



## 1. LA CREACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DIGITAL<sup>1-2</sup>

La manera en que Internet afectará a la ciencia es una cuestión crecientemente debatida. Una pregunta pertinente es si lo que ya está sucediendo en el mundo de los negocios o en diversos sectores culturales, ya sea en las industrias musical y cinematográfica, o ya sea en el ámbito de los libros y la prensa escrita, ocurrirá igualmente en un ambiente tan singular como es el de la ciencia. De lo aprendido, se sabe que Internet afecta a dos de los pilares esenciales de cualquier actividad comercial: la creación y la distribución de los productos.

La perogrullada de que los objetos físicos están hechos de átomos y no de bits dio que pensar acerca del modo en que Internet podría afectar a la creación y distribución de los artefactos. Obviamente, a través de Internet no se pueden distribuir los objetos físicos, pero sí sus imágenes y sonidos, o, mejor dicho, unas reproducciones digitales de estas dos cualidades. Asimismo, el número de copias que se pueden reproducir de tales creaciones digitales es tan alto como bajo su coste. El coste más alto está pues en *transformar* un objeto físico en un objeto digital, tras lo cual, copiar es fácil. No obstante, no se deben olvidar los costes asociados con el mantenimiento de la infraestructura informática que ha de mantener a salvo el legado digitalizado.

Si el problema de la creación de un objeto digital radica esencialmente en sobrepasar la "barrera de potencial" que viene dada por su transformación de objeto físico a digital, para luego convertirse en una sencilla y barata combinación de teclas "copiar + pegar" que es la mínima expresión de un proceso de montaje en cadena, el proceso de distribución que al principio no requería más esfuerzo que un simple *click*, hoy en día en algunos casos no necesita ni eso, se envía automáticamente. En efecto, en los primeros años de Internet las empresas extendieron sus negocios a la Web usando los mismo conceptos que utilizaban en el mundo físico, es decir, primero crear un producto y luego distribuirlo. Aplicado a los productos musicales, a las películas, a los libros o a los artículos científicos, el énfasis seguía estando en el producto más que en el servicio, es decir, el valor estaba en el objeto y en los secretos de su creación, los cuales había que proteger celosamente a cualquier precio, ya fuera con patentes y derechos de autor, o mediante diversas e imaginativas barreras que impidieran el fácil acceso a cualquiera que no hubiera pagado

una determinada cantidad de dinero previamente pactada. Posiblemente era lo más sensato con el fin de proteger los incentivos de creación e innovación.

## 2. CIENCIA ABIERTA: DE LA GRAN CIENCIA A LA E-CIENCIA

En esos años, las facilidades en la creación y en la distribución que ofrece Internet fueron rápidamente aprovechadas por todos los sectores de la sociedad y, obviamente, la ciencia no fue ajena a sus ventajas. La llamada *Big Science* enseguida supo ver oportunidades de extender sus fronteras para hacer más grande aún su ciencia. El surgimiento de la idea de la Gran Ciencia nació con el sobredimensionamiento de algunas empresas científicas, el imparable crecimiento de laboratorios que se hacían cada vez más y más grandes para convertirse, por ejemplo en el caso de la física de altas energías, en enormes anillos subterráneos con imanes superconductores que aceleran unas partículas subatómicas a casi la velocidad de la luz. Así, las iniciativas de Gran Ciencia no dudaron en lucir sus exageradas dimensiones con adjetivos superlativos: el Gran Telescopio de Canarias, el Supercomputador Mare Nostrum en Barcelona, el Super-Kamiokande en Japón, el Large Hadron Collider en el CERN (Ginebra) o el proyecto Superconducting Super-Collider en Texas (EEUU), que de tan grande que era, "cayó" por su propio "peso". Tales proyectos empezaron a requerir grandes sumas de dinero para construir enormes instalaciones y para comprar potentes computadores, para contratar más científicos, pero también más ingenieros para mantener y mejorar toda la tecnología asociada a tamaña iniciativa, y gestores capaces de administrar las subvenciones y de gestionar los recursos humanos, sin olvidar la contratación de expertos en comunicación encargados de canalizar y de ensalzar las bondades de tales proyectos y lo adecuado de asignarles altos presupuestos.

A día de hoy la *Big Science* no sólo ha conquistado grandes parcelas del saber, abarcando proyectos como el Genoma Humano, los supertelescopios internacionales, los supercomputadores para cálculos meteorológicos o las grandes tanques de agua pesada construidos dentro de altas montañas con el fin de detectar la interacción de los neutrinos,

sino que ha visto en el *bit* un buen camino para hacerse aún más *big*. Este *bet* (apuesta, en inglés), por el *bit* para hacerse más *big*, consiste en extender los dominios de las computaciones en lo que se ha dado en llamar *Grid computing*, a saber, en descentralizar los tremendos cálculos que se llevaban a cabo en los computadores de los laboratorios para, en su lugar, realizarlos en el seno de cientos de miles de computadores personales de individuos que, desde sus casas, permiten voluntariamente que pequeñas porciones de algoritmos se ejecuten en sus ordenadores en los tiempos muertos en que éstos no están ocupados con otras tareas asignadas por sus dueños. Obviamente, la propaganda de cada comunidad científica debe ponerse en acción si quiere lograr ser la elegida por el voluntario de turno para descargar sus porciones de algoritmos. Es la apuesta por (y la competencia en) la e-Ciencia (del inglés *e-Science*).

No obstante, obsérvese que este paso táctico de utilizar Internet como vehículo y los ordenadores personales de miles de voluntarios como nuevo arma de la ciencia para la conquista de lo desconocido, lleva consigo una sutil maniobra estratégica: abrir la ciencia al público. Y a esta apertura corresponde una doble lectura: por un lado, hace partícipes a los ciudadanos de los logros obtenidos por una determinada disciplina científica, lo cual no sólo refuerza su prestigio social, sino que, además, incrementa el interés del público en la ciencia en general y en dicha disciplina en particular; y por otro lado, se desprende durante un intervalo limitado de tiempo de una porción de conocimiento científico en forma de programas algorítmicos y se deja en manos de desconocidos. Naturalmente, dichos programas se encriptan previamente.

Esta doble lectura de lo *open* en lo que algunos ya denominan "ciencia abierta" (del inglés *open science*) es infrecuentemente mencionada en los textos dedicados a analizar estas cuestiones, lo cual provoca confusión y no ayuda a la hora de caracterizar con precisión qué se quiere decir cuando se habla de "ciencia abierta". Uno de los objetivos colaterales de este artículo es mostrar los diferentes significados que pueden corresponder a la expresión "ciencia abierta", sobre todo en relación a los genuinos conceptos correspondientes a lo que se ha dado en llamar Web 2.0, y se verá que, además de los dos significados ya mencionados (se introducirá luego uno asociado al concepto de interdisciplinariedad, y un análisis más detallado revelaría

que aún hay varios más), pueden asignarse dos niveles de aplicación de tal expresión, una en el nivel de las infraestructuras, y la otra al nivel de las redes sociales que son la base de las redes epistemológicas.

Hemos dicho que el primer nivel de apertura de la ciencia es el de las infraestructuras, el de las arquitecturas informáticas distribuidas, el de tomar prestados ordenadores ajenos para implementar computaciones *Grid* que incrementan la velocidad de cálculo. Por consiguiente, a este primer nivel de *ciencia distribuida* subyace una *red de autómatas*. Es el equivalente a lo que hacen las tecnologías P2P en el intercambio de ficheros de manera automática<sup>3</sup>: el usuario mete en la aplicación informática el nombre de una canción, de una película, de un autor, o el título de un libro, y el sistema, sin más ayuda que la simple mirada inquisitiva de un cibernauta impaciente, rastrea por sí solo (tras el protocolario *click*) todos los demás ordenadores conectados en red que pueden disponer del ansiado objeto digital buscado, y una vez que lo detecta, lo recupera sin aparente esfuerzo si se tiene un buen ancho de banda. Excepción hecha de la introducción inicial de la identidad del objeto buscado y del inevitable *click*, el resto del proceso resulta ser totalmente automático, sin ninguna intervención humana.

En este (llamémoslo) Nivel 1 o *red de autómatas* se encuentran también los desarrollos orientados a *servicios web* (lo que los técnicos llaman *web services*). Se trata de una colaboración intradisciplinar e interdisciplinar al nivel de la programación, a saber, un grupo de expertos bioinformáticos desarrolla un programa (por ejemplo, a petición de un grupo de genetistas) para procesar una determinada información de una secuencia genética, pero resulta que ese mismo programa puede servir también para ejecutar un cálculo correspondiente a la secuencia proteínica en el que otro grupo de investigación está trabajando. Ninguno de los dos grupos es consciente de la existencia del otro, pero el segundo grupo es capaz de recuperar estos servicios web gracias a que existen una serie de protocolos informáticos<sup>4</sup> capaces de rastrear la web y de hacer que las máquinas *se comuniquen* entre sí, en busca del mejor programa diseñado para tal fin y de ponerlo a disposición del segundo grupo de investigación. Todo esto se produce en el nivel de autómatas, de cuyo mantenimiento hay una serie de técnicos-ingenieros encargados. Pero los servicios web pueden ser imaginados también como programas capaces

de recuperar datos inconexos de la red y de presentarlos a modo de gráfico o diseño animado a los investigadores. Se empieza a utilizar la expresión "service-oriented science" para referirse a estos procedimientos, y en boca de uno de los expertos en esta nueva rama ingenieril de la ciencia, la expresión "se refiere a la investigación científica hecha posible por redes distribuidas de servicios interoperables" (Foster, 2005, 814).

Existen otras actividades que se están llevando a cabo en este Nivel 1, como son las técnicas de minería de datos (*data mining*) que buscan patrones y tendencias comunes en enormes conjuntos de datos experimentales, patrones y tendencias sólo "visibles" por medio de complejas técnicas estadísticas, muy lejos de lo que la percepción humana puede lograr ver. Incluso, hay proyectos (Lynch, 2006) que pretenden encontrar similitudes y relaciones muy sutiles entre ideas publicadas en diversos textos y artículos de la Red, no sólo en ciencias puras, sino también en ciencias sociales y en humanidades. No se tratarán estas cuestiones aquí, pero cabe especular con futuros puentes o interfaces (González Quirós y Gherab Martín, 2009) entre este primer nivel y el segundo nivel (que se describe a continuación). Por ejemplo, Foster (2005, 817) comenta: "Finalmente, podemos imaginar un futuro en el que un conocimiento compartido por una comunidad no sea exclusivamente documentado en la literatura científica, sino que estaría documentado también en los varios programas y bases de datos que representa –y automáticamente mantiene y hace evolucionar– un conocimiento sobre una base colectiva".

El Nivel 2 (que es del que trata preferentemente el presente artículo) se refiere a las *redes sociales*<sup>5</sup>, es decir, un grupo o red de individuos que, conocidos de antemano o no, deciden formar un *e-ágora* sobre una afición (o un problema) común. Se refiere a un nuevo sendero por el que la ciencia aún no ha transitado en exceso, pero que ya está haciendo correr ríos de tinta (no siempre bien aprovechados) acerca del mejor modo de encauzarlo. Una perspectiva corresponde a las nuevas técnicas que están empezando a utilizar algunas empresas de I+D para resolver problemas tecnocientíficos y, más concretamente, al emergente *crowdsourcing*. Este término busca contraponerse al conocido concepto de *outsourcing*, muy en ascenso en todo tipo de organizaciones, especialmente (pero no sólo) para tareas de mantenimiento y desarrollo informático. Mientras que el *outsourcing* va dirigido a

contratar los servicios de un número limitado de personas o empresas especializadas en un determinado proceso y durante un determinado período de tiempo, el *crowdsourcing* deja el reto abierto, es decir, presenta un problema tecnocientífico a cualquiera que tenga el deseo de querer resolverlo, generalmente sin un plazo de tiempo predefinido. Es algo parecido a los cuantiosos premios que lanzaban muchas realezas europeas durante los siglos XVII y XVIII con el fin de resolver dilemas tecnocientíficos, entre los que cabe destacar el problema de la medición de la Longitud geográfica cuando los barcos se encontraban en alta mar. Un caso reciente de *crowdsourcing* (Howe, 2006) es el de la empresa Colgate-Palmolive que, a través de la plataforma Innocentive<sup>6</sup>, preguntó cómo resolver el problema de meter industrialmente pasta de dientes en un tubo sin que hubiera pérdidas del líquido; y la respuesta la dio un físico de partículas de 57 años que trabajaba en el sector privado y que dejó sin terminar su doctorado en física de altas energías, pero que mantenía su afición por los procesos electromagnéticos corpusculares.

Sin embargo, la perspectiva más debatida actualmente (y que es la que se tratará en adelante hasta el final del artículo) gira en torno al *acceso abierto* de las publicaciones científicas, y de hecho resuena con fuerza en muchos foros de la Red la expresión anglosajona *open access*. No es necesario relatar aquí la polémica y los argumentos de bibliotecarios, editores e investigadores a favor o en contra del acceso abierto a los artículos científicos, pues esto ya se ha tratado en otros artículos de este monográfico. Sólo se mencionará algo acerca de los investigadores, que son el grupo que más interesa aquí. Los jóvenes investigadores, siempre más propensos que los veteranos a cambiar el orden establecido, son más entusiastas del acceso abierto y de fórmulas como el *open peer-review*, esto es, una revisión por pares más abierta o democrática. A nadie escapa que los consejos editoriales de las revistas más prestigiosas tienen a los académicos más laureados, y que la identidad de éstos suele coincidir con aquellos que tienen más edad y más privilegios. En algunos aspectos, y aunque ha habido sonadas excepciones, a estos investigadores generalmente no les interesan ni el acceso abierto ni la revisión por pares de carácter abierto. Más adelante se verá que la emergencia de nuevas y jóvenes disciplinas científicas, algo que suele ir de la mano con la edad de sus practicantes, tiene importantes connotaciones acerca del porvenir de una *ciencia abierta* en la Red.

Como es natural, cada uno de los tres "gremios" ofrece argumentos a favor o en contra, probablemente procurando dar todo el peso a los valores epistémicos, si bien otros valores y *disvalores* interesados se dan también cita en la génesis de los argumentos. Obviamente, el mejor argumento será el que demuestre ser más eficiente en relación con el progreso de la ciencia, bien sea porque incremente la cantidad y la calidad de los descubrimientos o porque refuerce la fiabilidad de lo que los científicos deciden que es verdadero. Pero se mostrará luego que no sólo los valores, creencias y deseos de las tres diferentes *culturas* que se han mencionado (bibliotecarios, editores e investigadores) tienen relevancia para las redes epistemológicas que se abren paso en la Red, sino que se puede especular con el probable nacimiento de nuevas *subculturas* asociadas a las diversas prácticas científicas imperantes. Como ya se ha dicho, el presente análisis se centrará únicamente en el ámbito de las subculturas asociadas a los investigadores.

### 3. ACCESO ABIERTO E INTERDISCIPLINARIEDAD

El acceso abierto nació, en el sentido moderno<sup>7</sup> de la expresión, cuando los investigadores se dieron cuenta de la inmediatez que ofrecía la Red a la difusión de sus ideas entre sus colegas, lo cual no era baladí si se tiene en cuenta la importancia de la prioridad en la empresa científica. Posteriormente, se hicieron evidentes también las ventajas en la creación y distribución de contenidos que han sido comentadas antes, de modo que la "serials crisis" se ha ido convirtiendo en el principal argumento para impulsar las iniciativas de acceso abierto (Guédon, 2001). El objetivo principal aquí es mostrar que puede apelarse a un argumento adicional en favor del acceso abierto a los artículos científicos: las sinergias que el acceso abierto y los repositorios digitales pueden generar gracias a los cruces entre disciplinas. Y se propondrá un modelo que muestra el modo en que esto puede hacerse. En otras palabras, la interdisciplinariedad tiene mucho que ganar con el acceso abierto y con los repositorios digitales. Es más, tomando en cuenta que el *acceso abierto* no es más que un caso particular del movimiento más general que representa la idea de *ciencia abierta*, se puede afirmar que Internet ofrece la oportunidad de fomentar la interdisciplinariedad como nunca antes en la Historia, pudiendo no sólo unas

disciplinas retroalimentarse de otras, sino que, además, se conseguirá reducir los tiempos necesarios para echar miradas retrospectivas al pasado con el fin de encontrar sutiles influencias entre disciplinas e, incluso, prever qué disciplinas son más susceptibles de fusionarse con cuales otras en el futuro cercano. Influencias, sinergias, inconsistencias, paralelismos que no era ni es posible ver a simple vista y que, con las herramientas adecuadas (digitales obviamente) y modelos imaginativos, se detectarán con éxito un porcentaje alto de veces.

Como se explica en el primer artículo de este monográfico, los dos caminos que han sido identificados para digitalizar la ciencia impresa y archivar la ciencia nacida digital son: el *camino dorado*, que consiste en ir digitalizando las revistas impresas y seguir más o menos como hasta ahora; y el *camino verde*, que consiste en que los propios investigadores depositen sus artículos en los repositorios digitales. ¿Cuál de ambas iniciativas es más *abierto* en el sentido de fomentar la interdisciplinariedad en el Nivel 2 (redes sociales)? Por suerte o por desgracia, la respuesta no depende sólo de criterios epistémicos, sino que apela a condicionantes económicos. Si bien es cierto que la edición, las copias y la distribución son más baratas, no lo es menos que el mantenimiento de plataformas de revistas digitalizadas y de repositorios digitales institucionales tiene un coste no nulo. Varios partidarios del *camino dorado* abogan por financiar los costes mediante el modelo "autor-paga", es decir, que si el autor desea tener su artículo en abierto, él o la institución que le financia deben pagar una cierta cantidad a la revista. En caso contrario, el artículo sólo será accesible para suscriptores. Algunas cantidades que están saliendo a la luz en el modelo "autor-paga" son injustificada y exageradamente altas, pero, dejando de lado las disquisiciones comerciales, lo cierto es que desde el punto de vista del fomento de la interdisciplinariedad es preferible eliminar las restricciones superfluas y evitar las barreras innecesarias. Aun así, se propone aquí una atrevida (y para muchos seguro que polémica) perspectiva que haría compatible el acceso abierto con la viabilidad económica de las revistas científicas. Pero para ello, es necesario admitir que las revistas científicas deberán desempeñar un papel muy diferente al que han venido haciendo en los últimos siglos: su valor añadido no será filtrar y seleccionar artículos, sino presentar *discursos*. Más adelante, se caracterizará el significado de estos *discursos*.

Las facilidades de edición, copia y distribución que ofrece la tecnología digital permiten difundir las ideas entre los pares de forma casi inmediata, una inmediatez que contrasta con los varios meses (y a veces más de un año) que tardan en editarse y distribuirse muchas revistas impresas, si bien estos tiempos y los canales de difusión varían en función de la disciplina. No cabe duda de que parte de la "culpa" de esa lentitud es debida a las necesarias revisiones de los evaluadores de las revistas, pero también al carácter limitado de páginas que pueden soportar las revistas impresas. En efecto, una revista agrupa varios escritos, pero está limitada por un principio (la portada) y un final (la contraportada), digamos que idealmente por un par de tapas. Tal hecho es evidente en el caso de las revistas tradicionales impresas, pero a menudo se comete la torpeza de concebir igualmente las revistas digitales como objetos de extensión finita. Naturalmente, las limitaciones de las revistas electrónicas son de un carácter muy diferente a las de las revistas impresas, pues aquéllas pueden contener hipervínculos que abren nuevos artículos, revistas o libros digitales *en línea*, así como comentarios o correcciones que pueden ser añadidos en cualquier momento y lugar (González Quirós y Gherab Martín, 2006).

No obstante, el modo actual (y usual) de proceder es el de asignar páginas, números, volúmenes y tomos a las revistas digitales del mismo modo en que se hace con las revistas impresas. Por tanto, la limitación de las revistas digitales, aun no siendo material, es en cierto modo conceptual. Y es probable que esta necesidad de asignarle una finitud a las revistas sea debida a un factor pragmático que tiene que ver con el número finito de revisores de artículos de cada revista. Es decir, la visión de las revistas como objetos finitos es pues consecuencia de la necesidad de empaquetar, ya sea física o digitalmente, únicamente el conocimiento aprobado, el saber con marchamo de calidad.

Al contrario, los repositorios digitales permiten, al menos idealmente, autoarchivar tantos artículos como se desee. Pero esta peculiaridad es la que, según muchos editores de revistas comerciales e incluso la Royal Society de Londres (2005), pone en peligro el progreso de la ciencia porque menosprecia la necesaria revisión por pares de cualquier artículo con aspiraciones de ser tomado en serio por el resto de colegas de la disciplina en cuestión. Sin embargo, la experiencia de *arXiv.org*, el ya famoso repositorio<sup>8</sup> de los físicos, demuestra que esto no es necesariamente así. De

algún modo, ya sea a través de los foros o por conversaciones informales, los físicos parecen ponerse de acuerdo acerca de lo que es bueno y lo que no lo es tanto, saben separar el grano de la paja. Un físico de partículas desayuna todas las mañanas con un ojo puesto en las novedades publicadas en *arXiv.org* (muchas de las cuales, transcurridos varios meses, serán publicadas en las revistas de referencia, por ejemplo *Physical Review Letters*). Los foros, las wikis y sobre todo los correos electrónicos pueden ayudar a la hora de decidir si un artículo merece ser citado, antes incluso de ser publicado formalmente por una revista de referencia, lo cual infringe una de las reglas no escritas más veneradas por la Academia, una de las "aduanas" erigidas por la comunidad científica para asegurar el cumplimiento de las normas mertonianas (Merton, 1973).

Lo ideal sería implementar nuevas reglas para los repositorios digitales, lo suficientemente flexibles para sacar provecho de las ventajosas cualidades de lo digital al tiempo que capaces de otorgar fiabilidad a las citas de artículos aún sin publicar. Según el análisis esgrimido antes, si a la finitud conceptual de una revista correspondía la finitud del número disponible de revisores, a la infinitud conceptual de un repositorio digital habrán de asociarse infinitos potenciales revisores. Éste es el ideal al que apunta la revisión por pares abierta (*open peer-review*), una ciencia abierta en el sentido de participación de potencialmente infinitos revisores que, de algún modo concreto aún por consensuar, permita la participación de todos sin disminuir en lo más mínimo los estándares de selección y evaluación de artículos. Hay que decir que ya existen propuestas al respecto, aunque ya hay algunos intentos que no han tenido éxito (*Nature*, 2006).

Una característica añadida de las revistas, sean impresas o digitales, es su orientación temática y disciplinar. De hecho, al nacimiento de una corriente disciplinar de la mano de un *colegio invisible* (Ziman, 1984, 75) suele acompañar la creación de una revista. Tradicionalmente, la creación de una revista suele ser uno de los eslabones de un ritual de iniciativas conducentes a dar legitimidad a una nueva disciplina. Algunas de estas iniciativas suelen ser la organización de seminarios y congresos, la creación de una sociedad, el establecimiento de asignaturas universitarias afines a la temática, la convocatoria de becas, la concesión de premios y honores, etc. Así, las revistas suelen pertenecer al ámbito de una disciplina y los artículos en ellas publica-

dos muchas veces guardan poca relación entre sí en cuanto al problema concreto que buscan resolver. A medida que va creciendo y se va diversificando el *savoir faire* de una disciplina, una diversificación que es consecuencia de los diferentes métodos, reglas, técnicas, creencias e intenciones, culturas y subculturas teóricas y experimentales que van apareciendo y que van constituyendo los embriones de nuevas subdisciplinas, se va disgregando cada vez más la información, se va diluyendo la *unidad* temática, y se va perdiendo en suma el discurso centrado en la resolución de un problema concreto.

#### 4. DEL ACCESO ABIERTO AL USO ABIERTO (O ENSAMBLAJE INNOVADOR)

Los científicos no buscan una gratificación inmediata por la publicación y difusión de sus artículos. Al contrario, en muchas ocasiones tienen que pagar, y más aún si el modelo "autor-paga" del camino "dorado" sigue adelante. El objetivo de los científicos es alcanzar el mayor impacto posible, siendo citados el mayor número de veces por otros, de ello depende su prestigio profesional y por tanto sus futuros ingresos, poder e influencia. Y para conseguirlo, están dispuestos a ceder sus artículos gratuitamente, con la única condición de ser citados. Por tanto, si salen varias revistas o monográficos en los que uno de sus artículos es incluido, no tendrán ningún impedimento. Al revés, cada vez que uno de sus artículos es publicado, su suerte de ser leídos y posteriormente citados aumenta.

Aunque es cierto que en algunos casos las citas a otros artículos se hacen para negar una determinada idea en lugar de para apoyarla, no es menos cierto que una cita por lo general representa una recomendación de lectura, un apoyo intelectual. Así, se han ido desarrollando diversas plataformas informáticas que, siguiendo el modelo de ISI-Thomson, muestran cuántos y qué artículos han citado un determinado texto por el cual estamos interesados. Ejemplos de este tipo son Citebase<sup>9</sup>, Citeseer<sup>10</sup> y Google Scholar<sup>11</sup>.

El modelo que aquí se propone incluye la apuesta por que los científicos autoarchiven sus *papers* en los repositorios digitales de acceso abierto de sus instituciones o en otros repositorios disciplinares que hayan tenido éxito y

tengan masa crítica. De este modo, los artículos autoarchivados y las críticas y contracríticas (refutaciones) que se vayan colgando en diversos repositorios digitales irán dibujando una malla de citas que irá dando realce a diversas discusiones, ya sean éstas agrupaciones de artículos, datos experimentales, anotaciones o comentarios. Así, los repositorios que tengan mejores *tecnologías de recomendación*<sup>12</sup>, es decir técnicas de recuperación de información basadas en redes sociales, filtrarán mejor "el grano de la paja", separarán los buenos artículos de los malos mediante la combinación de diversas formas de contar descargas (*downloads*), citas, cocitas, etc. Iniciativas de este tipo existen ya (Shadbolt, Brody, Carr y Harnad, 2006).

Pero, ¿cómo hacer compatible esta perspectiva con la viabilidad de las revistas en el futuro? A primera vista, la propuesta que se describe a continuación parecerá conseguir todo lo contrario, a saber, destruir las expectativas de las revistas. Sin embargo, un detallado argumento procurará mostrar que esto no es necesariamente así. Muy al contrario, lo que un primer momento parecerá una debilidad, finalmente emergerá como una fortaleza. La propuesta es que los artículos autoarchivados en los repositorios institucionales o disciplinares puedan ser publicados cuantas veces se quiera y en cuantas revistas se considere adecuado. Esto es una consecuencia lógica (y legal) de la utilización de licencias *copyleft*<sup>13</sup>, Creative Commons<sup>14</sup> o Science Commons<sup>15</sup> en los artículos académicos. Veamos un ejemplo: digamos que aparece un artículo matemático que presenta un método para resolver una determinada ecuación que tiene implicaciones no sólo sobre cierta rama de las matemáticas, sino también sobre determinados problemas en química y en economía. Con el modelo aquí propuesto, el artículo podría ser publicado en una revista matemática, pero también (con las necesarias modificaciones<sup>16</sup> para adaptarse al lenguaje de los químicos y los economistas) en las revistas de Química y de Economía que lo consideren necesario para sus lectores-investigadores.

De este modo, lo publicado por las revistas no será (como es habitual hoy en día) un conjunto de artículos disciplinares que no tienen relación los unos con los otros. Si una revista puede publicar el mismo artículo que otra revista, se verá obligada a dar un valor añadido a los lectores-investigadores para que éstos la quieran comprar y leer. Si

dos revistas ofrecen los mismos artículos, lo que buscará en ellas entonces el investigador es el *discurso* subyacente: ¿por qué esos artículos y no otros? ¿por qué una determinada ordenación y no otra? Esto obligará a que los consejos editoriales de las revistas elaboren *discursos unitarios* que apunten a la resolución de problemas concretos, deberán hacer una "foto" al estado del arte actual de un cierto problema o una cierta subdisciplina. Así, el mejor argumento que tendrá una revista puntera para "vender" que su discurso es el más certero (el más verdadero o cercano a la objetividad) en relación a la resolución de una cuestión científica concreta será el plantel de expertos con el que cuenta, en definitiva, los pares que conforman su consejo editorial.

Así, aun permaneciendo el tradicional procedimiento de que los articulistas envíen sus artículos a las revistas académicas, las revistas más astutas irán "a pescar" en los repositorios digitales (utilizando adecuadamente las *tecnologías de recomendación* a su disposición) lo que consideren mejor para sus lectores, como si se tratara de caladeros de peces<sup>17</sup>, de modo que su valor añadido consistirá más en presentar discursos que en publicar un cúmulo de artículos inconexos. Se premiará a las revistas innovadoras cuyos consejos editoriales, su élite de sabios, acierten a agrupar datos experimentales, gráficos, artículos y comentarios relacionados en solucionar problemas comunes, formando óptimos discursos sobre una cuestión particular. La obligación será virtud, y es al ponerlas al límite de su existencia cuando las revistas darán lo mejor de sí en esta era digital cuyas sombras comienzan a adivinarse.

Diferentes revistas podrán escoger idénticos artículos si así lo desean, pues su valor añadido residirá en las relaciones que muestren entre ellos. Dicho con otras palabras, no habrá "contratos" de exclusividad, no habrá *copyright* con respecto a los artículos. Las revistas electrónicas podrán reutilizar los artículos cuantas veces quieran, si ello beneficia al discurso que publican. La revisión por pares de cada artículo o comentario podrá continuar como hasta ahora o abrirse a nuevas fórmulas más democráticas, pero el consejo editorial tendrá la obligación adicional de construir un edificio epistemológico con esos ladrillos-artículos seleccionados. Esto sería la *industria de la reutilización* aplicada a las revistas científicas, lo que Tim O'Reilly (2005), el creador del concepto de Web 2.0, ha denominado a nivel genérico como "ensamblaje innovador". O'Reilly pone el

ejemplo del formidable florecimiento de la industria de fabricación de PCs clonados gracias a la *reutilización* y *ensamblaje* libre de componentes de maneras multiplicadamente creativas. Y este procedimiento exitoso a nivel *hardware* ya está triunfando a nivel de *software* con los desarrollos de programación denominados *web services* y en las iniciativas de código abierto (*open source*). Es por ello que el modelo aquí esbozado podría muy bien denominarse Acceso Abierto 2.0, o bien Uso Abierto, o cualquier otra expresión que capture la noción de libre ensamblaje. Otros ejemplos de ensamblaje innovador pueden consultarse en Gherab (2008).

No cabe duda que este modelo sería actualmente una quimera para la industria musical o para la industria cinematográfica (al menos de momento), o incluso para la industria editorial no académica, todos ellos sectores en los que se privilegia la copia privada. Pero el caso de la Academia es diferente: el *ethos* de la Ciencia establece la *universalidad* y el *comunismo* (ambos en el sentido de Robert K. Merton) de los conocimientos científicos, y la sociología de la ciencia sugiere que los investigadores estarían entusiasmados en ver sus artículos publicados a doquier, un espectro de revistas, un espectro de públicos.

Las revistas tendrán que innovar tanto en tecnologías de información como en *tecnologías del conocimiento* para recuperar y reutilizar los contenidos añadiendo valor. Así, deberán depurar sus *técnicas de recomendación* para escoger los buenos discursos, y deberán saber reutilizar o ensamblar de manera innovadora los artículos depositados en los repositorios digitales. Las tecnologías de recomendación que deberán poner en pie las revistas y los repositorios son las técnicas que permitirán recomendar adecuadamente a un académico qué artículos, *blogs*<sup>18</sup>, *foros* o *wikis* habidos en la Red<sup>19</sup> pueden ser de su interés. En este sentido, es necesario precisar que la utilización de *wikis* por parte de ciertas (jóvenes) comunidades científicas no es ninguna idea-ficción, como lo demuestra el ejemplo de la wikienciclopedia *Quantik*<sup>20</sup> que está construyendo colaborativamente la comunidad de investigadores de la pujante disciplina de la Información y Computación Cuántica. Y tal vez no es casualidad que las primeras en desarrollar estas *wikis* sean jóvenes disciplinas cuyos miembros empiezan a estar bien financiados y además no tienen fuertes ligaduras con las revistas. Quizás haya iniciativas similares en diversos campos de la nanotecnología. En ambos casos,

información-computación cuántica y nanotecnología, se trata de subculturas en el lenguaje de Galison<sup>21</sup>, nacidas en el cruce de disciplinas y prácticas de investigación diversas (teoría, experimento, instrumento) que de lenguajes rudimentarios (*pidgin*) han pasado a estructuras lingüísticas más avanzadas (*creole*) en la misma época en que se iba tejiendo las Web, creando así sus (e-)revistas y sus wikis, aplicando prácticas propias y negociando en nuevas *trading zones* en las que comunicarse y hacer avanzar su propia subcultura<sup>22</sup>.

## 5. LOS REPOSITORIOS DIGITALES COMO "MERCADOS"

No es fácil asimilar que compartir información abiertamente pueda acabar siendo beneficioso para las revistas. En muchos ámbitos, la información representa un poder para el que la posee, de modo que compartir un secreto requiere de contraprestaciones, habitualmente económicas. El argumento de que el acceso abierto es un peligro para la ciencia porque socava los cimientos de las revistas, se basa en que las revistas son viables porque publican una información convenientemente seleccionada y filtrada que nadie más posee. Sin embargo, no es de información de lo que el presente artículo habla, sino de conocimiento, de quién sabe más. El objetivo de las revistas ha de consistir en disminuir la *entropía* que se vaya generando en los repositorios digitales (ya sean institucionales o disciplinarios), reducir el *ruido* hasta un punto que el investigador pueda "escuchar" lo esencial del mensaje: un discurso coherente bien planteado y ordenado, con los *pros* y los *contras* (si los hay). El objetivo consiste en privilegiar el conocimiento sobre la selección de información. Sin duda el reto es colosal, como admirables son las armas que la tecnología digital pone a nuestra disposición.

Hasta aquí se ha presentado un modelo de *uso abierto* de los artículos científicos que abriría muchos y nuevos canales interdisciplinarios, pero ¿qué modelo de repositorios digitales es el más adecuado para este fin? La respuesta es que el diseño de los repositorios digitales ha de ser encarada desde la perspectiva de la noción de *trading zone*. La analogía de la antropología puede ayudar a entender la cuestión. La mejor metáfora sería la de un *mercado* (que mejora la idea de *caladero*) al que acuden a comerciar y comprar diferentes *etnias* y *culturas*, con diferentes len-

guas, tradiciones y prácticas. Naturalmente, las etnias y las culturas son en nuestro caso las diversas disciplinas y culturas científicas. Cada disciplina científica tiene su propia jerga, pero a la hora de negociar con miembros de otras disciplinas, un investigador debe adaptar su argot a los esquemas conceptuales con que parte el receptor del mensaje. Entre ambos nace una especie de sublenguaje técnico (*pidgin*) que es la lengua franca que utilizan para poder comunicarse.

Al escribir el resumen de un artículo o al escribir las palabras clave que lo acompañan, el autor de un artículo está apuntando intencionalmente a un determinado público. Se supone que un investigador no utiliza el mismo resumen, ni las mismas palabras clave, al dirigirse a sus pares o al escribir para legos. Del mismo modo, su selección lingüística de *keywords* es (o debería ser) diferente si su intención es publicar en una revista de biología molecular o en otra de bioquímica puesto que buena parte de sus posibilidades de ser leído por el público al que apunta dependen de lo bien que redacte el resumen y de lo mucho (o poco) que acierte con las palabras clave. En resumen, el investigador está en cierto modo *negociando*, está etiquetando su artículo, lo está "comercializando" a nivel académico.

Esto es lo que se hace en la actualidad al autoarchivar los artículos en los repositorios institucionales y disciplinares. Sin embargo, el éxito de las llamadas *folksonomías* en la Web 2.0 sugiere algunas ideas para ir mejorando los repositorios digitales entendidas como *trading zones* o *mercados académicos*<sup>23</sup>. Las folksonomías (del inglés *folksonomies*) son una forma de clasificación de contenidos y objetos digitales (fotografías, animaciones, documentos, canciones, juegos, algoritmos, páginas web, etc.) mediante etiquetado libre por parte de los usuarios de la Red. Se contraponen a las jerarquías típicas de la clasificación taxonómica de tipo tesoro, que suelen ser más rígidas. Así, en lugar de ser sólo el investigador que autoarchiva un artículo quien elija las palabras claves al *etiquetar* su artículo, la idea es que cualquier investigador (de la misma disciplina o de otras) pueda añadir sus etiquetas o expresiones clave. Teniendo en cuenta que cada disciplina tiene su propia jerga, cuando un investigador de (digamos) astrofísica etiqueta un artículo de mecánica de fluidos, con su propio argot, porque le ha parecido interesante para resolver un determinado problema de su campo de estudio, estará al mismo tiempo facilitando la labor de otros compañeros a

la hora de recuperar el mismo artículo. Está facilitando la colaboración interdisciplinar.

Si algo bueno tiene la tecnología digital, además de libramos de arquitecturas tecnológicas previas, es que es tremendamente flexible, tan maleable que nos permite moldear la nueva arquitectura de la manera que consideremos más adecuada en función del modelo de colaboración epistemológica que diseñemos. Si se quiere, se pueden dejar las etiquetas del investigador que originalmente autoarchivó su artículo como un núcleo central de conceptos, permitir que sus pares en la disciplina puedan añadir sus palabras clave en un segundo "perímetro de seguridad", y dejar progresivamente que otros investigadores de otras disciplinas (cada vez más lejanas) vayan haciendo sus aportaciones conceptuales, etiquetando con su propio lenguaje disciplinar lo que del artículo consigan leer, como si de las capas de una cebolla se tratara. Recuperando la analogía descrita por Polanyi (1969, 101) de la lectura de placas de rayos X, un economista versado en matemáticas avanzadas no será capaz de captar la profundidad de una demostración en un determinado artículo publicado en *Journal of Algorithms* del mismo modo en que puede hacerlo un matemático profesional. Sus esquemas conceptuales y sus prácticas profesionales son diferentes. Y lo mismo es cierto para un físico teórico de partículas y un físico experimental de altas energías (es decir, dos miembros de lo que a primera vista es una disciplina unitaria): ambos denominarán con la expresión "quark" a observaciones diferentes, a fenómenos mapeados en un trasfondo de esquemas conceptuales, prácticas instrumentales y ligaduras teóricas muy distantes, que en algunos aspectos quién sabe si podrían llegar a considerarse incommensurables. Se puede también, por ejemplo, dar un mayor peso a una etiqueta editada por un reconocido especialista, o se puede abrir todo un ramillete de pesos en función de quién etiquete y de qué disciplina provenga. Las combinaciones son potencialmente infinitas y dependerán del buen criterio que se tenga. Pero se debe tener en cuenta que la elección de cada expresión clave que etiquete un artículo no será seguramente una decisión puramente epistémica, sino que, implícita o explícitamente, estará condicionada por un ramillete de valores, creencias, deseos, etc.

Unos repositorios construidos de este modo favorecerán la recuperación interdisciplinar de artículos, y puesto que un modelo de etiquetado *folksonómico* de este tipo tiene

una cierta similitud a los modelos de *indexación por citas*, entonces se podrá visualizar la dinámica de la disciplinas, constatar cuáles están convergiendo, o divergiendo, o emergiendo, o desapareciendo, o compitiendo, o transformando. Del mismo modo en que ya se hacen análisis de citas con el fin de ir elaborando una *ciencia de la ciencia*, el diseño de los repositorios disciplinares y de su interrelación dirá mucho acerca de la transferencia de conocimiento entre disciplinas, un conocimiento que se consideraba tácito antes de existir Internet.

Con la creciente interdisciplinariedad, las fronteras entre disciplinas se harán cada vez más difusas, nacerán nuevas comunidades que ocuparán los huecos dejados por dos disciplinas hasta entonces casi adyacentes. Cierta tiempo después de entrar dos disciplinas en contacto y *negociar* la transferencia de conocimiento entre sí, un subconjunto de la intersección de ambas disciplinas empezará a convertirse en una nueva subdisciplina cuyos investigadores, con el tiempo, empezarán a hablar el mismo idioma (*creole*), a tener las mismas prácticas y creencias, y a publicar sus propias revistas y e-revistas. Es importante señalar que el nacimiento de estas subdisciplinas, como también señala Galison (1997) en otro contexto, está coordinado por acciones dirigidas a un objetivo común. Galison repasa la historia de la construcción<sup>24</sup> de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial, en el Laboratorio de Los Álamos, pero su discurso es igualmente válido para científicos que buscan resolver cualquier tipo de problema (aunque no sea tan tangible como una bomba atómica), un proceso que requiere de la coordinación de acciones y creencias con un objetivo común.

Con el foco en los problemas en lugar de en las disciplinas, la misión de las revistas científicas será la de velar por presentar un discurso integrador que apunte a la resolución de un problema, incluyendo si es necesario en sus páginas (impresas o, preferiblemente, electrónicas) artículos de diversas disciplinas, deberán por tanto publicar una selección y ordenación coherente del *estado del arte* de un determinado problema. Volviendo a la metáfora de los repositorios como *mercados*, las revistas serán los *cocineros* de lo que en esos mercados se comercie. Por supuesto, no todas las manzanas de un puesto de mercado son buenas (las puede haber incluso podridas), pero la labor de un buen cocinero no requiere tan sólo de habilidad en la selección de los productos que elige, sino también de la mezcla que pre-

para, una mezcla cuyos "toques maestros" pueden variar en función del gusto y las expectativas de los comensales. Cualquier individuo puede comprar libremente en un mercado y tratar de elaborar la misma combinación que el *chef*, pero los resultados (y el tiempo perdido) no son los

mismos. Los consejos editoriales, y las eminencias que los componen, son los *chefs* de la ciencia y los investigadores seguirán degustando sus *platos* (revistas) a pesar de poder intentar prepararlos por su cuenta (repositorios). La ciencia podrá ser así abierta al tiempo que fiable.

## NOTAS

- 1 Este artículo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación HUM2005-02105/FISO, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia.
- 2 Este artículo está sujeto a la licencia Creative Commons *Reconocimiento-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España* (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/>).
- 3 P2P se refiere a las tecnologías *Peer-to-Peer*.
- 4 El protocolo más conocido usado en los *servicios web* es SOAP (*Simple Object Access Protocol*).
- 5 En las ocasiones en que salga a relucir el otro nivel, el de las redes automáticas, será mencionado explícitamente.
- 6 Innocentive (<http://www.innocentive.com/>) es una web creada por la farmacéutica Lilly en 2001 que se dedica al *crowdsourcing*, es decir a gente interesada en resolver los problemas tecnocientíficos que organizaciones plantean en la web a cambio de un premio, que puede ser económico o de otro tipo.
- 7 Naturalmente, las raíces del acceso abierto en la ciencia se remontan, en su sentido original, a la época en la que se publicaron las primeras revistas académicas a mediados del siglo XVII.
- 8 <http://arxiv.org/>.
- 9 <http://www.citebase.org/>.
- 10 <http://citeseer.ist.psu.edu/>.
- 11 <http://scholar.google.com/>.
- 12 Un tipo de tecnología de recomendación es por ejemplo *PageRank* de Google. Otra es la *indexación por citas* habitual en la Ciencia desde que Eugene Garfield generalizara su uso a través del ISI Thomson. Otra más actual y conocida por los bibliófilos son las técnicas utilizadas por *Amazon*. Para una caracterización de las tecnologías de recomendación, que incluye un relato histórico sobre cómo los modelos de recomendación subyacentes a *PageRank* y a la *indexación por citas* tienen su origen en los procedimientos del Derecho anglosajón (Adair, 1955), puede leerse el primer apartado, titulado "Los procesos de evaluación: la indexación y los factores de impacto", del capítulo II "Lógica del saber" en González Quirós y Gherab Martín (2006).
- 13 Ver <http://fundacioncopleleft.org/es/9/que-es-copleleft> y <http://www.gnu.org/copyleft/copyleft.es.html>. Con la expresión "copleleft" me refiero también al resto de licencias que flexibilizan y facilitan la reutilización de contenidos bajo las condiciones que el escritor indique. Un ejemplo es Creative Commons.
- 14 <http://creativecommons.org/>.
- 15 <http://sciencecommons.org/>.

**Recibido:** 13 de febrero de 2008

**Aceptado:** 26 de marzo de 2008

- 16 Estas modificaciones, como se mostrará, tienen que ver con la noción de *trading zone* de Peter Galison (1997, 803-844).
- 17 En este punto, esta metáfora de *caladero de peces* es una buena aproximación, y más aún si tenemos en cuenta que las tecnologías de recomendación se basan en las *redes* sociales. Luego se verá que no es la metáfora más adecuada, pues hay otra que capta mejor las sutilezas del modelo, la del *mercado*.
- 18 A pesar de que ya existen varios *blogs*, como NodalPoint, Pharyngula o RealClimate, los investigadores aún se muestran reticentes a abrir *blogs* personales (Butler, 2005).
- 19 Se ha popularizado también el uso de los RSS para la recuperación temática de noticias, pero los RSS no filtran el grano fino, no evalúan, no seleccionan, no priorizan del modo que lo hacen las tecnologías sociales de recomendación. Quizá en el futuro lo hagan, pero de momento pertenecen más al Nivel 1 (de autómatas) que al Nivel 2 (social).
- 20 <http://www.quantiki.org/>.
- 21 Para el concepto de *subcultura* en ciencia puede consultarse Galison (197, 780-784).
- 22 Para ver cómo pueden relacionarse el *pidgin* y el *creole* con las prácticas científicas, así como una descripción del concepto de *trading zone*, ver Galison (1997, 831-838).
- 23 En *arXiv.org* ya existen enlaces a portales web especializados en etiquetados sociales (esto es, folksonomías): *CiteULike.org*, *Connotea.org* (que pertenece a *Nature Publishing Group*), *BibSonomy.org*, *Delicious.com*, *Digg.com* y *Reddit.com*.
- 24 En el Proyecto Manhattan, cuyo objetivo era construir la bomba atómica, colaboraron estrechamen-

te individuos de las más variadas disciplinas: ingenieros, matemáticos, físicos (tanto teóricos como experimentales), expertos en fluidos y en meteorología, informáticos y expertos en cálculos estadísticos, etcétera.

## BIBLIOGRAFÍA

(Todos los enlaces de páginas web que acompañan a las referencias bibliográficas fueron revisados por última vez el 3 de noviembre de 2008).

- Adair, W. C. (1955): "Citation Indexes for Scientific Literature", *American Documentation*, 6, pp. 31-32.
- Bailey Jr, Ch. W. (2006): "What is open access?", en N. Jacobs (ed.), pp. 13-26.
- Butler, Declan (2005): "Science in the web age: joint efforts", *Nature*, vol. 438, n.º 531, December 1<sup>st</sup>.
- Foster, Ian (2005): "Service-Oriented Science", *Science*, 308, May 6, pp. 814-817.
- Galison, Peter L. (1997): *Image and Logic: a material culture of microphysics*, University of Chicago Press, Chicago.
- Gherab, Karim (2008): "Writing Science in the 21st Century: From Technologies of Recommendation to Industries of Innovative Reuse", *The International Journal of Technology, Knowledge & Society*, volume 4.
- González Quirós, José Luis y Gherab Martín, Karim (2006): *El templo del saber: hacia la biblioteca digital universal*, Deusto, Barcelona.
- González Quirós, José Luis y Gherab Martín, Karim (2009): "Arguments for an Open Model of e-Science", en Bill Cope y Angus Phillips (eds.) (2009): *The Future of the Academic Journal*, Chandos Publishing, Oxford, UK.
- Guédon, Jean Claude (2001): "In Oldenburg's Long Shadow: Librarians, Research Scientists, Publishers, and the Control

of Scientific Publishing", disponible en <http://www.arl.org/resources/pubs/mmproceedings/138guedon.shtml>.

Howe, Jeff (2006): "The Rise of Crowdsourcing", *Wired*, June 14, disponible en <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>.

Jacobs, Neil (ed.) (2006): *Open Access: Key Strategic, Technical and Economic Aspects*, Chandos Publishing, Oxford.

Lynch, Clifford (2006): "Open computation: beyond human reader-centric views of scholarly literatures", en N. Jacobs (ed.) (2006), pp. 185-193, disponible en <http://www.cni.org/staff/cliffpubs/OpenComputation.htm>.

Merton, Robert K. (1973): *La sociología de la ciencia*, I y II, Alianza, Madrid.

Nature (2006): "Overview: Nature's peer review trial", doi:10.1038/nature05535, December 2006, disponible en <http://www.nature.com/nature/peerreview/debate/nature05535.html>.

O'Reilly, Tim (2005): "What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software", disponible en <http://www.oreillynet.com/lpt/a/6228>.

Polanyi, Michael (1969): *Personal knowledge: towards a post-critical philosophy*, Routledge & Kegan Paul, London.

Royal Society (2005): "Royal Society warns hasty 'open access' moves may damage science", disponible en <http://www.royalsoc.ac.uk/news.asp?id=3881>.

Shadbolt, N.; Brody, T.; Carr, L. y Harnad, S. (2006): "The Open Research Web", en N. Jacobs (ed.) (2006), pp. 195-208, disponible en <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/12453/>.

Ziman, John (1984): *An Introduction to Science Studies: The Philosophical and Social Aspects of Science and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.