

Orígenes del pensamiento de los sistemas regionales de innovación y avances recientes de la innovación ‘verde’

Los *clusters* «verdes», se centran en la producción de nuevas formas de energía de combustibles no fósiles que contribuyen a disminuir el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero que produce la actividad humana. La formación de estos grupos revela una curiosa característica de la evolución económica: analizaremos la convergencia geográfica que caracteriza a la «innovación verde». En primer lugar analizaremos los casos del sur y norte de California, donde el tipo de industria denominada tecnología limpia o *cleantech* (también *GreenTech*), que está apareciendo allí en forma de *clusters*, se desarrolla a partir de la convergencia de las industrias agroalimentaria, TIC y biotecnología. En otros dos casos, Jutlandia y Gales, veremos que ocurre algo similar. En cada caso, la forma más pura de innovación de Schumpeter —la *innovación regional*—, gracias a la «ferrocarrilización» parece haber sido el «desencadenante» evolutivo del que todavía siguen partiendo sucesivas innovaciones. La tecnología limpia de California emerge de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), biotecnología y nanotecnología, pero también de la «ferrocarrilización» agroalimentaria.

Kluster «berde»ak erregai ez-fosil izeneko energia-forma berrien ekoizpenean oinarritzen dira, hau da, giza jarduerak eragiten dituen berotegi-efektuko gasen igorpen-multzoa behar bezala laguntzen duten energia-forma berrietan. Talde horiek eratzeak, bide batez, bilakaera ekonomikoaren ezaugarri bitxi bat erakusten du: «berrikuntza berde»a itxuratzen duen konbergentzia geografikoa aztertuko dugu. Lehenik eta behin, Ipar eta Hego Kaliforniako kasuak aztertuko ditugu, non teknologia garbia eta cleantech (GreenTech ere bai) deitutako industria mota, eta han kluster moduan agertzen ari dena, nekazaritzako elikagaien industrien, IKTen eta bioteknologiaren konbergentziaren bidez gertatu baita. Beste bi kasutan, Jutlandia eta Gales, antzeko zerbait gertatzen ari dela ikusiko dugu. Dena dela, Schumpeter-en berrikuntza-modu garbiena —eskualde-berrikuntza—, «burdinbidegintza»ri esker lortzen dena, izan bide da bilakaeraren «txinparta», eta hortik abiatzen dira oraindik ere ondorengo berrikuntzak. Kaliforniako teknologia garbia, gainera, informazioaren eta komunikazioaren teknologietatik (IKT), bioteknologiatik eta nanoteknologiatik abiatzen da, baina bai eta nekazaritzako elikagaien «burdinbidegintza»tik ere.

The “green” clusters are focused on the production of new ways of non-fossil fuel energy that help to diminish the greenhouse gases overall that human activity produces. The creation of such groups reveals a curious characteristic of the economic development: we will analyse the geographic convergence that characterises the “green innovation”. Firstly we will analyse the cases of North and South California, where the so-called cleantech or greentech type of industry that appears in that area in the way of clusters, is developed by the convergence of the agriculture, IT and biotechnology industries. We will also see that something similar happens in two other cases, Jutland and Wales. In each case, the purest Schumpeter way of innovation —the regional innovation—, thanks to the construction of the train, seems to have been the evolutionary ‘trigger’ from which still consecutive innovations start. The clean technology of California emerges from IT and communication, biotechnology and nanotechnology industries, but also from the contribution of the train to the food industry.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. ¿Qué es la economía del conocimiento?
 3. Los sistemas regionales de innovación: integración de las redes regionales y las políticas de innovación regional
 4. Avances recientes en la investigación del sistema regional de innovación
 5. La bioenergía proveniente de las cosechas en Gales
 6. Variedad relacionada por otros medios: la tecnología limpia en Noruega
 7. Conclusiones e implicaciones teóricas
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: innovación, región, sistema, innovación verde, *clusters*, evolución, neo-schumpeteriano.

Keywords: innovation, region, system, green innovation, clusters, evolution, new-Schumpeterian.

N.º de clasificación JEL: A14, O33, R11, R58.

1. INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, para aquellos interesados en la geografía económica evolutiva, Schumpeter no prestó apenas atención al análisis espacial o regional de los fenómenos económicos, lo que desde el punto de vista político y de la geografía económica evolutiva resulta decepcionante. Sus dos breves alusiones son demasiado específicas al espacio y al tiempo. La primera atañe a la quinta forma de innovación de Schumpeter, que designa como «ferrocarrilización», el fenómeno mediante el cual las tierras cultivables de Estados Unidos se abrieron a los mercados gracias a la inversión en infraestructuras no solamente en el ferrocarril sino en granjas, enormes silos de granos e incluso manuales de agricultura que las empresas ferroviarias del oeste de Estados Unidos editaban para que los pioneros que tuvieran

acceso a tierras baratas en las llanuras supieran cómo cultivar la tierra. Esta «evolución regional» de la tierra y los mercados fue considerada, muy acertadamente, una forma de innovación organizativa «externalizada», en comparación con la innovación organizativa «internalizada» de las empresas que adoptaron nuevos métodos de dirección para conseguir una ventaja competitiva, aunque fuese de forma temporal (Schumpeter, 1975). La segunda alusión es, si cabe, más breve y en ella Schumpeter compara la innovación con unos grandes almacenes, en el sentido en que sólo son viables en las grandes ciudades debido al nivel de demanda necesario para sostener tal innovación. Presenta la ciudad dotada con una cierta especificidad económica gracias a las características de su envergadura, pero sin embargo no menciona la dinámica de los procesos que acarrea (Andersen, 1994; Andersen, 2007).

Sin embargo, no ha de considerarse inapropiado el descuido por parte de Schumpeter de la dimensión espacial. Su categoría de innovación mediante la «ferrocarrilización» ayuda a entender la innovación regional en la que los *clusters* «mutan» a través de una «variedad jacobiana» asociada (debido a Jane Jacobs, 1969) que funciona a nivel regional en lugares como California, el norte de Jutland (Dinamarca) y Gales (Reino Unido). El interés del presente artículo por la innovación «verde» lleva a aclarar el concepto de innovación regional a través de la mutación de *clusters* que se produce en estas regiones. Éstas han sido las únicas regiones analizadas desde una perspectiva de «innovación verde», hasta donde este autor tiene conocimiento¹. Un posible motivo del revelador aspecto de esta perspectiva es que la innovación verde (como la floreciente industria de tecnología limpia) presenta un alto grado de convergencia en innovación en campos como las TIC, nanotecnología, biotecnología, agroalimentación, sanidad, medioambiente, energía, gestión de materiales y producción, y tratamiento de residuos. Así, la innovación se da de forma paralela entre las distintas partes de lo que puede denominarse una plataforma de innovación. Otras regiones para las que probablemente la agrupación (*cluster*) jacobiana sea cierta son las de la Tercera Italia, que han sido estudiadas desde esta misma perspectiva por Boschma (2005), también desde el punto de vista de una geografía económica evolutiva. Éste autor descubrió que, aparentemente, distintos grupos

industriales presentaban una «variedad relacionada» en sus competencias de ingeniería, al igual que una alta capacidad de absorción lateral de las innovaciones que emanaban de las industrias y *clusters* vecinos. No se habla, sin embargo, de una omnipresencia de este proceso sino que, por el contrario, las regiones de los *clusters* jacobianos, probablemente, no se encuentran dentro de la mayoría. Pero allí donde se dan pueden actuar como motores de sus economías nacionales o aspectos de éstas. En este sentido, ayudan a comprender el desarrollo desigual, a escala regional y nacional, entre la riqueza y la pobreza, cuestión que ha estimulado la economía desde Adam Smith.

Manteniendo la promesa de una teoría neo-schumpeteriana de evolución regional, esa aspiración ha de valorarse de manera seria. Para una teoría más auténticamente evolutiva sobre la dinámica espacial tenemos que recurrir a los herederos de mitad del siglo xx del concepto de «causalidad acumulativa» de Veblen: una variante del «principio Mateo» bíblico que dice «a todo el que tiene, más se le dará». Esta perspectiva de profundo desequilibrio contiene el elemento de dinámica que se debe en virtud a la aportación de Myrdal (1957) sobre los distintos efectos de «retroceso» y «difusión» vinculados a la evolución regional. Los efectos de difusión, hicieron que en ocasiones el elemento dinámico buscara un crecimiento adecuado más allá de sus fronteras originales. Mientras que los efectos de retroceso succionan de vuelta las ganancias temporales obtenidas por las localizaciones competidoras hacia la entidad acumulativa predominante y más grande, normalmente una ciudad o economía regional más fuerte. La observación de las relaciones estáticas en la evolución espacial de la «economía del

¹ Posteriormente, se examinaron los *clusters* de tecnología limpia de Israel y se descubrió que eran similarmente convergentes con la agroalimentación, TIC y biotecnología. De hecho un nuevo *cluster* en Be'er Sheva en el Negev coincide con la reciente finalización de la conexión ferroviaria de Tel Aviv con dicha población del desierto (Cooke 2008c).

conocimiento» han conducido a la hipótesis preliminar de una teoría de las capacidades del conocimiento de la evolución regional basada en la particular distribución de dos componentes clave del mercado laboral de la economía del conocimiento (Cooke, 2007). Destacan, en primer lugar, los servicios intensivos en conocimiento dirigidos a empresas (KIBS) tal y como finanzas, investigación, medios de comunicación, software, etc. Y, en segundo lugar, la industria de alta tecnología como la base de la economía del conocimiento del soporte informático y de la comunicación, aeroespacial y biotecnología, entre otros. El comentario empírico del cuadro estático de la UE dibujaba una gran brecha urbana-regional entre sus localidades. Las primeras predominan sobre todo en las ciudades más importantes (como los principales centros financieros que combinan a veces, no siempre, funciones administrativas con la capital); las últimas predominan en ciudades satélite especializadas, a menudo con centros de conocimiento adecuados tales como institutos nacionales de investigación o universidades. Esta teoría, en resumen, es coherente con la tesis de Myrdal-Hirschman² sobre la «cau-

salidad acumulativa» y la concentración regional metropolitana de las actividades de la economía del conocimiento (Cooke, 2002). Pero como se señala, la foto estática simplemente aludía a la dinámica explícita de la idea de causalidad acumulativa, que continúa estudiándose. El primer estudio contemporáneo se llevó a cabo accediendo y analizando secuencias concretas de datos israelíes desde una perspectiva dinámica (Cooke & Schwartz, 2008). Este artículo se basa en esos descubrimientos y explora a continuación la innovación fuera de las ciudades, en las que prosperan los servicios a empresas intensivos en conocimiento. Sin embargo, los modelos de Myrdal-Hirschman asumen la innovación precisamente ahí, porque dichas ciudades tienden a no localizar industria de alta tecnología. A ello nosotros añadiremos que tienden a no contar con sistemas de innovación regional que gocen de buena salud y a convertirse en sedes de *clusters* especializados más que de variedad relacionada. Los siguientes apartados recogen estas apreciaciones y lo ejemplifican haciendo referencia a ciertas peculiaridades de «causalidad acumulativa» de las regiones con industria innovadora. Las regiones seleccionadas presentan una convergencia innovadora entre los sectores de alta tecnología para contribuir a una industria, alimentación y producción de energía más limpios; los denominados sectores de la tecnología limpia (Cooke, 2008b).

² La teoría del desarrollo económico de Myrdal-Hirschman ha sido muy influyente en la aparición de «la nueva geografía económica» (por ejemplo Krugman, 1995). Anticipando la solución de éste último al estancamiento de la teoría de localización neoclásica proponiendo «unos rendimientos de escala» más que la rúbrica «rendimientos constantes», demostrando así que el crecimiento de las ciudades es una función de monopolio espacial, Myrdal (1957) planteó que el desarrollo espacial estaba caracterizado por la «causalidad acumulativa» junto a los efectos asociados de «propagación» y «absorción». Esto implica aumentar los rendimientos de escala (mediante «absorción») y propagación para el desarrollo a otras áreas colindantes. La explicación de Hirschman (1958) era que la «propagación» estaría dirigida por la capacidad de innovación de los usuarios de tecnologías rivales. Bajo las condiciones de la «economía del conocimiento», planteamos la hipótesis de que, durante periodos relativamente cortos, las capitales crecen por medio de

rendimientos crecientes (de conocimiento) y «satélites» de los innovadores de tecnología líder dispersos alrededor. Nuestras fotos estáticas preliminares de las regiones NUTS 2 de la Unión Europea concuerdan con esto, mientras que nuestra película dinámica de la divergencia espacial en Israel 1995-2002 (Cooke & Schwartz, 2008) concuerda con Myrdal-Hirschman más que con Krugman (2000), quien admite que sus modelos de «competencia entre dos localidades» son engañosamente simplistas. A este respecto, puede argumentarse que, la geografía económica evolutiva triunfa sobre «la nueva geografía económica».

2. ¿QUÉ ES LA ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO?

Es importante decir de manera directa que el uso del conocimiento en las cuestiones económicas no es algo nuevo. Hacer una hoguera es una muestra clara de conocimiento y, en un pasado lejano, una poderosa habilidad basada en el conocimiento, como atestigua el mito de Prometeo. Cazar, cultivar, fundir cobre, bronce y hierro, y más tarde acero, son actividades basadas en el conocimiento. Sucesivamente, estos conocimientos se fueron convirtiendo en la base de la ciencia y su aplicación en la inicial tecnología industrial. De la minería del carbón surgió la producción de alquitrán de carbón, el origen de la industria alemana del colorante cuyos productos de anilina condujeron a su ramificación hacia la farmacología, el (re) descubrimiento por parte de la empresa Bayer de la aspirina y el nacimiento de la industria farmacéutica moderna. Esta industria está transformándose desde sus orígenes químicos sintéticos hacia la post-genómica y otras variantes de biología molecular, así como hacia las biotecnologías del futuro basadas en la ciencia.

Así, la idea subyacente de una economía del conocimiento hace referencia a recursos concretos que consisten en saber «cómo», «quién» y «qué» utilizar para generar valor. Se trata de una práctica económica activa más que de un espacio de información pasivo, del que no obstante depende, pero en la manera en que exprese valor por medio de la escasez de la habilidad «informada». Manuel Castells (1996) habla de la economía del conocimiento como aquella en la que la productividad proviene de la interacción del conocimiento con el conocimiento, más que sobre las materias primas. Sin embargo, es erróneo descartar de la economía

del conocimiento la actividad económica tradicional o «vieja economía», como hace la OCDE, por ejemplo. Ésta sitúa la industria alimentaria en la categoría de baja tecnología, aunque Smith (2000) la presenta como una importante usuaria, más que productora, del conocimiento científico. Sin embargo, mientras «los alimentos funcionales» ocupan probablemente un segmento más pequeño en la venta total de alimentos en comparación con los alimentos ecológicos con los que compiten, ambos son usuarios intensivos de biotecnología. Sorprendentemente, quizás el conocimiento no transgénico se utiliza en el cultivo de plantas y animales. Así podemos hablar de una actividad de economía del conocimiento «pura» y «aplicada»; la primera plasmada en la genómica, *software* y, por ejemplo, en la comercialización de «futuros» o productos derivados financieros, o en el arte conceptual; mientras la segunda se da en muchos otros sectores que llevan a cabo o utilizan I+D para la producción de alimentos, diseño de ropa o seguros contra incendios, entre otras cosas.

Esto nos lleva a la siguiente deducción política que se extrae de la aplicación de los modelos de Myrdal-Hirschman: es poco probable que las regiones que aspiran a un desarrollo económico ambicioso puedan hacerlo si se centran en desarrollar una cartera de servicios empresariales intensivos en conocimiento a empresas, ya que éstos se sienten más atraídos por ciudades grandes e importantes. Lo que significa que algunos servicios no son necesarios, quizá asesoría, contabilidad de gestión, capital de riesgo (atraídos por «empresas universitarias», incubadoras, etc.), *software* y, sobre todo, investigación tanto privada como pública. Éstas últimas pueden ocasionalmente requerir un apoyo a la actividad económica para sectores como el agroalimentario, que hoy en día

innova en áreas como los «alimentos funcionales» (biotecnología de los alimentos), alimentos ecológicos (haciendo uso de la biotecnología para obtener un cultivo y ganado mejorado utilizando «marcadores moleculares») y por supuesto la energía renovable de los biocombustibles. En otras palabras, los servicios empresariales intensivos en conocimiento pueden ser apoyos especializados muy importantes en regiones de economía del conocimiento con industria de alta y media tecnología que también necesiten producción de alta calidad y precisión, que resulta difícil de externalizar a escala mundial. La región de Jena (Alemania) por ejemplo, con sus institutos universitarios, politécnicos y de investigación, sus empresas especializadas en optoelectrónica y sus empresas surgidas de dentro de la organización (*spin out*), tiene el aspecto actual de un sistema de innovación de pequeña envergadura en un nivel sub-regional. Mantiene ciertas similitudes con algunos de los sistemas de innovación local promovidos en Suecia por la agencia estatal de desarrollo de sistemas de innovación VINNOVA a través de su programa Vinnväxt. Éste es un ejemplo de pensamiento de sistema regional de innovación llevado del campo teórico al político. La idea de los sistemas de innovación regional surgió de la integración de una creciente literatura sobre redes de innovación regional con la literatura sobre políticas de innovación a regional.

3. LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN: INTEGRACIÓN DE LAS REDES REGIONALES Y LAS POLÍTICAS DE INNOVACIÓN REGIONAL

El entusiasmo por estudiar estas redes surgió en un contexto de manifiesta decadencia de la capacidad de coordinación

de los Estados y los mercados para liderar la innovación e investigación de vanguardia, como muestran datos posteriores (por ejemplo Chesbrough, 2003), aproximadamente desde 1991. Pero si el Estado central se había debilitado tanto como lo harían muchas grandes empresas privadas teniendo en cuenta la falta de productividad de las grandes partidas presupuestarias que destinaban a I+D, el «Estado regional», según la literatura empírica mencionada, parecía estar en alza. Fui un observador atento de la gestación de la política de innovación regional en una región líder en la regeneración industrial, el País Vasco, cuyos excelentes indicadores económicos actuales son testimonio de la visión de futuro de los políticos regionales de los 80. He dirigido investigaciones en otras regiones españolas como en Valencia y puedo afirmar la importancia de la diversidad en las distintas formas de elaborar políticas de innovación regional de forma que encajen en las peculiares características económicas, culturales y gubernamentales de cada región. Durante el periodo 1988-91, cuando estudiamos el sistema de innovación regional del País Vasco, había muchas menos empresas de innovación que ahora, pero el marco regulatorio era comparable con el de las pocas regiones de la UE que estaban a la cabeza. No hay que olvidar que el Gobierno Vasco contaba con departamentos relativamente poderosos apoyados por la agencia de innovación SPRI. Pero sobre todo, los seis centros tecnológicos EITE enfocados sectorialmente (ahora Tecnalia) y otros seis financiados por las tres Diputaciones (Cooke *et al.*, 1991) eran prueba clara de una rica infraestructura de innovación. Se apreciaban tres factores clave: en primer lugar, que una antigua región industrializada a la busca de su reindustrialización dependía de la existencia de agencias intermediarias con

experiencia en innovación e industria, independientes del gobierno (aunque estuvieran en parte financiadas por proyectos genéricos financiados por el Gobierno Vasco) y la existencia de un potente sector universitario aunque no demasiado activo en actividades de investigación. Esto proyectaría la industria vasca a un nuevo futuro que dejaba atrás la herencia de la industria del acero y la construcción naval. En segundo lugar, lo sistémico, en términos de conectividad de redes, visión de conjunto y, de forma muy particular, algunas áreas en términos de conexión de redes, sobre todo el grupo Mondragón, dentro de las principales redes de innovación de aquella época. En tercer lugar, cómo las redes podían a veces tomar forma de «distritos industriales» o *clusters* de innovación capaces de lograr un alcance global, a pesar de estar compuestos por microempresas y pymes.

Se desarrolló una rama de investigación paralela, que se centraba en la política regional de innovación (por ejemplo Antonelli y Momigliano, 1981; Cooke, 1985). Así el concepto de conexión de los sistemas regionales de innovación evolucionó a partir de este pensamiento de una política regional de innovación en relación a las redes regionales de innovación, (apareciendo de nuevo la «planificación desde una perspectiva de sistema»). Esto ocurrió en dos publicaciones, de las cuales la más extensamente citada resultó ser menos rica teórica y empíricamente que la publicación apenas mencionada. La diferencia entre Cooke (1992) y (1993) radica en la ausencia de influencia bibliográfica de la literatura sobre «sistemas de innovación» en su artículo de 1992, que además posee rasgos más puros de la geografía económica. Por otra parte, el artículo de 1993 muestra cómo el autor había asimilado por aquel entonces

la contribución de Lundvall (1988) sobre «la innovación como un proceso interactivo» a Dosi *et al.* (1988) y mostraba también influencias de Johansson (1991) y Grabher (1991) en el que probablemente fuese el primer libro propiamente dicho sobre el desarrollo regional desde una perspectiva de «regiones en red» (Bergman, Maier y Tödtling, 1991).

Parecía necesario interrelacionar estos distintos conceptos de «red y política» en un modelo sistémico. Por tanto, la dimensión de la política de innovación evolucionó conceptualmente hacia la idea de un subsistema que apoyaba con conocimiento y recursos a las empresas innovadoras en sus redes. Estos formaron un subsistema «superestructural» relacionado con el «mercado cercano» de innovación actual. Como hemos visto, se había dicho de ellos que habían desarrollado «vínculos» los unos con los otros, no sólo de forma lateral mediante alianzas o asociaciones y de forma vertical en cadenas de suministro, a veces parcialmente localizadas, sino también con el subsistema de generación de conocimiento y política de innovación (Meyer-Krahmer, 1985; Cooke, Alaez y Etxebarria, 1991; Malecki, 1991; Rothwell y Dodgson 1991). Así que éstos también contaban con características del subsistema relacionadas con la gestión pública del apoyo a la innovación. También se observaba que cada subsistema interactuaba con otros actores de la innovación regional, nacional y global, e incluso a través de sistemas tecnológicos o sectoriales de innovación.

Con el paso de los años, se ha analizado el marco del sistema regional de innovación atendiendo a muchas y distintas «variedades de innovación» relacionadas con los sistemas de «governabilidad» de innovación jerárquica, interrelacionada y localiza-

da. Podemos observar un ejemplo de cada una de ellas en regiones de innovación de Francia, de Baden-Wuerttemberg y de la Tercera Italia , respectivamente.

De forma similar, el subsistema de «explotación» de empresas, en general, podía estar dominado por grandes empresas u oligopolios, incluso extranjeros como ocurrió con los trasplantes de Asia a Gales en las décadas de 1980 y 1990. Otras regiones, como Cataluña, contaban con una mezcla de relaciones de innovación entre «distritos» de pymes y grandes empresas (SEAT), mientras que otros lugares podían tener regímenes de innovación en los que sólo predominaban las empresas pequeñas y emprendedoras, como en lugares con «distritos industriales» observables, no solo la Tercera Italia sino también algunos *clusters* tecnológicos recientes. Más tarde se pudieron distinguir más sistemas de pymes emprendedoras que vivían del capital de riesgo y de la explotación de la investigación pública de las universidades como sistemas «emprendedores» (ERIS) y supeditados al mercado, comparados con aquellos que, sobre todo en Europa, eran más «institucionales» (IRIS), pues contaban con un mayor apoyo del Estado y un menor «espíritu emprendedor» (Cooke, 2004).

4. AVANCES RECIENTES EN LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN

Una de las áreas de investigación más interesantes que se abrió en la investigación del sistema regional de innovación en el pasado reciente atañe, una vez, más al conocimiento de Jane Jacobs (1969) y del que se puede decir que aborda la desafiante cuestión de la «aparición de los *clus-*

ters». Concretamente, observando la aparición de un número de «*clusters* verdes» en un escenario regional, observamos un énfasis en la «innovación verde» sobre la convergencia tecnológica entre varias industrias. Éstas incluyen biotecnología, tecnología de la información aplicada y nanotecnología (si bien no están limitadas a estas actividades de alta tecnología) y entre ellas podemos ver además un proceso de «mutación de las especies» del *cluster*. Resulta de especial fascinante el hecho de que algunas regiones tengan la capacidad relativamente rápida de mutar muchos *clusters* «jacobianos», así denominados porque, si bien de forma distinta, todos presentan características evolutivas de «variedad relacionada» (Boschma, 2005). La clave para una definición precisa de este nuevo concepto está en el concepto biológico evolutivo de «variedad», según el cual algunas nuevas combinaciones de oportunidad emprendedora e innovadora se pueden dar en espacios geográficamente cercanos. Esto surgiría de la mezcla de externalidades (*spillover*) del conocimiento y una gran capacidad absorbente entre las actividades económicas vecinas.

Por lo tanto la variedad (jacobiana) es tanto un contexto como un «combustible evolutivo» para la aparición del *cluster*, siempre y cuando no haya demasiada distancia o disonancia cognitiva entre las actividades económicas vecinas. Así, los *clusters* jacobianos surgen de las nuevas combinaciones de intercambio fértil de conocimiento entre, por ejemplo, actividades de alta tecnología como la biotecnología y la tecnología de la información, que pueden ser los cimientos para un nuevo *cluster* de tecnología limpia que adopte y adapte elementos de ambos. Pero, por ejemplo, pueden surgir nuevas combinaciones entre la industria agroalimentaria y

del automóvil, a pesar de haber una distancia histórica entre ambos en términos técnicos, si lo que perseguimos es el biodiesel o el bioetanol. Esto se debe a que puede que haya que hacer algunos ajustes en el cultivo de las plantas si no se pueden cambiar los efectos negativos en el funcionamiento del motor desde el lado automovilístico de la ecuación. Aquí la variedad relacionada no se establece de acuerdo a la relevancia sectorial, pero contiene también convergencias tecnológicas particulares y contextuales. A este respecto, es mucho más difícil predecir el intercambio fértil en el último que en el primer caso. Pero en cualquier caso, siguiendo esta línea de razonamiento, la variedad jacobiana radica no dentro sino entre los *clusters*. Además, es probable que se dé en la proximidad geográfica relativa de las regiones. En lo sucesivo, expondremos la evidencia empírica de la evolución regional a través de procesos de innovación de diferentes intensidades, de la evolución de *clusters* que van «mutando» mediante los procesos de búsqueda y selección de conocimiento que dan lugar a sucesivos fenómenos de agrupación en «plataformas» regionales de variedad económica relacionada.

4.1. Los 'clusters' jacobianos

Una de estas regiones es el norte de California cuyos *clusters* de TIC, biotecnología y tecnología limpia se superponen en las proximidades de San Francisco y también se encuentran cerca de otros *clusters* agroalimentarios como el del vino de los valles de Napa, Sonoma y Russian River, y variedades de horticultura en los valles del río Sacramento y San Joaquín (véase gráfico n.º 1). Sin embargo, nótese que en el gráfico n.º 1 se ve cómo el sur de California cuenta también con destacados *clus-*

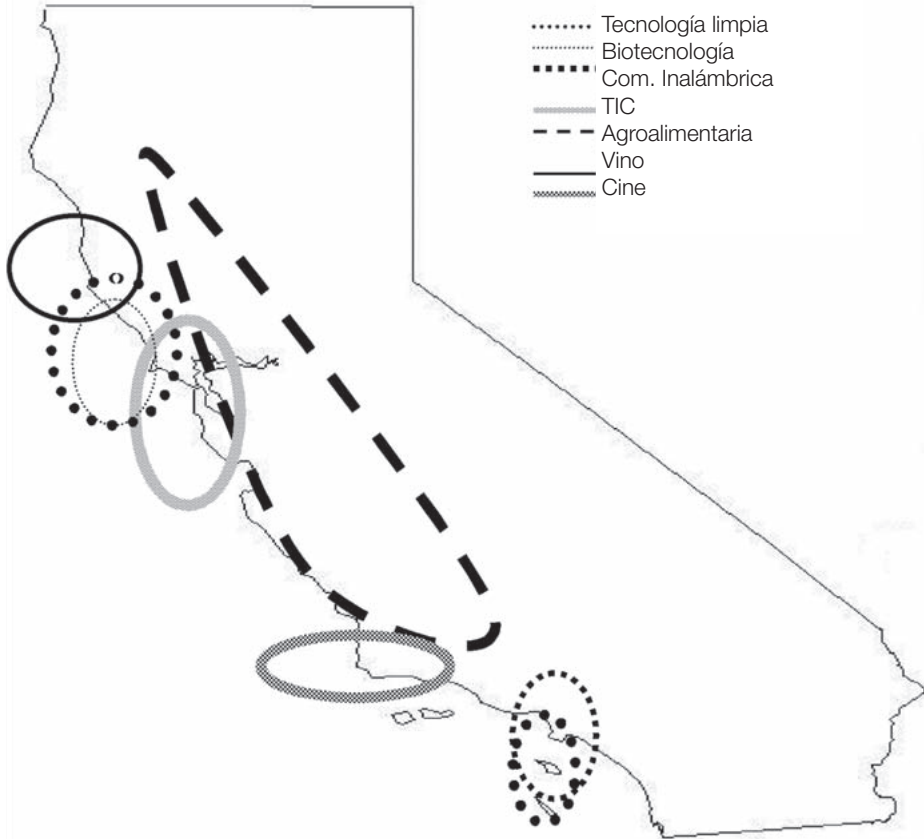
ters jacobianos en Los Ángeles y San Diego (Cooke, 2008a).

El contenido del gráfico n.º 1 se redacta en su totalidad a partir de la información aportada por los numerosos estudios de los *clusters* en California, tal y como publicaron Porter (1998); Scott (2006); Saxenian (1994); Cooke (2007); Guthman (2005), Sirmard y West (2003). El norte de Jutland, en Dinamarca, es otra región de este estilo, al igual que aparentemente lo es Gales en el Reino Unido, como veremos más adelante. La economía del norte de Jutland es el centro mundial de la industria de producción de generadores eólicos, cuyo perfil y trayectoria evolutiva fue un beneficiario clave desde el principio de las variedades de innovación. Como se mostrará, este *cluster* recientemente «descubierto» tiene todas las características necesarias para justificar su designación de *cluster*, combinando la investigación universitaria en, por ejemplo, las universidades de Alborg y Arhus, el Instituto Tecnológico Danés (DTI) también en Arhus, con empresas derivadas y empresas más grandes autóctonas implicadas en la innovación verde. El *cluster* de Dinamarca no tiene una especificidad geográfica de la clase hacia la que Porter (1998) se inclinaba. En su obra definía un *cluster* de la siguiente manera: «... un grupo geográficamente próximo de empresas interrelacionadas e instituciones asociadas en un determinado campo, unidas por rasgos comunes y complementarios».

En relación a dichos *clusters*, la tarea analítica más importante es establecer el alcance de las interconexiones, los rasgos comunes y los complementarios, ya que esto es lo que distingue a un *cluster* localizado; su especialización o diferenciación y su potencial para explotar externalidades de conocimiento para una ventaja competitiva.

Gráfico n.º 1

Clusters jacobianos de California



Fuente: Elaboración propia a partir de Porter (1998); Scott (2006), Saxenian (1994), Cooke (2007), Guthman (2005), Simard y West (2003).

Para la elaboración de la investigación que a continuación se expone, se utilizó la base de datos de la Asociación de Energía Eólica Danesa y se trazó un mapa con los detalles por localización y categorizado para poder señalar la cadena de suministro. Así se diferenciaron los ensambladores finales de los principales proveedores del

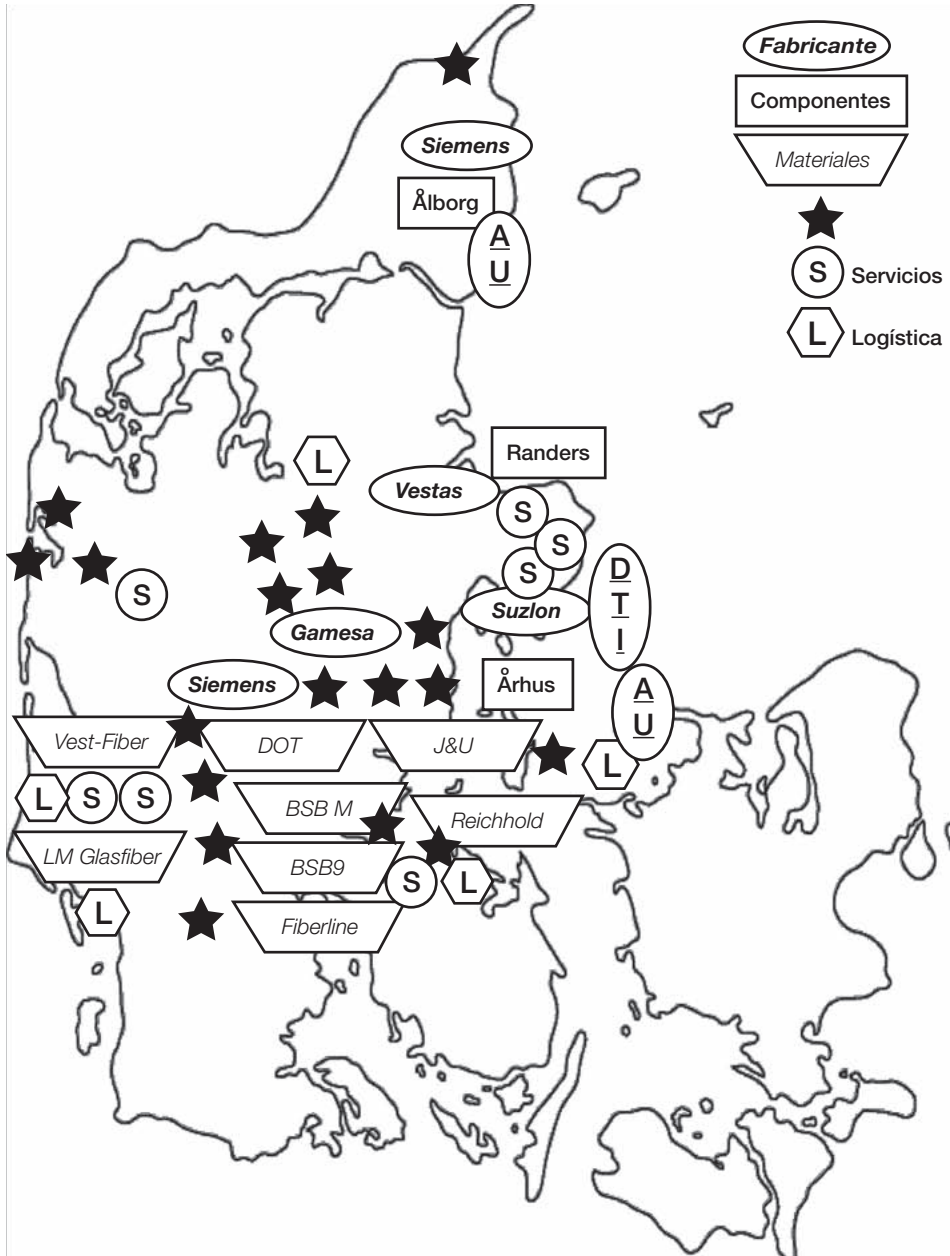
módulo (por ejemplo, fabricantes de aspas de fibras de vidrio) y sus proveedores de componentes generales, y los proveedores de servicios y logística. Se descubrió que unos 50 de los 70 miembros se encontraban en las proximidades geográficas de Jutland, la mayoría de ellos en su parte septentrional.

Resulta de especial interés el compromiso político de Dinamarca desde 1970 con la energía eólica y lo que esta investigación señala como el *cluster* de generadores eólicos de la región del norte de Jutland, que trataremos a continuación. Sobre este asunto, Andersen *et al.* (2006) señalan que la industria de energía eólica ha pasado por una primera fase caracterizada por numerosas pymes que producían energía eólica a pequeña escala para granjas y hogares. Pero posteriormente, especialmente desde que el gobierno eliminó la subvención a los consumidores nacionales en 2000, las exportaciones aumentaron, la escala del equipamiento se ha multiplicado por diez y la energía marina de los parques eólicos costeros a gran escala se ha vuelto predominante. Debido a que los aerogeneradores cuentan sólo con una esperanza de vida de unos diez años, los primeros que se instalaron en las zonas rurales de Dinamarca pronto desaparecerán, si no lo han hecho ya. La estructura industrial actual se compone de grandes productores daneses (*Vestas*) o extranjeros (*Siemens*, *Gamesa*, *Suzlon*) y una plataforma de suministro de pymes. Puede que haya un menor suministro local de equipamientos clave como cajas de cambio que al comienzo cuando la industria naviera del norte de Jutland era capaz de adaptarse para dar respuesta a la naciente demanda de energía eólica. Sin embargo, la escala y capacidad de adaptación de la ingeniería pesada alemana de grúas y similares implica que ahora sea ésta quien abastezca el mercado de *inputs* de la energía eólica danesa. Las empresas de servicios y logística especial, éstas últimas capaces de transportar las ahora típicas y enormes aspas de fibra de vidrio de los aerogeneradores, también existen en las cercanías como hacen muchos de los grandes proveedores de componentes (gráfico n.º 2).

Stoerring (2007) está de acuerdo con este perfil evolutivo señalando que la esca-la también se vio en parte inducida por la enorme demanda de aerogeneradores de Estados Unidos, concretamente de California, a comienzos de los ochenta. Después, a finales de la década, este mercado se desplomó porque la administración del estado de California eliminó su régimen de subvenciones y la administración Reagan cortó el presupuesto para la investigación en energía alternativa. En esta época muchos aerogeneradores estadounidenses no funcionaban correctamente e incluso el diseño superior danés de 3 hojas tendía a fallar. Pero posteriormente, la industria se recuperó gracias al aumento de la demanda en los mercados europeos y asiáticos. Hoy en día (gráfico n.º 2) alrededor de la mitad de la capacidad de producción mundial lleva el sello de una empresa danesa, como el líder mundial Vestas Wind Systems de Randers, cerca de Arhus (comprador de las empresas danesas NEG-Micon; en relación a dichos *clusters*, la tarea analítica más importante es establecer el alcance de las interconexiones, los rasgos comunes y los complementarios, ya que éste es lo que distingue a un *cluster* localizado; su especialización o diferenciación y su potencial para explotar externalidades de conocimiento para una ventaja competitiva.) y Siemens (Bonus) en Brande y Alborg. Gamesa Wind Engineering, el mayor productor de aerogeneradores de España se encuentra en Silkeborg, Jutland. Suzlon, el líder indio se encuentra en Arhus. LM Glasfiber de Lunderskov, cerca de Arhus en Jutland es el proveedor líder de aspas de fibra de vidrio de los aerogeneradores. Los otros miembros del *cluster* del norte de Jutland se detallan en el gráfico n.º 2. En Jutlandia se hallan 50 de los 70 miembros de la Asociación de la Industria Eólica Danesa, la mayo-

Gráfico n.º 2

El cluster de aerogeneradores del norte y centro de Jutlandia



Fuente: Estadísticas de la Asociación de la Industria Eólica Danesa.

Gráfico n.º 3

Cluster de energía solar térmica del norte de Jutlandia



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation).

ría de ellas en la parte norte y central. En el apartado final de este artículo se comenta más sobre la etimología de la evolución de este «cluster verde». Las universidades se unieron a los institutos tecnológicos daneses (véase cuadro n.º 1) como un subsistema de generación de conocimiento del sistema regional de innovación.

Como se ha señalado anteriormente, superpuesto a este cluster fundamental y líder mundial en tecnología de aerogeneradores se encuentra el principal cluster de energía solar térmica danesa (gráfico n.º 3). Esta industria es de menor alcance pero está formada principalmente por empresas y autóctonas y sus proveedores. Este sector

cuenta con empresas de dos tipos, según la cadena de suministro:

- Colectores solares.
- (Tejados) acristalados:
 - Paneles solares planos:
 - Cristal.
 - Cobre/aluminio que absorbe el calor.
 - Revestimientos, pintura.
 - Tuberías soldadas para las placas solares.
 - Colectores solares de tubo de vacío:
 - Tubos paralelos de vidrio.
 - Captadores.
 - Tuberías de transmisión.
 - El vacío es aislante.
- Tubos largos no acristalados (piscinas):

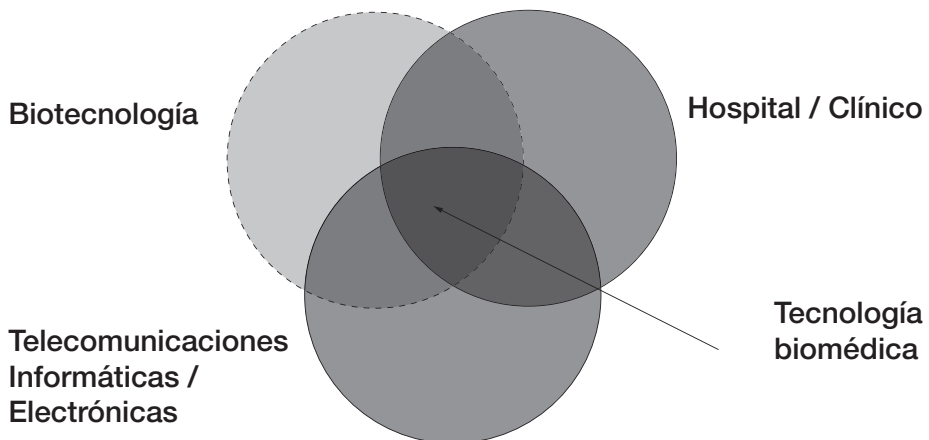
- Material absorbente sintético.
- Hidráulica en sistema de filtración de piscinas.

- Almacenamiento del calor y calefacción de apoyo.
- Fontanería e instalación.

Por último, a la hora de ejemplificar el perfil del *cluster* jacobiano del norte de Jutlandia merece la pena tener en cuenta los gráficos n.º 4 y 5. La primera de ellas presenta la evolución del *cluster* establecido en forma de *cluster* de comunicación inalámbrica NorCom en Alborg y la posible aparición superpuesta del *cluster* de tecnología biomédica en las proximidades (Stoerring, 2007). Aquí, el *cluster* de telecomunicación inalámbrica establecido desde hace tiempo (Stoerring y Dalum, 2007) ha dado lugar a una posible mutación del *cluster* por interacción con las actividades sanitarias re-

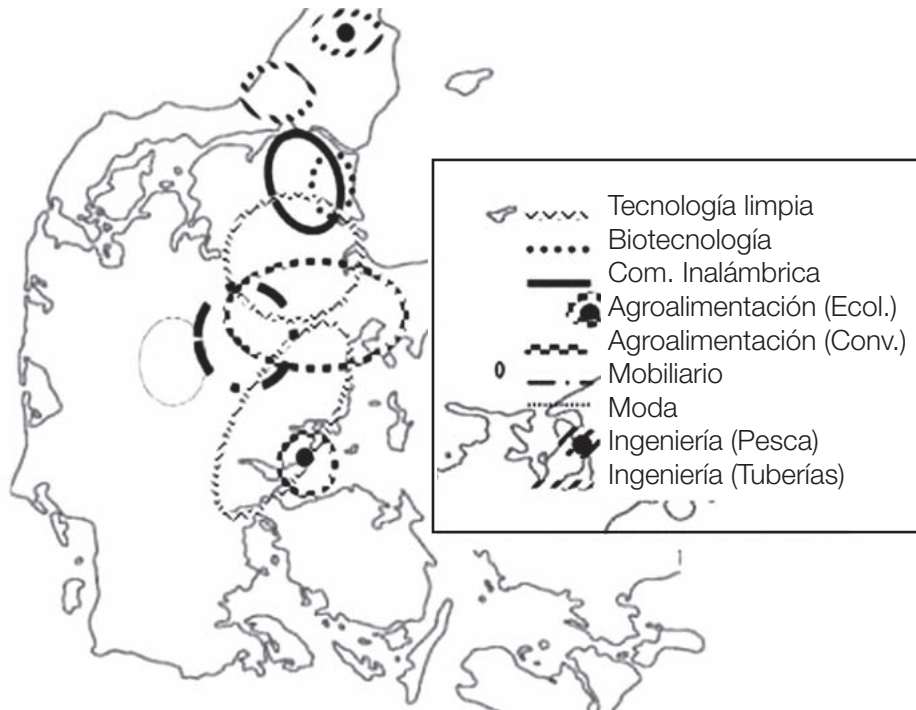
Gráfico n.º 4

Aparición del *cluster* jacobiano en el norte de Jutland



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico n.º 5

Clusters jacobianos y variedad relacionada del norte de Jutland

Fuente: Elaboración propia.

lacionadas con ensayos clínicos y pruebas del equipo biomédico. Muchas de estas actividades están estrechamente vinculadas con la comercialización de la ciencia y la tecnología por medio de iniciativas empresariales universitarias en la Universidad de Alborg. En el gráfico n.º 5, se muestran los *clusters* jacobianos más sobresalientes (si bien muchos han de ser aún investigados por completo) del norte de Jutland que están caracterizados bien como *clusters* emergentes bien como *clusters* ya establecidos, según sus características de variedad relacionada en relación unos con otros.

Esto puede entenderse observando el cuadro n.º 1. En este gráfico puede observarse la historia estilizada de una parte significativa de la evolución de la economía de Jutland desde que fue transformada radicalmente debido a la «ferrocarrilización» del siglo XIX, como sugirió Schumpeter (1975). Este proceso creó «ciertas dependencias de camino» o «trayectorias de desarrollo». Este tipo de análisis es bastante importante y útil a la hora de explicar la ontología de las economías de estas regiones y su agrupación. Recuérdese, que para Schumpeter la «ferrocarrilización» fue la forma más pura y

Cuadro n.º 1

Trayectoria de desarrollo del *cluster* jacobiano

Tecnología	Trayectoria de desarrollo (<i>path dependence</i>)
Tecnología limpia	Ingeniería naval y agrícola (por ejemplo las aspas de los aerogeneradores reproducen el diseño de un arado y una hélice)
Biotecnología	TIC inalámbrica y tecnología médica
Telefonía inalámbrica	Tecnología de emisoras de barco
Agroalimentación	«Ferrocarrilización» de las tierras sin desarrollar de Jutland (convencional, intensiva)
Alimentos orgánicos	Reacción contra la producción convencional intensiva de alimentos en Jutland (principalmente productos lácteos)
Mobiliario	«Ferrocarrilización», escuelas de artesanía y tradición forestal local
Ropa de moda	Escuelas de artesanía para formar a las mujeres de los agricultores
Equipos de pesca e ingeniería de tubos	Ingeniería naval y de pesca

Fuente: Elaboración propia.

radical de innovación basada en la destrucción creativa de un estado de naturaleza precedente (o al menos economía no agrícola). El gran «hecho emprendedor» de la «ferrocarrilización» produce unas trayectorias evolutivas que actúan como conjuntos limitados de oportunidades para la evolución regional. Las actividades que muestran una «variedad relacionada» al evento emprendedor originario se componen de las trayectorias señaladas en el cuadro n.º 1. Éstas pueden fomentar diversas intensidades de innovación desde las destructivas (tras Christensen, 1997) que abaratan una tecnología (por ejemplo telefonía móvil) existente pero especializada, no de primera necesidad (por ejemplo emisoras para barcos), hasta las innovaciones adicionales

que surgen alrededor de la telefonía móvil (primera, segunda, tercera, etc. generación de telefonía móvil).

No hay espacio suficiente para ofrecer una explicación satisfactoria sobre el proceso de mutación del *cluster* jacobiano en el norte de Jutland, pero Kristensen (1992) subraya la «ferrocarrilización» como un proceso clave donde Jutland en su conjunto se abrió, en menor escala, pero con una inspiración similar a la del oeste americano en los Estados Unidos del siglo XIX. Con ello surgieron dos movimientos clave. El primero fue el movimiento cooperativo de los agricultores en el que éstos abastecían sus propias necesidades particulares y de producción, incluyendo bancos. El segundo fueron las es-

cuelas de artesanía establecidas en más de 350 centros, seguidos por los aún prósperos institutos tecnológicos daneses a partir de 1907. Todo esto hizo posible una forma de espíritu emprendedor colectivo o social.

Esto es, infraestructura, educación, apoyo técnico, finanzas y mercados. Así, el capital social continúa siendo una dimensión importante del espíritu emprendedor colectivo basado en las pymes del norte de Jutland; hace posible la ramificación tecnológica mediante la evolución de la variedad relacionada. Y finalmente, este proceso se ve ayudado por la existencia de una infraestructura de sistema regional de innovación de institutos tecnológicos, escuelas técnicas y de artesanía, y universidades, que mantienen la transferencia de conocimiento emprendedor y localizado.

5. LA BIOENERGÍA PROVENIENTE DE LAS COSECHAS EN GALES

Uno de los desarrollos de innovación quizá más sorprendentes, en el campo de la bioenergía ha tenido lugar hace pocos años en Gales. Descriptivamente hablando éste consiste en un conocimiento patentado obtenido por el Instituto para la Investigación Medioambiental y Pastizales (IGER) situado en Aberystwyth, en la zona central y rural de Gales. Este instituto de investigación financiado por el Consejo de Investigación Biológica Británico ha sido durante 70 años hasta 2007 el principal instituto de investigación especializado en pastizales. Se le encomendó desde un principio la tarea de mejorar la calidad del forraje para alimentar al ganado vacuno y ovino, que está compuesto básicamente de hierba. Para los primeros años ochenta la investigación, que implicaba no solamente el cultivo de una hierba más rica sino compren-

der el herbario de estos animales rumiantes, ya reveló que se producía un límite en la calidad de estos animales que se alimentan en las montañas debido a que las encimas que descomponían el forraje en proteínas estaban consumiendo una parte importante del valor nutricional del forraje consumido por el animal. Tras muchos años de largos ensayos de campo e investigación en laboratorios, el cruce entre la básica avena normalmente utilizada para el forraje del ganado vacuno y ovino con otras hierbas con un mayor contenido en azúcar produjo resultados óptimos. Las encimas tomaban parte del contenido reforzado de azúcar, transformándolo directamente en energía pero dejando una parte sustancial para el animal, suficiente para que la cantidad, valor nutricional y sabor del animal sea significativamente enriquecido. Esto salió al mercado en un momento en el que la demanda del consumidor de carne magra de animales criados en zonas montañosas aumentó significativamente, y en el que las continuas mejoras sobre la variedad original de ballico (avena) AberDart de *Lolium*, comercializado por Germinal Holdings, en los años de intervención hicieron que alcanzasen el 50% del mercado británico. Además afianzó la categoría de la carne vacuna negra galesa y del cordero galés como productos prestigiosos y permitió mejoras significativas en razas de ganado de las tierras altas como Aberdeen Angus.

En 2003 se descubrió que IGER contaba, en la forma de estas hierbas denominadas SugaGrasses, con un producto autóctono que añadir a su floreciente cartera de biocombustibles. Los análisis habían mostrado que las SugaGrass contenían el doble valor calórico que la caña de azúcar, la fuente de muchos de los biocombustibles del mundo. Y de este modo IGER desarrolló una segunda rama en su experien-

cia y conocimiento en pastizales creando una división de investigación en renovables. Uno de los pastos de biocombustible en el que pronto adquirió prestigio fue en el cultivo y tratamiento de *Miscanthus*, más comúnmente conocida como Hierba Elefante, una hierba alta africana que crece en tierras marginales. Consecuentemente no competía por tierras para el cultivo de alimentos, una de las críticas del «cerrojo a los biocombustibles» por parte de Estados Unidos y la Unión Europea. Se ha visto cómo las espigas y mazorcas del trigo y maíz se han convertido en etanol debido a su fácil disponibilidad y a importantes subvenciones recibidas, produciendo aumentos superiores al 40% en el precio de estos cereales, y angustia en los mercados de alimentos de los países en vías de desarrollo.

IGER está considerado un líder mundial en el campo específico de la bioenergía, aunque desde el punto de vista oficial puede que la Universidad de California, Berkeley, resulte más competitiva tras recibir una donación de 500 millones de dólares para un instituto de investigación del cambio climático por parte de British Petroleum (BP). Además está la Universidad de Illinois, también mencionada como un posible futuro competidor, pero IGER tiene actualmente ventaja. Pero en cualquier caso, la SugarGrass es el doble de calorífica que *Miscanthus* y está además considerada como la tecnología con las mejores perspectivas a largo plazo para suplantar al petróleo. IGER posee la patente de SugarGrass, con la que actualmente obtiene 100.000 libras al año en derechos de autor por la venta de variedades de semillas para forraje. Pero mientras el mundo va despertando a los relativamente sencillos procesos de biorefinamiento del producto, éstos, probablemente, seguirán creciendo sustancialmente.

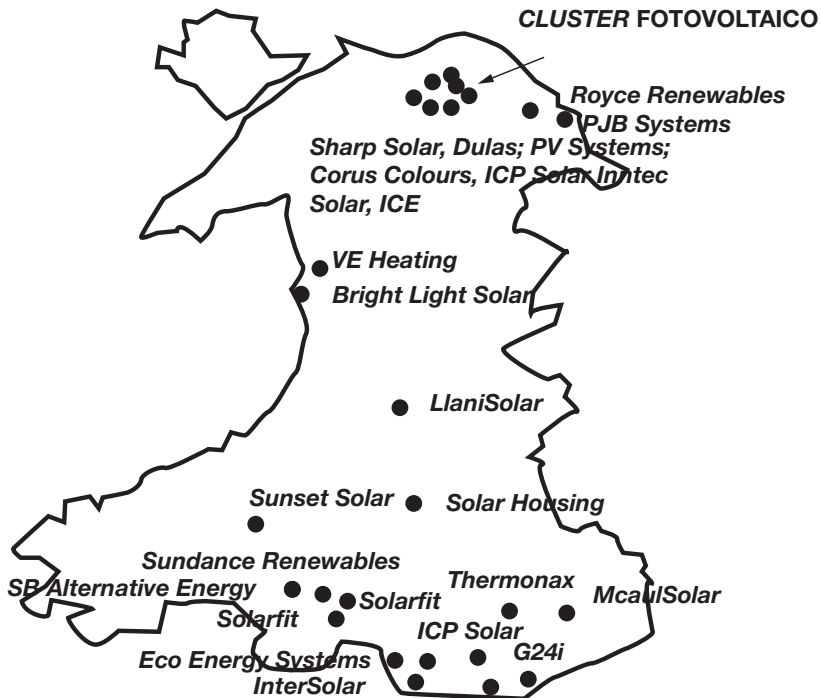
Hasta tal punto que se ha alcanzado un acuerdo con los dirigentes del gobierno galés sobre la promesa de fondos destinados a la construcción de una biorefinería experimental. El pensamiento ha llegado tan lejos como para especular que cuando se deje de refinar el petróleo en las enormes refinerías de Milford Haven, cerca de Pembrokeshire, el fondo común de los costes hundidos en talento e infraestructuras les convertirá en los perfectos candidatos para convertirse en biorefinerías de SugarGrass (y *Miscanthus*). Así seguirían acaparando una gran parte de la energía futura del Reino Unido. Pero no se trata sólo de la idea de un modelo de empresa derivada de capital de riesgo. Posiblemente porque un modelo de este tipo no funciona todavía tan bien en este campo naciente como un modelo de subcontratación de comercialización.

Por ejemplo, Molecular Nature, la empresa derivada clave de IGER, agotó su capital de riesgo. Pero gracias al valor de su patente de potencial de biocombustibles, así como a su mercado de forraje, fue adquirida por la empresa matriz Summit. Además, fiel a las tradiciones de cooperación entre los agricultores de las montañas de Gales, IGER promueve una nueva visión de agricultura mixta donde los grupos de agricultores cultiven *Miscanthus* en sus tierras más pobres, dediquen algunos campos al cultivo del combustible SugarGrass y aumenten la calidad del cordero galés y vacuno negro galés en sus mejores tierras de SugarGrass.

La energía solar fotovoltaica produce energía solar térmica, como ocurre en el norte de Jutland. En Gales, muchos autores (Hendry *et al.*, 2001) han estudiado este sector comparando el *cluster* más amplio de optoelectrónica, que además está especializado en el cableo de fibra óp-

Gráfico n.º 6

Productores de equipos de energía solar (Gales)



Fuente: Elaboración propia.

tica, con aquellos como los asociados a Carl Zeiss en Jena (Alemania del Este). Sin embargo, en relación con la presente discusión sobre los *clusters* verdes, es la capacidad fotovoltaica la que viene a primera plana. El gráfico n.º 6 revela la presencia de subdivisiones de multinacionales, como la empresa de electrónica japonesa Sharp cuya filial Sharp Solar se encuentra en St. Asaph al lado de Corus Colours, una filial de Corus, el productor de acero británico-holandés adquirido en 2007 por el gigante indio Tata Steel. Haciendo uso de la ciencia del polímero y tratamientos de su-

perficie Corus Colours ha innovado radicalmente un producto de pintura solar capaz de generar energía solar, especialmente de edificios de acero prefabricados. Otras empresas en el *cluster* de la energía fotovoltaica en St. Asaph son autóctonas, como por ejemplo la empresa de microprocesadores IQE con sede en Cardiff y la empresa de «ingeniería verde» Dulas, con sede en el centro de Gales.

Se puede concluir que numerosas agrupaciones de empresas pequeñas, y también grandes, junto con una infraestructura

de investigación básica y aplicada caracteriza importantes ubicaciones de «clusters verdes», centrados, fundamentalmente, en la producción de energía de combustibles no fósiles que contribuye a la moderación del calentamiento global. Un rasgo clave que debe analizarse en el apartado de conclusiones es que en algunos casos hay un elemento de multiplicación de «especies» de los *cluster* del que se puede formular una hipótesis desde una perspectiva geográfica económica y evolutiva. Tal y como muestra el gráfico n.º 1, los *clusters* de tecnología limpia de California se encuentran en yuxtaposición con los *clusters* de TIC y biotecnología, alimentación y vino de la región de San Francisco, al norte de California, y los *clusters* de telecomunicaciones inalámbricas y biotecnología de San Diego, al sur de California. De hecho, se ve cómo la denominada Cleantech (tecnología limpia) surge de la combinación de la biotecnología (incluidos biopolímeros y biocombustibles), TIC (sensores) y nanotecnología (membranas de filtración y catalizadores). Sin embargo, mientras la agroalimentación es una de las industrias clave en California, el camino de la dependencia de la agroalimentación aparece incluso más pronunciado en los casos de Jutland y Gales, como hemos visto, a la vez que, en otro caso, la silvicultura es importante para el *cluster* de biocombustibles suecos en Örnköldsvik (Cooke, 2007).

6. VARIEDAD RELACIONADA POR OTROS MEDIOS: LA TECNOLOGÍA LIMPIA EN NORUEGA

El modelo noruego de desarrollo de la innovación verde normalmente implica grandes organizaciones que evolucionan hacia esa innovación partiendo de una variedad

relacionada interna a la empresa. Quizás la mayor fortaleza de Noruega en energía verde sea la captación y almacenamiento de carbono. En 2007 el gobierno noruego y Statoil llegaron a un acuerdo para establecer un proyecto de captación y almacenaje de CO₂ de gran envergadura en Mongstad (cerca de Bergen, Hordaland). Para limitar los riesgos técnicos y financieros el proyecto constará de dos fases. La primera cubrirá la instalación experimental de la recogida de CO₂ de Mongstad que estará en funcionamiento al mismo tiempo que comience a funcionar la planta de cogeneración en 2010. La instalación experimental / planta piloto contará con una capacidad de recogida de al menos 100.000 toneladas de CO₂ al año. La segunda fase implica la captura a gran escala de aproximadamente 1,5 millones de toneladas de CO₂ al año y estará a punto para finales del año 2014.

La fase de desarrollo tecnológico del proyecto está actualmente progresando según su plan de ejecución. El objetivo principal del programa piloto es desarrollar tecnología más eficaz en función de los costos para la captación de CO₂ para una aplicación internacional más amplia, es decir, desarrollar, probar, verificar y demostrar la tecnología que permitiría la construcción de plantas de captación de CO₂ a gran escala con costes reducidos y riesgos técnicos y financieros reducidos. Se creará una empresa de tecnología para construir y llevar a cabo el programa piloto de captación, CO₂ Test Centre Mongstad. El gobierno se encuentra en estos momentos en el proceso de invitación a las empresas para participar en la empresa de tecnología. Las empresas invitadas son usuarios potenciales de tecnologías de CO₂ y el objetivo es establecer el grupo de participantes en mayo de 2007.

Durante el desarrollo del proyecto se probarán varias soluciones tecnológicas. Este enfoque debería asegurar que los desarrollos tecnológicos en Noruega puedan llegar a tener una amplia relevancia internacional. Con el proyecto Mongstad CCS de captación y almacenamiento de carbono pasamos de la fase de investigación a pequeña escala a la construcción de una instalación de captación de CO₂ a gran escala.

Otra gran empresa con una posición líder en la industria energética solar noruega es REC. Esta empresa es la fundición de silicio para energía solar fotovoltaica más grande del mundo. La empresa cuenta con tres divisiones: la primera, REC es el mayor productor del mundo dedicado a materiales de silicio para usos fotovoltaicos y posee todos los derechos de su tecnología de producción patentados. El silicio de clase solar que produce REC puede utilizarse en la producción de chips de semiconductor tanto mono como multicristalinos, así como de chips de semiconductor basados en tecnologías de cinta. REC es el mayor productor del mundo de gas monosilano que, además de ser utilizado internamente por REC para la producción de silicio de clase solar, puede ser usado por otros en todo tipo de aplicaciones de silicio de capa fina. En segundo lugar, REC también es el mayor productor mundial de chips de semiconductor multicristalinos, con un historial de rápida expansión empresarial e introducción de técnicas líderes de gestión de producción para aumentar la productividad. REC combina equipos industriales de alta calidad con tecnologías patentadas para lograr una mayor productividad. En tercer lugar, las instalaciones de pilas y módulos solares de REC se encuentran entre las plantas más automatizadas de Europa y, actualmente, REC está desarrollando una nueva tec-

nología para fortalecer su competitividad y asegurar un crecimiento futuro. Las instalaciones se centran en pocos productos y clientes, favoreciendo un enfoque de la producción orientado a satisfacer necesidades específicas del cliente. Los principales centros de producción de REC se encuentran en Sandvika y Porsgrunn, al sur de Noruega (cerca de Oslo) y Narvik y Glomfjord, al norte. En cada caso un número significativo de proveedores especializados se hallan físicamente próximos.

7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES TEÓRICAS

Al examinar la aparición de los *clusters* verdes, que a menudo conllevan la producción de nuevas formas de energía de combustibles no fósiles para reducir el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero derivados de la actividad económica humana, nos encontramos con un rasgo curioso de la evolución económica. La clave se encuentra en el elemento de convergencia que caracteriza la innovación verde. Como se apunta en los casos del norte y sur de California, que no se detallan en profundidad aquí pero sí son examinados en otro lugar (Cooke, 2007), el tipo de industria de «tecnología limpia» que aparece en la forma de *cluster* descrita por Burtis *et al.*, (2004; 2006) se desarrolla a partir de la agroalimentación TIC y biotecnología. En el norte de Jutland observamos que ha ocurrido algo similar. Así los *clusters* de aerogeneradores y energía solar térmica se encuentran en las regiones más agrícolas y con más ingeniería naval de Dinamarca. Al redactar la historia de la industria anterior, Karnoe y Jorgensen (1996) y Jorgensen y Karnoe (1995) apuntaban cómo el diseño danés de aerogeneradores venció a

su principal competidor mundial, California, de donde a su vez provenía una mayor demanda de tecnología de energía renovable a partir de los años 70. El diseño danés de aspas de los aerogeneradores tenía influencias de la industria de ingeniería, especialmente del diseño de los equipos modernos de arado. En la fase de innovación experimental, cuando alrededor de 30 empresas se comprometieron en el diseño del prototipo de aspas de aerogeneradores, también se absorbieron los *spillovers* del conocimiento del diseño de aspas de aerogeneradores, proveniente del diseño de las hélices de los ingenieros navales de la industria naviera de Jutland. Esto resultó en el diseño de tres aspas y en la idea de dirigir las hacia el viento para lograr una mayor eficacia. Por otra parte, la tradición aeronáutica de California, hasta la década de 1970 se basaba en la propulsión por reacción, hizo uso del histórico conocimiento de los aviones conducidos por hélices y apostó por aspas de dos hojas siguiendo la dirección del viento. La solución danesa demostró ser superior a la californiana en este contexto tecnológico.

Por eso, en estas localizaciones multi-*cluster*, está claro que es posible, y probablemente necesario, que se produzca un buen acuerdo de convergencia tecnológica positiva. Pero los recursos tecnológicos comparables no siempre producen soluciones óptimas de estas «nuevas combinaciones» de Schumpeter. Sin embargo, está claro que en algunas regiones pueden evolucionar de forma bastante sencilla nuevos *clusters*, produciéndose una «multiplicación de especies» y aportando a la organización industrial de la región un aspecto de «plataforma» de *clusters*. En un análisis más a fondo, tanto California como Jutland demuestran haber generado muchos *clusters*. En California los *cluster* del

sector vinícola conviven en las zonas hortícolas, se encuentra el conocido *cluster* de la industria del Hollywood y Porter (1998) a su vez perfila otros *clusters* altamente especializados como el *cluster* de aleación de alta gama del club de golf en Carlsbad, al sur del desierto de California. Un estudio que profundiza en la historia de los *clusters* de Jutland revela los casos detallados de Salling (mobiliario) y Ikast (textil), el estudio incluso más cercano del *cluster* de telefonía móvil NorCom en Alborg (Stoerring y Dalum, 2007); el emergente *cluster* BioMédico también en Alborg; así como los todavía sin examinar candidatos a *clusters* de tuberías aisladas cerca de Alborg; y el equipo de tratamiento de pescado cerca de Skagen, en la punta norte de Jutland. En Barritskov, al este de Jutland, se encuentra el estado que mantiene Arstiderne Organic Food Network, una red cooperativa de venta al por menor que distribuye 30.000 cajas a la semana de alimentos orgánicos por todo Dinamarca. También se podría argumentar que existe un alto grado de transmisión del conocimiento de las variedades de producción agrícola a la producción bioenergética en Gales, que posiblemente conduzca a la creación de un nuevo *cluster*, pero también de la tecnología del vidrio a los cables de fibra óptica y posteriormente a la energía fotovoltaica a través de distintas rutas hacia la energía renovable en un *cluster* optoelectrónico multifuncional. La multiplicación de especies o mutación de este tipo podría concordar perfectamente con una teoría subyacente de geografía económica evolutiva, especialmente en la parte que se refiere a las oportunidades de innovación y crecimiento que surgen donde hay una variedad asociada entre las industrias. La capacidad de absorción para adaptarse a nuevas combinaciones basada en la fácil extensión y asimilación de los *spillovers* de

conocimiento sería el mecanismo mediante el cual se explica dicha multiplicación de especies, como demuestra claramente el caso de la tecnología de aerogeneradores de Jutland.

En otros casos centrarse en la especialización de los *clusters* de «innovación verde» conforme al pensamiento atribuido a Marshall, Arrow y Romer (MAR) parece ser más convincente que a la idea de una agrupación jacobiana (posterior a la noción de Jane Jacobs de innovación a través de la variedad). Incluso cuando tiene lugar una agrupación limitada, como en las industrias que previamente existían en Rhineland o Brasil, ya sean los *super-clusters* de carbón, acero o productos químicos del Valle de Ruhr o la industria de producción de azúcar en Brasil, evocan la presencia de importantes *spillovers* del conocimiento de filtración y ventilación en el primer caso, y de fermentación, en el segundo, que eran de profunda importancia en la evolución de la nueva, convergente combinación de productos y procesos innovadores. Esto tiende a confirmar claramente la amplia experiencia política de sentido común y tan extendida de que los *clusters* no surgen de la nada, pero que siguen una tendencia evolutiva menos difícil de aparecer donde el contexto regional le brinda oportunidades para «nuevas combinaciones» schumpeterianas a partir de «variedad relacionada» regionalizada. Allí donde dicha variedad asociada está más atenuada, como quizás con los biocombustibles en Brasil o el noreste de Inglaterra, aparecen menos «*cluster* jacobianos».

Sin embargo, esto no puede considerarse una explicación completa de la mutación del *cluster* jacobiano, sino más bien un factor contextual importante como se indica en la obra de Cantwell y Iammarino

(2003). Otro rasgo clave del que cabe señalar una hipótesis, aunque necesita un mayor análisis, es que la agrupación jacobiana se beneficia de otros recursos organizativos, institucionales y sociales, como los que a continuación se citan, en conjunto con otros recursos activos de variedad asociada, excedente de conocimiento y gran capacidad lateral de absorción:

- Capital social.
- Espíritu emprendedor colectivo.
- Ramificación tecnológica (oportunidades de «nuevas combinaciones»).
- Factor periférico (distancia percibida desde el núcleo clave de gobierno).
- Subvención a la industria naciente.
- Sistema de innovación-investigación regional e institutos tecnológicos, universidades, plataforma de política y financiación de la innovación regional.

La conclusión clave de este apartado es que, en relación a las nuevas industrias observamos por primera vez, una repetición de los procesos que históricamente han apuntalado las economías regionales exitosas que una vez engendraron numerosos distritos *clusters* industriales tradicionales o *clusters*. Evolucionistas como Klepper (2002) por ejemplo resaltarían también la transferencia de rutinas de una a otra industria mediante la «movilidad del talento», como en los casos de las industrias automovilísticas y de ingenierías de Estados Unidos, Alemania e Italia (véase también Boschma y Wenting, 2007). Probablemente los descubrimientos clave de esta contribución en relación a la teoría evolutiva son los siguientes. En primer lugar, mientras Schumpeter tenía poco que decir acerca de la innovación regional, su concepto de innovación mediante la «ferro-

carrilización» demostró ser altamente apropiado como una explicación de al menos el caso de Dinamarca de apertura del norte de Jutland y en otras zonas occidentales en el siglo XIX y su moderna evolución hacia un círculo de agrupación jacobiana en industrias de variedad relacionada. En segundo lugar, la perspectiva ecológica de alguna forma aclaró la evolución de este tipo de organización industrial, ya que se centra en un «concepto de plataforma» de tecnología horizontal y convergente más que en una perspectiva económica industrial más tradicional que subraya las estructuras verticales como sectores o *clusters*. Finalmente, en relación con la aparición de *clusters* dentro del contexto de sistemas regionales de innovación, la investigación realizada indicaba la importancia del capital social, que incluso en California puede ser considerada fuerte, como se recoge en la obra de Saxenian (1994) sobre el Silicon Valley, como un impulsor evolutivo de ciertos tipos de sistemas regionales de innovación. De hecho, ya sea como «almacenamiento» o «construyendo puentes», el capital social es el elemento clave del poder oculto de las redes, tanto sociales como institucionales, que siempre ha estado en el corazón del enfoque de los sistemas regionales de innovación de la economía evolutiva. Por último puede verse que los procesos evolutivos

descritos han sido capaces de presentar distintas intensidades de «ráfagas de innovación». La ferrocarrilización fue sin duda para Schumpeter la más radical. Innovaciones divergentes, posiblemente disgregantes como el semiconductor en California, la infraestructura de telefonía móvil en el norte de Jutland abarataron y «democratizaron» las tecnologías clave basadas en nuevas combinaciones del conocimiento. No hay duda de que puede producirse otro tipo de aparición de *clusters*, como los que se forman alrededor de los intereses de las grandes compañías noruegas, y deberá componerse una biografía de *clusters* distinta a partir del modelo de «mutación» predominante discutido en este artículo. En la mayoría de los casos estudiados, la innovación gradual y poco dependiente puede desarrollarse entre las empresas de los *clusters* que se encuentran próximas. La Historia muestra que puede haber una evolución sobresaliente con las innovaciones más radicales alrededor de la biotecnología, desde las terapias de lucha contra el cáncer hasta los combustibles basados en el forraje, a medida que el conocimiento evoluciona y los sistemas económicos, en su mayoría vinculados con la «quimicalización» de combustibles fósiles, se acercan al agotamiento y han de buscar su camino hacia un modelo bioeconómico más limpio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, E. (1994): *Evolutionary Economics: Post-Schumpeterian Contributions*, London, Pinter.
- 2007: *Schumpeter's Evolution*, Alborg, Alborg University.
- ANDERSEN, P.; BORUP, M. Y OLESEN, M. (2006): «Innovation in energy technologies», *Riso Energy Report*, 5: 21-27.
- ANTONELLI, C. Y MOMIGLIANO, F. (1981): «Problems and experiences of regional innovation policy in Italy», *Micros*, 2: 45-58.
- BERGMAN, E.; MAIER, G. Y TÖDTLING, F. (eds.) (1991): *Regions Reconsidered: Economic Networks, Innovation and Local Development in Industrialized Countries*, London, Mansell.
- BIANCHI, P. Y BELLINI, N. (1991): «Public policies for local networks of innovators», *Research Policy*, 20: 487-498.
- BOSCHMA, R. (2005): «Proximity and innovation: a critical assessment», *Regional Studies*, 39: 61-74.
- BOSCHMA, R. Y WENTING, R. (2007): «The spatial evolution of the British automobile industry: does location matter?», *Industrial and Corporate Change*, 16: 213-238.
- BURTIS, P.; EPSTEIN, R. Y HWANG, R. (2004): *Creating the California Cleantech Cluster*, San Francisco, Natural Resources Defence Association.
- BURTIS, P.; EPSTEIN, R. Y PARKER, N. (2006): *Creating Cleantech Clusters*, San Francisco, Natural Resources Defence Association.
- CANTWELL, J. Y IAMMARINO, S. (2003): *Multinational Corporations & European Regional Systems of Innovation*, London, Routledge.
- CASTELLS, M. (1996): *The Rise of the Network Society*, Oxford, Blackwell.
- CEC (2001-07): *Regions: Statistical Yearbook 2001*, Luxembourg, Commission of the European Communities.
- CHESBROUGH, H. (2003): *Open Innovation*, Boston, Harvard Business School Press.
- COOKE, P. (1983): *Theories of Planning & Spatial Development*, London, Hutchinson.
- 1985: «Regional innovation policy: problems and strategies in Britain and France», *Environment and Planning C: Government and Policy*, 3: 253-267.
- 1992: «Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe», *Geoforum*, 23: 365-382.
- 1993: «Regional innovation systems: an evaluation of six European cases», en GETIMIS, P. Y KAFKALAS, G. (eds.), *Urban & Regional Development in the New Europe*, Athens, Topos.
- 2002: *Knowledge Economies*, London, Routledge.
- 2004: «Introduction: regional innovation systems – an evolutionary approach», en COOKE, P.; HEIDENREICH, M. Y BRACZYK, H. (eds.), *Regional Innovation Systems*, London, Routledge.
- 2007: *Growth Cultures: the Global Bioeconomy & its Bioregions*, London, Routledge.
- 2008a: «Green clusters: green innovation & Jacobian cluster mutation», *Geografiska Annaler* (forthcoming).
- 2008b: «Cleantech and an analysis of the platform nature of life sciences: further reflections upon platform policies», *European Planning Studies*, 16, 3 (forthcoming).
- 2008c: «Green innovation & regional development», presentation to Regional Science Association Israel meeting, Be'er Sheva, April 16.
- COOKE, P. Y DA ROSA PIRES, A. (1985): «Productive decentralisation in three European regions», *Environment and Planning A*, 17: 527-554.
- COOKE, P.; ALAEZ, R. Y ETXEBARRIA, G. (1991): «Regional Technological centres in the Basque Country: an Evaluation of Policies, Providers & User Perceptions», *Regional industrial Research Report 9*, Cardiff University.
- COOKE, P. Y SCHWARTZ, D. (2008): «Regional knowledge economy variations: an EU-Israel comparison», *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 99: 178-192 .
- DAVENPORT, S. Y LEITCH, S. (2008): «Creating space for the successor: the discourse strategies of pro- and anti-GM factions regarding the future of agriculture in New Zealand», *European Planning Studies*, 16 (forthcoming).
- DOSI, G.; FREEMAN, C., NELSON, R.; SILVERBERG, G. Y SOETE, L. (eds.) (1988): *Technical Change & Economic Theory*, London, Pinter.
- ENVIRONMENT MINISTRY (2006): *Environmental Technology Strongholds in Denmark*, Copenhagen, Environment Ministry & FORA.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): *2006 Environmental Policy Review*, Luxembourg, European Commission.
- GRABHER, G. (1991): «Building cathedrals in the desert: new patterns of co-operation between large and small firms in the coal, iron & steel complex of the German Ruhr area», en BERGMAN, E.; MAIER, G. Y TÖDTLING, F. (eds.), *op cit*.

- GUTHMAN, J. (2005): *Agrarian Dreams: the Paradox of Organic Farming in California*, Berkeley, University of California Press.
- FELDMAN, M. Y ABOUGAMEN, M. (2002): «Development of High Tech Industry in Israel' 1995-1999: Labour Force and Wages», *Working Paper Series*, 1. Central Bureau of Statistics, Jerusalem.
- HIRSCHMAN, A. (1958): *The Strategy of Economic Development*, New Haven, Yale University Press.
- JACOBS, J. (1969): *The Economy of Cities*, New York, Vintage.
- JOHANSSON, B. (1991): Economic networks and self-organization, en BERGMAN, E., MAIER, G. Y TÖDTLING, F. (eds.), *op cit*.
- JORGENSEN, U. Y KARNOE, P. (1995): «The Danish wind turbine story: technical solutions to political visions», en A. RIP, T. MISA Y J. SCHOT (eds.), *Managing Technology in Society: the Approach of Constructive Technology Management*, London, Pinter.
- KARNØE, P. Y JORGENSEN, U. (1996): *The International Position & Development of the Danish Wind Turbine Industry*, Copenhagen, AKF.
- KLEPPER, S. (2002): «Capabilities of new firms and the evolution of the US automobile industry», *Industrial and Corporate Change*, 11: 645-666.
- KRISTENSEN, P. (1992): «Industrial districts in West Jutland, Denmark», en PYKE, F. Y SENGENBERGER, W. (eds.), *Industrial Districts & Local Economic Development*, Geneva, International Institute for Labour Studies.
- KRUGMAN, P. (1995): *Development, Geography & Economic Theory*, Cambridge, MIT Press.
- 2001: «Where in the world is the "new economic geography"?, en CLARK, G.,; FELDMAN, M. Y GERTLER, M. (eds.), *The Oxford Handbook of Economic Geography*, Oxford, Oxford University Press.
- LUNDVALL, B. (1988): «Innovation as an interactive process», en Dosi, G.G. (eds.), *op cit*.
- MALECKI, E. (1991): *Technology & Economic Development*, London, Longman.
- MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, London, Macmillan.
- MEYER-KRAHMER, F. (1990): *Science & Technology in the Federal Republic of Germany*, London, Longman.
- MYRDAL, G. (1957): *Economic Theory & Underdeveloped Regions*, London, Duckworth.
- ROTHWELL, R. Y DODGSON, M. (1991): «Regional technology policies: the development of regional technology transfer infrastructures», en BROTCHE, J. (ed.), *Cities of the 21st. Century*, London, Longman.
- PORTER, M. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*, New York, The Free Press.
- 1998: *On Competition*, Boston, Harvard Business School Press.
- SAXENIAN, A. (1994): *Regional Advantage, Cambridge*, Harvard University Press.
- SCHUMPETER, J. (1975): *Capitalism, Socialism & Democracy*, New York, Harper.
- SCOTT, A. (2006): «Spatial and organizational patterns of labour markets in industrial clusters: the case of Hollywood», en ASHEIM, B.; COOKE, P. Y MARTIN, R. (eds.), *Clusters & Regional Development: Critical Reflections & Explorations*, London, Routledge.
- SIMARD, C. Y WEST, J. (2003): «The role of founder ties in the formation of San Diego's "Wireless Valley"», Paper to DRUID Summer Conference 2003; *Creating, Sharing & Transferring Knowledge: the Role of Geography, Organizations & Institutions*, Copenhagen, June 12-14.
- SMITH, K. (2000): *What Is the Knowledge Economy?* Brussels, European Commission.
- STOERRING, D. (2007): *Emergence & Growth of High Technology Clusters*, PhD Thesis, Dept. of Business Studies, Aalborg University.
- STOERRING, D. Y DALUM, B. (2007): «Cluster emergence: a comparative study of two cases in North Jutland, Denmark», en COOKE, P. Y SCHWARTZ, D. (eds.), *Creative Regions: Technology, Culture & Knowledge Entrepreneurship*, London, Routledge.