are the ambiguity of human language and the practicality of validation. In contrast to mathematical modelling, a particular verbal model will raise strong discussion about every concept within it, as it will have different meanings for different researchers, and it will be difficult to explore through objective computer simulation or mathematical analysis. The solution is provided by the definition of a formal model, clean of ambiguities and closer to a mathematical/computer model, and thus capable of being implemented as a simulation. There exist different approaches to this problem (graphs and networks, unified modelling language, ontologies, game theory, logical representation, etc.), dependent on the discipline. Unfortunately, these are often not flexible enough to be useful in problems that encompass widely different research areas or which have not been tested in different knowledge domains.

*SimulPast* has given special emphasis on designing a common formal modelling framework, useful and understandable for all the groups involved. This was possible thanks to the expertise of the project partners in formal modelling from a Computer Science perspective (G9 and G10), but also because the four teams from the Humanities and Social Sciences have been previously working on the development of formal models (G4, G6, G8 and G11).

## 1.2- Simulation

Simulation is akin to an experimental methodology. It is possible to set up a simulation model and then execute it many times, and by varying the conditions in which it is run it is possible to explore the effects of the diverse parameters.

Statistical models (for example, a set of equations) are based on an abstraction from the presumed social processes and the use of data with which to perform the estimation (for example, survey data on the variables included in the equation). The analysis consists of two steps: first, the researcher asks whether the model generates predictions that have some similarity to the data that have actually been collected (this is typically assessed by means of tests of statistical hypotheses); second, the researcher measures and compares the magnitude of the parameters, in order to identify the most significant.

Simulation also involves the development of a model based on hypotheses and supposed social processes. However, while strong resemblances between statistical models and simulation models exist, there are also important differences. In simulation, the model takes the form of a computer program rather than a statistical equation. The simulated data can then be compared with the data collected from the case studies (WP1) to check for similarity/dissimilarity between the prediction of the model and the reality.

Simulation models are concerned with processes, whereas statistical models typically aim to explain correlations between variables measured at one single point in time. We would expect a simulation model to include explicit representations of the processes that are thought to be at work in the social world. In contrast, a statistical model will reproduce the pattern of correlations among measured variables, but will rarely model the mechanisms that underlie these relationships. Nonlinear systems are difficult to study using statistical methods because there is often no set of equations that can be solved to predict the characteristics of the system. The only effective way of exploring nonlinear behaviour is therefore to simulate it by building a model and then running simulations.

The earliest use of simulation techniques in the Social Sciences dates back to the 1960s. Such early work was not widely accepted because most research tried to create predictive models in a deterministic way, an approach that wasn't suited to studies where human behaviour played a key role. Moreover, the lack of objective quantitative data forced the researchers to rely on debatable assumptions, and the methodological framework was weak.

Simulation became a strong research trend within Social Sciences starting from the 1990's ([Gilbert & Troitzsch 2005](#)). This was linked with the emergence of mathematical and computing disciplines such as artificial intelligence ([Russell & Norvig, 2004](#)), complex systems ([Mitchell, 2009](#)) and chaos theory ([Kiel & Elliott, 1996](#)). All of these help the researcher to explore and understand the dynamics of systems where the basic entities execute processes of decision-making and interaction with other entities. This mechanism can produce a chain of events capable of modifying the system and enabling new behavioural patterns to emerge from a bottom-up perspective ([Schelling, 2006](#)), often with chaotic qualities (small variations in the original state can heavily alter the outcomes).

These improved capabilities to model complex and chaotic systems through the addition of decision-making processes are the main reasons why the new simulation tools are better suited to design social science models, than the classical equation-based approach used in other research fields. They explain the rapid increase in the application of these techniques over the last 15 years, with the creation of dedicated scientific journals (e.g. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Artificial Life MIT), the organization of international conferences (e.g. Winter Simulation Conference, World Congress Social Simulation) and the establishment of specialised research centres (e.g. Santa Fe Institute in the USA, Centre for the Evolution of Cultural Diversity in the UK).

In archaeology, the use of complex systems and computer simulation to analyse past events has followed a parallel trend (for an early example see [Doran & Palmer, 1995](#)). A particularly important development has been the integration of archaeological data and landscape reconstruction using Geographical Information Systems in a perspective of computer simulation (for a general view see [Barceló, 2009](#), [Bentley & Maschner, 2003](#)). The G6 and G7 *SimulPast* groups were at the forefront of this process, which is embedded in the structure of the project as a whole.

*SimulPast* focused on three specific non-linear aspects:

- Adaptive systems and resource exploitation strategy
- Emergent properties and social dynamics
- Networking and complex interactions

Therefore, we concentrated in the development and application of four major simulation techniques in support of this focus, and to best utilise the available expertise and data:

- Agent-Based Modelling (ABM)
- Probabilistic Reasoning and Statistical Learning

- Complex network analysis
- Partial differential equations and integro-difference equations

### 1.3- Verification and Validation

Once the results have been collected we need to translate this (sometimes large) volume of data into information suitable to be used in order to verify the entire process and validate hypotheses.

Verification – sometimes called “internal validation”, e.g. by [Taylor \(1983\)](#), [Axelrod \(1997\)](#), [Drogoul et al., \(2003\)](#), and [Sansores & Pavón \(2005\)](#), or “program validation”, e.g. by [Stanislaw \(1986\)](#) and [Richiardi et al., \(2006\)](#) – is the process of ensuring that the model performs in the manner intended by its designers and implementers ([Moss et al., 1997](#)).

The process of verification and validation is particularly crucial when using computer models for scientific purposes. As argued above, computer simulation offers the potential to enhance the transparency, soundness, descriptive accuracy and precision of the modelling process, but it aggravates the difficulty of the verification process. Computer simulation models (and especially agent-based models) are generally complex and mathematically intractable, so making sure that there is no significant disparity between what we think the computer code is doing and what it is actually doing – i.e. verifying the model – is of utmost importance and can be surprisingly challenging:

“You should assume that, no matter how carefully you have designed and built your simulation, it will contain bugs (codes that do something different to what you wanted and expected)” ([Gilbert, 2008](#)).

“An unreplicated simulation is an untrustworthy simulation – do not rely on their results, they are almost certainly wrong (‘wrong’ in the sense that, at least in some detail or other, the implementation differs from what was intended or assumed by the modeller)” ([Edmonds & Hales, 2003](#)).

“Achieving internal validity is harder than it might seem. The problem is knowing whether an unexpected result is a reflection of a mistake in the programming, or a surprising consequence of the model itself. [...] As is often the case, confirming that the model was correctly programmed was substantially more work than programming the model in the first place” ([Axelrod, 1997](#)).

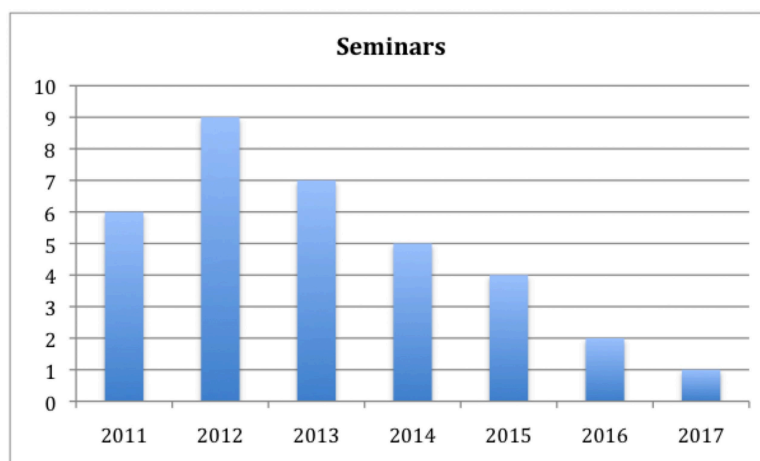
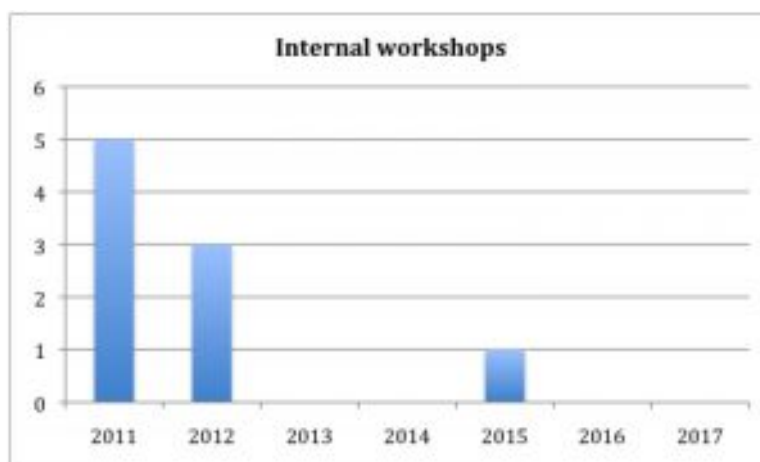
### 1.4- Dissemination

The activities related to dissemination carried out during the 78 months of the project have been many and diverse but they can be generally grouped into internal and external dissemination.

#### Internal

1. The Internal Workshops were conceived as focused moments of discussion among the *SimulPast* members and they were related to specific work packages, or to specific developmental steps in the project.
2. The Internal Reading Groups that aimed at promoting interdisciplinary debate on a specific theme, including the ongoing results of the project. A published work or theme was selected for discussion before each reading group meeting, which was then chaired by the person who suggested the reading/theme.

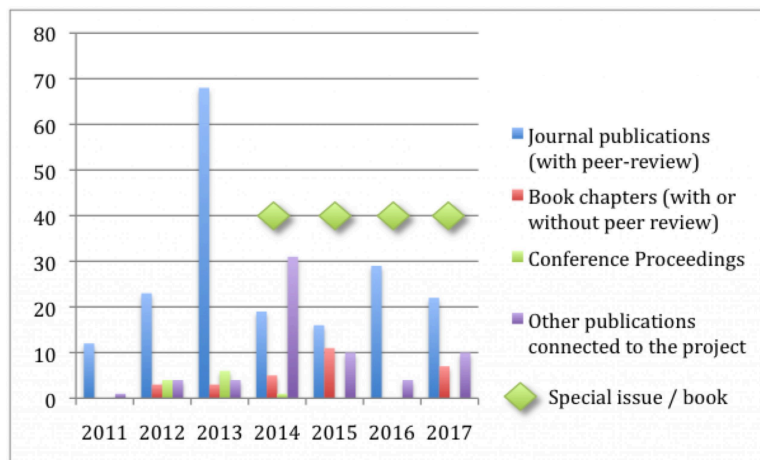
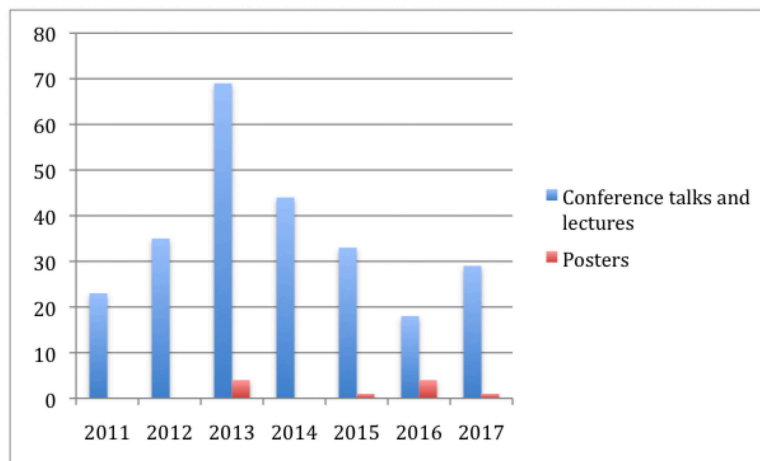
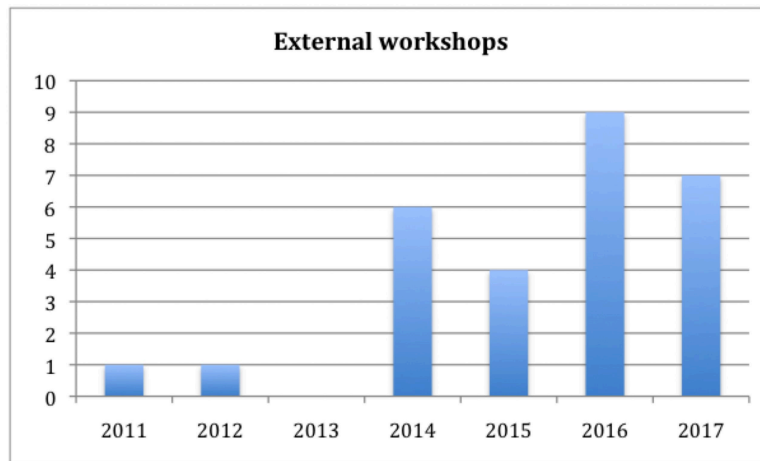
- The Seminars were conceived as working meetings for *SimulPast* members with the aim of exchanging knowledge and opinions, and included discussion of working papers, of transversal topics, definition of a common language, invited talks and lectures, or technical tutorials. Within the Seminars are also listed the Training Events normally organised by *SimulPast* members/groups but open to both project members and external people.



### External

- The External Workshops were organised or co-organised by *SimulPast* members but also had the participation of external researchers and in some cases explored parallel research topics of interest for the project. In this category are also listed the organization of sessions in or full international conferences by one or more groups of the project.
- Conference talks, lectures and posters were used to disseminate and discuss with the wider public the results of our research during the various stages of the project.
- The Milestone Publications, these represent the activity related to the publication of project's results related to specific goals, milestones or achievements. The publications are normally in the form of a journal Special Issue or a book.
- The General Publications, these represent all the publications arising from the *SimulPast* dynamics. They might not have been linked to specific original goals and/or milestones but they were nonetheless originating from the project's research environment.

*SimulPast* personnel published a total of 293 papers, book chapters, conference proceedings and other various publications arising from the project work. This production averages 3.75 publications for each month of the project.



## 2. Research advances from the *SimulPast*

The project made advances in a series of methodological challenges that were open or greatly debated within the context of computer simulation in social sciences:

1. The use of computer simulation for theory building versus hypothesis testing, or in other words, exploratory versus explanatory models.
  - a. The project has managed to explore and develop simulation supporting theory building as well as hypothesis testing showing the adaptability of such an approach.
2. Realistic versus abstract simulation.

a. *SimulPast* explored these two realms of simulation approaches and it has been able to make inroads in assessing viability and strength of each one while developing the project's case studies.

3. Model-based versus rule-based. Is the introduction of complex decision-making algorithms and cognitive models useful (and computationally feasible) for understanding cultural processes?

a. The project has been able to develop comparative research on these approaches and made substantial developments on the use of cognitive models. These contributions were crystallized around a methodological debate and three thematic clusters (cultural transmission, resilience, cooperation), which resulted in specific milestone outcomes (Figure 4).

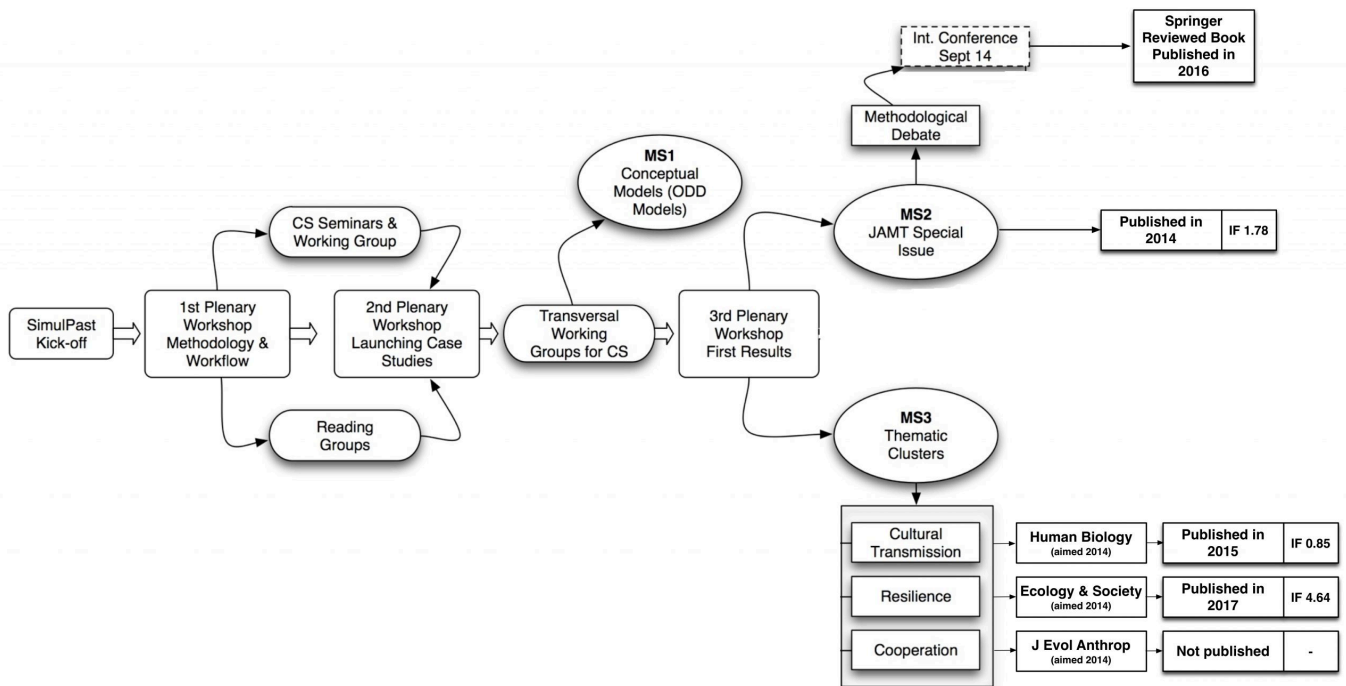


Figure 4. Summary of key indicator for overall project.

Furthermore, more general outcomes were:

1. A better and deeper understanding of the processes of social transformation.
2. Despite the steep increase of the application of computer simulation in many fields over the last 40 years, its impact in archaeology had been minimal. *SimulPast* increased the availability of simple software environments together with publication of models implemented in “accessible” languages. This played a role in changing this situation by widening the community with access to this tool.

And practical ones:

3. Development and validation of new software for social simulation:
  - Pandora, an HPC Agent-Based Modelling framework (<https://www.bsc.es/computer-applications/pandora-hpc-agent-based-modelling-framework>) The impact of this development can be assess in the number of publications and communications based on the used of the library (28 papers/communications – <https://www.bsc.es/computer-applications/pandora/publications>)
  - Cassandra (complementing Pandora), a program developed to analyse the results generated by simulations created with the library. Cassandra allows the user to visualize the complete execution of simulations using a combination of 2D and 3D graphics, as well as statistical figures.

## Bibliography

---

- Axelrod, R. (1997). Advancing the art of simulation in the social sciences. (R. Conte, R. Hegselmann, & P. Terna) *Complexity*, 21-40. Springer-Verlag.
- Barceló, J.A. (2009). *Computational intelligence in archaeology*. Information Science Reference.
- Bentley, R., & Maschner, H. (2003). *Complex systems and archaeology: empirical and theoretical applications*. University of Utah Press.
- Doran, J., & Palmer, M. (1995). The EOS project: Integrating two models of palaeolithic social change. (N. Gilbert & R. Conte) *Artificial societies: The computer simulation of social*, pp. 103-125.
- Drogoul, A., Vanbergue, D., & Meurisse, T. (2003). Multi-agent based simulation: where are the agents? (J. S. Sichman, F. Bousquet, & P. Davidsson). *Multi-agent-based simulation II*.
- Edmonds, B., & Hales, D. (2003). Replication, replication and replication: Some hard lessons from model alignment. *Journal of Artificial Societies and Social*, 6.
- Gilbert, G., & Troitzsch, K. (2005). *Simulation for the social scientist*. Springer-Verlag.
- Gilbert, N. (2008). *Agent-based models (quantitative applications in the social sciences)*. Springer-Verlag.
- Kiel, L., & Elliott, E. (1996). *Chaos theory in the social sciences: Foundations and applications*. University of Michigan, USA.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity. A guided tour*. Oxford University Press.
- Moss, S., Edmonds, B., & Wallis, S. (1997). *Validation and Verification of Computational Models with Multiple Cognitive Agents*. Manchester Metropolitan University, Centre for Policy Modelling.
- Richiardi, M., Leombruni, R., Saam, N., & Sonnessa, M. (2006). A Common Protocol for Agent-Based Social Simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9.
- Russell, S. & Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial – Un Enfoque Moderno*. Pearson – Prentice Hall.
- Sansores, C., & Pavón, J. (2005). Agent-based simulation replication: A model driven architecture approach. In *MICAI 2005: Advances in Artificial Intelligence, 4th Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, Monterrey, Mexico, November 14-18, 2005, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science, pp. 244-253.
- Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and Macrobehavior*. W. W. Norton.
- Stanislaw, H. (1986). Tests of computer simulation validity. What do they measure? *Simulation and Games*, 17, pp. 173-191.
- Taylor, A. (1983). The Verification of Dynamic Simulation Models. *Journal of the Operational Research Society*, 34, pp. 233-242.



# Modelling as interdisciplinarity "in-the-making"

Matthieu Salpeteur<sup>a</sup> y Victoria Reyes-García<sup>bc</sup>

<sup>a</sup> Institut de Recherche pour le Développement, UMR PALOC (IRD-MNHN), 43 rue Buffon, 75005, Paris, France.

<sup>b</sup> Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), 08010, Barcelona, Spain.

<sup>c</sup> Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA), Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain.

## 1. Introduction

---

Within the *Simulpast* project, Case Study 1 (CS1) focused on Northern Gujarat, a semi-arid area of India, where archaeological remains show that hunter-gatherers were present from 10.000 to 4.000 BP, and coexisted during the second half of this time-span with communities practicing agropastoralism. The objectives of CS1 were to understand the respective resilience of these subsistence strategies to environmental changes and to decipher the dynamics of their coexistence – until the disappearance of hunter-gatherer populations. The method chosen for this analysis was agent-based modelling ([Madella et al., 2014](#)).

The team involved in CS1 gathered researchers and students coming from different disciplinary backgrounds including archaeology, computing sciences, and social anthropology. These researchers were hosted in a range of research institutions (CSIC, ICTA-UAB, UPF, BSC), with very heterogeneous knowledge and experience with computer simulation: some were experts, with years of training in the topic, while most of us were actual novices.

The team started by conducting simulations based on climate models and archeological data related to the area to understand potential livelihood options. Climatic data included rainfall and temperature records at different geographical scales (from the whole Indian subcontinent to the Kutch-Saurashtra area) and archaeological data came from four main archaeological sites. As anthropologists, our role in the team was to bring insights about the social dimensions that might be introduced in the envisioned models. Our work was based on the assumption that, despite many changes, some of the livelihood activities conducted nowadays in the area bear some resemblance with activities conducted in the past. Thus, the aim was for us to bring in information that could help making more reality-based, empirically-grounded models. The data expected from us included, on one hand, secondary information from the available ethnographical and historical literature and, on the other hand, first hand observation from fieldwork to be conducted with contemporary populations of mobile pastoralists in Gujarat.

Over the duration of the project, such highly interdisciplinary collaboration led to works that have informed theory in archeology and anthropology alike. For example, the team developed two models, one focusing on hunter-gatherers ([Balbo et al., 2014](#)) and another one focusing on agropastoralists ([Lancelotti et al., 2014](#)). These models allowed us to test hypotheses about the resilience of such livelihoods when facing different kinds of climatic variability. Moreover, these models contributed to the use of quantitative methods in general, and modeling in particular, in archaeology. Work done by the team collaborating in CS1 also brought results pertaining to computer simulation design and methods, as the models developed were also used to test several modelling options, for example about agents decision-making and the use of artificial intelligence (e.g., [Francès et al., 2015](#)). During the whole project, developments were brought to the scientific community through dedicated sessions during conferences (such as the Society of American Archeology, Memphis, TN, 2012).

Besides results directly related to models, work conducted under CS1 also informed current anthropological debates using fieldwork data collected in Gujarat. For example, qualitative and quantitative data collected with

contemporary pastoralists has informed the mechanisms of transmission of traditional knowledge (Salpeteur et al., 2015, 2016) or changes in contemporary pastoral systems (Salpeteur et al., 2017).

But, beyond the team's academic results, we would like to highlight here some lessons learned through the journey together, as such lessons may benefit a wider academic audience involved with similar approaches or broadly involved in interdisciplinary research.

## 2. Model development as a solid ground for interdisciplinary research

A famous anthropologist once wrote that “the methods for collecting and analyzing data belong to all of us” (Bernard, 2006, vii). Implicit in this sentence is that methods could help bridge knowledge from different disciplines, fostering interdisciplinary discussions. This was, indeed, our experience as we learnt the basics of Agent-Based Models (ABM – see Epstein & Axtell, 1996), the selected modeling approach in CS1.

The development of ABM requires to follow some specific rules. This includes introducing variables in the model with parsimony; defining with great details each variable, its associated numerical values -if any-, and its behaviour; and having a good understanding of the potential interactions between variables once the model will be running. These conditions define the potential usefulness of a model, and the future readability of its outcomes (e.g., Grimm et al., 2010). In theory, i.e., written in a methods' manual or in a project's guidelines, these rules seem obvious enough to be easily fulfilled. In practice, however, materializing a model with a social component that follows these rules requires intense team work, hours and days of collective thinking, and the ability to understand each-other across disciplines.

To achieve the development of working and meaningful models within CS1, we had to engage in in-depth conversations across archaeology, computer science and anthropology. We had to think together about the variables we thought were needed in the model and a myriad of details that needed to be considered or discarded. The process, guided by a shared goal, forced participants to go beyond the comfort zone of their own discipline, to engage with the other disciplines and to reach agreement on key model dimensions.

A good example of the kind of discussions we had relates to the notion of “social relations”, something the team discussed in the first stage of model design. All members of the team considered that social relations was a key aspect to be included in the model, as social relations help account for basic social organisation, cooperative behaviour, and potential inter-individual exchanges of food (all factors that affect the likelihood of success of the different livelihood strategies examined, hunter gatherers and agropastoralist). However, many ways to define and model social relations can be imagined, and only one needed to be selected. Would agents belong to specific groups, and interact only with members of their group?, or, on the contrary, would interactions be opportunistic, based on random encounters? If agents were assigned to groups, what would be the size of such groups? Something equivalent to a household? to an extended family? or rather, to a residency cluster? What about trade relations, sometimes on long-distance, as illustrated by archaeological research? Would it be relevant to include them?

After some discussions, the group reached a consensus by choosing the household as the basis of our model, in other words, the «agent» in our ABM. As anthropologists, trained to look for and to value variation in livelihood strategies, we had a hard time seeing the «household» as the best unit of analysis, as there is much variation of what a household can be in ethnographical literature, and the model could not take into account all the details we have been trained to value (e.g., polygamy, household life cycle, alliances). Computer scientists argued that such complexity would make calculations hard and were not convinced that it mattered at large. It took several meetings to define a household that was complex enough to capture the variations highlighted by anthropologists and simple enough to allow computation.

Most of the model design revolved around this type of discussions, as for examples issues related to food gat-

hering and consumption (modelled through energy, not through cultural practices), demographics (modeled through hypothetical birth rates and creation of new households, not through rites such as marriage), or ability to move in the land (modeled considering physical constraints, not individuals own will). The process can roughly be summed up as synthesizing the complexity of social behaviour into rules such as “When agent A meets agent B, then...”. And people from all disciplines need to agree that such rule makes sense and it is useful in the model.

The process was quite demanding from all participants, as it required a great level of open-mindedness, and ability to take distance from own disciplinary background. The result, however, was rewarding as the models that were created were not linked to any particular discipline. Rather, as they emerged from our interactions, they could be placed somewhere in-between our respective expertises.

### **3. What learnings can we highlight from this experience?**

We derive four main lessons from this process. First, ABM revealed themselves as adequate tools for interdisciplinary research. Interdisciplinary projects usually require researchers with different disciplinary backgrounds to be able to understand each other while contributing to reach a common goal with insights from their own epistemological and methodological toolkit. In our case, the co-design of ABM was a process that ultimately allowed us to generate new knowledge. Moreover, this new knowledge is interdisciplinary in nature, as it requires participants to actually define and agree on every detail. The design of the model can be pictured as an arena, where researchers will bring concepts, terminology, hypotheses and understandings from their own disciplinary background. In the design of an ABM, these concepts interplay with concepts from other disciplines to create new knowledge. Importantly, in this process, much of the assumptions that usually remain implicit when working within one’s own discipline have to be made explicit and discussed across all the involved disciplines. Some basic terms and notions that have a well-defined meaning within one field may become unclear when confronted with other disciplines, as illustrated by the example on social relations discussed above. As such, the development of ABM fosters knowledge exchange and mutual understanding across involved researchers, in a particularly efficient way.

The second lesson learned stems from the first: being involved in ABM development is a big challenge, particularly for researchers coming from empirical research fields or backgrounds, where methods to simulate the past or the future are not common. Designing a model to simulate human behaviour is, indeed, a research process different from usual research in anthropology, which is based on detailed and qualitative data, i.e., thick descriptions ([Geertz, 1973](#)), paying much attention to the meaning given by people to their actions, emphasizing the complexity and historically-grounded dynamics of social collectives ([e.g., Ellen, 1999](#)). Far from the type of data anthropologists are trained to collect, ABM development asks for “simplified” social dynamics: only a limited number of dimensions (reduced to variables) can be introduced in the model, in a very controlled way. Thus, the analytical work that is required in ABM design is quite different from usual research in anthropology, and some scholars may not feel comfortable or be convinced by such an approach. ABM development may, indeed, not be suited for all.

The third lesson learned is that such interdisciplinary work requires, not only participation from several disciplines from its very beginning, but also time. Indeed, in our particular case, the collaboration started by sharing readings and knowledge about models and our respective disciplines. A dedicated seminar, called *Ecotono*, was organised from the first months of the project, during which every participant was invited to propose key papers in his/her research field, but on topics that could be of interest to the project. This seminar generated rich discussions about social change, cultural transmission, hunter-gatherer ecologies, computer simulation in social sciences, and others. Through the discussion of seminal papers, we shared conceptual frames, epistemologies, methodologies, and research interests, thus creating a ground that was at the same time common

to the team, and new to each of us – as it was different from our own disciplinary basis. This common ground was a solid basis to start constructing the model together. Indeed, it was only after this first period, that we were able to move forward to the actual discussions about the models to be developed. In sum, it took time (i.e., several months) to construct the mutual understanding that was needed to work together. This is a key, but often neglected, aspect of such interdisciplinary projects. Future applicants or funding agencies aiming at fostering this kind of research should definitely take this aspect into account.

The last lesson we learned through these interactions is that, when such strong new epistemological and methodological bases are put in place, collaborations extend beyond the project. In our case, this is reflected in collaborations in publications beyond CS1 (e.g., [Balbo et al., 2016](#), Reyes-García et al., [2013](#), [2016](#)) and in the organization of workshops and conferences, such as the international conference “Small-scale societies and environmental transformations: Co-evolutionary dynamics” held in Barcelona, in December 2014.

## 4. Conclusion

---

Interdisciplinarity requires a shared knowledge basis, mutual understanding across disciplines, and the co-construction of research questions and methods. The process that enables such exchanges requires time, proper spaces dedicated to discussions and knowledge sharing, and open-mindedness from participants. As we experienced it during the Simulpast project, ABM design appears as a particularly interesting tool in this regard. We believe this explains why the Simulpast project was such a rich research experience, for us, social anthropologists.

## References

---

- Balbo, A. L., X. Rubio-Campillo, B. Rondelli, M. Ramírez, C. Lancelotti, A. Torrano, M. Salpeteur, N. Lipovetzky, V. Reyes-García, C. Montañola, and M. Madella. (2014). “Agent-Based Simulation of Holocene Monsoon Precipitation Patterns and Hunter-Gatherer Population Dynamics in Semi-Arid Environments.” *Journal of Archaeological Method and Theory* 21(2), pp. 426–46.
- Balbo, A., E. Gómez-Baggethun, M. Salpeteur, A. Puy, S. Biagetti, and J. Scheffran. (2016). “Resilience of Small-Scale Societies: A View from Drylands.” *Ecology and Society* 21(2).
- Bernard, H. Russell. (2006). *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. Fourth edition. Walnut Creek, CA: Altamira Press.
- Ellen, R. (1999). “Forest Knowledge, Forest Transformation: Political Contingency, Historical Ecology and the Renegotiation of Nature in Central Seram.” Pp. 131–57 in *Transforming the Indonesian Uplands: Marginality, Power and Production*, edited by T. Li. Netherlands: Harwood Academic Publishers.
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. Cambridge & Washington, DC: MIT Press & Brookings Institution Press.
- Francès, G., X. Rubio-Campillo, C. Lancelotti, and M. Madella. (2015). “Decision Making in Agent-Based Models.” pp. 370–78 in *Multi-Agent Systems*. Vol. 8953, Lecture Notes in Computer Science, edited by N. Bulling. Cham: Springer International Publishing.
- Geertz, C. (1973). “Thick Description: Toward an Interpretive Theory of Culture”, in Geertz C., *The Interpretation of Cultures: Selected Essays*, New York: Basic Books, pp. 3–30.
- Grimm, V., U. Berger, D. L. DeAngelis, J. G. Polhill, J. Giske, and S. F. Railsback. (2010). “The ODD Protocol: A Review and First Update.” *Ecological Modelling* 221(23), pp. 2760–68.

Lancelotti C., X. Rubio-Campillo, M. Salpeteur, A.L. Balbo and M. Madella. (2014). "Testing the resilience of agro-pastoralists communities in arid margins through ABM". In Amblard M., Barcello and Madella, *Advances in Computational Social Science and Social Simulation*, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. <http://ddd.uab.cat/record/125597>.

Madella, M., B. Rondelli, C. Lancelotti, A. Balbo, D. Zurro, X. Rubio-Campillo, S. Stride. (2014). "Introduction to simulating the past". *Journal of Archaeological Method and Theory* 21(2), 251-257.

Reyes-García V., M. Gueze, A. C. Luz, M. Macia, M. Orta-Martínez, J. Paneque-Gálvez, J. Pino, X. Rubio Campillo. (2013). "Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society". *Evolution and Human Behaviour* 34, pp. 249-257.

Reyes-García, V., A. L. Balbo, E. Gómez-Baggethun, M. Gueze, A. Mesoudi, P. Richerson, X. Rubio-Campillo, I. Ruiz-Mallén, S. Shennan. (2016). Multilevel processes and cultural adaptation: Examples from past and present small-scale societies. *Ecology and Society*. 21 (4), 2. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss4/art2/>. (Special Issue: Small Scale Societies and Environmental Transformations: Co-evolutionary Dynamics. Madella, M. and Reyes-García V., ed.).

Salpeteur, M., H.R. Patel, A. L. Balbo, X. Rubio-Campillo, M. Madella, Ajithprasad P., and V. Reyes-García. (2015)9. "When Knowledge Follows Blood. Kin Groups and the Distribution of Traditional Ecological Knowledge in a Community of Seminomadic Pastoralists, Gujarat (India)." *Current Anthropology* 56(3), 471-83.

Salpeteur, M., H.R. Patel, J.-L. Molina, A.L. Balbo, X. Rubio-Campillo, V. Reyes-García, and M. Madella. (2016). "Comigrants and Friends: Informal Networks and the Transmission of Traditional Ecological Knowledge among Seminomadic Pastoralists of Gujarat, India." *Ecology and Society* 21(2), 20.

Salpeteur, M., M. Madella, H.R. Patel, and V. Reyes-García. (2017). "Adaptation, Access to Resources and Mobility: From Contemporary Pastoral Systems to Ancient Societies." *Nomadic Peoples* 21(2), 191-213.



# Simulating the past. Un modelo distribuido sobre etnogénesis y diversidad cultural

Juan A. Barceló<sup>a</sup>, Maria Florencia Del Castillo Bernal<sup>b</sup>, Francesc J. Miquel Quesada<sup>c</sup>, Xavier Vilà<sup>d</sup>, David Poza<sup>e</sup>, Ricardo del Olmo<sup>f</sup>, Igor Bogdánovic<sup>a</sup>, Miquel Colobrán<sup>a</sup>, Giacomo Capuzzo<sup>g</sup>, Laura Marni Iriarte<sup>a</sup> y Neus Isern<sup>h</sup>

<sup>a</sup> Dept. de Prehistoria. Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>b</sup> INSTITUTO PATAGÓNICO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS -CONICET - CENPAT. Argentina.

<sup>c</sup> Dept. Sociología. Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>d</sup> Dept. d'Economia i Ha. Econòmic. Universitat Autònoma de Barcelona.

<sup>e</sup> [INSISOC](#). Universidad de Valladolid.

<sup>f</sup> [INSISOC](#). Universidad de Burgos.

<sup>g</sup> UNIVERSIDAD LIBRE DE BRUSELAS (Bélgica). Faculty of Science. Laboratory of Anthropology and Human Genetics.

<sup>h</sup> Dept. Física. Universitat de Girona.

La identidad étnica es una de las múltiples formas de la identidad colectiva, y se adscribe según unos criterios variables pero concretos a un grupo de personas que se consideran a sí mismas, y son consideradas por otras personas, como verdaderamente diferentes. Entre las principales propiedades de esa diferencia cabe mencionar una herencia que se supone común y unas características *culturales* específicas, compartidas entre los y las integrantes del grupo. La emergencia de esa forma de identificación es la consecuencia de diferentes procesos históricos y mecanismos sociales que actúan en el seno de las redes de interacción. La etnicidad no es una realidad ontológica, sino epistemológica – no es un objeto en el mundo, es una perspectiva sobre el mundo.

La Arqueología ha abordado este estudio desde los inicios mismos de la disciplina. De hecho, el concepto mismo de “eticidad” y de “semejanza cultural” se ha utilizado como explicación global de las semejanzas y diferencias apreciables en el registro arqueológico. Aún hoy en día, trayectorias históricas de mayor o menor continuidad se encierran en bloques delimitados, definidos por la presencia de determinada recurrencia presuntamente “cultural” y cuya función “étnica” se considera subjetivamente evidente. La misma dirección han tomado recientemente los estudios sobre variabilidad del ADN mitocondrial y otros marcadores biológicos, con una fuerte insistencia en la identificación de patrones geográficos en la diversidad genética y fenotípica de las poblaciones prehistóricas, proclamando la existencia de una variabilidad genética en el pasado que se sostiene sobre las mismas bases que la variación cultural observada en el presente.

Quizás sea la inercia académica la que ha conservado algunos de los aspectos “narrativos” de las viejas tradiciones histórico-culturales, habiendo variado el fondo de lo narrado. Pero el hecho de perpetuar una narrativa caduca confunde más que ayuda y nos hace ver que nada ha cambiado. Nuestro objetivo fue, desde sus inicios, replantear la manera cómo se ha abordado en Arqueología el tema de la diversidad cultural y de la etnogénesis. Ante los sesgos de todo tipo de los enfoques usuales, iniciamos un análisis crítico en profundidad y nos replanteamos la metodología a seguir.

Empezamos a trabajar en estos temas en 2004, especialmente en relación a nuestros trabajos arqueológicos en Patagonia. En un primer momento y para superar esa narratividad subjetiva, usual en muchos trabajos arqueológicos, abordamos la investigación en términos formales y rigurosos, a partir de las herramientas propias de la arqueología cuantitativa: el análisis estadístico multidimensional y la geoestadística. Por un lado, el uso de coeficientes de similitud y técnicas de clasificación no-lineal nos permitía abordar el estudio de la “semejanza/

diferencia” entre objetos arqueológicos en un sentido “politético” que entroncaba perfectamente con la definición que diera Bourdieu a la noción de *habitus* para estudiar la semejanza “cultural”. Por otro lado, técnicas de geoestadística, basadas en la detección de autocorrelación espacial y anisotropía, así como la detección de puntos atractores/repulsores en el espacio geográfico por medio de algoritmos de interpolación espacial nos permitió abordar de una manera ciertamente innovadora, el concepto mismo de “frontera”, clave para entender la etnogénesis y la formación de grupos “culturales” o “étnicos”.

Desde un inicio, identificamos como uno de los principales problemas la herencia de la arqueología histórico-cultural, fundamentalmente en el uso de la ecuación *unidad tipológica = unidad cultural = grupo/colectivo = grupo étnico*. Así se han generado clasificaciones materiales para descubrir presuntos *límites culturales*, como sustitutos de grupos étnicos. Nuestro planteamiento partía de la consideración de que la tan frecuentemente utilizada tipología de artefactos no puede ponerse en relación directa con los procesos sociales de diferenciación cultural, ya que en las tipologías la subjetividad del investigador impone agrupaciones que nunca existieron en el pasado. El problema no está en el concepto de *similitud*, ya que la etnicidad se expresa en términos de semejanza cultural. Ahora bien, lo que el arqueólogo o arqueóloga percibe como *semejante* no tiene por qué ser lo mismo que en el pasado se percibió como semejante, es decir que el criterio de semejanza aplicado hoy no es el mismo criterio significativo que en el pasado. Por ese motivo, si pretendemos determinar grupos de personas que se *sentían* más semejantes entre sí que con personas de otros grupos, debemos adoptar métodos de análisis de semejanza que sean objetivos. La estadística y las ciencias de la computación nos ofrecen esos métodos. Nuestra innovación consistía en aplicar métodos de análisis novedosos, basados en la investigación reciente en inteligencia artificial y aprendizaje automático ([Barceló, 2009](#)).

Por esas mismas fechas, empezaron una serie de reuniones de trabajo en la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) entre miembros de grupos de investigación en sociología analítica, teoría económica, computación distribuida, antropología y arqueología cuantitativa. En esas reuniones se presentaron algunos elementos iniciales de nuestro trabajo, en especial el uso de redes neuronales como método alternativo de clasificación y de interpolación espacial.

Fruto del trabajo conjunto y, ya en ese momento, intrínsecamente interdisciplinar, fue la publicación de los fundamentos metodológicos en el ámbito arqueológico, ya que se trataba, en aquel momento de un enfoque novedoso ([Barceló et al. 2009](#); [2010a](#); [Barceló et al., 2010](#) ;[Del Castillo et al., 2010](#)).

En esas reuniones, en un principio informales, conocimos investigadores e investigadoras interesados en temas muy semejantes, pero desde otras perspectivas. Al ampliar nuestros referentes, sobre todo en aspectos metodológicos, empezamos a pensar en la conveniencia de una red de intercambio a nivel nacional, que cristalizó en el proyecto “EconoSocioFísica”, coordinado desde la Universidad Carlos III de Madrid. La reunión de septiembre del 2009, organizada por nosotros (Dept. de Sociología y Dept. de Prehistoria de la UAB) fue especialmente relevante. A diferencia de un congreso científico al uso, las presentaciones eran ideas de proyectos a la búsqueda de metodologías. De las discusiones en esa reunión surgió un grupo de trabajo inicial formado por prehistoriadores/sociólogos/ economistas/informáticos, con la idea bien clara de trabajar en el ámbito de una “sociofísica” de la etnicidad en Patagonia.

Especialmente importante en nuestra investigación es la explicación de los mecanismos de interacción social, esto es, cómo la gente se puso en contacto con otra gente, intercambiando información de manera colectiva y modificando su actividad como consecuencia de la actividad de otros grupos humanos. Por el énfasis en las dinámicas de interacción social decidimos utilizar la metodología de Modelización Basada en Agentes (ABM) como una forma de construir una sociedad artificial. Estos sistemas son efectivos para la representación de la interacción entre agentes y para comprender los comportamientos emergentes de estas interacciones de los sistemas sociales complejos a través del tiempo. La participación de ingenieros de la Universidad de Burgos y del INSISOC (Ingeniería de los Sistemas Sociales) en el grupo de trabajo nos permitió abordar los modelos ABM en tanto que herramienta muy importante para observar y registrar la conducta posible de una activi-



dad social explorando con modelos abstractos y simplificados de los sistemas sociales, validados a partir de la comparación de los resultados de la simulación con el registro material disponible. De este modo, el pasado se hace accesible a través del filtro de una imitación construida por razonamiento inverso, es decir, a partir de los efectos materiales observables de las acciones humanas que tuvieron lugar en el pasado y que se han conservado en el presente en el registro arqueológico. No estábamos interesados en crear un programa informático que “imitase” a las bandas de cazadores recolectores, nuestra simulación intenta poner en evidencia los mecanismos que subyacen a la dinámica de la organización social. Los frutos de esta primera colaboración se publicaron en Barceló et al., [2010a](#) y [2010b](#).

En tanto que especialistas en arqueología cuantitativa y en sociología analítica, partíamos de un conocimiento previo de este tipo de modelos y aún de la programación en NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>). Ahora bien, la incorporación de ingenieros-programadores con experiencia práctica en resolver problemas similares, y de sociólogos con interés en la programación de “sociedades artificiales” para experimentar con hipótesis analíticas alternativas, resultó fundamental para el avance del proyecto. Si bien suele decirse que no hay diálogo posible entre ciencias humanas, ciencias sociales y ciencias de la computación, nosotros partíamos de la ventaja de que los especialistas en ciencias humanas y sociales del grupo ya conocían las bases metodológicas y los lenguajes de programación. “Hablábamos el mismo idioma”. Y para aquello que fuese necesario formalizar aún más, disponíamos de un matemático especialista en teoría económica que contribuyó a llenar los posibles huecos en el diálogo.

La experiencia positiva de aquellas reuniones nos llevó a sugerir a otros compañeros/compañeras en arqueología, que trabajaban en temas distintos, pero relacionados en cierto sentido con el nuestro, que intentaran un enfoque interdisciplinario colaborativo semejante. Y así nació el proyecto *Social and environmental transitions: Simulating the past to understand human behaviour*, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, subprograma de proyectos de investigación CONSOLIDER-Ingenio 2010, que formaba parte del VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 (CSD2010-00034/). Durante los 5 años de duración del proyecto (y otros dos años de prórroga), pudimos colaborar con otros grupos de investigación de 11 instituciones distintas, y con especialidades que iban, de la prehistoria, la arqueología, la antropología, a las ciencias de computación, física, sociología analítica, ingeniería e inteligencia artificial ([Caro et al. 2013](#)).

En reuniones informales, los especialistas en prehistoria, antropología, arqueología y sociología abordamos cuestiones teóricas fundamentales, especialmente en epistemología, acerca de lo que significaba construir una “sociedad artificial”. Estos esfuerzos iniciales fueron muy importantes para el desarrollo de las bases teóricas de nuestro proyecto, como pone de manifiesto la tesis doctoral de [Igor Bodganovic \(2011\)](#), de contenido esencialmente teórico sobre el tema de la construcción de la etnicidad, y cuya redacción final coincidió con la discusión teórica inicial del proyecto interdisciplinario.

La inclusión en el marco del proyecto CONSOLIDER conllevó cambios menores en la constitución del grupo de trabajo de nuestro modelo referido a la etnicidad de las sociedades cazadoras-recolectoras de Patagonia. Sucesivas reuniones con nuevos ingenieros especialistas en la programación de modelos basados en agentes nos permitió actualizar el código y resolver problemas y limitaciones de la implementación inicial. Los primeros resultados obtenidos constituyeron parte de la tesis doctoral de [Florencia Del Castillo \(2012\)](#), a la cual siguieron otras publicaciones relevantes (Barceló et al [2014](#); [2015](#); Del Castillo et al., [2013](#); [2014](#)).

Al final del periodo de ejecución del proyecto *SimulPast*, la simulación computacional prevista estaba implementada, y un acceso abierto a dicho código fue asegurado:

- COMSES:
  - <https://www.comses.net/codebases/fl6c9d1c-8c90-42dd-9ef4-d2f5980ac8a8/releases/1.0.0/>
- NETLOGO:

- <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Hunter%20Gatherer%20Survival>

En los años de prórroga del proyecto realizamos un riguroso barrido paramétrico de las distintas variables y factores determinantes (Barceló & Colobrán, 2016; Barceló & Del Castillo, 2020). Al mismo tiempo se trabajó en profundidad aquellas variables sociológicas que nos permiten evaluar los resultados de la simulación, esto es, una medición precisa de la dinámica de la diversidad cultural, en términos de fraccionalización y polarización de sociedades en proceso de separación cultural (Barceló et al. 2019). En esta nueva redimensión del proyecto, la colaboración con especialistas en sociología analítica y teoría económica fue de la mayor relevancia. Igualmente, interesante en la fase de evaluación y contrastación ha sido la implementación alternativa del modelo de etnogénesis y diferenciación cultural usando otra técnica de simulación, redes bayesianas (Barceló et al., 2015).

Desde un inicio, el proyecto tuvo como eje central la simulación de dinámicas sociales en poblaciones cazadoras-recolectoras, usando datos específicos, arqueológicos y etnohistóricos, de Patagonia Continental para su calibración –diseño de escenarios iniciales o *setup*– y validación empírica. Los resultados que se fueron obteniendo nos animaron a ensayar idéntica metodología en otro caso de estudio, la Edad del Bronce en Europa Occidental, un escenario histórico preciso en el que se había contrastado la llegada de una nueva población con una cultura específica –*Campos de Urnas*– que impactó de manera determinante sobre la población original del territorio estudiado. Otra de las tesis doctorales que se desarrollaron a lo largo del proyecto se centró en esos temas (Capuzzo, 2014). Este caso de estudio nos llevó a desarrollar metodologías de análisis geoestadístico y cronoestadístico que hasta ese momento no habían sido necesarias. Al tratarse de un caso de estudio más preciso temporalmente nos vimos obligados a trabajar en detalle los elementos temporales de la dinámica estudiada, así como estimaciones demográficas basadas en datos arqueológicos usando técnicas estadísticas dentro de lo que se conoce como *Event History Analysis* (Barceló et al., 2014; Barceló et al. 2015; Capuzzo & Barceló 2015; Barceló et al. 2016, Capuzzo et al. 2018, 2020). Por otro lado, actualizamos técnicas geoestadísticas para poder analizar con mayor precisión los efectos de la movilidad/sedentariedad de poblaciones en el grado de semejanza/diferencia cultural (Negre et al., 2017; Achino & Barceló, 2018). En esta fase de nuestras investigaciones, finalizado formalmente el proyecto *SimulPast*, continuamos colaborando con alguno de los grupos de dicho proyecto, en concreto con el grupo de investigación en Física de Sistemas Complejos de la Universitat de Girona (J. Fort, N. Isern). Fruto de esa colaboración fue la consolidación de un Grupo de Investigación Reconocido y Financiado por la Generalitat de Catalunya (2017SGR243 Tecnologías Digitales para la Arqueología Social, TEDAS. Investigador Principal, J.A. Barceló), en el que aún perduran y se han consolidado sinergias que se crearon en el momento de creación del proyecto *SimulPast*.

Si contamos desde los inicios de esta línea de investigación, en 2008, cuando nos planteamos la temática y empezamos a experimentar metodologías innovadoras y a buscar contactos con grupos de trabajo interdisciplinarios que convergieron en el proyecto *SimulPast*, hasta el presente, son 12 años de esfuerzo y desarrollo. Lo que hemos aprendido en este tiempo nos ha permitido ir más allá de los resultados propios de un proyecto de investigación y abordar trabajos de síntesis y divulgación sobre arqueología cuantitativa y la aplicación de la simulación computacional en estudios arqueológicos e históricos (Barceló & Bogdanovic 2015; Barceló & del Castillo 2015, 2017; Barceló, 2016, 2017; Barceló & Morell, 2020).

Dado el trabajo previo del que se partía, del conocimiento en materia de matemáticas, lógica y programación por parte de la mayoría de especialistas en arqueología, prehistoria y ciencias sociales, a la cuidada combinación de especialistas en los grupos de trabajo, cabe afirmar que no se produjeron dificultades en el trabajo interdisciplinario. Es cierto que algunas de las primeras implementaciones informáticas resultaban erróneas. Por eso planificamos sesiones de discusión y de análisis de errores con un protocolo muy riguroso de contrastación, en donde se pusieron de manifiesto errores y problemas. Más serios fueron los problemas tecnológicos al final del proyecto, sobre todo, inmediatamente después del fin del proyecto propiamente dicho y cuando explotamos los resultados. En nuestro exhaustivo barrido paramétrico planificamos la repetición de las simu-

laciones con el fin de poner de manifiesto los componentes meramente estocásticos del modelo propuesto. Al generar un mínimo de 30 repeticiones para cada una de las configuraciones de parámetros libres nos vimos obligados a simplificar en exceso el código informático para evitar cuellos de botella en el cálculo de índices. Se demostró que esa estrategia, ideada para maximizar los recursos disponibles, no fue eficaz. Obtuvimos más de 3.5 Tb de datos que iban mucho más allá de nuestra capacidad de procesamiento. Hubiésemos necesitado de cálculos con superordenador, pero la manera como estaban organizados los grupos de trabajo, y el hecho de que ya había concluido la financiación del proyecto, impidió que trabajáramos a fondo con el Barcelona Supercomputing Center para la resolución de esta dificultad.

## Referencias

---

- Achino, K.F., Barceló, J.A. (2018). Spatial Prediction: Reconstructing the «spatiality» of social activities at the intra-site scale». *Journal Of Archaeological Method and Theory*. <https://doi.org/10.1007/s10816-018-9367-1>.
- Caro, J., Zurro, D., Rondelli, B., Balbo, A. L., Rubio, X., Barceló, J. A., Briz, I., Fort, J, Madella, M. (2013). SimulPast: Un laboratorio virtual para el análisis de las dinámicas históricas, *Archeologia e Calcolatori* 24, 265-281. ISSN 1120-6861.
- Barceló, J.A. (2009). *Computational Intelligence in Archaeology*. Hershey, New York: The IGI Group.
- Barceló, J.A. (2010). Sociedades artificiales para el análisis de procesos sociales en la Prehistoria. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*. Vol. 20., pp. 123-148.
- Barceló, J.A. (2016) The Role of Computers to Understand the Past. The case of Archaeological Research. *Information technology* (DeGruyter), 58(2), 104-111. <https://doi.org/10.1515/itit-2015-0034>.
- Barceló, J.A. (2017). Using Computational Methods to Understand the Past in The Present. *Glob J Arch & Anthropol*. 2017; 1(2), 555558.
- Barceló, J.A., Bogdanovic, I. (2015). *Mathematics and Archaeology*. CRC Press.
- Barceló, J.A., Bogdanovic, I., Del Castillo, F., (2010-2011). Etnicidad en la prehistoria neolítica. Un estudio computacional, *Rubricatum, Revista del Museu de Gavà*. vol. 5, pp. 531-539.
- Barceló, J.A., Capuzzo, G., Bogdanovic, I. (2014). «Modeling Expansive Phenomena in early Complex Societies. The Transition from Bronze to Iron Age in Prehistoric Europe». *Journal of Archaeological Method and Theory*.
- Barceló, J.A., Capuzzo, G., Del Castillo, F., Morell, B., Negre, J. (2015). Explaining the Adoption of «Innovations» in Western Europe during Bronze Age: Towards an Agent-Based Simulation. In CAA 2014, 21st century Archaeology F. Giligny, F. Djindjian, L. Costa, P. Moscati, S. Robert (eds.), pp. 623-630. Oxford, ArchoPress, ISBN 978-1-78491-100-3.
- Barceló, J.A., Capuzzo, G., Morell, B., Achino, F., Lozano, A. (2016). The Statistics of Time-to-Event. Integrating the Bayesian Analysis of Radiocarbon Data and Event History Analysis Methods. En *Keep the Revolution Going. Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Edited by S. Campana, R. Scopigno, G. Carpentiero and M. Cirillo. Università di Siena and ArchoPress (ISBN 978 1 78491 337 3).
- Barceló, J.A., Colobrán, M. (2016). «Everything seems possible: Exploring the parametric space of a simulated prehistoric scenario?». Conferencia presentada en la *Roundtable on methodological challenges of modelling complex systems. Computer Applications in Archaeology Conference*. University of Oslo.
- Barceló, J.A., Cuesta, J.A, del Castillo, F., Galán, J.M., Mameli, L., Miguel, F., Santos, J. I., Vilà, X. (2010a). Patagonian Ethnogenesis: towards a computational simulation approach. *Proceedings of the 3rd World Congress on*

Social Simulation WCSS2010 CD-ROM. Kassel: Center for Environmental Systems Research, University of Kassel; pp. 1-9.

Barceló, J.A., Cuesta, J.A., del Castillo, F., Galán, J.M., Mameli, L., Miguel, F., Santos, J. I., Vilà, X. [2010b] Publicado en 2013, Simulating Prehistoric Ethnicity. The case of Patagonian hunter-gatherers. *Fusion of Cultures. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Edited by F.J. Melero, M. Farjas and F. Contreras. Oxford: ArchaeoPress (British Archaeological reports S2494), pp. 137-144.

Barceló, J.A., Del Castillo Bernal, F., I. (2015). *Simulating Prehistoric and Ancient Worlds*. New York/Berlin, Springer Verlag

Barceló, J.A., Del Castillo, F. (2017). «La arqueología y las máquinas para pensar». En *Arqueología Computacional*. Edited by D. Jiménez-Badillo. Mexico: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp.39-50.

Barceló, J.A.; Del Castillo, F.; Mameli, L.; Moreno, E. (2009) The Computer Simulation of Social Dynamics and Historical Evolution. The case of «Prehistoric» Patagonia. In *Social Simulation and Artificial Societies Analysis*. Edited by F.J. Miguel Quesada, Aachen: CEUR-Workshop Vol. 442 (<http://CEUR-WS.org/Vol-442/>).

Barceló, J.A., Del Castillo, F., Del Olmo, R., Mameli, L., Miguel Quesada, F.J., Poza, D., Vilà, X., 2014, «Social Interaction in Hunter-Gatherer Societies: Simulating the Consequences of Cooperation and Social Aggregation». *Social Science Computer Review*, vol. 32 no. 3, 417-436.

Barceló, J.A., Del Castillo, F., Del Olmo, R., Mameli, L., Miguel Quesada, F.J., Poza, D., Vila, X. (2015). Simulating Patagonian Territoriality in prehistory: Space, Frontiers and networks among Hunter-gatherers. In *Agent-based Modeling and Simulation in Archaeology*. Edited by G. Wurzer, K. Kowarik and H. Reschreiter. Springer-Verlag, Berlin-New York. Advances in geographic Information Science. pp. 243-289.

Barceló, J.A., Del Castillo, F., Mameli, L. (2015). The Probabilities of prehistoric events: A Bayesian network. In *Mathematics and Archaeology*. Edited by J.A. Barceló and I. Bogdanovic. CRC Press, Boca Raton (FL), pp.464-484

Barceló, J. A., Del Castillo, F., Mameli, L., Miguel, F. J., & Vilà, X.. (2019). From Culture Difference To A Measure Of Ethnogenesis. The Limits Of Archaeological Inquiry. In M. Saqualli & Linder, V. (Eds.), *Integrating qualitative and social science factors in archaeological modelling*. Berlin: Springer-Verlag.

Barceló, J.A., Del Castillo, F., (2020). When all agents die. Analyzing the “failures” in an agent-based model of human foraging. En *Digital archaeologies, material worlds (Past and Present) Proceedings of the CAA2017 Conference*. Atlanta (USA). Georgia State University.

Barceló, J.A., Morell, B. (2020). *Métodos cronométricos en Arqueología, Historia y Paleontología*. Madrid. Editorial Dextra.

Bodganovic, I. (2011). *La instrumentalizació del passat en el present. La construcció de les identitats collectives dels Balcans centrals en la història de l'arqueologia sèrbia*. Tesis Doctoral. Univ. Autònoma de Barcelona.

Capuzzo, G. (2014). *Space-temporal analysis of radiocarbon evidence and associated archaeological record: from Danube to Ebro rivers and from Bronze to Iron Ages*. Tesis Doctoral. Univ. Autònoma de Barcelona.

Capuzzo, G., Achino, K., Barceló, J.A. (2020), «Ridefinendo il concetto di facies: un approccio quantitativo». En *Facies e culture nell' età del Bronzo italiana?* Editado por J. Danckers, C. Cavazzuti y M. Cattani. Bruxelles-Roma, Istituto Storico Belga di Roma. pp. 93-102.

Capuzzo G, Barceló J.A. (2015). Cremation burials in Central and Western Europe: quantifying an adoption of innovation in the 2nd millennium BC. In: Kneisel J, Nakoinz O, Barcelo J, editors. *Turning Points and Change in Bronze Age Europe (2400 – 800 BC)*. Modes of change – inhumation versus cremation in Bronze Age burial rites. *Proceedings of the International Workshop «Socio-Environmental Dynamics over the Last 12,000 Years: The*

Creation of Landscapes IV (24th-27th March 2015) in Kiel. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie.

Capuzzo G, Zanon M, Dal Corso M, Kirleis W, Barceló J.A. (2018). Highly diverse Bronze Age population dynamics in Central-Southern Europe and their response to regional climatic patterns. PLoS ONE 13(8): e0200709. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200709>

Del Castillo Bernal, F. (2012). *Modelando la Heterogeneidad Étnica y la Diversidad Cultural en Arqueología de Cazadores Recolectores Patagónicos. Aproximaciones desde la Simulación Computacional y los Modelos Basados en Agentes*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

Del Castillo, F., Barceló, J.A., Mameli, L., Moreno, E. (2010). Etnicidad en cazadores-recolectores patagónicos: Enfoques desde la simulación computacional, *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* 12., pp. 35-58.

Del Castillo, M.F., Barceló, J.A., Mameli, L., (2013). «Formalización y Dinámica Social: La Simulación Computacional en Arqueología». *Revista Atek Na* vol. 3, pp. 33-71. (ISSN:1668-1479).

Del Castillo, F., Barceló, J.A. (2013). "Why hunter and gatherers did not die more often? Simulating prehistoric decision making". *Archaeology in the Digital Era*. Edited by Graeme Earl, Tim Sly, Angeliki Chrysanthi, Patricia Murrieta-Flores, Constantinos Papadopoulos, Iza Romanowska and David Wheatley. Amsterdam University Press. (ISBN: 978 90 8964 663 7).

Del Castillo, F., Barceló, J.A., Mameli, L., Miguel Quesada, F.J., Vila, X. (2014). Modeling Mechanisms of Cultural Diversity and Ethnicity in Hunter-Gatherers. *Journal of Archaeological Method and Theory*. <https://doi.org/10.1007/s10816-013-9199-y>.

Negre, J, Muñoz, F, Barceló, J.A., (2017). A Cost-Based Ripley's K Function to Assess Social Strategies in Settlement Patterning. *Journal of Archaeological Method Theory*. <https://doi.org/10.1007/s10816-017-9358-7>



# Conflicto y cooperación social en sociedades cazadoras-recolectoras tardías en Tierra de Fuego (Argentina)

Débora Zurro<sup>ab</sup>, José Manuel Galán<sup>c</sup>, Myrian Álvarez<sup>d</sup>, Jorge Caro<sup>e</sup>, María Pereda<sup>fg</sup>, Virginia Ahedo<sup>e</sup>, Ivan Briz i Godino<sup>ij</sup>, José Ignacio Santos<sup>c</sup> y Luis R. Izquierdo<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Culture and Socio-Ecological Systems research group, Departamento de Arqueología y Antropología. Institució Milà i Fontanals de Investigació en Humanitats – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IMF – CSIC).

<sup>b</sup> Departamento de Humanidades, Universitat Pompeu Fabra (UPF), Barcelona.

<sup>c</sup> Grupo de Investigación INSISOC. Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Dept. de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos.

<sup>d</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CADIC-CONICET).

<sup>e</sup> Grupo de Ingeniería de Organización (GIO). Dept. de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos.

<sup>f</sup> Grupo de Investigación Ingeniería de Organización y Logística (IOL), Departamento Ingeniería de Organización, Administración de empresas y Estadística, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>g</sup> Unidad Mixta Interdisciplinar de Complejidad y Comportamiento Social (UMICCS), España.

<sup>h</sup> Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos (GISC), Madrid.

<sup>i</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CADIC-CONICET).

<sup>j</sup> Associated researcher. Department of Archaeology, University of York. The Kings Manor. YO17EP. York, United Kingdom.

El Caso de Estudio 3 (CS3) constituyó el único caso de *SimulPast* dedicado de forma exclusiva a sociedades cazadoras-recolectoras. Surgió a raíz de la participación en *SimulPast* de un equipo hispano-argentino que llevaba años desarrollando investigaciones etnoarqueológicas sobre sociedades cazadoras-recolectoras en Tierra del Fuego (Canal Beagle, Argentina) ([Álvarez et al., 2009](#)).

En el momento en que se planteó el proyecto, la línea de investigación de dicho equipo giraba en torno a la identificación arqueológica de un evento de agregación<sup>1</sup> ([Zurro et al., 2010](#); [Briz et al., 2012](#)). En el marco de las dinámicas de fusión-fisión propias de los grupos cazadores-recolectores ([Crema, 2014](#)), un evento de agregación se puede definir como una ocasión de fusión extraordinaria de grupos que generalmente desarrollan su cotidianidad de forma independiente ([Hofman, 1994](#)). Dichas coyunturas propician (o se dan con motivo de) toda una serie de dinámicas cooperativas y de normas de reparto –*sharing*– o distribución de recursos ([Conkey, 1980](#); [Enloe, 2003](#)). Así, el grupo de Arqueología contaba con una amplia experiencia en cuestiones de tipo

---

1. La investigación se desarrollaba en el marco de los proyectos “Social aggregation: a Yámana Society’s short term episode to Analyse Social Interaction” The Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, USA. GR7846; “MARS: Marcadores Arqueológicos de Relaciones Sociales: etnoarqueología de cazadores-recolectores en el Canal Beagle”, Ministerio de Ciencia e Innovación, España. HAR2009-06996; “Procesos de agregación social entre las sociedades cazadoras-recolectoras del canal Beagle: nuevas metodologías de análisis”, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina. PIP 0706.

teórico -tanto desde una perspectiva arqueológica como etnográfica- en el análisis de sociedades cazadoras-recolectoras, presentando un gran conocimiento específico en la sociedad Yámana de Tierra del Fuego.

Por otra parte, *SimulPast* contaba con varios grupos expertos en Simulación Social que constituían el apoyo tecnológico a los retos de análisis que el CONSOLIDER planteaba. Concretamente, los investigadores de la Universidad de Burgos, miembros del grupo de investigación en Ingeniería de Organización (GIO)<sup>2</sup> y algunos integrados dentro del grupo INSISOC (Ingeniería de los Sistemas Sociales) de la Universidad de Valladolid, aportan experiencia metodológica en la aplicación del modelado basado en agentes (ABM) en simulación social. Además, los integrantes habían trabajado en modelos de cooperación bajo el enfoque formal de Teoría de Juegos, fundamentalmente mediante modelos teóricos con enfoque evolutivo ([Galán & Izquierdo, 2005](#); [Izquierdo & Izquierdo, 2006](#); [Galán et al., 2007](#)).

En cuanto a la experiencia en investigación transdisciplinar o de colaboración con otras áreas de conocimiento, el análisis de materiales arqueológicos requiere la co-participación constante de expertos de otras áreas de conocimiento en aras de la formación, la mejora de técnicas o la resolución de problemas concretos. Así, la Arqueología necesariamente debe establecer un diálogo continuo con especialistas de diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo, estas colaboraciones no necesariamente implican el diseño de una investigación conjunta, sino que generalmente se establecen como un apoyo subsidiario por parte de estas especialidades a los objetivos arqueológicos. A pesar de haber trabajado aplicando técnicas de cuantificación y de haber colaborado, e incluso participado, en algún pequeño proyecto de simulación social, el grado de implicación y la participación que exigía *SimulPast* suponía entrar en un terreno desconocido.

Por otra parte, el grupo GIO/INSISOC tenía experiencia de colaboración con áreas de conocimiento afines como, por ejemplo, la Economía, pero las colaboraciones con otras Ciencias Sociales y Humanidades acababan de comenzar. En concreto, y pocos meses antes de la solicitud de *SimulPast*, se había iniciado una colaboración piloto del grupo con investigadores de la UAB sobre modelos de etnogénesis ([Barceló et al., 2010a](#); [Barceló et al., 2010b](#)). Esta colaboración surgió a través de los talleres organizados en el seno de los *workshops* de econosiofísica y su financiación mediante redes de excelencia, que posteriormente serían uno de los gérmenes de la Asociación para el desarrollo de los Sistemas Complejos Socio-Tecnológicos COMSOTEC (<http://www.comsotec.org/>).

## 1. La evolución del caso

---

Más allá de las preguntas planteadas en la solicitud original del proyecto (formuladas entonces muy brevemente), la celebración del I Workshop de *SimulPast* en septiembre de 2011 constituyó el escenario en el que se puso en marcha el proyecto y en el que los distintos grupos dieron a conocer sus intereses, inquietudes y expectativas con respecto al proyecto CONSOLIDER.

En nuestro caso, y en dicha ocasión, establecimos dos líneas de trabajo complementarias dentro de la temática de la cooperación: una destinada al análisis del comportamiento cooperativo mediante modelado basado en agentes, y una segunda vinculada a la exploración de los materiales arqueológicos. Se planteó de forma específica dilucidar si la cooperación era un elemento imprescindible para la supervivencia y pervivencia de una sociedad cazadora-recolectora, y se propuso identificar y evaluar su eficiencia. Al mismo tiempo, se pretendía evaluar si esta podría haberse visto intensificada como respuesta a la presencia occidental en el canal Beagle, con los consiguientes cambios en la disponibilidad de recursos que ello hubiera podido ocasionar. El objetivo

---

2. Actualmente el grupo de investigación se encuentra en el proceso de cambio de nombre a Group Of OrganizatioN, Industrial Engineering and Simulation (GOONIES).



consistía en simular el sistema de vida social Yámana, generar “estrés” emulando la llegada europea y observar la respuesta.

En paralelo, se pretendía desarrollar *proxies* de reconocimiento arqueológico de estas prácticas. Estos correlatos materiales de la cooperación permitirían un avance en el campo estrictamente arqueológico mediante la identificación de las pautas y ritmos de consumo (intensidad y/o duración) respecto al aprovechamiento de las ballenas varadas o la explotación de moluscos y la generación de los concheros. Finalmente, se esperaba contribuir al análisis de un evento de agregación mediante el análisis espacial de restos del consumo.

En febrero de 2012, el GSADI -Grupo de Sociología Analítica y Diseño Institucional de la UAB- y parte del equipo de GIO/INSISOC organizaron un curso de modelado basado en agentes y NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>) en la UAB. La participación de algunos de los miembros del equipo de Arqueología en dicho curso, así como varias reuniones en los meses siguientes con F. J. Miguel Quesada (GSADI) permitieron una mayor comprensión de las posibilidades de la simulación basada en agentes y del tipo de preguntas susceptibles de ser formuladas y a las que enfrentarnos. Tras esta primera toma de contacto con los nuevos planteamientos, técnicas y herramientas, se iniciaron las reuniones entre ambos equipos responsables del CS3. Además, el desplazamiento de María Pereda, y posteriormente de Virginia Ahedo, como miembros del grupo GIO a Barcelona durante un tiempo, permitió un contacto y una formación continuada y simultánea de ambos equipos.

A lo largo de estos encuentros, se reorientó la investigación y se reformularon los objetivos, en lo que sería ya un planteamiento común:

- Se sintetizaron gran parte de las preguntas formuladas.
- Se priorizó abordar la evolución y las variables que influyen sobre la cooperación mediante simulación basada en agentes frente a aquellas preguntas ligadas a la materialidad arqueológica.
- Se priorizó abordar la cooperación desde un plano teórico (mediante un modelo *theory building*).
- A partir del replanteamiento de los objetivos y de la metodología de trabajo, se utilizaron documentos y datos etnográficos para identificar los mecanismos y variables implicadas en los dilemas y las prácticas cooperativas para el diseño de los modelos.
- Se decidió evaluar cómo inciden la distribución de recursos, su disponibilidad y los patrones de movilidad de sociedades cazadoras-recolectoras en la emergencia y mantenimiento de la cooperación social, así como los beneficios sociales que implican las actividades colaborativas.

## 2. Innovación metodológica

---

Los resultados obtenidos permitieron identificar las variables determinantes en la emergencia o mantenimiento de prácticas cooperativas en diferentes escenarios de disponibilidad de recursos. Pudimos evaluar el peso de las estrategias de imitación, pautas de movilidad o acumulación de prestigio social con relación a las prácticas cooperativas (Briz et al., 2014; [Pereda et al., 2014](#); [Santos et al., 2015](#); [Pereda et al., 2017](#)). Todo ello nos permitió adoptar nuevas perspectivas, no sólo sobre esas sociedades fueguinas, sino también sobre cuestiones de nivel macro propias de la Prehistoria, y en términos generales del desarrollo de las sociedades cazadoras-recolectoras ([Zurro et al., 2019](#)).

En la etapa final del proyecto se realizaron otros trabajos adicionales (sobre tecnología y prácticas de normas de reparto) que, si bien no se centraban en el análisis de la cooperación, utilizaban alguna de las herramientas metodológicas implementadas a lo largo de los trabajos previos para abordar las cuestiones arqueológicas y antropológicas asociadas (Briz et al., 2018; [Ahedo et al., 2019](#); [Caro & Bortolini, 2019](#) en el [Anexo](#)).

Un cambio fundamental que el trabajo en el caso de estudio impulsó, se produjo en el ámbito metodológico y

de conceptualización general de la simulación social. El diseño de modelos teóricos basados en referentes históricos humanos implica la necesidad de una mayor capacidad descriptiva –como consecuencia de la contextualización– en comparación con modelos abstractos sólo centrados en mecanismos. Del mismo modo, estos modelos contextualizados implican la incorporación de una mayor complejidad paramétrica. Estos siguen siendo modelos teóricos, pero su exploración tanto analítica como computacional se hace más difícil debido a su mayor complejidad.

Este reto interdisciplinar supuso el desarrollo y combinación del modelado basado en agentes junto con el uso de diseño de experimentos y técnicas de aprendizaje automático, ya que la obtención de soluciones cerradas para hacer inferencia con los modelos resulta prácticamente imposible con un espacio de parámetros amplio y relaciones funcionales complejas.

Además, la exploración computacional también presenta una alta complejidad, ya que el número de combinaciones posibles de parámetros adquiere una gran magnitud. Se adoptaron fundamentalmente dos tipos de medidas para afrontar este problema: por un lado, se amplió la capacidad de cómputo destinada a la investigación acudiendo a la Red Española de Supercomputación (RES), en nuestro caso, utilizando el supercomputador Altamira –perteneciente al Instituto de Física de la Universidad de Cantabria– que dispone de 158 nodos. Por otro lado, se utilizaron técnicas para una exploración más inteligente de cómo influyen los parámetros en el modelo, aspecto necesario para posteriormente discutir los resultados con los especialistas en el campo de aplicación. En los modelos más complejos, el análisis se hizo en dos fases: una fase inicial de exploración y una fase de intensificación de la búsqueda. Inicialmente se recurrió al muestreo por hipercubo latino para optimizar el tiempo de computación de la fase de exploración. Con estos resultados se ajustó de forma inductiva un metamodelo de aprendizaje supervisado, en el que los parámetros de la simulación muestreada son el *input* del modelo y el *output* la variable de interés en el modelo (el nivel de cooperación alcanzado, etc). Dado que las relaciones que mapean ambas variables pueden ser muy complejas, se recurrió a técnicas no paramétricas, convenientemente flexibles, como por ejemplo los *random forest* (Breiman, 2001).

El ajuste de este metamodelo es útil por varias razones, destacando especialmente entre ellas el que permite hacer análisis de importancia de las variables, en este caso, de los parámetros de la simulación. Haciendo este tipo de análisis de sensibilidad se pueden identificar qué variables apenas influyen en la respuesta (y por tanto su exploración exhaustiva en la fase de intensificación es innecesaria), y qué variables son muy relevantes en la respuesta y en las que por consiguiente hay que focalizar el máximo esfuerzo computacional de la segunda fase.

Esta metodología combinada de uso de modelado basado en agentes y aprendizaje automático se utilizó en varios trabajos y dio como resultado también una publicación específica (Pereda et al., 2017). Dada su novedad y potencial aplicación, María Pereda impartió en Barcelona un curso sobre esta metodología a otros nodos y grupos del proyecto, y a modeladores de otros campos en general.

La producción del caso de estudio finalizó con 7 artículos en revistas internacionales indexadas, 1 publicación de divulgación, la publicación de unas actas en línea, 4 comunicaciones nacionales y 7 en congresos internacionales (contabilizamos tan sólo trabajos en los que participó personal de ambos grupos, ver ANEXO). Relacionada estrechamente con las nuevas dinámicas y metodologías de trabajo, se leyó una tesis doctoral titulada *Normas de reparto de recursos y generación de desigualdad en sociedades de pequeña escala: un estudio mediante simulación computacional basado en evidencias etnográficas cualitativas* el 15 de Septiembre de 2017 en Sociología (Caro, 2017). En la actualidad, Virginia Ahedo está desarrollando su tesis doctoral *Análisis de datos etnográficos, antropológicos y arqueológicos: una aproximación desde las Humanidades Digitales y los Sistemas Complejos*, en colaboración directa con todos los grupos de trabajo, y con financiación obtenida del Fondo Social Europeo a través de un contrato predoctoral de la Junta de Castilla y León.

Además, se organizaron 7 workshops y/o seminarios de especialización (surgidos del propio grupo a cargo del

CS3, o bien con participación fundamental de integrantes del equipo), a fin de generar eventos de especialización, llevar a cabo una transferencia de metodología y una formación dirigida a las nuevas herramientas empleadas. Asimismo, se solicitó la colaboración de la HRAF –*Human Relation Area Files*–, que respondió afirmativamente ofreciendo un curso en línea *ad hoc* para el proyecto sobre investigación y uso de bases de datos etnográficas.

### 3. Aportaciones de la colaboración

---

La colaboración generó un impacto altamente disruptivo en los propios grupos que cambió en gran medida nuestra forma de entender la investigación. La colaboración con expertos de áreas totalmente ajenas a la propia nos llevó a plantear la investigación no sólo mediante nuevas metodologías, sino también en unos términos inexplorados hasta el momento. Ello nos condujo a una autorreflexión y autocrítica sobre nuestra práctica de la investigación, así como sobre nuestras dinámicas de trabajo.

Planteamos un DAFO –Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades– en torno a las dificultades y aprendizajes vividos a lo largo de esta experiencia, o bien evidenciados por la misma para el grupo de Arqueología y el de Ingeniería ([Figura 1](#)).

#### Debilidades:

- *SimulPast* nos obligó durante un tiempo a invertir esfuerzos en formarnos en planteamientos ajenos a nuestras propias líneas de investigación, que en muchos casos quedaron durante un tiempo relegadas a un segundo plano (posible **debilitamiento del desarrollo de conocimiento frontera en nuestras áreas propio**).
- La formación no solo fue necesaria en los ámbitos de estudio, sino que el trabajo conjunto manifestó también **falta de formación** en algunos aspectos metodológicos a emplear en la ejecución del proyecto.
- La colaboración evidenció una cultura del trabajo en Arqueología en la que la dispersión (el **trabajo simultáneo** en varias cuestiones paralelas, en ocasiones dependientes de la finalización de análisis de materiales) presentaba un protagonismo excesivo, frente a las pautas de trabajo propias al grupo de Ingeniería, con tendencia a enfocar la inversión de trabajo de manera monográfica y abordar los trabajos de forma secuencial.

#### Fortalezas:

- La colaboración nos obligó a **replantear** la propia investigación (no sólo los términos en que se plantea, sino que nos llevó a **explicitar** cada uno de los elementos de la investigación; qué considerábamos un dato, un resultado válido, etc.).
- **Revalorización** del carácter único de nuestra investigación: la experiencia nos permitió entender las enormes posibilidades que los temas de investigación tratados ofrecen para colaborar con otras disciplinas y su potencial para explicar cuestiones a nivel macro (sobre resiliencia, cooperación, comportamiento social, etc.), así como el potencial de las herramientas metodológicas para abordar nuevos planteamientos.
- Formación, experiencia y desarrollo de metodología y perfiles **híbridos**.

#### Amenazas:

- **Dispersión** generada (a nivel individual) al **invertir** esfuerzos en líneas de investigación nuevas y ajenas al propio ámbito de especialización.
- **Dependencia** de colaboraciones para mantener estas nuevas líneas de investigación.

## Oportunidades:

- La colaboración promovió los siguientes puntos:
  - Participación en nuevas dinámicas en el marco de otra **cultura de trabajo**.
  - **Abordaje de problemáticas** inasequibles mediante las metodologías tradicionales propias de las Humanidades y las Ciencias Sociales.
  - **Expansión** tanto de las **posibles líneas de investigación**, como del uso de un amplio rango metodológico.



Figura 1. Análisis DAFO de la colaboración.

## 4. Síntesis

En resumen, nuestra participación nos obligó a una autoevaluación de nuestra praxis, a salir de nuestra zona de confort y a explorar nuevas formas de abordar problemáticas de interés para ambos grupos, que hasta el momento se habían tratado de modo disciplinario y, por tanto, con otro enfoque.

Para el grupo de Arqueología, el uso de modelos formales teóricos nos hizo replantear la forma en que entendemos y explicamos nuestra investigación en Tierra del Fuego, que pasaba de ser el objeto sustantivo de interés a ser un caso de estudio representativo y explicativo de dinámicas sociales generalizadas. El grupo de Ingeniería, por otra parte, se vio obligado a implementar un cambio cualitativo a nivel metodológico frente a los nuevos retos planteados por la investigación conjunta. La colaboración nos llevó a participar en eventos académicos de disciplinas ajenas, a publicar varios de nuestros trabajos en revistas multidisciplinares (ver [anexo](#)) y a llevar a cabo consecuentemente un gran esfuerzo de síntesis dada la necesidad de abordar tanto las dimensiones temáticas como metodológicas de la investigación de forma equilibrada.

Finalmente, la colaboración nos posicionó en una investigación nueva, transdisciplinaria y fronteriza que seguimos desarrollando hoy en día en nuevas colaboraciones y proyectos.

## 5. Referencias

---

- Álvarez M., Zurro D., Briz I., Madella M., Osterrieth M., Borrelli N. (2009) Análisis de los procesos productivos en las sociedades cazadoras-recolectoras-pescadoras de la Costa Norte del Canal Beagle (Argentina): el sitio Lanashuaia. En M. Salemne, F. Santiago, M. Álvarez, E. Piana, M. Vázquez, M.E. Mansur (Eds.) *Arqueología de la Patagonia. Una mirada desde el último confin*. Pp. 903-917. Editorial Utopías.
- Barceló, J.A., Cuesta, J.A., del Castillo, F., Galán, J.M., Mameli, L., Miguel, F., Santos, J. I., Vilà, X. (2010a) Patagonian Ethnogenesis: towards a computational simulation approach. In Ernst, A. & Kuhn, S. (Eds.)(2010). *Proceedings of the 3rd World Congress on Social Simulation WCSS2010* (CD-ROM). Kassel, Germany: Center for Environmental Systems Research, University of Kassel.
- Barceló, J.A., Cuesta, J.A., del Castillo, F., Galán, J.M., Mameli, L., Miguel, F., Santos, J.I. and Vila, X. (2010b) Simulating Prehistoric Ethnicity. The case of Patagonian hunter-gatherers. In CAA'2010 Fusion of Cultures. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 38th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Edited by F.J. Melero and F. Contreras. University of Granada/CAA International.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning* 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- Briz I., Álvarez M., Zurro D., Caro J., Lacrouts A. (2012) La emergencia de las relaciones sociales de cooperación: desarrollo teórico-metodológico desde una etnoarqueología social de grupos cazadores-recolectores. *Boletín de Antropología Americana* 47, 9-29.
- Caro, J. (2017) *Normas de reparto de recursos y generación de desigualdad en sociedades de pequeña escala: un estudio mediante simulación computacional basado en evidencias etnográficas cualitativas*. Universitat Autònoma de Barcelona (GSADI – Grupo de Sociología Analítica y Diseño Institucional, Departament de Sociologia <<http://hdl.handle.net/10803/458617>>)
- Conkey, M. (1980), The identification of prehistoric hunter-gatherer aggregation sites: the case of Altamira (Spain). *Current Anthropology* 21 (5), 609-630.
- Crema, E. R. 2014. A simulation model of fission-fusion dynamics and long-term settlement change. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 385-404.
- Enloe, J. (2003), Food sharing past and present: archaeological evidence for economic and social interaction. *Before Farming: the archaeology and anthropology of hunter-gatherers* 2003/1(1), 1-23.
- Galán, J. M. & Izquierdo, L. R. (2005). Appearances Can Be Deceiving: Lessons Learned Re-Implementing Axelrod's 'Evolutionary Approach to Norms'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 8(3)2. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/3/2.htm>
- Galán, J.M., Latek, M., Tsvetovat, M & Rizi, S. (2007). Axelrod's Metanorm Games on Complex Networks. In *Proceedings of the Agent 2007 Conference on Complex Interaction and Social Emergence*, pp. 271-280. Edited by North, M.J., Macal, C.M. & Sallach, D.L. Argonne: Argonne National Laboratory and Northwestern University.
- Hofman, J. 1994. Paleoindian Aggregations on Great Plains. *Journal of Anthropological Archaeology*, 13: 341-370.
- Izquierdo, S.S., Izquierdo, L.R. (2006) On the Structural Robustness of Evolutionary Models of Cooperation. In: Corchado E., Yin H., Botti V., Fyfe C. (eds) *Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2006*. IDEAL 2006. Lecture Notes in Computer Science, vol 4224, 172-182. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/11875581\\_21](https://doi.org/10.1007/11875581_21).
- Pereda, M., Santos, J.I., Galán, J.M. (2017) A Brief Introduction to the Use of Machine Learning Techniques in

the Analysis of Agent-Based Models. In *Advances in Management Engineering Series: Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. Springer-Verlag, pp. 179-186, doi: 10.1007/978-3-319-55889-9\_11.

Zurro D., Álvarez M., Salvatelli L., Briz I. (2010) Agregación y cooperación social en sociedades cazadoras-recolectoras-pescadoras: un experimento etnoarqueológico en Tierra del Fuego. *Revista de Arqueología Americana* 28, 171-194.

Zurro D., Negre J., Ruiz J, Álvarez M., Briz I., Caro J. (2017) An ethnoarchaeological study on anthropic markers from a shell midden in Tierra del Fuego (Southern Argentina): Lanashuaia II. *Environmental archaeology Special issue* (<http://dx.doi.org/10.1080/14614103.2017.1299961>).

## 6. Anexo

---

### 6.1- Publicaciones:

- Briz i Godino I., Santos J.I., Galán J.M., Caro J., Álvarez M., Zurro D. (2014). Social cooperation and resource management dynamics among late hunter-fisher-gatherer societies in Tierra del Fuego (South America). *Journal of Archaeological Method and Theory* 21, 343-363 (DOI 10.1007/s10816-013-9194-3).
- Briz I., Izquierdo L., Álvarez M., Caro J., Galán J.M., Santos J.I., Zurro D. (2014) Ethnoarchaeology of hunter-fisher-gatherers societies in the Beagle Channel (Tierra del Fuego): ethnographical sources and social simulation. *Revista de Arqueología Americana* 32, 75-98.
- Pereda, M., Caro, J., Zurro, D., Álvarez, M., Briz i Godino, I., Galán, J.M., Santos, J.I. (2014). Robustness of cooperation to movement patterns in a hunter-fisher-gatherer model. F.J. Miguel, F. Amblard, J.A. Barceló, M. Madella (Eds.) *Advances in computational social science and social simulation*. Autonomous University of Barcelona, DDD repository <<http://ddd.uab.cat/record/125597>>
- Santos J.I., Pereda M., Zurro D., Álvarez M., Caro J., Galán J.M., Briz i Godino I. (2015). Effect of resource spatial correlation and hunter-fisher-gatherer mobility on social cooperation in Tierra del Fuego. *PLOS ONE* 10 (4): e0121888 (DOI 10.1371/journal.pone.0121888).
- Pereda M., Zurro D., Santos J.I., Briz i Godino I., Álvarez M., Caro J., Galán J.M. (2017). Emergence and evolution of cooperation under resource pressure. *Scientific Reports* 7, Article number: 45574. doi:10.1038/srep45574.
- Álvarez M., Briz i Godino I., Caro J., Galán J.M. Pereda M., Santos J.I., Zurro D. (2017) Cooperar o no cooperar: esa es la cuestión. Simulación social sobre pueblos originarios de Tierra del Fuego. *La Lupa. Colección fueguina de divulgación científica* 7(10) 16-20.
- Briz I., Ahedo V., Álvarez M., Pal N., Turnes L., Santos JI., Zurro D., Caro J., Galán JM. (2018). Hunter-gatherer mobility and technological landscapes in extreme South America – a statistical learning approach. *Royal Society Open Science* <http://doi.org/10.1098/rsos.180906>
- Ahedo, V., Caro, J., Bortolini, E., Zurro, D., Madella, M., & Galán, J. M. (2019). Quantifying the relationship between food sharing practices and socio-ecological variables in small-scale societies: A cross-cultural multi-methodological approach. *PloS one*, 14(5), e0216302.
- Zurro D, Ahedo V, Pereda M, Álvarez M, Briz I, Caro J, Santos JI, Galán JM. (2019). Robustness assessment of the Cooperation Under Resource Pressure model (CURP): Insights on resource availability and sharing practices among hunter-gatherers. *Hunter Gatherer Research*, 3(3), 401-428.
- Caro, J., & Bortolini, E. (2019). Systematic description and analysis of food sharing practices among hunter-gatherer societies of the Americas. *Hunter Gatherer Research*, 4(1), 113-150.

## 6.2- Comunicaciones en congresos:

- Santos J.I., Galán J.M., Izquierdo L.R., Briz I., Álvarez M., Zurro D., Caro, J. Wave when hale whale: a model of cooperation based on indirect reciprocity. IV Workshop de Econosociofísica. Facultad de Física. Zaragoza, 28-30 Noviembre, 2012.
- Caro, J., Zurro D., Briz i Godino I., Álvarez M., Santos Martín J.I., Galán Ordax J.M., Izquierdo Millán L.I. Aggregation and cooperation as socioeconomic strategies developed by hunter-gatherers in the Beagle Channel. 10th Conference on Hunting and Gathering Societies (CHAGS), University of Liverpool (UK), 25-28 Junio, 2013.
- Pereda M., Caro J., Zurro D., Álvarez M., Briz i Godino I., Galán Ordax J.M., Santos Martín J.I. Robustness of cooperation to movement patterns in a hunter-fisher-gatherer model. SSC'14-Social Simulation Conference, (Barcelona, Spain), UAB, Bellaterra, 1-5 Septiembre, 2014.
- Alvarez M., Briz i Godino I., Zurro D., Caro J., Galán J.M., Santos J.I., Pereda M. Cooperación y agregación social en sociedades cazadoras-recolectoras de Tierra del Fuego. IX Jornadas Binacionales de Arqueología de la Patagonia. Coyhaique, Chile, 20-25 Octubre, 2014.
- Caro J., Zurro D., Álvarez M., Briz i Godino I., Pereda M., Santos Martín J.I., Galán Ordax J.M. Cooperative practices in hunter-fisher-gatherers from Tierra del Fuego: a study on resource visibility and social sharing. Simposio M. Madella, SimulPast: Simulating the Past to Understand Human Behaviour. Society for American Archaeology 80th Annual Meeting. The Hilton San Fco Union Square, San Francisco, USA Fecha: 15-19 Abril, 2015.
- Pereda M., Santos J.I., Briz Godino I., Caro J., Álvarez M., Zurro D., Galán J.M. Influencia de la correlación espacial de recursos y los patrones de movilidad de sociedades cazadoras-pescadoras-recolectoras en la cooperación. Asociación para el estudio de Sistemas Complejos Sociotecnológicos - COMSOTEC 2015, Santander, 9-11 Septiembre, 2015.
- Pereda M., Santos J.I., Galán J.M., Zurro D., Álvarez M., Caro J., Ahedo V., Briz I. The evolution of cooperation under environmental pressure. Workshop on Complex Sociotechnical Systems A COMSOTEC & SocioComplex meeting. Valencia, 8-10 Junio, 2016.
- Zurro D., Caro J., Ahedo V., Álvarez M., Briz I., Pereda M., Santos J.I., Galán J.M. Cooperation in hunter-fisher-gatherer societies in Tierra del Fuego: resource spatial correlation and hunter-fisher-gatherer mobility. How wrong is my model? Empirical challenges in history, anthropology and archaeology. Barcelona, 24-26 Mayo, 2016.
- Zurro D., Pereda M., Briz I., Álvarez M., Caro J., Galan JM., Santos JI., Ahedo V. Cooperation practices allow fighting resource stress episodes. Sharing: The Archaeology and Anthropology of Hunter-Gatherers. Cambridge, 20-21 Septiembre, 2016.
- Ahedo V., Pal N., Turnes L., Álvarez M., Lasa A., Briz i Godino I., Santos J.I., Galán J.M., Caro J., Zurro D. Tree-based and network analysis for the characterization of marine and terrestrial hunter-gatherer societies interactions in Fuego-Patagonia. 3rd Workshop COMSOTEC - Annual Workshop on Complex Sociotechnical Systems. Madrid, 26-28 de Abril de 2017.
- Ahedo V., Caro J., Bortolini E., Zurro D., Galan JM. A cross-cultural multimethodological approach on food sharing practices and its relationship with socioecological variables. Summer School on Complex Socio-Technical Systems. IFISC, Palma de Mallorca. Palma, 4-8 de Septiembre de 2017.

## 6.3- Workshops y seminarios organizados:

- SimulPast Seminar on: *Emergence of Cooperation in Hunter-Gatherers Societies*. Organized by I. Briz (G2) and J.A. Barceló (G6) with the participation of members of G1, G2, G6, G7, G10, G11. Barcelona, Institució

Milà i Fontanals-CSIC. 4/5/6 Julio 2011.

- Netlogo Agent-based Modelling Tutorial, Laboratory for Socio-Historical Dynamics Simulation-UAB (06-08/02/2012) (20 horas).
- Random walks and Lévy flights: a social-science approach, impartido por M. Pereda (Universidad de Burgos), realizado en la IMF-CSIC, Barcelona (25-09/2014) (3 horas).
- Data mining, Simulpast. Realizado en la IMF-CSIC, Barcelona (14-15/10/2015) (14 horas).
- Design Of Experiments for Complex (and complicated!) Models. Organizado por Simulpast e impartido por María Pereda los días 14-15/10/2015 en la IMF - CSIC.
- Nociones fundamentales de estadística para investigación, organizado por Simulpast y CaSEs e impartido por V. Ahedo (3 horas) (7 Junio 2017).
- Co-evolutionary patterns and transition: analysing processes of cultural change in cross-cultural and diachronic contexts (junto a E. Bortolini, V. Ahedo, J. Caro y M. Madella: 9 Junio 2017, Barcelona.

#### 6.4- Tesis leídas y en proceso:

- Jorge Caro. *Normas de reparto de recursos y generación de desigualdad en sociedades de pequeña escala: un estudio mediante simulación computacional basado en evidencias etnográficas cualitativas*. Universidad: Universitat Autònoma de Barcelona (GSADI - Grupo de Sociología Analítica y Diseño Institucional, Departament de Sociologia). <<http://hdl.handle.net/10803/458617>>. Leída el 15 de septiembre de 2017. Co-dirección: Francesc Josep Miguel Quesada y Débora Zurro.
- Virginia Ahedo. *Análisis de datos etnográficos, antropológicos y arqueológicos: una aproximación desde las Humanidades Digitales y los Sistemas Complejos*. Departamento de Ingeniería de Organización. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. (Tesis financiada por una beca predoctoral de la Junta de Castilla y León con cargo al Fondo Social Europeo).



# Challenges and opportunities for the future arising from running an INGENIO-CONSOLIDER project

Marco Madella<sup>abc</sup>

<sup>a</sup> CaSEs Research Group (Complexity and Socio-Ecological Dynamics), Department of Humanities – Universitat Pompeu Fabra.

<sup>b</sup> ICREA Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain.

<sup>c</sup> School of Geography, Archaeology and Environmental Studies, The University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

The development of such a blue sky, innovative and long-term project is not without challenges that can arise from external and internal causes.

External challenges:

- CSIC “financial crisis”
- High bureaucracy for project management

Internal difficulties/problems:

- Coordination of research objectives

The external challenges were fundamentally related to dynamics and occurrences that happened outside the actual project but they have influenced it and are mostly related to the general management of the project. A general non-foreseeable factor that played an important role during the development of the project was that the Spanish National Research Council (CSIC) entered a deep financial crisis at the end of 2012 and, due to serious budgetary problems, the Central Services blocked any expenditure for most part of the year 2013. This meant that the project was not able to carry out hiring or manage the normal expenditures related to such a major undertaking as a CONSOLIDER project. In this sense the project has not been “shielded” from the host institution problems and for such reason suffered delays in its development.

Another factor that created in many instances a certain overburden in terms of administrative work was the extreme bureaucratic approach in the day to day running of the project. An example of such administrative burden that was felt by most PIs as well as the coordinator was the necessity to communicate and receive the approval from the concerned Ministry for each personnel profile that was going to be enrolled in the project (both as participating researcher or as a researcher directly paid with CONSOLIDER funds). This process was creating much extra paperwork for the PIs, the coordinator as well as for the administrative personnel, and it was slowing down the active participation of the different researchers involved in the project.

Part of the high bureaucratic burden was also originated directly by the project coordinating Institution, the CSIC (Spanish National Research Council), specifically in the area of hiring the CONSOLIDER personnel. The CSIC hiring system follows the rules of a state institution with preset hiring channels for contracting within or without the National Agreement Contract (*convenio*) as well as internal procedures with several steps of control (institute administration –*gerencia*– as well as the “*bolsa de trabajo*” with its own committees countersigning the validity of the candidates documents, the Human Resources department centralised in the administration in Madrid, etc). The hiring, therefore, and especially the hiring through the National Agree-

ment Contract (*convenio*), meant an incredibly long time from the moment it was taken the decision of hiring a researcher/technician due to a specific need of the project and the moment the selected person could have actually started her/his contract. Sometime, this delay between the need of hiring and the actual hiring amounted to up to five months. This delay meant that there was not sufficient flexibility to adapt the hiring strategy to the research needs, which are often developing and changing quickly in such a complex project. All hiring therefore needed to be organized well in advance to be sure personnel and research were effectively coordinated but it was difficult to cover arising necessities.

The internal challenges arose mostly from research problems experienced during the development of the project's research lines and the creation of synergies between different groups. A difficulty encountered by the project coordinator (as well as the Scientific Committee) was to be able to maintain the focus of each group participating in the CONSOLIDER project on the project's aims and goals, beyond the focus that the PIs had in relation to each case study and their specific research questions. Fundamentally, the difficulty was in deepening the crosscutting collaboration and overcoming disciplinary and knowledge boundaries. This is why the coordinator activated several and repetitive meetings with the PIs for each research group as well as working meetings, seminars, etc. with all PIs. This strategy partially helped in continuously cantering the attention onto the project's goals (often more theoretical and methodological) than the single case study goals (often more practical and related to interests connected to the specific research line developed within each group). When the project was about half way (end of 2013) it became clear that to be able to maintain the synergies between the groups the project should move from being based on case studies to major, agglutinating research themes.

With this in mind, the case studies were integrated into thematic clusters: Cooperation, Resilience and Cultural Transmission. Each one of these themes brought together different research groups, methodologies and specific problems to be solved. Thus, it was hoped not only to continue the research established in each case study but also to better define common research areas that crossed methodologies and disciplines. Following this new road map, the aim was to transcend any kind of historical particularism (so often affecting historical research), establishing a different scale of analysis and delving into anthropological, sociological or historical questions of a more general («mid-range») type, whose approach represented a real methodological advance for the Sciences Social, and being also of greater interest for the wider scientific community.

Although the foundations for the development of thematic clusters were set in place from the end of 2013, the development of such clusters has proved more complex than expected (both at research and staff coordination levels) due to:

1) The uneven level of advance of the different groups, which was related to:

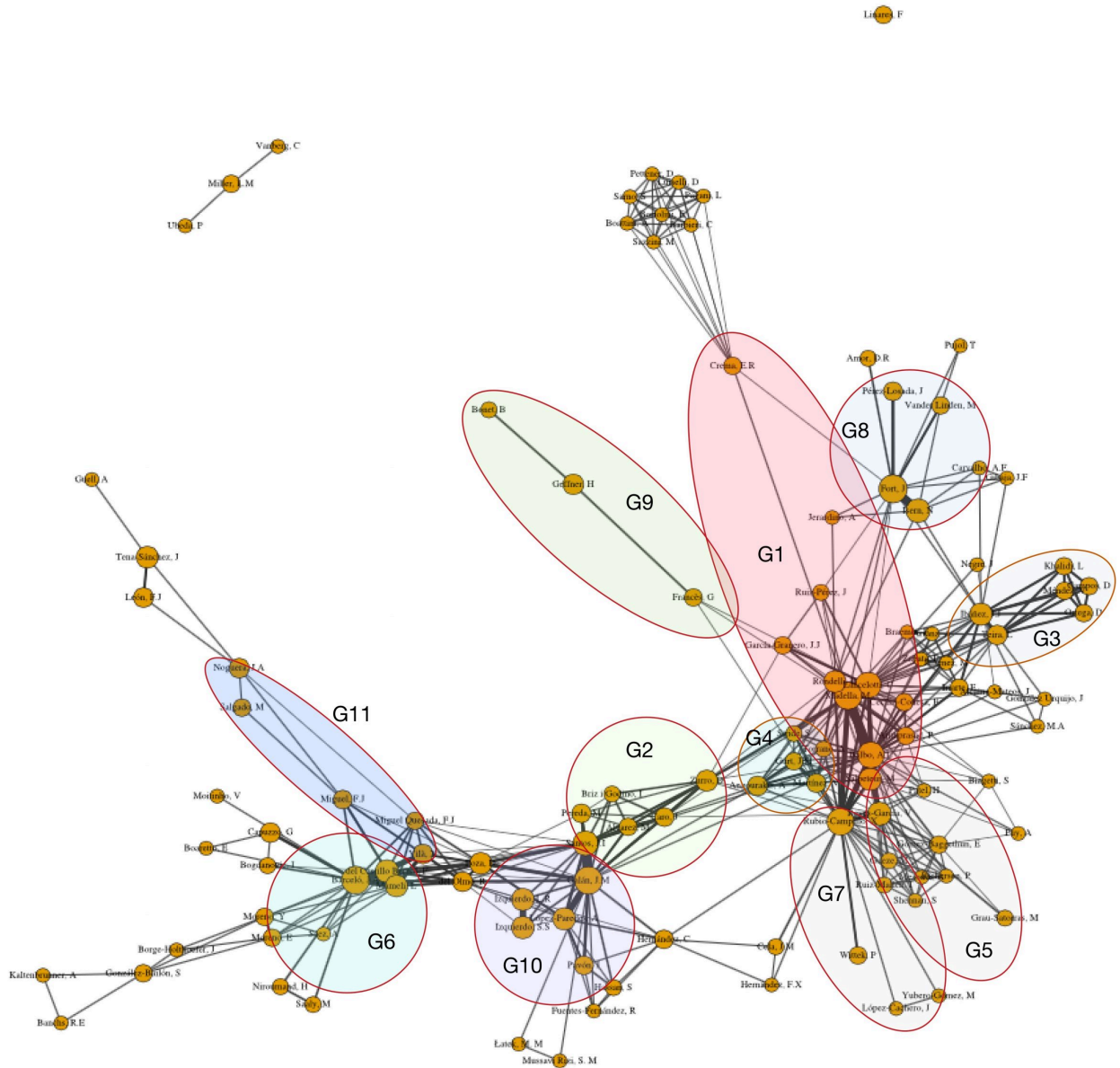
- Personnel moving to different positions as part of the usual dynamics of the academic world. In some groups a number of the contracted researchers opted for semi-permanent or permanent positions in other institutions.
- The transdisciplinary character of the project and the need to enrol hybrid profiles has often made it difficult to find the right personnel. The training of hybrid profiles has also proved difficult. In more than one occasion we have faced the impossibility of co-supervise theses from different departments in different universities due to the current regulation system.

2) The difficulty inherent to certain cases of study, which in some occasions required an intense preliminary work for the elaboration of the database.

From the perspective related to the transdisciplinary development pursued by SimulPast, several researchers were involved during the lifetime of the project. Indeed, almost one hundred personnel, between researchers, technical staff and PhD students took part in SimulPast. Some of the participants have been part of the project for the whole lifetime while others only for a shorter period of time. This meant a continuous interchange bet-

ween disciplines and the creation of a common area of work. To illustrate the level of interconnectivity and to highlight areas of development, we carried out a network analysis of the collaborative publications arising from SimulPast ([Figure 1](#)). These should be taken as representative of the intensity and frequency of collaborative efforts generated by the project. The coloured areas show the concentration of authors according to group, the intensity (thickness) of the connecting lines depends on the number of common publications. It is clear from this analysis that the collaborative dynamics did not develop equally in all groups participating in the project and that a “common ground” for developing a transdisciplinary approach was embraced in different ways by the different PIs.

The “take home message” from the personal experience of coordinating a CONSOLIDER project, and from analysing its dynamics and outcomes, can be articulated on the administrative and scientific levels. From an administrative point of view, projects of such as those of the CONSOLIDER programme, which somehow mirrored the *cooperation projects* of the EU R+D programme, are an important part of an effective state run R+D strategy but they should be allowed higher flexibility in management during their development. The hiring system should be less cumbersome and acquire a level of agility matching the need of research developments and new challenges arising during the project lifetime. A very relevant example is the current pandemic of COVID19 and the research arising from such a situation. A CONSOLIDER project focusing on research on viruses that already running would have had difficulties in its ability to respond and adapt quickly to the new environment and the need of new experiments, setting up new sub-groups and, of course, hiring new personnel. From a scientific level, the coordination of a CONSOLIDER project implied often the reassessment of the single groups dynamics to avoid the groups “spinning off” in directions not specifically covering the project’s goals. A more centralised management of the resources might facilitate maintaining the focus.



**Figure 1.** Network analysis of the publications of the researchers participating to the CONSOLIDER SimulPast project. G1 to G11 correspond to the number of the SimulPast group while each yellow sphere is a researcher (illustration by J. Alcaina).

PARTE VI

PROBLEMAS Y SOLUCIONES: HOJA DE RUTA PARA LA  
PRÁCTICA TRANSDISCIPLINAR



# Problemas y soluciones: Hoja de ruta para la práctica transdisciplinar

A pesar de su potencial, el desarrollo de la colaboración científica transdisciplinar (TDR) no está exento de obstáculos a diferentes niveles. En este último capítulo, presentamos algunas de las principales barreras y ofrecemos diversas recomendaciones y soluciones que puedan servir para impulsar este tipo de investigación científica.

La investigación transdisciplinar presenta además numerosas modalidades, algunas de ellas específicamente relacionadas con la colaboración con agentes sociales y *stakeholders* asociados a políticas públicas. Nos centraremos en este tipo de colaboraciones ya que creemos que llevan incorporadas otras posibles vías de investigación transdisciplinar.

La compartimentalización de la ciencia en disciplinas resulta inevitable y en muchos aspectos beneficiosa. Las diferentes áreas de conocimiento proporcionan límites en el ámbito de estudio, en los parámetros de interés y permiten profundizar en el conocimiento científico. Suponen un punto de partida claramente definido para emprender un proyecto de investigación, con unos conocimientos, metodologías y bases teóricas bien definidos, y así han realizado grandes contribuciones al conocimiento del mundo que nos rodea. Sin embargo, en términos generales, la mayoría de las disciplinas se han mantenido aisladas históricamente, es decir, han funcionado de manera fundamentalmente autónoma ([Diaz-Andreu & Portillo, 2020](#); [Galech, 2020](#)). En la actualidad, y en cierta medida, siguen manteniendo su propia idiosincrasia, cada una con sus propios valores, conocimiento, epistemologías y métodos. Es por ello que las disciplinas se pueden definir como “islas” de ideas y prácticas que comparten una identidad, un propósito y unas formas de trabajo definidas, y que pueden estar más o menos conectadas entre ellas a través de relaciones de cooperación o incluso de conflicto ([Clark et al., 2011](#); [Romanowska, 2020](#)).

Estas dinámicas históricas han generado una estructuración específica no sólo del marco conceptual en el que se desarrolla la actividad científica, sino también de los itinerarios curriculares, de la estructura institucional y académica que materializa las políticas científicas, y de cómo etiquetamos las investigaciones y nuestros propios perfiles en los procedimientos administrativos. Esta compartimentación de la ciencia tiene influencia a varios niveles sobre nuevas dinámicas como la investigación TDR:

- A nivel de planificación y desarrollo, las propuestas TDR suelen requerir de un tiempo adicional para lograr un consenso acerca de los objetivos a plantear, así como para formar al equipo en nuevos conocimientos o metodologías. A su vez, dado generalmente el mayor alcance de los objetivos TDR, suelen necesitar plazos de ejecución superiores. Normalmente, un marco temporal de cinco años, tiempo que supera al habitual en la mayoría de los sistemas de financiación actuales, es el más adecuado para el desarrollo de un proyecto TDR ([Bina et al., 2017](#)).
- En términos de evaluación en las convocatorias de financiación, los comités científicos se suelen constituir de forma efectiva en paneles de revisión organizados de acuerdo con las disciplinas académicas y/o áreas de conocimiento. Las convocatorias actuales obligan a adscribir los proyectos TDR a categorías y áreas de conocimiento cerradas (aún en el caso de poder elegir una segunda área y subárea), lo cual dificulta y ensombrece su evaluación, dificultando la obtención de financiación. Si bien es cierto que, en convocatorias de proyectos coordinados, cuando se presentan proyectos MDR compuestos de varios subproyectos pertenecientes a disciplinas/áreas de conocimiento diferentes, dichos subproyectos suelen ser evaluados individualmente por expertos en su propia disciplina/área de conocimiento, también es cierto que sí que resulta más difícil la evaluación de proyectos que interseccionan disciplinas (IDR,

TDR).

- En la esfera administrativa, los proyectos TDR generalmente no sólo coordinan procesos que engloban varias disciplinas, sino que también suelen ser multiinstitucionales, con la dificultad adicional de sincronizar varias entidades en el ámbito puramente administrativo y burocrático.
- En lo referente a la evaluación de los resultados científicos de los proyectos TDR en el plano individual, cabe destacar que las políticas de recursos humanos en el mundo académico se organizan en base a perfiles disciplinares (ver por ejemplo los criterios de evaluación de perfiles PDI de la ANECA). Además, aunque el trabajo TDR es prometedor, como carrera profesional puede resultar una opción arriesgada, especialmente para el personal docente e investigador joven. Los trabajos resultantes de proyectos TDR suelen tener un mayor número de autores, y el reconocimiento en número de citas suele producirse con cierto retraso respecto a trabajos disciplinares -suelen recibir menos citas en los primeros tres años de su publicación, aunque estas se incrementan significativamente posteriormente ([Wernli & Darbellay, 2016](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#))-, lo cual puede ser un potencial problema a corto plazo, especialmente en las fases iniciales de las carreras científicas.
- Por último, en relación con la educación y formación de perfiles TDR, si bien la comunidad académica sostiene desde hace años que la formación de perfiles TDR puede tener un valor agregado relevante dada su resiliencia, la pregunta sobre la etapa en la que la diversificación de la formación será más efectiva permanece abierta. Por lo general, se sigue considerando que el conocimiento básico de una determinada disciplina es requisito previo a la formación TDR, sin que en la mayoría de los casos los perfiles plenamente orientados a la interdisciplinariedad se diseñen de forma integral.

## I. Hoja de ruta para una investigación transdisciplinar; soluciones y recomendaciones

---

Las instituciones responsables de la creación de políticas científicas (sea a nivel regional, estatal o global) tienen un papel clave en el diseño y desarrollo de proyectos y programas de investigación, así como en la consecución del desarrollo tecnológico y la innovación ([Bocanegra-Barbecho, 2020](#); [La Roca, 2020](#); [Spaapen y van den Akker, 2017](#)).

Es importante que, en los ámbitos de toma de decisiones en políticas científicas, se identifiquen y definan claramente los múltiples términos empleados para referirse a las prácticas colaborativas de investigación que integran a varias disciplinas (MDR, IDR, TDR, ver capítulo 2), ya que resulta fundamental para desarrollar argumentos a favor o en contra de la financiación, la promoción y la evaluación de los programas TDR.

Asimismo, la inclusión de directrices claras en torno a la TDR en las convocatorias de programas y proyectos de investigación ayudaría al personal investigador a elegir la convocatoria más apropiada, y a diseñar y desarrollar el plan de implementación de su propuesta en base a los requisitos de la convocatoria.

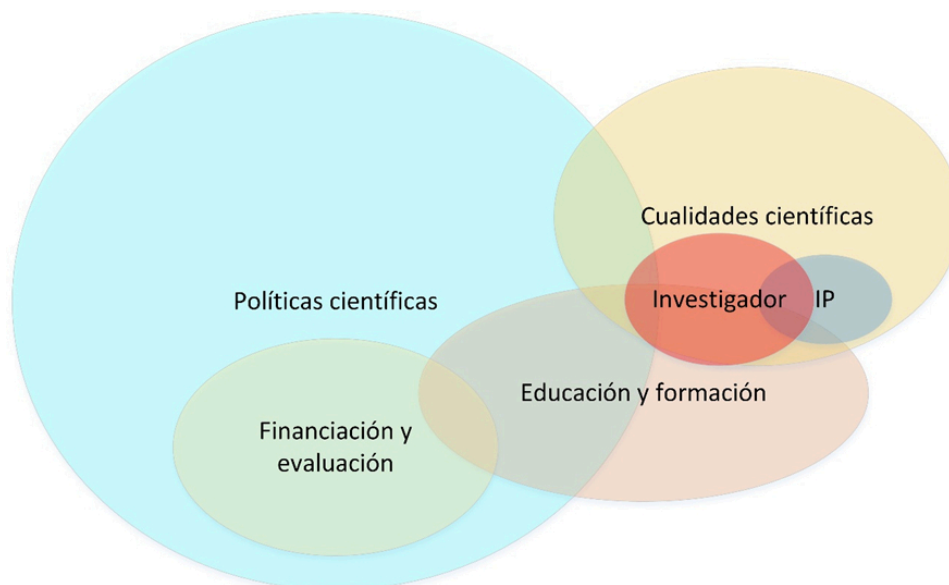
Finalmente, y como aspecto clave, cabe destacar que las entidades financiadoras pueden ayudar a mejorar el proceso de revisión y evaluación de proyectos reformando sus propios mecanismos de revisión y asegurando, dentro de los paneles evaluadores, la representación tanto de la experiencia necesaria en las disciplinas específicas, como de perfiles específicamente TDR.

A pesar de la existencia de directrices en los programas de desarrollo científico, la mayoría de las instituciones académicas alertan de que todavía se encuentran muy lejos de poder ponerlas en práctica plenamente, tanto a nivel teórico como organizativo y de equipamiento ([Bina et al., 2017](#); [Wernli & Darbellay, 2016](#)). Por ello, presentamos a continuación diferentes medidas que se han identificado como posibles impulsoras de la investigación TDR por su potencial para ayudar a superar las problemáticas indicadas. La forma en la que está estructurado



este apartado es la siguiente: en primer lugar, citamos explícitamente el aspecto sobre el que habría que trabajar y a continuación enumeramos las posibles líneas y sugerencias en ese ámbito de actuación ([ver figura 1](#)).

- i. Financiación y evaluación
- ii. Políticas científicas de las universidades y demás instituciones académicas
- iii. Educación y formación
- iv. Cualidades deseables en el IP de un proyecto TDR
- v. Cualidades científicas del investigador TDR



**Figura 1.** Estructura del ámbito de las recomendaciones propuestas

## 1.1- Financiación y evaluación

En relación con los problemas de financiación y evaluación de los proyectos TDR podemos citar las siguientes soluciones ([Clark et al. 2011](#); [Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health](#); [Board on Life Sciences](#); [Division on Earth and Life Studies](#); [National Research Council 2014](#); [Derrick, E.G., Falk-Krzesinski, H.J., Roberts, 2011](#); [Facilitating Interdisciplinary Research, 2005](#); [Burmeister, N. & Abrahamsen, M. T., 2017](#); [Wernli y Darbellay, 2016](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#));

### **Cambio en el modelo de inversiones en investigación:**

- Desarrollar programas de financiación diseñados específicamente para proyectos TDR, enfocados en la resolución de problemas de mayor envergadura, desde una perspectiva más global y transdisciplinar, en lugar de en áreas de conocimiento; a su vez, sería necesario flexibilizar los criterios de las convocatorias existentes (por ejemplo, fomentar propuestas que tengan múltiples investigadores principales, las cuales pueden ser muy útiles para complementar el modelo estándar de financiación de un solo investigador).
- Ofrecer oportunidades de financiación que permitan a los investigadores de diferentes disciplinas desarrollar proyectos piloto; recopilar los datos iniciales necesarios e impulsar los nuevos modelos organizativos o enfoques apropiados para la puesta en marcha efectiva de proyectos TDR.
- La financiación a largo plazo es necesaria para garantizar el progreso y/o el éxito de la investigación TDR, ya que este tipo de proyectos presentan períodos de inicio prolongados, tienen una importante curva de aprendizaje y están expuestos a un mayor índice de riesgo, siendo los tiempos de ejecución

tradicionales de 2/3 años insuficientes.

- Las entidades financiadoras pueden dirigir parte de la financiación a la colaboración mediante viajes, reuniones y otras actividades a través de las cuales los investigadores establecen y mejoran la comunicación necesaria para desarrollar las redes efectivas de colaboración y las estrategias de investigación TDR.

### **Cambios dirigidos a la generación de espacios y expertos en investigación TDR:**

- Brindar apoyo a las universidades y demás instituciones de investigación para que puedan contar con personal especializado, centros acondicionados y el equipo necesario para desarrollar tanto proyectos disciplinares como TDR.
- Proporcionar mecanismos de financiación para que las universidades y centros de investigación puedan colaborar entre sí para abordar conjuntamente los problemas que presentan este tipo de iniciativas.
- Eliminar las barreras administrativas y alentar explícitamente la colaboración entre los sectores académicos y no académicos, así como entre las esferas pública y privada (facilitando la financiación privada) para promover la investigación TDR. Un ejemplo arquetípico sería la colaboración entre universidades, industria y laboratorios, entre otros.

### **Cambios orientados a la evaluación de la investigación TDR:**

- Par reducir la problemática de la evaluación TDR, sería interesante analizar la posibilidad de actuar en dos direcciones: i) la inclusión de expertos TDR en los paneles, como ya se ha mencionado previamente, y ii) incluir criterios de evaluación adicionales ([Balsiger, 2004](#)) más allá de los criterios de impacto y productividad científica tradicionales de la evaluación disciplinar. En ese sentido, [Julie T. Klein \(2008\)](#) propone siete principios en torno a los que podría articularse la evaluación de la TDR: variabilidad de objetivos, variabilidad de criterios e indicadores, aprovechamiento de la integración, interacción de factores sociales y cognitivos en colaboración, gestión y liderazgo, iteración en un sistema comprensivo y transparente y efectividad.

## **1.2- Políticas científicas de las universidades y demás instituciones académicas**

El éxito de las iniciativas TDR depende en gran medida del compromiso institucional. La mayoría de las universidades e instituciones de investigación han desarrollado reformas y planes estratégicos para equilibrar el fortalecimiento de las disciplinas y favorecer la investigación en clave de colaboración TDR. Entre las directrices y recomendaciones ([Clark et al., 2011](#); [Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council 2014](#); [Derrick, E.G., Falk-Krzesinski & H.J., Roberts, 2011](#); [Facilitating Interdisciplinary Research, 2005](#); [Burmeister, N., Abrahamsen, M. T., 2017](#); [Spaapen y van den Akker, 2017](#); [Wernli & Darbellay, 2016](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#)) con el fin de generar redes colaborativas y fomentar el aprendizaje mutuo entre distintos grupos de investigación y distintos segmentos de la sociedad, cabe destacar:

- El desarrollo de asociaciones, redes y programas conjuntos de investigación y transferencia tecnológica. Un ejemplo es la creación de plataformas de colaboración que faciliten la puesta en marcha de asociaciones de diverso tipo entre investigadores con intereses comunes. Tal es el caso de la plataforma Salud Global del CSIC, que integra más de 150 equipos de investigación dirigidos, a través de varios proyectos científicos, a lograr una visión global de la pandemia de la COVID-19, considerando desde la prevención hasta la divulgación.
- La organización de congresos, conferencias, *workshops*, etc.
- Flexibilizar las estructuras burocráticas para eliminar los obstáculos administrativos y de financiación a

los que pueden tener que enfrentarse los departamentos y unidades académicas que trabajen en proyectos TDR.

- Facilitar una organización flexible de los centros, institutos y/o laboratorios, con espacios y equipos reasignables para programas TDR. Para ello, resulta beneficioso el establecimiento de sistemas de afiliación mixta, que garanticen un mejor aprovechamiento de las infraestructuras, a la vez que facilitan la comunicación y el contacto entre investigadores de diferentes disciplinas y departamentos.
- Favorecer el reclutamiento de perfiles TDR, tanto a nivel de estudiantes de posgrado, con potencial para formar parte de los equipos con perfil TDR, como de académicos postdoctorales con experiencia en investigación TDR.
- Destinar un porcentaje de los costos indirectos de los proyectos a apoyar la infraestructura de las actividades de docencia e investigación que cruzan los límites departamentales, de centros y disciplinares.
- Establecer comités asesores institucionales *ad hoc* (constituidos por investigadores que haya desarrollado con éxito programas TDR) tanto para nuevas propuestas TDR, como para trayectorias del personal investigador. Su asesoramiento podría ayudar no sólo a mejorar las propuestas de investigación, sino contribuir al surgimiento de colaboraciones y sinergias entre grupos pertenecientes a la propia institución y/o a otras.

### 1.3- Educación y formación

Idealmente, las instituciones académicas deberían incorporar en sus planes de investigación algunas de las siguientes propuestas para fomentar la TDR ([Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council 2014; Facilitating Interdisciplinary Research, 2005](#); [Burmeister, N. & Abrahamsen, M. T., 2017](#); [Wernli & Darbellay, 2016](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#));

- Desarrollar programas TDR de pregrado basados en problemas de relevancia social e incidiendo en conceptos básicos relacionados con el pensamiento crítico, la historia y la filosofía de la ciencia, las posiciones ontológicas y epistemológicas y los valores científicos ([Galech, 2020](#)).
- Formar en investigación TDR a estudiantes, investigadores postdoctorales y docentes, proporcionando mecanismos tales como promover la formación en disciplinas distintas a las propias mediante estudios y pasantías en diversos campos e instituciones, la realización de ejercicios para combinar enfoques procedentes de múltiples disciplinas ([Prignano & Lozano, 2020](#)) o generando programas de capacitación más amplios que podrían abarcar técnicas de investigación TDR y habilidades de gestión de equipos TDR ([Romanowska, 2020](#)).
- Formalizar la capacitación TDR mediante el reconocimiento de créditos de formación TDR tanto a estudiantes como al personal docente, y asegurar el reconocimiento académico de los trabajos TDR al personal docente/investigador.
- Establecer líneas de trabajo claras y unos criterios de calidad adecuados para la realización de tesis doctorales TDR, tanto sobre aspectos teóricos como metodológicos.

### 1.4- Cualidades científicas del investigador TDR

Las reflexiones acerca de las cualidades propias al investigador TDR ([Bruce et al., 2004](#); [Galech, 2020](#); [Wilthagen, Aarts, & Valcke, 2018](#)), han identificado las siguientes:

- Formación altamente transversal y/o curiosidad y disposición para aprender de otras disciplinas diferentes a las de origen.
- Flexibilidad y adaptabilidad al continuo contexto cambiante de la investigación TDR, incluyendo una gran

resiliencia y capacidad de trabajo en equipo.

- Aceptación del riesgo y la incertidumbre inherentes a este tipo de trabajos.

## 1.5- Cualidades deseables en el IP de un proyecto TDR

La **coordinación y gestión de proyectos y programas TDR** requieren de una especial visión de conjunto tanto a nivel científico como de gestión, así como de una gran capacidad de liderazgo ([Bruce et al., 2004](#); [Spaapen & van den Akker, 2017](#)):

- Alta experiencia en su propia disciplina, así como respeto, interés y conocimiento de las distintas disciplinas involucradas en el proyecto TDR.
- Una visión clara del proyecto en su conjunto y de los objetivos que se persiguen, y una especial capacidad para mantener el balance entre las ideas y metodologías presentes y la apertura a nuevas ideas y metodologías. En el caso de proyectos de desarrollo tecnológico, es importante también conocer las posibles áreas de aplicación de los resultados -esfera pública, ámbito industrial, etc..
- Capacidad de trabajo en equipo, planificación, organización y repartición efectiva de los diversos roles y grados de participación entre las partes involucradas, superando las diferencias entre las diferentes disciplinas, y entre las distintas partes interesadas, tanto académicas como no académicas.
- Actitud proactiva, que facilite las relaciones, el entendimiento y el intercambio de información entre las partes involucradas, así como la resolución de los conflictos que puedan surgir entre las mismas.

## 2. El proceso de investigación TDR

---

El proceso de investigación TDR está compuesto por diferentes fases, cada una de ellas con sus características y problemas propios tal y como apuntan los estudios de ([Cupps, 2014](#); [Lang et al., 2012](#); [Perdelwitz, 2017](#)) y las experiencias descritas en el capítulo 5 del presente volumen.

A continuación, presentamos dichas fases siguiendo el esquema de [Lang et al. \(2012\)](#) -ver [Figura 2-](#), con el fin de examinar las barreras y posibles soluciones relativas a cada una de ellas. La intención última es que esta sección pueda servir de ejemplo para la estructuración de nuevos proyectos TDR, y que constituya a su vez una guía de buenas prácticas. En todo caso, este enfoque, aunque bastante general, recoge un tipo particular de proyecto TDR que cubre desde la investigación a la resolución aplicada de problemas. Por ello, podría no ser representativo de todos los posibles esquemas de desarrollo, no reflejando adecuadamente por ejemplo a aquellos centrados fundamentalmente en el avance en la investigación básica, o a los dedicados únicamente a las fases de desarrollo, innovación, etc. Consecuentemente, no debería considerarse como un esquema normativo en ningún caso.

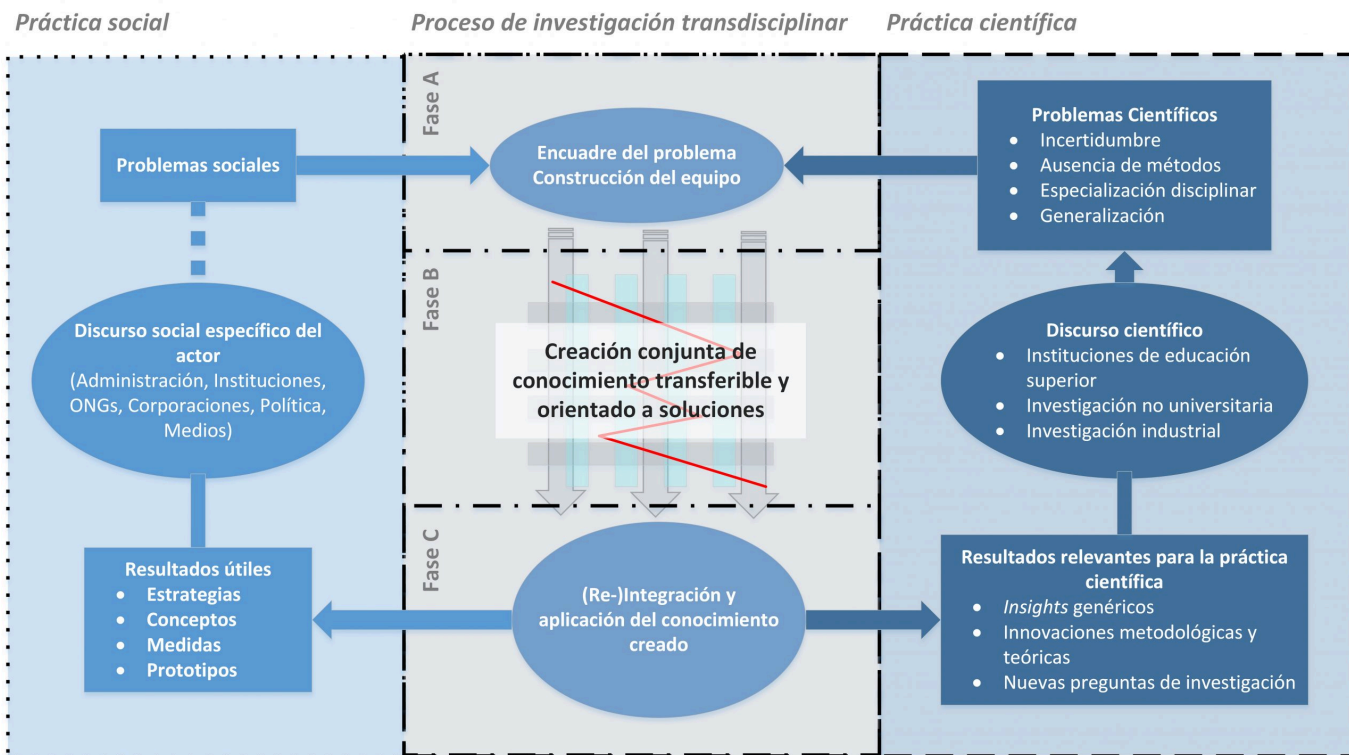


Figura 2. Modelo conceptual de un proceso de investigación transdisciplinar. Fuente: [Lang et al. 2012](#).

## 2.1- Fase A. Diseño de los principios de colaboración orientados al problema específico y formación del equipo de trabajo.

### • 2.1.1- Identificación y definición del problema a afrontar.

Aunque pudiera parecer una obviedad, la definición del problema de estudio y su alcance desde un enfoque TDR puede resultar problemática. En estos casos, se deben identificar y definir problemas relevantes para la sociedad que están más allá de la simple búsqueda de generación de conocimiento o de excelencia científica. Para ello, se hace necesario que todas las partes implicadas participen activamente en la identificación y definición de dicho problema, alcanzando un balance entre la normatividad científica y los criterios políticos y socioeconómicos ([Arinyo i Prats, 2020](#); [Bocanegra-Barbecho, 2020](#); [La Roca, 2020](#)).

En la identificación de qué problemas sociales necesitan una mayor atención ([Romanowska, 2020](#)), resulta fundamental la consulta a las entidades políticas, sociales y económicas pertinentes. Tras ello, ese problema o reto social se convierte en un problema científico ([Jahn, Bergmann, & Keil, 2012](#)). En ocasiones, es el ámbito público, industrial o social el que da el primer paso debido a una necesidad práctica concreta, y en otras, es el ámbito científico el que intenta involucrar al ámbito no científico, siendo raras las ocasiones en que la iniciativa se toma de forma conjunta. Este primer paso es fundamental, ya que el abandono de las zonas de confort respectivas supone un gran reto, implicando la superación de reticencias e inercias propias, y dejando a un lado las limitaciones de las perspectivas propias y las divergencias.

### • 2.1.2- Formación del equipo/grupo de trabajo

La generación de un equipo capaz de afrontar el proyecto supone una doble complicación. Por una parte, en la mayoría de los casos solamente es posible involucrar a un número limitado de miembros, debido a cuestiones presupuestarias, de coordinación y metodológicas. Por otra, existen dificultades a la hora de encontrar perfiles adecuados, con experiencia TDR previa y que representen a todas las partes involucradas.

En cualquier caso, lo ideal es que el equipo cuente con la adecuada representación de la totalidad de las partes

interesadas/involucradas en el problema de estudio, incluyendo tanto perfiles académicos (personal científico experto en las diferentes disciplinas) como no académicos (profesionales y usuarios finales) ([Bocanegra-Barbecho, 2020](#); [La Roca, 2020](#)). El grupo debería gestionarse mediante el reparto de responsabilidades, la creación de una arena común y el desarrollo de un lenguaje compartido en un proceso en continua evolución, superando en la medida de lo posible formaciones preestablecidas ([Prignano & Lozano, 2020](#); [Romanowska, 2020](#)).

La integración de los sectores académicos y no académicos, si bien pone el foco en problemas reales, no está exenta de potenciales problemas. Por ejemplo, el hecho de que cada parte pugne por concentrar los medios y resultados en su propio ámbito puede producir conflictos como los siguientes ([Bruce et al., 2004](#)):

- El interés por la comercialización de los resultados de la investigación o la implementación de distintas políticas puede generar presiones que conduzcan a resultados prematuros.
- Los posibles retrasos en la entrega de resultados pueden poner en peligro aplicaciones y movimientos comerciales y políticos. Así, la implicación y el interés de usuarios finales (como el ámbito industrial o el político) en el desarrollo de proyectos de este tipo, pueden ser más difíciles de mantener a largo plazo.

Por ello, la inclusión de todas las partes implicadas en el diseño y el desarrollo del proyecto a través de un plan claro de acción se hace indispensable ([Bocanegra-Barbecho, 2020](#); [Galech, 2020](#); [La Roca, 2020](#)).

- **2.1.3- Definición conjunta de los objetivos y preguntas de investigación específicas.**

Una de las características y dificultades de este tipo de investigación colaborativa es su naturaleza cambiante, es decir, el proceso de trabajo está expuesto a cambios, y las bases teóricas y metodológicas necesitan ser ajustadas continuamente. La solución pasa por una clara definición conjunta de los objetivos, límites, preguntas de investigación específicas y criterios de medición de resultados (por ejemplo, conveniencia y viabilidad), así como por la evaluación conjunta de los posibles escenarios futuros, riesgos y contingencias.

- **2.1.4- Establecimiento del marco metodológico. La falta de metodologías aglutinadoras.**

Las prácticas de investigación TDR -al igual que la investigación disciplinar tradicional- deben desarrollarse de acuerdo a unos criterios y estándares de calidad a la hora de adoptar y aplicar un marco metodológico ([Coto-Sarmiento, 2020](#); [Galech, 2020](#); [Romanowska, 2020](#)). Pero dichos estándares y criterios no son tan claros ni están tan desarrollados como los que se aplican en áreas científicas tradicionales, lo que puede llevar a conflictos tanto entre las diferentes disciplinas involucradas, como entre las partes académica y no académica a la hora de juzgar la calidad científica, la efectividad práctica y la legitimidad de una determinada metodología.

Con el fin de superar estas limitaciones y de desarrollar estrategias innovadoras, es primordial encontrar de manera consensuada el marco metodológico más adecuado para responder a las preguntas específicas que guían la investigación; dicha metodología, a su vez, habrá de ser lo suficientemente flexible y aglutinadora para que mantenga y fomente la cooperación entre las diferentes partes involucradas durante la totalidad del proyecto.

## 2.2- Fase B. Generación de conocimiento orientado a problemas y transferible a través de investigación colaborativa.

- **2.2.1- Asignación y mantenimiento de roles específicos para cada participante en el proyecto.**

En este punto, uno de los problemas principales es el de generar y mantener un balance adecuado en el proceso de investigación entre el rigor científico y la relevancia socioeconómica. Para ello, es necesaria la asignación de roles y responsabilidades apropiadas a cada parte integrante del proyecto de forma transparente,

asegurando el balance entre teoría y práctica, y basando a su vez estas decisiones en el marco organizacional establecido en la fase anterior.

En este sentido la coordinación debe hacer frente a la alta complejidad y diversidad propias de estos proyectos, asegurando que el conocimiento de todas las partes implicadas se vea representado, haciéndose cargo de las necesidades de intercambio teórico y metodológico, y resolviendo cualquier posible conflicto.

- **2.2.2- Aplicación y ajuste de los criterios teóricos y metodológicos.**

En este punto el equipo de investigación pondrá en práctica y desarrollará los criterios teóricos y metodológicos establecidos en la fase anterior. Para ello, es importante usar criterios y herramientas que apoyen el trabajo en equipo y la colaboración entre todas las partes implicadas, lo que permitirá monitorizar la calidad del trabajo y hará los resultados accesibles para todos los destinatarios. En este sentido, los criterios teóricos y metodológicos se irán ajustando en consonancia con la naturaleza cambiante del proceso TDR, mediante el cuestionamiento de los criterios establecidos o la inclusión de teorías y métodos novedosos que faciliten la producción e integración de conocimiento.

### 2.3- Fase C. Re-integración y aplicación del conocimiento generado.

- **2.3.1- Revisión desde las dos perspectivas.**

La revisión y posibles correcciones de lo generado en la fase anterior ha de hacerse desde las dos perspectivas, esto es, desde la perspectiva científica y desde la perspectiva socioeconómica, asegurando y haciendo visible el proceso de aprendizaje mutuo y de superposición entre ambas. Para ello, resulta primordial el empleo de diferentes formas de revisión e interpretación, a fin de que ambas perspectivas apliquen sus respectivos criterios, como la calidad e impacto científico y la aplicabilidad práctica.

- **2.3.2- Generación de “productos”.**

El conocimiento y los resultados generados por el proyecto se deben presentar y traducir en “productos” o más en terminología de gestión de proyectos, “entregables”, es decir, resultados que contribuyan, tanto al progreso y la innovación científica, como a la solución y transformación de problemas concretos (publicaciones, patentes, informes, planes de acción, etc.) (Galech, 2020). Pero aquí se presentan dos problemas; por un lado, llegar a un consenso general a la hora de establecer los criterios que definan lo que se considera como un resultado válido, que no pueda ser tachado de vago o ambiguo por ninguna de las partes implicadas. Por otro, la presión que llevan aparejada este tipo de proyectos y el miedo al fracaso pueden conducir a la adopción directa de soluciones preestablecidas o conocidas anteriormente, limitando así el alcance del proyecto y mermando su interés y su potencial TDR.

Un aspecto que puede ayudar en este punto es la generación continua de borradores y “prototipos” durante el desarrollo del proyecto, lo cual puede servir para identificar de forma ágil aspectos imprevistos e inesperados que puedan dificultar el desarrollo del proyecto, así como para corregir posibles errores.

- **2.3.3- Evaluación del impacto científico y social.**

Tanto a lo largo del proyecto como una vez completado, las diferentes fases de su desarrollo han de ser evaluadas, tanto por parte de los miembros del proyecto como por revisores externos, con el fin de demostrar su impacto, tanto científico como social, y de documentar/resumir el conocimiento obtenido y/o las lecciones aprendidas que puedan ser útiles para la puesta en marcha de futuros proyectos TDR. Tanto el impacto científico como el social han de ser medidos en referencia a los criterios de medición de resultados establecidos en la fase A, teniendo en cuenta que esos criterios han podido sufrir modificaciones y ajustes en el curso de ejecución del proyecto.

## 2.4- Indicaciones relativas/aplicables al conjunto del proceso.

### • 2.4.1- Resolución de conflictos.

El contexto altamente colaborativo que implica la investigación TDR supone la existencia de diferentes roles, visiones y posiciones teóricas y metodológicas en continuo cambio, lo cual puede provocar una serie de conflictos que pueden afectar al correcto desarrollo del proyecto. Con el fin de solucionar y, en lo posible prevenir estos conflictos, se pueden tomar medidas como las siguientes: foros de discusión, reuniones de negociación y mediación y lo que es más importante, que el conjunto de las partes implicadas mantenga una actitud constructiva, comprensiva y tendente a la construcción de puentes entre las diferentes disciplinas y actores involucrados, y a percibir el proyecto como un proceso de aprendizaje continuo.

### • 2.4.2- Preservar y fomentar la participación de las partes implicadas.

Un problema importante es el mantenimiento del interés de las diferentes partes implicadas a lo largo del desarrollo del proyecto. La larga duración de este puede provocar una pérdida de constancia. La infravaloración inicial de la carga de trabajo o la falta de medios pueden ser contrarrestados mediante el fomento de la máxima participación posible a través de reuniones que faciliten la discusión, pero sobre todo a través de la implicación de todos los *stakeholders* en las deliberaciones, negociaciones y toma de decisiones acerca de los aspectos importantes del proyecto.

## Referencias

---

Arinyo i Prats, A. (2020). Combining to preserve: tools to estimate the resilience against cultural loss. En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Balsiger, P. W. 2004. «Supradisciplinary research practices: history, objectives and rationale». *Futures* 36(4): 407-21. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001632870300185X>.

Bina, O. (2017). «Interdisciplinarity, the Social Sciences and the Humanities and Responsible Research and Innovation in EU Research».

Bocanegra-Barbecho, L. (2020). «Ciencia ciudadana y memoria histórica: nuevas perspectivas historiográficas desde las Humanidades Digitales y la Historia pública Digital.» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Bruce, A., Lyall C., Tait J., & Williams R. (2004). «Interdisciplinary integration in Europe: the case of the Fifth Framework programme». *Futures* 36(4): 457-70. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016328703001861>.

Burmeister, N., Abrahamsen, M.T. (2017). «How can we promote meaningful collaboration across scientific disciplines?» En *The role of social sciences and humanities in addressing societal challenges.*, Copenhagen Business School and the Think Tank DEA.

Clark, S.G., Rutherford, M.B., Auer, M.R. et al. College and University Environmental Programs as a Policy Problem (Part 1): Integrating Knowledge, Education, and Action for a Better World?. *Environmental Management* 47,701-715 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9619-2>

Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council. (2014). *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration*



of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, D.C.: National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/18722>.

Coto-Sarmiento, M. (2020). «Sit tibi data levis: nuevos enfoques para entender la economía romana desde la arqueología computacional.» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Cupps, E. (2014). «Introducing transdisciplinary design thinking in early undergraduate education to facilitate collaboration and innovation». Iowa State University, Digital Repository. <https://lib.dr.iastate.edu/etd/13941/>.

Derrick, E.G., Falk-Krzesinski, H.J., Roberts, M.R., (ed.) (2011). «Facilitating Interdisciplinary Research and Education: A Practical Guide». En *Science on FIRE: Facilitating Interdisciplinary Research and Education*, American Association for the Advancement of Science, University of Colorado Biofrontiers Institute.

Diaz-Andreu, M. & Portillo, M. (2020). «Una historia de la interdisciplinariedad en España: resultados del proyecto InterArq (HAR2016-80271-P).» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

*Facilitating Interdisciplinary Research*. (2005). Washington, D.C.: National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/11153>.

Galech, J. (2020). «Los extremos se tocan. La transdisciplinariedad entre las ciencias y las artes.» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Jahn, T., Bergmann, M. & Keil F. (2012). «Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization». *Ecological Economics* 79: 1-10. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800912001681>.

Klein, Julie T. (2008). «Evaluation of Interdisciplinary and Transdisciplinary Research. A Literature Review». *American Journal of Preventive Medicine* 35(2 SUPPL.): 116-23. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.05.010>

Lang, D.J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M. & Thomas, C.J. (2012). «Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges». *Sustainability Science* 7, 25-43. <http://link.springer.com/10.1007/s11625-011-0149-x>.

Perdelwitz, D. (2017). «Designing transdisciplinary sustainability science: a comparative analysis of a transdisciplinary research framework and design thinking». *Master Thesis Series in Environmental Studies and Sustainability Science*.

Prignano, L. & Lozano, S. (2020). «Interacciones que dejan huella. Hacia una Ciencia de Redes de los objetos que quedaron». En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

La Roca, F. (2020). «El mundo más allá de organización institucional del conocimiento. La experiencia transdisciplinar de la Fundación Nueva Cultura del Agua.» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Romanowska, I. (2020). «Transdisciplinarity at its hardest.» En J. Caro Saiz, S. Díaz-de la Fuente, V. Ahedo García, D. Zurro, M. Madella, J. M. Galán, ... R. del Olmo (Eds.), *Terra Incognita. Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el sistema español de ciencia y tecnología*. PressBooks.

Spaapen, J. & van den Akker, W. (2017). *Productive interactions: societal impact of academic research in the knowledge society*.

Wernli, D. & Darbellay, F.. (2016). «Interdisciplinarity and the 21st century University».

Wilthagen, T., Aarts, E.H.L. & Valcke, P. (2018). «A Time for Interdisciplinarity-An Essay on the Added Value of Collaboration for Science, University, and Society». *A Time for Interdisciplinarity-An Essay on the Added Value of Collaboration for Science, University, and Society*.

PARTE VII  
CONCLUSIONES



# Conclusiones

A lo largo de este documento se han ofrecido los diferentes elementos y perspectivas de lo que, en la actualidad, se está configurando como un importante movimiento transformador que está modificando varios de los parámetros bajo los cuales la actividad científica se venía desarrollando.

Este cambio de escenario se da en forma de una cierta dinámica de globalización de la actividad investigadora, en la que las políticas del Espacio Europeo de Investigación, que se concretan en los programas marco europeos, percolan a las políticas científicas de los países miembros en lo que se supone un esfuerzo conjunto y articulado de actualización de la praxis científica (sea en relación a desafíos, retos sociales o los objetivos de desarrollo sostenible de UNESCO).

Un mecanismo clave de este impulso científico es el enfoque transdisciplinar. En *Terra Incognita* hemos revisado esas políticas científicas actuales, y evaluado de qué manera se coreografía la colaboración entre disciplinas para generar enfoques y resultados que vayan más allá de la suma de las partes y, cómo se conceptualizan y aplican esas diferentes modalidades de colaboración (multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad).

Evaluamos también, los problemas que presentan estos enfoques, y algunas propuestas de soluciones al modo en que se articulan y adaptan esas nuevas dinámicas al panorama científico actual. Las conclusiones principales de todo este análisis se pueden resumir de acuerdo con los siguientes puntos:

- El enfoque transdisciplinar quizá sea uno de los más adecuados y/o con mayor potencial para hacer frente a la creciente complejidad de los problemas del siglo XXI. Es por ello por lo que, tanto a nivel mundial como estatal y regional, se está impulsando específicamente desde las distintas políticas científicas y académicas. No obstante, esto no significa ni que sea la única aproximación válida para intentar solucionar tales problemas, ni que todos los problemas y retos deban ser abordados desde el paradigma transdisciplinar. El enfoque disciplinar lleva funcionando y dando resultados fructíferos muchos años, y puede seguir siendo el más apropiado en muchos casos. No obstante, en otros, especialmente en aquellas problemáticas que afectan a distintos grupos de interés y que involucran conocimientos procedentes de diversos campos, las aproximaciones transdisciplinares constituyen hoy en día una de las líneas más prometedoras.
- En el presente volumen hemos tratado de abordar el origen, los fundamentos, las características y las limitaciones y problemas de los enfoques colaborativos tanto interdisciplinares como multidisciplinarios y transdisciplinares. A su vez, hemos ilustrado su implementación o puesta en práctica con ejemplos procedentes de las Humanidades Digitales y las Ciencias Sociales Computacionales. Estas nuevas áreas de conocimiento resultan paradigmáticas precisamente por unir casos extremos dentro del continuum de disciplinas: por un lado, las Humanidades y las Ciencias Sociales, y por el otro, ciencias estrictamente formales y analíticas como son las Matemáticas, las Ciencias de la Computación, las aproximaciones procedentes de la Física, etc. Esto no quiere decir que la transdisciplinariedad sólo se dé y sea posible en el ámbito de las Humanidades Digitales, en absoluto. Simplemente han sido utilizadas para apoyar y ejemplificar nuestro discurso por el hecho de que son nuestro ejemplo más cercano y mejor conocido.
- El título *Terra Incógnita*, fue elegido intencionadamente para expresar el avance, la innovación y la generación de nuevas áreas de conocimiento inherentes a la práctica de la transdisciplinariedad. Ésta supone la colaboración efectiva entre distintas disciplinas científicas y distintos sectores de la sociedad con el objetivo de generar importantes sinergias dinámicas y metodologías de investigación y resolución de problemas que vayan más allá de la suma de las partes implicadas. La adopción de un enfoque transdis-

ciplinar implica un cambio de paradigma, de modo que no sólo se incorporan nuevas metodologías, sino que también surgen nuevas preguntas o nuevas escalas de análisis. Se desembarca así en un territorio inexplorado por el ser humano... una «terra incognita».

- Por último, es importante ser conscientes de que este desarrollo no está exento de problemas. Quizá uno de las más relevantes sea la existencia de dos velocidades en lo referente a la implementación de la investigación transdisciplinar. La primera velocidad es la de las políticas científicas supranacionales, nacionales y regionales, las cuales inciden continuamente en la importancia de la transdisciplinariedad y la establecen como una línea prioritaria. Por su parte, la segunda velocidad la encontramos a nivel de las instituciones y los centros de investigación, los cuales si bien tienen políticas claras en lo referente a estas nuevas dinámicas, a la hora de realizar una implementación real de las mismas se encuentran con dificultades derivadas de la falta de financiación específica para tal fin, así como con la existencia también de estructuras organizativas rígidas diseñadas con mucha anterioridad, en el marco de otras coyunturas, que no facilitan su implantación.
- La realización de programas y proyectos transdisciplinares implican generalmente un alto riesgo que a menudo se ve subestimado. Las necesidades de un mayor tiempo de planificación y ejecución, así como la necesidad de una mayor financiación, implican riesgos importantes en relación al desarrollo estándar de carreras profesionales, sobre todo para el personal investigador joven. Los organismos encargados de desarrollar las políticas científicas no han implementado aún mecanismos específicos para su evaluación, debiendo incluso contemplar más espacio a lo que podría considerarse como un posible “fracaso” en el marco de los programas tradicionales.

En la actualidad, conceptos como ‘sostenibilidad’, ‘responsabilidad’ y ‘bien común’ se usan ampliamente al tratar cuestiones como son las prácticas científicas y el desarrollo de programas de investigación, tanto en Ciencias Formales como en Humanidades y Ciencias Sociales (Hadorn et al., 2008; Jahn et al., 2012; Moran & López, 2016). El valor intrínseco de la obtención de cualquier tipo de conocimiento resulta innegable, pero es nuestra responsabilidad (la de la comunidad científica, en particular, y del resto de la sociedad en general) abordar los problemas del mundo actual desde una perspectiva global y enfocarnos en encontrar soluciones mediante la integración del conocimiento disponible (Colpaert, 2018; Fair, 2010). La necesidad de compatibilizar desarrollo y sostenibilidad, producción y biodiversidad, de luchar contra el cambio climático o de reducir progresivamente la desigualdad socio-económica (Mazzucato, 2018), entre otros, son retos que demandan la contribución integrada de diferentes áreas científicas en continua colaboración transversal, de cuya interacción están surgiendo el conocimiento y la acción que sin ninguna duda marcarán el futuro de nuestra sociedad (Doblaré Castellano & Alarcón Álvarez, 2008; Gaziulusoy et al., 2016; Mitchell et al., 2017).

## Referencias:

---

- Colpaert, J. (2018). Transdisciplinarity revisited. *Computer Assisted Language Learning*, 31(5-6), 483-489. <https://doi.org/10.1080/09588221.2018.1437111>
- Doblaré Castellano, M., & Alarcón Álvarez, E. (2008). Retos y oportunidades de la investigación transdisciplinar (Real Academia de Ingeniería, Ed.). Recuperado de <http://oa.upm.es/25541/>
- Fair, H. (2010). Hacia la transdisciplinariedad. *Con-Sciencias Sociales* 2, 2(1), 19-26.
- Gaziulusoy, A. I., Ryan, C., McGrail, S., Chandler, P., & Twomey, P. (2016). Identifying and addressing challenges faced by transdisciplinary research teams in climate change research. *Journal of Cleaner Production*, 123, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.049>

- Hadorn, G. H., Biber-klemm, S., Grossenbacher-mansuy, W., Hoffmann-riem, H., Joye, D., Pohl, C., ... Zemp, E. (2008). The emergence of transdisciplinary as a form of research. *Handbook of transdisciplinary research*, 19-39.
- Jahn, T., Bergmann, M., & Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, 79, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.017>
- Mazzucato, M. (2018). *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. <https://doi.org/10.2777/36546>
- Mitchell, M., Moore, S. A., Clement, S., Lockwood, M., Anderson, G., Gaynor, S. M., ... Lefroy, E. C. (2017). Biodiversity on the brink: Evaluating a transdisciplinary research collaboration. *Journal for Nature Conservation*, 40(August), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.08.002>
- Moran, E. F., & Lopez, M. C. (2016). Future directions in human-environment research. *Environmental Research*, 144, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.019>





## PARTE VIII

# AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a los siguientes organismos:

- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Redes de Excelencia HAR2017-90883-REDC y RED2018-102518-T, y FEDER (España), ayuda PGC2018-098186-B-100 (BASIC)).
- Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto CULM – Modelado del Cultivo en la Prehistoria (HAR2016-77672-P)).
- Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León a través de BDNS 425389, contrato predoctoral de Virginia Ahedo (financiado por el Fondo Social Europeo).
- Fondo Social Europeo e Iniciativa de Empleo Juvenil, por la ayuda destinada a financiar la contratación de personal técnico de apoyo a la investigación por las Universidades Públicas de Castilla y León para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil.
- Grupo de Excelencia de la Generalitat de Catalunya CaSEs – Culture and Socio-Ecological Dynamics Research Group (2017 SGR 212).



Excepto cuando se especificuen otros términos, "Terra Incognita: Libro blanco sobre transdisciplinarietà y nuevas formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología" se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

ISBN: 978-84-09-23333-5