



LA COLABORACIÓN CIENTÍFICA / SCIENTIFIC COLLABORATION

Desarrollo profesional e intercambio de conocimiento en los grandes experimentos científicos

Amalia Creus*, Agustí Canals*

*KIMO Research Group
Universitat Oberta de Catalunya
Correo-e: acreus0@uoc.edu

Recibido: 30-12-2013 ; 2ª versión: 23-05-2014 ; Aceptado: 01-06-2014.

Cómo citar este artículo/Citation: Creus, A.; Canals, A. (2014). Desarrollo profesional e intercambio de conocimiento en los grandes experimentos científicos. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(4): e070. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/redc.2014.4.1140>

Resumen: Los nuevos experimentos *big science*, que implican la colaboración de miles de investigadores procedentes de múltiples instituciones, están introduciendo cambios importantes en la organización de la actividad científica en muchas áreas de conocimiento. Todo ello tiene un impacto significativo en la vida profesional de los científicos, que necesitan adaptarse a nuevas dinámicas de trabajo y de relación entre colegas. Este artículo presenta un estudio de caso realizado en ATLAS, uno de los cuatro experimentos de física de partículas vinculados al *Large Hadron Collider (LHC)* en el CERN, en Ginebra. Mediante el análisis de micro-casos sobre experiencias individuales de miembros de la colaboración ATLAS, proponemos investigar cómo el aumento de tamaño y de complejidad de las colaboraciones científicas está afectando la carrera y la experiencia personal de los científicos y, consecuentemente, los procesos de producción y transmisión de conocimiento. Como resultado se presenta un conjunto de proposiciones teóricas potencialmente generalizables a otros experimentos de estas características.

Palabras clave: *Big science*; colaboración científica; física de partículas; individuos; estudios de caso.

Professional development and knowledge exchange in big science experiments

Abstract: Recent big science experiments based on the collaboration of thousands of scientists coming from hundreds of institutions have introduced important changes in the way scientific activity is organized in some research areas. As a consequence, individual scientists are affected in different ways as they are obliged to adapt to the new dynamics in terms of their own work and their relationships with colleagues. This paper presents the case of research undertaken in ATLAS, one of four big experiments in high-energy physics using the Large Hadron Collider (LHC) at CERN in Geneva and one of the most important big science experiments to date. By gathering and analysing several micro-cases of individual experiences of ATLAS members, we propose that the size and complexity of the experiment do indeed influence the personal relationships among scientists themselves and also their relationships with their organizations. As a result of this analysis, we put forward a set of propositions concerning these relationships that might potentially be generalized to other big science experiments.

Keywords: Big science; scientific collaboration; high-energy physics; individuals; case studies.

Copyright: © 2014 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-Non Commercial (by-nc) Spain 3.0.

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez en más ámbitos de conocimiento el avance de la ciencia se vincula a proyectos de investigación que, debido a su gran dimensión y coste, requieren la colaboración de cientos o miles de científicos procedentes de decenas o centenares de instituciones. Estos nuevos experimentos *big science* introducen cambios importantes en la organización de la actividad científica y tienen, a su vez, un impacto significativo en la carrera y en la experiencia personal de los científicos (Etzkowitz y Kemelgor, 1998; Galison, 1992; Hicks y Katz, 1996; Knorr Cetina, 1999).

El objetivo de la investigación que presentamos a continuación es entender cómo el progresivo aumento del tamaño y la complejidad de los proyectos de investigación en algunas áreas está afectando las relaciones entre individuos y grupos de investigadores y, consecuentemente, a los procesos de producción y transmisión de conocimiento dentro de las organizaciones científicas.

Para ello, analizamos el caso de ATLAS, uno de los cuatro experimentos actualmente en funcionamiento en el colisionador de partículas LHC (*Large Hadron Collider*) del CERN en Ginebra. ATLAS es uno de los más grandes y complejos experimentos que se llevan a cabo en la actualidad y representa el paradigma del concepto actual de *big science*, no sólo en el ámbito de la física de partículas, sino en la investigación científica en general. Constituye, por tanto, un entorno ideal para estudiar cómo la proliferación de los grandes experimentos está afectando a los científicos.

2. OBJETO DE ESTUDIO

La colaboración ATLAS (*the ATLAS Collaboration*) se estableció en el año 1992 con la finalidad de construir un detector de partículas de grandes dimensiones (*the ATLAS Detector*) vinculado al colisionador de partículas LHC (*Large Hadron Collider*). El detector se puso en marcha en otoño de 2008 registrando y analizando las colisiones de protones que se producen en el LHC, con el objetivo de comprobar algunas de las más importantes teorías de la física y avanzar así en el conocimiento del universo.

ATLAS cuenta hoy con la participación de más de 3000 investigadores procedentes de 174 universidades y laboratorios situados en 38 países alrededor del mundo, y constituye uno de los más claros ejemplos de la *big science* actual. Los miembros de la colaboración, con sede en el CERN de Ginebra pero sostenida por un capital humano y económico proveniente de muchas otras organizaciones, se enfrentan a retos científicos que, debido a su coste y complejidad, difícilmente podrían ser desarrollados por una sola institución, o incluso por un solo país.

Diversos factores, más allá del tamaño de la colaboración, hacen de ATLAS un caso de estudio

particularmente interesante. Uno de ellos es su singular estructura organizativa, que obedece a una relación horizontal entre grupos e investigadores. Dentro de ATLAS el liderazgo y la toma de decisiones siguen una lógica propia, fundamentada en la constante negociación y en la búsqueda de consenso entre los miembros de la colaboración. Ello requiere un alto nivel de compromiso y cooperación entre personas de procedencias y trayectorias diversas, que necesitan pactar objetivos y procesos de trabajo en el marco de lo que Knorr Cetina (1999) describe como un sistema de autoridad distribuido.

Otro aspecto destacable de ATLAS es su política de publicaciones. Los artículos relevantes producto de las investigaciones llevadas a cabo en ATLAS llevan la firma de todos y cada uno los integrantes de la colaboración, ya que se parte de la idea de que todos los miembros han contribuido al experimento y deben ser, por tanto, partícipes de los descubrimientos. A finales de abril de 2014, ATLAS había publicado 282 artículos en las más prestigiosas revistas de física como *Science*, *Physical Review Letters*, *Physics Letters B*, *Physical Review D*, *Nuclear Physics B*, *Journal of High Energy Physics* o *The European Physical Journal C*. En todos ellos, las firmas de los más de 3000 científicos figuran en estricto orden alfabético, de manera que no hay forma de distinguir el alcance de la contribución de cada uno. Esta práctica está totalmente en sintonía con la cultura científica descrita anteriormente y está totalmente aceptada por la comunidad. Sin embargo, como veremos más adelante, esto puede suponer un inconveniente a la hora de reconocer la tarea individual de los científicos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. La cultura epistémica de los grandes experimentos científicos

La física experimental de altas energías es uno de los campos de conocimiento donde las grandes colaboraciones son hoy más necesarias. Sus descubrimientos dependen de equipos numerosos que necesitan unir fuerzas y recursos para construir y operar complejas y costosas maquinarias (aceleradores y detectores) diseñadas para identificar partículas poco comunes en el universo (Green, 2010; Pickering, 1984; Wilson, 2001), como recientemente ocurrió con el bosón de Higgs (Aad y otros, 2012). En ese sentido, no es sorprendente observar que la investigación en física experimental muestra un alto grado de colaboración interinstitucional e internacional (Benavent-Pérez y otros, 2012; Gazni y otros, 2012), una configuración que se ha ido consolidando con los años. Así lo demuestra, por ejemplo, el reciente estudio longitudinal realizado por Lorigo y Pellacini (2007), quienes han investigado la evolución de este ámbito en un período de 30 años (de 1975 a 2004).

Otra contribución relevante en el ámbito de los grandes experimentos es el trabajo de Knorr Cetina (1999). Estudiando la organización social de las colaboraciones científicas en el campo de la física experimental de altas energías, esta autora define los parámetros de lo que identifica como una estructura comunitaria post-tradicional. Así, describe un estilo de organización donde la autoridad está distribuida entre los miembros de la colaboración, donde se priorizan formas colectivas de trabajo y donde prevalecen mecanismos organizativos comunitarios (por ejemplo, la propiedad colectiva de datos, la libre circulación de información, o la autoría compartida en la publicación de resultados). Este tipo de estructura, que otros autores han descrito como una colaboración participativa (Chompa-lov y otros, 2002), obedece a una serie de reglas, explícitas y tácitas, que la distinguen de otras organizaciones, conformando una singular "cultura epistémica". Knorr Cetina (1999) propone la noción de "cultura epistémica" como un marco teórico que permite analizar los procesos organizativos de los grandes experimentos. La hipótesis de fondo que motiva el concepto es la idea de que la ciencia, lejos de ser un conjunto homogéneo de teorías y prácticas, configura un mosaico de diferentes maneras de producir e interpretar el conocimiento. De acuerdo con esta aproximación, cada campo científico puede ser visto como una cultura epistémica particular, distinguible mediante parámetros como su objeto de investigación, el tipo de experimento que realiza (sus procedimientos empíricos), o las relaciones entre instituciones e individuos, que Knorr Cetina identifica como la 'organización social' de la ciencia.

Así, construir una carrera en el seno de una colaboración con las características de ATLAS, implica posicionarse en la densa red de interacciones que conforman la organización social del experimento, compartiendo conocimiento, tecnología y recursos económicos con colegas procedentes de diferentes instituciones, nacionalidades y culturas. Esta organización social presenta, en el caso de ATLAS, una doble dimensión. Por un lado, una dimensión comunitaria, reflejada en los intereses compartidos por los participantes, que necesitan unir esfuerzos en la construcción y operación de los detectores de partículas. Por otro, una dimensión individual, que engloba los intereses de cada científico y su necesidad de posicionarse y hacerse un lugar en un ámbito profesional restringido y altamente competitivo (Bressan y Boisot, 2011; Traweek, 1988).

3.2. Entre lo individual y lo colectivo: la carrera profesional en *big science*

Diversos autores han señalado los cambios en las carreras profesionales asociados a fenómenos como la nueva economía, la globalización y la flexibilización de las relaciones laborales (Hall, 2002; Sennet, 1998; Sullivan, 1999). Sus conceptualizaciones contrastan con la idea tradicional de ca-

rrera, propia de la era industrial, conectada a una organización jerárquica, estructurada y estable, donde el desarrollo profesional de los individuos solía obedecer a trayectorias lineales basadas en la movilidad ascendente y a indicadores externos de éxito, como los sueldos o el status social (Baruch, 2003). En contraste con esta aproximación tradicional, los debates actuales sobre las nuevas configuraciones de carrera apuntan hacia estructuras y relaciones laborales flexibles basadas en la movilidad y en la autonomía profesional. Es lo que algunos autores han nombrado *boundaryless careers* (De Fillippi y Arthur, 1994; Eby y otros, 2003; Hall, 2002), entendidas como un conjunto de oportunidades profesionales en que el éxito viene dado menos por la estabilidad y el ascenso vertical, que por la habilidad para transitar por diferentes escenarios, apropiarse y transferir conocimiento, aprender continuamente o crear redes de contactos (Sullivan, 1999).

En el ámbito más concreto de las organizaciones científicas, las nuevas carreras profesionales adquieren además matices específicos. Yehuda Baruch (2003) apunta algunos de ellos: estructuras jerárquicas horizontales (aunque normalmente bastante rígidas), desarrollo individual basado en la movilidad (entre proyectos, grupos e instituciones), importancia de la creación de redes dentro y entre organizaciones. Asimismo, conceptos actuales de la gestión del conocimiento – como el capital social y la portabilidad del conocimiento individual – ganan cada vez más relevancia dentro de la cultura académica, una cultura donde la capacidad de aprender muchas veces se deriva más de los saberes tácitos y del intercambio entre pares que de la regulación del conocimiento (Baruch y Hall, 2004).

Todas estas dinámicas de cambio que están afectando las carreras profesionales en general, impactan de manera singular en el trabajo y en la experiencia cotidiana de quienes participan en experimentos *big science*. La internacionalización de la investigación, la dispersión de equipos y recursos, la movilidad de las personas y la inestabilidad de los vínculos laborales, todo ello acompañado de la creciente necesidad de implementar relaciones en línea y recursos e-science, son solamente algunos de los factores que están transformando significativamente el trabajo de los científicos. Teniendo en cuenta ese contexto, el objetivo específico de esta investigación consiste en indagar cómo los individuos experimentan, aprenden y dan sentido a dichas transformaciones. Con esa finalidad, exploramos algunos de los mecanismos estructurales y subjetivos que conforman la organización social del experimento ATLAS.

4. METODOLOGÍA

La metodología elegida para llevar a cabo esta investigación es el estudio de caso (Eisenhardt, 1989; Gillham, 2001; Miles y Huberman, 1994; Stake, 1995; Yin, 2009). Dentro de este marco

metodológico y con el propósito de iluminar nuestro objeto de investigación desde múltiples perspectivas, combinamos tres diferentes estrategias de recogida de datos: a) el análisis de documentos oficiales de la colaboración ATLAS, b) observaciones etnográficas en el CERN, y c) entrevistas en profundidad a miembros del experimento. Asimismo, teniendo en cuenta que la metodología de estudio de casos permite combinar varios niveles de análisis (Yin, 2009), estructuramos este estudio alrededor de tres micro-casos (tabla I). Cada uno de estos micro-casos está centrado en una tipología de miembro de la colaboración ATLAS, y en su conjunto reflejan los principales perfiles de científicos que conviven en el experimento.

4.1. Recogida de datos

En el análisis de estos micro-casos tomamos como principal fuente de datos 12 entrevistas semi-estructuradas realizadas con miembros de la colaboración. Estas entrevistas – todas ellas grabadas digitalmente – se realizaron en el CERN y en el Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) de la Universidad Autónoma de Barcelona, tuvieron una duración aproximada de dos horas, y fueron conducidas conjuntamente por dos investigadores de nuestro equipo. La preparación de los guiones de las entrevistas se hizo en base a las observaciones etnográficas realizadas en el CERN y al análisis de documentos oficiales de la colaboración a los cuales tuvimos acceso a través de miembros del equipo directivo de ATLAS, todo ello en el marco de varios proyectos de in-

vestigación llevados a cabo durante los últimos años (Canals, 2013; Canals y otros, 2013; Ihrig y otros, 2012).

En la selección de las personas entrevistadas se contó con el asesoramiento de algunos de los responsables del experimento ATLAS y se tuvo en consideración la inclusión de diferentes perfiles (tabla II), tanto en lo que se refiere al nivel de desarrollo de la carrera (post-doc, investigadores junior, investigadores senior), ámbito profesional (ingenieros, físicos, informáticos), y género (mujeres y hombres). En la medida de lo posible, se intentó respetar las proporciones existentes en el experimento en cuanto a estos perfiles. Asimismo, considerando el objetivo de estudiar la colaboración desde el punto de vista de los individuos, las preguntas planteadas, de carácter abierto, se orientaron a indagar sobre la experiencia personal de los entrevistados, en particular su trayectoria profesional en el ámbito de la física experimental y su visión sobre ATLAS.

4.2. Análisis de datos

Como paso previo al análisis de los micro-casos, se transcribieron electrónicamente todas las entrevistas, que fueron posteriormente codificadas en base a un cuerpo prediseñado de categorías temáticas (King, 1998; Ritchie y otros, 2003). Este conjunto de categorías, de carácter descriptivo y analítico (Gibbs, 2007), fue elaborado por los investigadores a partir de la triangulación de evidencias empíricas y teóricas, como son las en-

Tabla I. Descripción de los micro-casos

Micro-casos: perfiles profesionales ATLAS	
CASO 1:	Estudiantes de doctorado e investigadores post-doctorales recién llegados a ATLAS que necesitan aprender cómo funciona la colaboración e integrarse a su cultura organizativa.
CASO 2:	Jóvenes científicos sin plaza permanente en el CERN que quieren construir una reputación profesional y consolidar su posición dentro de la comunidad de físicos experimentales.
CASO 3:	Científicos sénior con plaza permanente en el CERN que ocupan un cargo en la dirección del experimento ATLAS y que tienen bajo su responsabilidad un equipo de jóvenes científicos.

Tabla II. Perfil de las personas entrevistadas

Nivel profesional	Ámbito	Género
Post-doc	Física experimental	Hombres
Investigador junior	Ingeniería	Mujeres
Investigador sénior	Informática	

trevistas, las notas de campo, la documentación oficial del experimento y el marco teórico de la investigación.

A continuación, mediante el uso del programa *ATLAS.ti* procedimos con el análisis cualitativo de datos, enfocándonos en el significado otorgado por los científicos al hecho de participar en una colaboración como ATLAS y en los efectos que ello tenía en su carrera profesional. Este análisis se hizo atendiendo a la frecuencia de aparición de los temas asociados a las diferentes categorías temáticas en las entrevistas, y a la importancia que le daban a cada tema las personas entrevistadas.

En el apartado que sigue presentamos los resultados de este proceso, ilustrando las ideas que extraímos de este análisis temático con algunos de los fragmentos más representativos de las entrevistas.

5. RESULTADOS

El análisis de los tres micro-casos presentados (tabla I) nos ha permitido identificar una serie de cuestiones relevantes sobre cómo la organización social de ATLAS impacta en la experiencia profesional de sus miembros y en los procesos de intercambio y transmisión de conocimiento. Desarrollamos a continuación algunas de los resultados de esta primera etapa de análisis temático.

5.1. Recién llegado a ATLAS: aprender el sentido de la colaboración

Un primer nivel en el proceso de integración de un nuevo miembro de ATLAS requiere conocer la compleja estructura organizativa de la colaboración. Ello supone, para el recién llegado, aprender a desarrollarse en un entorno extremadamente dinámico, caracterizado por procesos de trabajo dispersos pero interdependientes (Chompalov y otros, 2002) y por una estructura de mando muy poco jerárquica en la que prevalece la flexibilidad, los acuerdos tácitos, y la constante negociación en la toma de decisiones.

Estudios anteriores realizados en ATLAS corroboran que uno de los factores que más sorprende a los nuevos miembros es el tamaño de la colaboración y su complejidad organizativa (Bressan y Boisot, 2011). En efecto, entender cómo funcionan y cómo se relacionan los muchos proyectos que conviven en el marco del experimento, así como los roles y posiciones de poder (tácitas y explícitas) de los participantes, es un primer reto que debe superar un recién llegado. Haciendo referencia a ese proceso de integración, muchos de nuestros entrevistados, sobre todo los más jóvenes, hablan de falta de orientación, y de cómo la complejidad de los flujos de trabajo afecta sus posibilidades de contribuir al experimento. Así lo explica un joven físico:

"Sobre todo al principio, cuando no conoces cómo se organizan las cosas, todo parece bastante extraño. Porque cuando llegas, y eres un joven es-

tudiante que estás motivado y que quieres hacer muchas cosas, crees que sólo tienes que venir aquí, aprender y empezar a trabajar. Pero ATLAS tiene una estructura y un flujo de trabajo realmente diferente. Y si no estás enterado de cómo funcionan las cosas, puedes ser incluso una molestia para el experimento, en el sentido de que simplemente no vas a ser útil. Y esto sucede hasta que comienzas a entender cómo está estructurado todo". (Investigador junior 1)

Otro miembro de la colaboración, investigador post doctoral, hace referencia a la misma sensación de desorientación explicando sus primeros días en el CERN:

"En mi caso, cuando llegué, todo el conocimiento estaba en un libro llamado TDR (Technical Design Report). Yo llegué y pregunté: ¿Qué tengo que hacer? Y me dieron el TDR. Mi experiencia es bastante negativa en este sentido. No hubo suficiente tutoría, y todo me resultó muy difícil. Cuando eres un recién llegado, tienes que hacer mucho esfuerzo para no quedar como un idiota. Tienes que asimilar una gran cantidad de información y conocer tecnologías de las que nunca habías oído hablar. Y eso es un gran reto." (Investigador post-doctoral 1)

Los experimentos de física de partículas, como es el caso de ATLAS, involucran múltiples capas de redes relacionales que se organizan en una estructura dispersa, y en ocasiones confusa, de grupos, instituciones y personas. En ese contexto, un elemento clave para integrarse en el experimento es conocer los canales por los que circula la información relevante. En el caso de ATLAS, eso requiere ir más allá de lo que está disponible en la documentación formal, atendiendo a lo que circula en reuniones, presentaciones o conversaciones de pasillo. Un físico sénior, explica su punto de vista sobre tales dinámicas:

"Uno realmente tiene que hablar con la gente y poner las manos en la masa. Así es más o menos como funcionan las cosas: no hay directrices claras, no hay una estructura fija. Hay que tirarse a la piscina y ver qué pasa. Es posible que algunas personas se sientan molestas en el sentido de que no se las está guiando. Pero ocurre que existe una gran competencia. Si tú no haces tu trabajo, otro seguramente lo hará. En suma, tienes que correr rápido. Es como subirse en un tren en marcha" (Investigador sénior 6)

Como ya había señalado Traweek (1988) en un estudio anterior realizado en diferentes experimentos de física de partículas, la comunicación oral suele ser un canal de información especialmente valioso entre los miembros de esta comunidad. Ello se debe, como indica esta autora, a que los experimentos avanzan tan rápido que no resulta efectivo esperar a la publicación de resultados para obtener datos significativos. Lo que se habla, lo que circula de boca en boca, es el conocimiento más actual y, por lo tanto, el que realmente interesa. Un físico sénior, recordando sus inicios en ATLAS, reflexiona sobre esta cuestión:

“Cuando yo comencé en todo esto, cuando llegué aquí, me enviaban a las reuniones. Así es como empezó. Yo estaba sentado allí y no tenía ni idea de lo que estaba pasando. Cuando acababa la reunión la gente comentaba cosas del tipo “que interesante lo que dijo fulano o mengano”. Y no entendía nada ni podía decir nada. Pero es así, a través de estas reuniones en las que participas, donde comienzas a conocer a la gente y comienzas a hacerte una idea de las dinámicas y de la política. La política en el sentido de comenzar a darte cuenta de quién está presionando en qué dirección y por qué.” (Investigador sénior 6)

Muchos de nuestros entrevistados destacan el hecho de que una parte importante de la información esencial de la colaboración solo se puede conseguir mediante las relaciones personales. Así se explica, entre otras cosas, la creciente importancia que tienen las habilidades de comunicación interpersonal, algo que también parece estar siendo afectado por las dimensiones de la colaboración. Uno de los físicos entrevistados habla de ello haciendo referencia a las diferentes etapas del experimento:

“Cuando yo llegué aquí todos estábamos trabajando en el punto uno [la construcción del detector ATLAS]. Todos estábamos en el túnel, entonces no había escapatoria. Ahora que todos estamos fuera es mucho más difícil encontrar a la gente. Realmente necesitas quedar en una hora concreta para hablar con la gente, y todos estamos siempre muy ocupados” (Investigador post-doctoral 1)

La creciente importancia de las relaciones interpersonales en tanto que un canal para el intercambio y la transmisión de conocimiento es algo que se refleja en la evolución histórica de la física de altas energías en términos estructurales. Como señala Galison (1987), si bien hasta la segunda mitad del siglo XX esta clase de experimentos se llevaron a cabo en pequeños laboratorios de investigación en los que interactuaban unos pocos científicos, las actuales investigaciones *big science* implican a miles de participantes. En el primer escenario, las capacidades de gestión y de comunicación podrían ser relativamente poco importantes. Hoy en día, sin embargo, las habilidades relacionales parecen estar convirtiéndose en una ventaja competitiva tanto para los individuos como para los grupos. Por todo ello no deja de ser problemático que el crecimiento exponencial de la colaboración pueda estar dificultando este tipo de interacción.

5.2. Entre colaborar y competir: construcción de la carrera profesional

Diferentes factores, más allá de su dimensión, confieren una especial complejidad a la colaboración ATLAS. Por ejemplo, la duración de los proyectos (por lo general los experimentos duran varios años), la inestabilidad de los equipos (debido al tamaño y la larga duración de los experimentos los participantes normalmente vienen y van) y la

separación geográfica (la mayoría de los investigadores trabajan parte del tiempo desde universidades o institutos alrededor del mundo). Gestionar todos estos factores en pro de un objetivo común es un reto que toda la comunidad reconoce como una condición *sine qua non* para el éxito de ATLAS. Pero ¿cómo conseguirlo? ¿Cómo integrar diferentes ideas, intereses y puntos de vista sin generar conflicto? ¿Qué hacer cuando hay desacuerdos? ¿Cómo reconocer la creatividad individual sin disminuir el reconocimiento colectivo?

Un valor clave de la cultura organizativa de ATLAS es lo que suele identificarse como “colaboración por consenso”. La idea de fondo de esta expresión, recurrente en el vocabulario de la comunidad, es que las decisiones que se toman sobre el experimento resultan de un proceso de debate y negociación que solo puede resolverse cuando las diferentes partes involucradas llegan a una solución consensuada. Por ello no es extraño que los miembros de ATLAS tiendan a definir la colaboración bajo criterios como la participación, la igualdad o el reconocimiento mutuo. Es la idiosincrasia de una comunidad donde, como señalan Chompalov y otros (2002), valores como la confianza, el prestigio o la reputación personal tienden a ser más efectivos que los acuerdos escritos.

En ese sentido puede resultar clarificador prestar atención a todo aquello que hace de ATLAS una estructura interdependiente, en la que conviven intereses e iniciativas muchas veces divergentes, pero que se necesitan mutuamente para poder existir. Un miembro del equipo de coordinación de ATLAS, haciendo referencia a los procesos de toma de decisiones, lo explica de la siguiente manera:

“Se trata de un sistema en el cual eres dependiente de los recursos provenientes de todos los grupos. Trabajamos a partir de problemas muy complejos, que no se pueden resolver sin la colaboración económica o el conocimiento de todos. Por eso, cuando hay que resolver algún tema, tomar una decisión, todos los interesados se sientan alrededor de una mesa para encontrar una solución. En ATLAS hay una jerarquía muy plana, muy horizontal. Eso es así, entre otras cosas, porque los recursos del experimento llegan de todos los institutos que participan en el experimento.” (Investigador sénior 5)

La cooperación está, por lo tanto, en el corazón de la cultura organizacional de ATLAS. Puesto que cada instituto está comprometido a desarrollar una parte del experimento, la relación entre grupos e individuos está marcada por un alto grado de complementariedad y obligación mutua. Es lo que algunos autores han identificado como un modo de interacción simbiótica (Yami y otros, 2011). Con todo, mantener viva esta simbiosis requiere un esfuerzo importante de toda la comunidad, tanto a nivel estructural como personal. Las estrategias de gestión tienen en ese sentido un papel importante: a través de ellas se busca reforzar la cohesión y el consenso, incluso en situaciones de desacuerdo.

Así lo explica el mismo investigador:

"En ATLAS las decisiones se toman desde abajo. Por ejemplo, si hay cinco universidades que quieren trabajar en un proyecto similar, tendrán que coordinarse para hablar con una sola voz. Esto lleva más tiempo, porque hay que discutir, consensuar... Pero también es una manera de asegurar que al final no haya ni vencedores ni vencidos." (Investigador sénior 5)

Otro mecanismo organizativo que ayuda a mantener vivo el sentimiento compartido de colaboración igualitaria es la colectivización de los datos y la regulación de la difusión pública de los resultados (Chompalov y otros, 2002). Un ejemplo de ello es el reconocimiento de todos los miembros de la colaboración como autores de las publicaciones que resultan del experimento. Pero mientras los mecanismos organizativos de orden estructural – como es el caso de estas publicaciones colectivas – tienen un papel importante en el mantenimiento de la colaboración, las estrategias tácitas resultan también fundamentales, principalmente a la hora de hacer frente a posibles desacuerdos. Un miembro del equipo de coordinación de ATLAS habla de ello en los siguientes términos:

"He aprendido que la mejor manera de hacer colaborar a personas que tienen opiniones diferentes es obligarlas a trabajar juntas. Ahora mismo, por ejemplo, si tengo un problema o veo que se tiene que tomar una decisión sobre la cual hay alguien que es muy crítico, lo que hago es crear un grupo de trabajo e invito esta persona a participar. Entonces esta persona tendrá que formar parte del proceso de decisión y, cuando esté allí, no podrá mantener una opinión que esté a 90 grados respecto a todos los demás. Porque si hace eso, no se llegará a una solución, y su encargo es justamente solucionar el problema. Es así como se construye el consenso, de una manera inteligente, sin peleas..." (Investigador sénior 5).

Comentarios como éstos nos llevan a pensar que garantizar la armonía requiere hacer movimientos que tienen que ver con las relaciones personales y las micro-políticas, más allá de procedimientos formales. En efecto, dada la fuerte interdependencia que mantiene vinculados a los miembros de la colaboración, su interacción se caracteriza por un constante proceso de negociación de intereses, rediseño de estrategias y adaptación al entorno. Desde esta perspectiva vale la pena recordar que mientras el imaginario en torno a la colaboración se transmite a partir de un discurso basado en valores como la cooperación, la objetividad y la igualdad de oportunidades, esta imagen coexiste con la presencia de una fuerte competencia. Así lo expresan todos los científicos entrevistados: la física de altas energías constituye un ámbito profesional reservado a pocos, y altamente competitivo.

Por todo ello, desarrollarse profesionalmente dentro de la comunidad suele ser un camino lleno de contradicciones. Colaborar o competir, compartir o conservar información, crear un proyecto pro-

pio o sumarse a uno existente, son todas decisiones que tienen que ver con la construcción de una reputación individual que destaque de lo colectivo, pero sin debilitar los lazos de dependencia con un proyecto compartido. Los primeros años de la carrera emergen en las entrevistas como un período especialmente crítico en ese sentido. Así nos lo cuenta un joven físico:

"Cuando eres estudiante de doctorado casi no te das cuenta de la competencia. Los investigadores más expertos te van guiando; dicen cosas como "no muestres este resultado a esta persona, o "tú presentarás esto en la próxima reunión". Pero luego, cuando te conviertes en un post-doc, de repente ¡zas! ... Todo cambia. La gente se vuelve muy agresiva." (Investigador junior 2)

Otro investigador habla de este mismo tema desde otro punto de vista:

"Aquí en ATLAS hay mucha colaboración, pero también una gran competencia. Siempre con guantes blancos, pero hay una gran competencia. Porque lo que termina sucediendo es que todos estos estudiantes, al terminar la tesis, tienen que buscar trabajo como post-doc. Entonces todo el mundo entra en competencia. Y si eres una persona conocida dentro del experimento es probable que tengas más oportunidades de que si eres una persona que pasó por el experimento de manera discreta. Yo creo que nuestro papel como investigadores sénior, además de hacer buena física y tener un programa de física serio, es luchar por la carrera de nuestros estudiantes." (Investigador sénior 9)

En un contexto donde la objetividad, la colaboración y la meritocracia son elementos fuertes del discurso que define a la comunidad (Knorr Cetina, 1999; Traweek, 1988), puede resultar difícil identificar aspectos más subjetivos que podrían estar limitando las posibilidades de desarrollo individual. Ello supone, por ejemplo, reconocer el papel decisivo que pueden llegar a tener elementos como la capacidad personal de los investigadores para establecer relaciones y hacer contactos, el carisma, la reputación personal, o la fuerza política de los grupos. O incluso, como señala un físico sénior, el papel de las modas científicas, que podrían estar dejando en la sombra iniciativas que no se consideran interesantes o innovadoras en el marco de la comunidad, pero que no dejan de ser necesarias para el éxito del experimento.

"Últimamente tenemos un problema... Es que hay algunas tareas que tienen mucha visibilidad. Me refiero a la búsqueda del Higgs o buscar supersimetría. Son cosas muy motivadoras y, si estás metido en este tipo de cosas, seguro que tendrás visibilidad. Pero hay otros campos, donde se hacen cosas también muy importantes, pero que no son tan emocionantes o motivadoras, o no están tan de moda. Y al final, todos aquí están haciendo una contribución importante. Así que un tema que necesitamos resolver es ¿cómo hacer que la física con menos visibilidad sea más atractiva? (Investigador sénior 6)

6. DISCUSIÓN

A raíz del análisis e interpretación de los resultados presentados en el apartado anterior, dedicamos esta sección a elaborar una serie de proposiciones que, a nuestro modo de ver, reflejan algunos de los aspectos más importantes de la organización social de la colaboración ATLAS. Estos aspectos tienen consecuencias relevantes para los científicos en cuanto a su relación con el experimento y también en cuanto a la manera de enfocar su desarrollo profesional y su carrera científica.

Un primer supuesto que emerge de nuestro estudio es que, con el fin de cumplir con sus tareas, los miembros de ATLAS necesitan entender los valores de la comunidad. Ello requiere, más allá del acceso a la documentación formal (disponible en sofisticados recursos de gestión de información como wikis, foros y bases de datos en línea), conocer los entramados de las redes personales en la que circula el conocimiento más tácito. Éste bien podría ser un objetivo relativamente fácil en el pasado, cuando el tamaño y la complejidad de la colaboración eran mucho menores. Sin embargo, en un contexto en el cual el número de miembros ha crecido de forma espectacular (así como su dispersión geográfica y rotación) los vínculos establecidos a partir de la conversación, los contactos informales y reuniones cara a cara se hacen cada vez más débiles. Así, tenemos:

Proposición 1: Los contactos y relaciones personales, en tanto que una herramienta esencial para la transferencia y el intercambio de conocimiento entre miembros de ATLAS, está siendo afectada por el tamaño y la complejidad de la colaboración.

Tal proceso de cambio puede tener consecuencias importantes en la transmisión de conocimientos, sobre todo para las nuevas generaciones, teniendo en cuenta que los más jóvenes difícilmente podrán acceder a las mismas redes informales que comparten los físicos sénior. Ello nos lleva a advertir sobre la necesidad de desarrollar estrategias que faciliten la comunicación entre los participantes en la colaboración (por ejemplo, el uso de más herramientas de e-ciencia) lo que también podría promover una mejor integración de los nuevos miembros.

En comparación con otros sistemas de trabajo, donde las decisiones se toman de arriba a abajo, la organización horizontal de ATLAS puede resultar mucho menos eficiente, en la medida que requiere largos procesos de negociación. Sin embargo, dicha estructura organizativa presenta al menos dos ventajas muy claras: en primer lugar, el hecho de que una decisión tomada después de un largo debate tiende, por lo general, a lograr mejores resultados; en segundo lugar, que la inexistencia de una jerarquía vertical proporciona a los miembros de la colaboración la sensación de que sus opiniones son tenidas en cuenta, independientemente de su posición, rango o

grupo de pertinencia. En efecto, el énfasis en la racionalidad y la objetividad en la toma de decisiones constituye un poderoso discurso interno de ATLAS, que tiene un papel clave en el mantenimiento de la colaboración. Con todo, mientras el discurso de la objetividad se refleja claramente en la praxis de la colaboración, los casos estudiados nos demuestran la existencia de factores subjetivos que a menudo quedan invisibilizados en el discurso oficial:

Proposición 2: La cultura epistémica de ATLAS, fundamentada en valores como la cooperación y la objetividad en la toma de decisiones, pueden estar invisibilizando factores de orden más subjetivo que tienen un papel importante en el desarrollo profesional de los individuos.

Esta proposición sugiere que el enfoque racionalista / objetivista puede estar obstaculizando una mejor comprensión del papel que tienen estos aspectos subjetivos en los procesos de toma de decisiones y en el desarrollo individual de los científicos.

Teniendo en cuenta la falta de crédito público a nivel externo, (por ejemplo, a partir de publicaciones de autoría individual) los miembros de ATLAS necesitan trabar sus batallas por reconocimiento en el seno de la comunidad científica a la cual pertenecen. Una manera de conseguirlo es a través del conocimiento especializado, o la capacidad de resolver problemas que nadie más puede resolver. Se trata, en otras palabras, de potenciar lo que algunos autores identifican como *career capital*, haciendo referencia al conjunto de habilidades y competencias que hacen los individuos valiosos dentro de una organización o comunidad profesional (Dickmann y Harris, 2005; Kamoche y otros, 2011). Podemos formularlo como:

Proposición 3: La falta de reconocimiento público individual- por ejemplo, por medio de publicaciones individuales - conduce a la aparición de mecanismos de reconocimiento interno que tienden a vincular las posibilidades de desarrollo profesional a la construcción de una reputación personal dentro de la comunidad.

Lo que sugiere esta proposición es que las redes personales y el capital social tienen un rol fundamental en ese proceso. Como corroboran varios entrevistados, el éxito profesional dentro de ATLAS radica no solo en trabajar bien o ser muy bueno en física, sino también en la habilidad para obtener el apoyo de aquellos que, debido a su experiencia, posición o reputación, pueden contribuir a conseguirlo.

Las proposiciones anteriores resultan de la primera etapa de estudio de caso realizado en la colaboración ATLAS. Constituyen supuestos teóricos potencialmente generalizables a otros experimentos *big science*, y como tal plausibles de validar en futuras investigaciones. En ese sentido, lejos de aspirar a convertirse en leyes o principios genera-

les, su finalidad última es contribuir a una mejor comprensión de la estructura organizativa y social de las grandes colaboraciones científicas.

7. CONCLUSIONES

Los grandes experimentos científicos son cada vez más habituales en múltiples ámbitos de la investigación. La necesidad de abordar problemas cada vez más complejos hace que sea preciso recurrir a grandes colaboraciones capaces de obtener grandes cantidades de fondos y al mismo tiempo integrar la participación de un gran número de científicos e instituciones en una empresa común.

La importancia de este tipo de proyectos está fuera de duda. Sin embargo, debemos ser conscientes de que este modo de organización de la actividad científica tiene unas características singulares que pueden afectar a la práctica de los científicos. En este trabajo hemos mostrado cómo las dinámicas propias de tales experimentos tienen efectos sobre aspectos como las relaciones personales entre los científicos, el intercambio de conocimiento, el desarrollo profesional o los mecanismos de reconocimiento dentro de la comunidad.

Cabe finalmente resaltar que los resultados que hemos obtenido en este estudio exploratorio corresponden a un caso concreto. Por lo tanto, aunque éste posea un cierto grado de representatividad, la generalización de las proposiciones presentadas requeriría del análisis de otros experimentos de este tipo. A pesar de dichas limitaciones, creemos que la presente investigación aporta ideas interesantes que contribuyen a un mejor conocimiento de la actividad científica en la actualidad.

8. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la participación y ayuda en la presente investigación de la Colaboración ATLAS y del CERN. También dan las gracias por la ayuda financiera de la Generalitat de Catalunya al grupo de investigación KIMO (2009-SGR-00032) y del MINECO a través de la financiación de los proyectos KESIR (CSO2009-09194) y KIBIS (CSO2012-33959).

9. BIBLIOGRAFIA

Aad, G.; Abajyan, T.; Abbott, B.; Abdallah, J.; Abdel Khalek, S.; Abdelalim, A. A.; Zwalski, L. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, vol. 716(1), 1-29. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.020>

Baruch, Y. (2003). Transforming careers: from linear to multidirectional career paths. *Organizational and individual perspectives. Career Development International*, vol. 9 (1), 58-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/13620430410518147>

Baruch, Y.; Hall, D. T. (2004). The academic career: A model for future careers in other sectors? *Journal of Vocational Behavior*, vol. 64, 241-264. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvb.2002.11.002>

Benavent-Pérez, M.; Gorraiz, J.; Gumpenberger, G. y Moya-Anegón, F. (2012). The different flavors of research collaboration: a case study of their influence on university excellence in four world regions. *Scientometrics*, vol. 93, 41-58. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0638-4>

Bressan, B.; Boisot, M. H. (2011). The individual in the ATLAS Collaboration: A learning perspective. En: M. H. Boisot, M. Nordberg, S. Yami & B. Nicquevert (Eds.), *Collisions and collaboration: The organization of learning in the ATLAS experiment at the LHC* (p. 201-225). Oxford, UK: Oxford University Press.

Canals, A. (2013). Knowledge in Big Science. En: J. Child & M. Ihrig (Eds.), *Knowledge and the Study of Organization and Management: Building on the Work of Max Boisot* (p. 155-168). Oxford, UK: Oxford University Press.

Canals, A.; Ortoll, E.; Nordberg, M. (2013). *Redes de colaboración en big science: el experimento ATLAS en el CERN*. Paper presented at the La colaboración científica: una aproximación multidisciplinar, Valencia.

Chompalov, I.; Genuth, J.; Shrum, W. (2002). The organization of scientific collaborations. *Research Policy*, vol. 31, 749-767. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00145-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00145-7)

De Fillippi, R. J.; Arthur, M. B. (1994). The boundaryless career: a competency-based perspective. *Journal of Organizational Behavior*, vol. 15 (4), 307-324. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/job.4030150403>

Dickmann, M.; Harris, H. (2005). Developing career capital for global careers: The role of international assignments. *Journal of World Business*, vol. 40, 399-408. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwb.2005.08.007>

Eby, L. T.; Butts, M.; Lockwood, A. (2003). Predictors of success in the era of the boundaryless career. *Journal of Organizational Behavior*, vol. 24, 689-708. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/job.214>

Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, vol. 14(4), 532-550. doi: <http://dx.doi.org/10.5465/AMR.1989.4308385> <http://dx.doi.org/10.2307/258557>

Etzkowitz, H.; Kemelgor, C. (1998). The role of research centres in the collectivisation of academic science. *Minerva*, vol. 36, 271-288. doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004348123030>

Galison, P. (1987). *How experiments end*. Chicago; The University of Chicago Press.

Galison, P. (1992). *Big Science: The Growth of Large Scale Research*. Stanford, CA.; Stanford University Press.

- Gazni, A.; Sugimoto, C. R.; Didegah, F. (2012). Mapping world scientific collaboration: authors, institutions, and countries. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 63 (2), 323-335. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/asi.21688>
- Gibbs, G. (2007). *Analysing qualitative data*. Thousand Oaks, CA; Sage Publications.
- Gillham, B. (2001). *Case study research methods*. New York; Continuum.
- Green, D. (2010). *At the leading edge: the ATLAS and CMS LHC Experiments*. New Jersey; World Scientific. doi: <http://dx.doi.org/10.1142/9789814277624> <http://dx.doi.org/10.1142/7349>
- Hall, D. T. (2002). *Careers in and out organizations*. Thousand Oaks, CA.; Sage.
- Hicks, D. M.; Katz, J. S. (1996). Where is science going? *Science, Technology, & Human Values*, vol. 21(4), 379-406. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/016224399602100401>
- Ihrig, M.; Canals, A.; Boisot, M. H.; Nordberg, M. (2012). *Mapping critical knowledge assets in the ATLAS Collaboration at CERN: An I-Space approach*. Paper presented at the OLKC 2012 - International Conference on Organizational Learning, Knowledge and Capabilities València.
- Kamoche, K.; Pang, M.; Wong, A. L.;. (2011). Career development and knowledge appropriation: A genealogical critique. *Organization Studies*, vol. 32 (12), 1665-1679. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0170840611421249>
- King, N. (1998). Template analysis. G. Symon & C. Cassell (Eds.) *Qualitative methods and analysis in organizational research: a practical guide* (pp. 118-134): London: Sage.
- Knorr Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Cambridge, MA.; Harvard University Press.
- Lorigo, L.; Pellacini, F. (2007). Frequency and structure of long distance scholarly collaborations in a physics community. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 58 (10), 1497-1502. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/asi.20638>
- Miles, M. B.; Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. London; Sage Publications.
- Pickering, A. (1984). *Constructing quarks: A sociological history of particle physics*. Chicago, IL.; The University of Chicago Press.
- Ritchie, J.; Spencer, L.; O'Connor, W. (2003). Carrying out qualitative analysis. *Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers*, 219-262.
- Sennet, R. (1998). *The corrosion of character: The personal consequences of work in the new capitalism*. New York; W. W. Norton & Company.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA.; Sage.
- Sullivan, S. E. (1999). The changing nature of careers: A review and research agenda. *Journal of Management*, vol. 25 (3), 457-484. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/014920639902500308>
- Traweek, S. (1988). *Beamtimes and Lifetimes: The World of High Energy Physicists*. Cambridge, MA.; Harvard University Press.
- Wilson, E. (2001). *Introduction to particle accelerators*. Oxford, UK; Oxford University Press. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198508298.001.0001>
- Yami, S.; Nordberg, M.; Nicquevert, B.; Boisot, M. H. (2011). ATLAS as Collective Strategy. En: M. H. Boisot, M. Nordberg, S. Yami & B. Nicquevert (Eds.), *Collisions and Collaboration: The organization of learning in the ATLAS experiment at the LHC* (p. 98-115). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods* (4th ed.). Los Angeles, CA; Sage.