



PERSPECTIVAS DE UNA BIOECONOMÍA FORESTAL EN EL MEDITERRÁNEO

Inazio Martínez de Arano^a, Marc Palahr^a, Christine Farcy^b, Eduardo Rojas^c y Lauri Hetemaki^d

^aInstituto Forestal Europeo, ^bUniversidad Católica de Lovaina y ^cUniversitat Politècnica de València

Resumen

Los bosques mediterráneos están atrapados en una sorprendente paradoja. Son extremadamente valiosos. Son una infraestructura ecológica esencial que puede ayudar a abordar los desafíos más cruciales del cambio global. Sin embargo, parece que nuestra sociedad ha perdido la capacidad de valorarlos, de insertarlos en los flujos económicos y de desarrollar un enfoque adecuado para su gestión sostenible. De alguna manera, debido a su abandono y a los altos costes de la extinción de incendios, los bosques mediterráneos se han convertido en un sumidero de recursos públicos.

El desarrollo de cadenas de valor sostenibles y complementarias, basadas tanto en bienes como en servicios, es la piedra angular de su protección y gestión, tal y como se establece en el Marco Estratégico de la FAO para los Bosques Mediterráneos. En este sentido, múltiples iniciativas innovadoras están teniendo lugar en toda la región. Expandir, replicar y adaptar la innovación, pasando de nicho a norma, es un desafío importante que requiere acción en todos los niveles y en particular: a) un entorno político favorable capaz de crear sinergias entre las políticas climáticas, industriales, urbanas y medioambientales; b) capacidades en investigación, innovación y creación de empresas; c) acceso a financiación, incluido el capital riesgo; d) un marco fuerte en materia de sostenibilidad; y e) el apoyo social, también a través de nuevos patrones de consumo. Tal como se ha debatido en este capítulo, el potencial de los bienes y servicios forestales para contribuir a la bioeconomía circular en el sur de Europa es alto, pero no sucederá *per se*.

Abstract

Mediterranean forests are caught in a surprising paradox. They are extremely valuable. They are a crucial ecological infrastructure that could help tackle the most demanding challenges of global change. However, it seems our society has lost the ability to value them, position them in the economic flow, and develop a suitable approach for their sustainable management. In some ways, due to their neglect and the high cost of putting out fires, Mediterranean forests have become a drain on public resources.

The development of sustainable and complementary value chains, based on both goods and services, is the cornerstone of their protection and management, just as is established in the FAO's Strategic Framework on Mediterranean Forests. In this vein, numerous innovative initiatives are taking place all over the region. Expanding, replicating, and adapting this innovation, transforming it from niche to norm, is a significant challenge that requires action at all levels, in particular: a) a favourable political environment able to create synergies between climate, industrial, urban, and environmental policies; b) skills in research, innovation and business creation; c) access to financing, including venture capital; d) a strong sustainability framework; and e) social support, including through new patterns of consumption. As is debated in this chapter, the potential of forestry goods and services to contribute to the circular bioeconomy in southern Europe is high, but will not just happen per se.

1. El potencial transformador de los bosques como base para una bioeconomía sostenible

El Acuerdo sobre el Clima de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU ponen sobre la mesa los retos a los que se tendrá que enfrentar la sociedad en las próximas décadas. La pregunta clave ahora es cómo alcanzar estos objetivos. Este capítulo propone que

parte de la respuesta se encuentra en volver a pensar lo que los bosques pueden hacer por nuestro bienestar y cómo pueden contribuir a una economía circular de base biológica.

El objetivo de la economía circular es diseñar productos que se puedan reparar, remodelar, reciclar y reutilizar, disminuyendo el uso de materias primas y la generación de residuos. La bioeconomía propone desarrollar una nueva generación de productos y servicios de base biológica, más biodegradables, con menor huella de carbono y mejor adaptados a los flujos de la economía circular. La bioeconomía circular es, por tanto, un nuevo paradigma económico capaz de conciliar el desarrollo económico con la protección del medioambiente. Tiene el potencial de sustituir los materiales fósiles, no renovables y no biodegradables por productos renovables, reutilizables, reciclables y biodegradables, logrando sinergias positivas entre la prosperidad humana y la protección del medioambiente. Requiere aprovechar el alto potencial de los materiales lignocelulósicos, los aceites y los azúcares derivados de los residuos forestales, agrícolas y agroindustriales para producir una amplia gama de biomateriales, incluso para la construcción, la fabricación y la energía.

La sostenibilidad y el bienestar humano deben ser centrales en la bioeconomía; no deben darse por sentados. Un requisito fundamental es que la producción de productos biológicos no compita con la producción de alimentos y no tenga impactos negativos en otros servicios ambientales y sociales (biodiversidad, mitigación del cambio climático, protección contra peligros naturales, etc.). Esta es una de las razones que explican el papel central de los bosques en la bioeconomía.

Los bosques son los sumideros de carbono terrestre más grandes que existen, y son un elemento crítico de la *hoja de ruta para la descarbonización rápida* que se necesita para cumplir el Acuerdo de París (Rockstrom *et al.*, 2017). Los bosques son también la principal fuente de materiales renovables, no destinados a la alimentación humana o animal. El rápido desarrollo tecnológico permite su transformación en gama de nuevos materiales, muchos de los cuales superan a sus equivalentes fósiles en cuanto a funcionalidad y comportamiento ambiental. Los nuevos productos de ingeniería de madera y corcho, por ejemplo, pueden sustituir eficazmente al hormigón, al acero, a los plásticos y al aluminio a gran escala. Esto es de vital importancia para la mitigación del cambio climático.

Junto con la biomasa, los bosques proporcionan otros servicios ambientales y sociales que son clave para la sociedad: servicios culturales (ocio, ecoturismo, caza, salud), servicios de regulación (aire limpio, control de la erosión, mitigación del clima) y servicios de suministro (agua potable y productos forestales no madereros, como setas y bayas). A escala mundial, su valor total se ha estimado en billones de dólares, muy por encima del PIB mundial (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011). El turismo ya representa el 10 % del PIB mundial. En muchas regiones, el turismo forestal está evolucionando de un nicho de mercado para ser un motor importante de actividad económica. Un requisito fundamental para suministrar todos estos bienes y servicios es que exista un alto grado de integridad ecológica que puede verse amenazado por prácticas no sostenibles y por el cambio climático.

En resumen, debido a su menor competencia con la producción de alimentos, el alto valor de los servicios ambientales y sociales y la gran versatilidad de sus productos, los bosques pueden considerarse la infraestructura terrestre biológica más importante y un elemento fundamental de la bioeconomía circular. Posibilitan el desarrollo interacciones positivas entre economía y ecología, entre el bienestar humano y la capacidad del planeta para sostener la vida. La bioeconomía no es una solución única, sino que habrá de adaptarse a las realidades sociales, económicas y ecológicas de cada territorio. En este contexto, es importante reflexionar sobre la mejor forma de desarrollar una bioeconomía mediterránea.

2. El contexto de una bioeconomía forestal en el Mediterráneo

La región del Mediterráneo se encuentra en un período de cambio acelerado. En los últimos 60 años, la población ha aumentado en más del doble, y se prevé que llegue a más de 600 millones para el año 2050. La mayor parte de este crecimiento se está produciendo en Oriente Medio y el Norte de África (MENA), que tiene una de las poblaciones más jóvenes y en mayor crecimiento del mundo: la población infantil menor de 15 años representa solo el 14 % de la población en Italia, pero representa el 37 % en Siria. Los países del sur y el este del Mediterráneo suponen más de la mitad de la población, mientras que en la década de 1950 representaban menos de un tercio (*Population Reference Bureau*, 2013). Además, la región acoge una población estacional muy importante; es el destino de casi un tercio del turismo mundial con más de 330 millones de visitantes internacionales en 2014 (Consejo Mundial de Viajes y Turismo, 2014).

El fuerte aumento en la demanda de alimentos, agua, vivienda y transporte en la región, no ha ido acompañado de un incremento similar en la producción de materias primas y alimento. El Mediterráneo se ha convertido en un importador neto de materias primas y bienes de consumo y alberga la mayor parte de la población mundial que vive con escasez de agua (FAO y Plan Bleu, 2013). Por otro lado, las economías de la región tienen enormes dificultades para proporcionar empleo adecuado a sus poblaciones, específicamente en las áreas rurales y a los jóvenes, como lo indican las altas tasas de desempleo (PNUMA, 2011).

El Foro Económico Mundial (FEM, 2011) ha identificado dos grandes desafíos a largo plazo para la región mediterránea: i) la escasez y fragilidad de los recursos naturales, exacerbadas por el crecimiento demográfico, nuevos patrones de consumo y el cambio climático y ii) el alto desempleo estructural, consecuencia de economías poco competitivas. El FEM sostiene que se trata de desafíos relacionados y que la región mediterránea es una comunidad con un destino compartido que debe enfrentarlos con mayor integración política y económica, puesto que ningún país puede por sí mismo controlar el resultado final. Esta interrelación es fácil de entender considerando, por ejemplo, las tendencias demográficas divergentes (p. ej.: rápido crecimiento en los países del sur, envejecimiento rápido en los países del norte) y el potencial impacto del cambio climático en los flujos de migración.

En este contexto, la bioeconomía puede ayudar a conciliar la protección del capital natural y la gestión sostenible de los recursos naturales con la creación de riqueza y empleo, creando zonas rurales dinámicas y contribuyendo a la seguridad alimentaria, hídrica y energética. Reconociendo la importancia de algunos cultivos no alimentarios, los residuos agrícolas, los desechos agroindustriales, la biomasa marina y la acuicultura, este capítulo pondrá el acento en la bioeconomía forestal. Como elemento clave que es, en un nuevo paradigma de desarrollo, debe abordarse en su dimensión regional.

3. Megatendencias globales que darán forma a la bioeconomía mediterránea

3.1. Bosques: un recurso infravalorado que requiere una gestión sostenible

Los países que bordean el Mediterráneo tienen alrededor de 85 millones de hectáreas de bosque y de 32 millones de hectáreas de otros tipos de superficie forestal (FAO, 2015). Su extensión e importancia varían considerablemente entre países. La cobertura forestal llega al 62 % en Eslovenia; por detrás encontramos Portugal con un 38 %, España con un 36 %, Italia con el 31 % y un 29 % en Francia. Turquía, presenta un 15 %, Marruecos un 11 %, un 6 % Túnez y un 1 % Jordania (Tabla 1). Las zonas forestales mediterráneas albergan unas 25.000 especies de plantas vasculares (el 50 %, especies endémicas) así como una gran biodiversidad arbórea, incluyendo endemismos, con una extraordinaria diversidad genética (290 especies de árboles autóctonos con 201 especies endémicas). Por contra, el norte y centro de Europa alberga unas 6.000 especies de plantas en total.

Los bosques mediterráneos proporcionan diversos productos forestales no madereros (corcho, plantas aromáticas y medicinales, resina, esparto, miel, piñones, setas, trufas y nueces, etc.) y servicios (captura de carbono, protección del suelo, posibilidades de ocio y turismo, purificación del agua, etc.), que son cruciales para el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales, así como para el bienestar de las poblaciones urbanas de la región.

Contrariamente a la creencia popular, los bosques mediterráneos se han expandido rápidamente en el sur de Europa durante el siglo XX y aún lo hacen a día de hoy, aunque a un ritmo más lento. La rápida incorporación de los combustibles fósiles como principal fuente de energía en las zonas rurales ha llevado a un descenso generalizado en la demanda de leña y carbón. El éxodo rural y el abandono de la agricultura extensiva tradicional han resultado en un aumento espectacular de las áreas forestales (Figura 1). Estos bosques en expansión también están ganando biomasa, ya que la intensidad de la gestión generalmente es muy baja. A excepción de las contadas áreas dominadas por las plantaciones, la extracción de madera suele ser inferior al 50 % del incremento.

Tabla 1. Superficie de los recursos forestales en los países mediterráneos

País	Área forestal		Otras zonas forestales		Proporción de bosque med.
	Miles de hectáreas	(%)	Miles de hectáreas	(%)	(%)
España	18.173	36,0000	9.574	19,0000	21,0
Francia	15.954	29,0000	1.618	3,0000	19,0
Turquía	11.334	15,0000	10.368	13,0000	13,0
Italia	9.149	31,0000	1.767	6,0000	11,0
Marruecos	5.131	11,0000	631	1,0000	6,0
Bulgaria	3.927	36,0000	0	0,0000	4,6
Grecia	3.903	30,0000	2.636	20,0000	4,6
Portugal	3.456	38,0000	155	2,0000	4,0
Serbia	2.713	31,0000	410	5,0000	3,2
Bosnia y Herzegovina	2.472	48,0000	549	11,0000	2,9
Croacia	1.920	34,0000	554	10,0000	2,2
Argelia	1.492	1,0000	2.685	1,0000	1,7
Eslovenia	1.253	62,0000	21	1,0000	1,5
Túnez	1.006	6,0000	300	2,0000	1,2
FYROM	998	39,0000	143	6,0000	1,2
Albania	776	28,0000	255	9,0000	0,9
República Árabe de Siria	491	3,0000	35	0,0020	0,6
Montenegro	467	34,0000	277	20,0000	0,5
Libia	217	0,0010	330	0,0020	0,3
Chipre	173	19,0000	214	23,0000	0,2
Israel	154	7,0000	33	2,0000	0,2
Libano	137	13,0000	106	10,0000	0,2
Jordania	98	1,0000	51	1,0000	0,1
Egipto	70	0,0007	20	0,0002	0,1
Otros	25	4,0000	0	0,0000	0,1

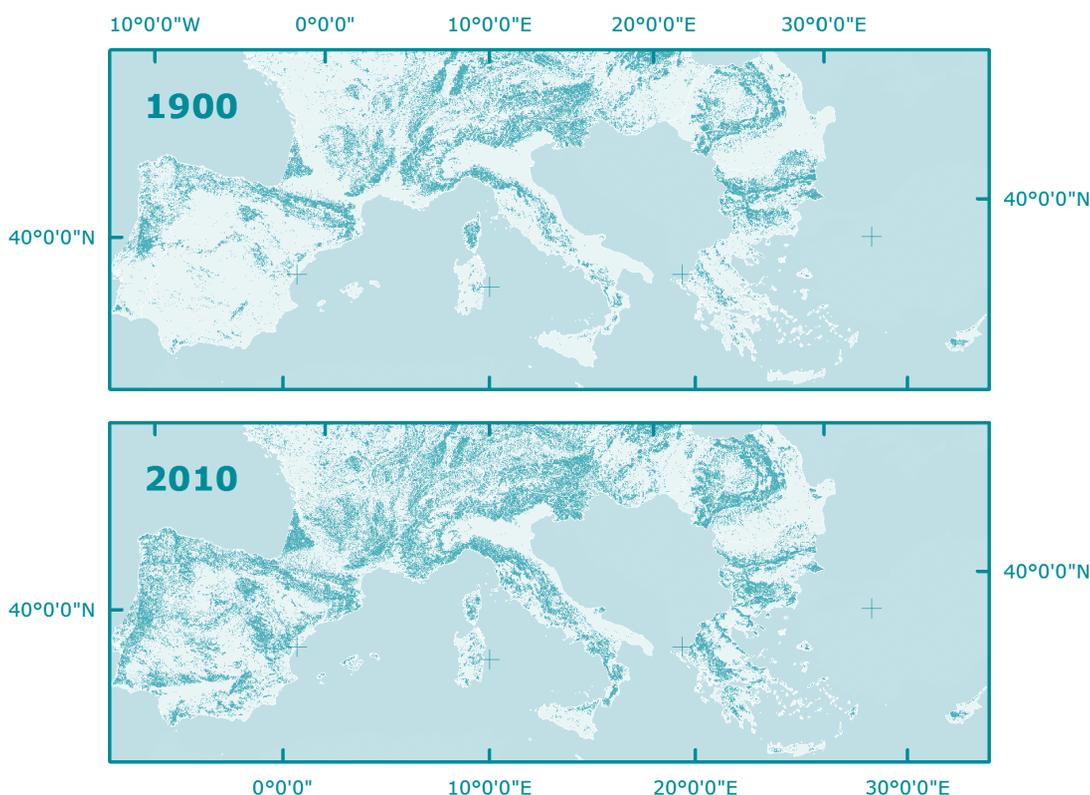
* No todos estos bosques son de tipo mediterráneo.

Fuente: FAO y Plan Bleu (2013).

Algunas consecuencias son claramente positivas: el aumento de la retención de carbono en la biomasa y los suelos desempeñan un papel importante en la mitigación del cambio climático y puede ayudar a restaurar la fertilidad del suelo después de siglos, a veces incluso milenios, de uso intensivo. También proporcionan hábitat para muchas especies que son especialistas forestales. Sin embargo, también hay consecuencias negativas. Las especies que dependen de paisajes abiertos (*bouçage*) están sufriendo la pérdida de hábitat, mientras que la falta de gestión conduce a una acumulación rápida de combustibles y produce estructuras forestales muy favorables a la propagación de incendios. El aumento de la continuidad de las masas forestales y de la cantidad de biomasa, junto a las condiciones climáticas favorables, explican el creciente número de mega incendios con unas consecuencias ambientales, económicas y humanas muy

graves (San-Miguel-Ayanz, Moreno y Camia, 2013). Asegurar la vitalidad y la sostenibilidad de estos bosques en expansión y protegerlos de plagas, enfermedades e incendios es un gran desafío para los silvicultores y las personas, para los que la bioeconomía puede proporcionar el motor económico necesario.

Figura 1. Expansión estimada de los bosques mediterráneos europeos desde 1900



Fuente: Fuchs *et al.* (2013). Elaboración propia.

Existen elementos comunes entre el sur y el este del Mediterráneo, pero también existen diferencias significativas. La fuerte urbanización y la mayor dependencia de los combustibles fósiles también han reducido la presión sobre los recursos forestales en los países MENA. Sin embargo, frecuentemente, bosques y pastizales contribuyen al sustento en áreas rurales con alta densidad de población. Así, los bosques pueden verse amenazados por la invasión de la agricultura, la expansión de los asentamientos y la presión humana. La acción gubernamental ha sido un factor decisivo para desacelerar (Argelia), detener (Líbano, Jordania) o incluso revertir (Marruecos, Túnez) la deforestación (Allard *et al.*, 2013). En este contexto, la bioeconomía puede ayudar a crear un mayor valor de los bosques para las poblaciones locales y circuitos

de retroalimentación positiva para la gestión sostenible, creando así riqueza y reduciendo la expansión agrícola y urbana.

3.2. Adaptación y mitigación del cambio climático con los bosques

El cambio climático es un componente principal del cambio global. Se espera un aumento de las temperaturas, una disminución de las precipitaciones, y sequías más prolongadas y frecuentes (Jacob *et al.*, 2014). Tales cambios tienen importantes implicaciones para la agricultura mediterránea, para el suministro de agua y para el funcionamiento de los ecosistemas forestales mediterráneos. El aumento de la escasez de agua, las condiciones más favorables para incendios forestales catastróficos, el cambio de distribución de especies arbóreas y la proliferación de nuevas plagas y enfermedades se encuentran entre los impactos negativos esperados (Lindner *et al.*, 2010).

La adaptación de los bosques al cambio climático está recibiendo cada vez más atención política y es un elemento importante del Acuerdo de París. Se puede plasmar en tres objetivos: atenuación del riesgo, aumento de la resiliencia y restauración del ecosistema. En términos prácticos, esto significa que se necesita una gestión adaptada para reducir la escasez de agua, desarrollar una vegetación menos propensa a los incendios y gestionar adecuadamente los niveles de evapotranspiración para regular el rendimiento hídrico en la cuenca (Raftoyannis *et al.*, 2014).

El deterioro esperado del equilibrio hídrico en las cuencas mediterráneas requerirá una mayor atención social y política al papel de las zonas forestales en cuanto a calidad y cantidad de agua disponible. Además, la adaptación asistida y la migración de especies, el dominio de las relaciones árbol-suelo-agua, la reducción del riesgo de incendios y la inclusión de la silvicultura en paisajes más amplios son aspectos críticos para una nueva generación de enfoques de gestión adaptativa que deben integrarse en la bioeconomía. Esto porque, la adaptación al cambio climático no debe ser solo sólida a nivel científico; también debe ser económicamente viable y socialmente aceptable. Los objetivos de gestión forestal, las herramientas y las estrategias de toma de decisiones deben adaptarse a las nuevas condiciones potenciales y las nuevas demandas de bienes forestales y servicios ambientales y sociales

Por otro lado, la esencia de la mitigación del cambio climático es la reducción de las emisiones de carbono o su compensación a través del aumento de los sumideros en los embalses naturales o artificiales. La contribución de los bosques se puede mejorar a través la gestión forestal, siguiendo tres enfoques complementarios:

- Aumento del carbono almacenado en las diversas reservas forestales (árboles, madera muerta, hojarasca y suelo). Esto puede hacerse a través de la expansión (espontánea

o intencionada) de las zonas forestales y, en algunos casos, limitando las intensidades de gestión para acelerar la acumulación de biomasa.

- Reducir las emisiones a través de una mayor sustitución de los combustibles fósiles y los materiales con una elevada huella de carbono por productos forestales con una huella de carbono inferior (p. ej.: madera, corcho, resinas naturales, etc.). Este enfoque se centra en la sustitución de flujos de carbono fósil a la atmósfera mediante el uso de productos forestales y requiriendo el aumento de la productividad y una gestión más intensiva.
- Incremento de las reservas temporales de carbono en productos de madera con una larga vida útil, como muebles y construcción. Esto requiere el desarrollo de cadenas de un mayor valor añadido y la implementación de políticas que favorezcan el uso de la madera y otros tipos de biomasa forestal frente a la energía o usos con una vida útil corta.

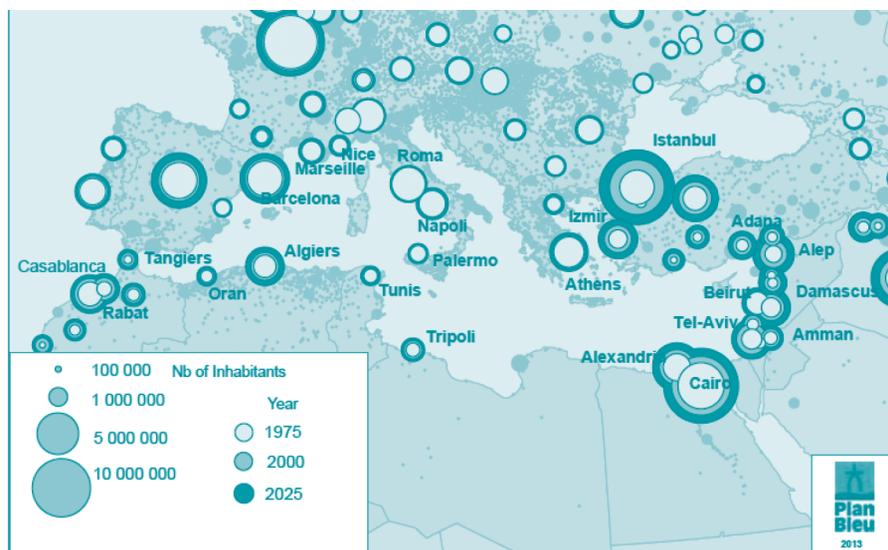
3.2.1. La globalización aumenta las presiones sobre la rentabilidad

La globalización puede referirse a la rápida difusión de ideas y estructuras de gobierno. Más frecuentemente, sin embargo, se refiere a una fuerte integración económica como consecuencia del aumento del comercio y los flujos de capital. La globalización y la aparición de nuevos actores mundiales en el sector forestal está produciendo importantes cambios en los mercados de productos forestales y las cadenas de valor asociadas. En el pasado, el precio de los productos forestales reflejaba los costes de producción locales y el equilibrio local de la oferta y la demanda. Con la globalización, los precios de los productos madereros se fijan en mercados internacionales, en función del rendimiento de los competidores más fuertes. Así, en ausencia de mercados locales cautivos, la región mediterránea carece de ventajas competitivas en productos básicos de bajo valor añadido y es, de hecho, un gran importador neto de productos de madera. Para que el sector forestal sea rentable, requiere generar alto valor añadido y hay oportunidades interesantes para innovar, como muestra la sofisticada cartera de productos de chopo o de corcho de las empresas más punteras. Mejoras en la rentabilidad también se puede lograr mediante una mejor valorización de los residuos generados por la industria forestal tradicional (p. ej.: pasta de papel y serrerías), que son muy relevantes para las regiones atlánticas orientadas a los productos básicos (*commodities*) del sur de Europa. Es importante señalar que los bosques mediterráneos son conocidos por el valor relativamente alto proporcionado por los productos forestales no madereros (Croitoru, 2007). Estos PFNM también se ven afectados por la globalización. China, por ejemplo, es el mayor productor mundial de miel y domina los mercados de exportación de piñones y resinas naturales. Crear cadenas de valor competitivas basadas en PFNM del Mediterráneo es, fundamental. En aquellos de uso alimentario establecer denominaciones de origen es clave para diferenciar sus mercados (miel, carne de ganadería extensiva, setas).

3.2.2. La urbanización cambia las percepciones y prioridades de la sociedad

El rápido aumento de las poblaciones urbanas y sus estilos de vida asociados constituye uno de los principales cambios de nuestro tiempo (Seto *et al.*, 2011). Según datos de Eurostat, las áreas urbanizadas -definidas como ciudades, pueblos y suburbios- alojan a casi tres cuartas partes (72,4 %) de la población de la UE-28, con previsiones de que este porcentaje aumente. Es difícil concebir el éxito de la bioeconomía circular si no contribuye a construir ciudades más sostenibles e implicar a su población.

Figura 2. Distribución y aumento de la población urbana en los países mediterráneos (2011)



Fuente: Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población, (2011).

La urbanización conduce a la expansión de las áreas construidas, que es un uso de la tierra de difícil reconversión. Este proceso de urbanización es el principal responsable de la pérdida de hábitat, la destrucción de suelos agrícolas de calidad, y produce impactos en los sistemas hidrológicos y en el clima local. Las ciudades son responsables del 80 % del consumo de energía en la UE; solo los edificios son responsables del 42 % del consumo total de energía, el 50 % de todos los usos de materiales, el 30 % de todos los residuos generados y el 35 % de todas las emisiones de carbono. Además, los estilos de vida urbanos y el desconocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la vida rural están generando una desconexión de la naturaleza y cambios en la percepción social sobre actividades y prácticas agrícolas y forestales. La gestión forestal y los problemas forestales no se comprenden bien fuera de la pequeña comunidad forestal y, en muchos casos, existe una brecha significativa entre la realidad y el conocimiento que la sociedad tiene de ella. Tales brechas en la percepción social, generalmente

reforzadas en los sistemas educativos que reflejan estilos de vida urbanos (Pergams y Zaradic, 2008), pueden tener impactos importantes en la toma de decisiones que afectan la gestión de los recursos naturales, en la definición de políticas, enfoques e incluso marcos financieros para la bioeconomía forestal (Farcy *et al.*, 2016).

4. Rompiendo el molde: los bosques mediterráneos para una bioeconomía mediterránea

Las particularidades de la región mediterránea ofrecen la oportunidad de desarrollar una bioeconomía circular que vaya más allá de las estrategias agroalimentarias actuales. Una bioeconomía mediterránea debe actuar como catalizador para abordar desafíos fundamentales:

- Contribuir a descarbonizar y reducir la intensidad de los recursos de las economías actuales basadas en fósiles y ayudar a crear sociedades más resilientes, mediante el apoyo de la prosperidad y el bienestar. Esto requiere innovaciones tecnológicas, sociales y políticas y el desarrollo de cadenas de valor sostenibles basadas en bienes y servicios forestales.
- Revertir la situación de los bosques mediterráneos: un foco de biodiversidad a nivel mundial que ha demostrado una gran resiliencia durante milenios de uso intensivo y expansión agrícola, pero que hoy se ve amenazado por el cambio climático. Esto requiere una gestión activa para equilibrar los múltiples servicios ambientales y sociales que los bosques pueden proporcionar (p. ej.: madera, agua, pastos, extractos) de acuerdo con las necesidades y características del territorio, a la vez que se reduce el riesgo de incendios forestales.
- La visión de una bioeconomía forestal circular y mediterránea se fundamenta en cuatro elementos principales: i) reconocer la relevancia del capital natural; ii) crear paisajes resilientes; iii) reemplazar materias primas y fuentes de energías fósiles y por tanto no renovables; y iv) concienciar a la sociedad de la importancia de los servicios ambientales y sociales generados por los bosques. Para que esta visión se convierta en realidad, una buena gobernanza y unas políticas holísticas basadas en evidencia científica son cruciales para proporcionar el marco y los incentivos adecuados. De esta manera se podría conseguir que la acción humana genere ecosistemas forestales más resilientes, así como cadenas de valor forestales que contribuyan al desarrollo sostenible, mitigando el cambio climático y apoyando las comunidades rurales dinámicas.

4.1. Situación del capital natural en el centro de los sistemas económicos

El capital natural de la Tierra proporciona agua, aire, alimento y energía y es el origen de los productos biológicos que se incorporan a la bioeconomía. La biodiversidad aumenta la productividad y la resiliencia de los ecosistemas (van der Plas *et al.*, 2017) y debe ser ampliamente reconocida como una parte esencial del capital natural. De hecho, una economía fuertemente dependiente de los recursos biológicos no puede aceptar los impactos ambientales negativos que son propios de la economía lineal basada en combustibles fósiles (cambio climático, pérdida de biodiversidad, deterioro de la fertilidad del suelo, contaminación ambiental...). Es preciso volver a evaluar el uso de pesticidas, antibióticos, fertilizantes sintéticos y otros insumos perjudiciales en la agricultura y es necesario preservar la fertilidad del suelo con el máximo cuidado. La bioeconomía debe garantizar el uso sostenible de nutrientes y un uso más eficiente de los fertilizantes. Deben evitarse los impactos negativos de las producciones intensivas forestales y agrícolas (p. ej.: la expansión agrícola, la degradación del suelo, las emisiones de nutrientes y productos agroquímicos) a las masas de agua y la atmósfera. Las prácticas agrícolas regenerativas pueden reducir el CO₂ atmosférico, al tiempo que aumentan la productividad del suelo, aumentando la resistencia a las inundaciones, las sequías y la erosión (Grau *et al.*, 2013). Los residuos marinos y del suelo deben reducirse mediante políticas de cero desechos y otros enfoques de economía circular. La integración de la biodiversidad en la agricultura, la silvicultura y la pesca es, de hecho, el mensaje principal de la COP 13 del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

El capital natural es un activo de producción al igual que lo es la mano de obra o el desarrollo tecnológico. Se debe entender su valor total para tomar decisiones políticas y de inversión adecuadas. Medir y explicar el capital natural no será fácil, ni aceptado por todos: ¿cómo se pueden integrar las múltiples dimensiones de la biodiversidad en euros, dólares o yuanes? ¿Cómo se puede poner precio a la naturaleza? Son preguntas legítimas. Sin embargo, calcular el valor no es lo mismo que poner un precio. Medir el valor del capital natural dentro del sistema y las estadísticas generales de contabilidad económica puede ayudar a abordar mejor los problemas ambientales (Helm, 2015). Métodos tales como las «verificaciones de activos de capital natural» pueden ayudar a los responsables de la toma de decisiones a comprender cómo los cambios en el rendimiento actual y futuro de los activos de capital natural afectarán el bienestar humano y la bioeconomía circular (*UK Natural Capital Asset Tool*¹).

4.2. Sustitución de productos basados en fósiles por productos biológicos

La biomasa de los bosques y otras fuentes (residuos agrícolas, de la industria agroalimentaria y forestal, del mar o residuos orgánicos) se pueden transformar en múltiples materiales para reemplazar lo que hacemos hoy en día a partir de materias primas basadas en fósiles. La

¹ <http://neat.ecosystemsknowledge.net/NCAC-tool.html> UNECE / FAO

bioeconomía abarca por tanto una amplia variedad de productos y sectores, como la construcción, los materiales de embalaje, los textiles, los plásticos, los productos farmacéuticos, los ingredientes alimentarios o la bioenergía. La combinación de la tecnología digital con la biología ofrecerá avances significativos en el futuro y nuevas oportunidades de empleo, incluyendo servicios avanzados en I+D, *marketing*, ventas, mantenimiento de maquinaria, administración y consultoría empresarial. También implementará tecnologías avanzadas para controlar y gestionar mejor los agroecosistemas, bosques y plantaciones.

Aun así, el desarrollo tecnológico no es el único factor que guía la bioeconomía, ya que existen importantes condicionantes de mercado, culturales y normativos. «La pregunta crítica no parece ser qué se puede hacer con la biomasa, sino qué se hará, a qué escala, dónde e impulsado por qué» (Hetemäki y Hurmekoski, 2016). Las respuestas serán específicas de cada región. El sur de Europa y el Mediterráneo tienen, en términos generales, sistemas de innovación menos desarrollados debido a menores inversiones en I + D, menor acceso a capital riesgo y otros esquemas de financiación inicial y una mayor brecha entre el ámbito académico y la industria (Clean Tech Group y WWF, 2017). Por otro lado, la región tiene un gran desarrollo de sectores agroalimentarios de alto valor, así como potentes industrias de ligadas a la moda, la arquitectura, el diseño de interiores, la química verde o las energías renovables, por mencionar algunas. Aprovechar las fortalezas existentes y realizar un trabajo sistemático para superar los obstáculos actuales es un requisito previo para el surgimiento de soluciones de bioeconomía de origen local, la creación de empleo y la reconstrucción del capital social en las zonas rurales.

4.3. La aparición de ciudades respetuosas con el clima

Los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) tienen un objetivo específico (nº 11) para ciudades y comunidades sostenibles: «hacer que las ciudades sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles». La nueva forma de desarrollar ciudades debe basarse en un enfoque circular del consumo y movilidad en energías renovables y en una mayor dependencia de las soluciones basadas en la naturaleza, incluidos los productos de base biológica.

La construcción en madera puede reducir en gran medida la huella de carbono de los edificios durante la construcción y el uso (Sathre y O'Connor, 2010). El uso de más madera y corcho en la construcción y la modernización de viviendas supone también una gran oportunidad económica y ambiental, debido principalmente a la elevada demanda de viviendas en la región MENA. Los estilos de vida urbanos tendrán que ser más sostenibles con un mayor desarrollo de la economía colaborativa y circular a través del compartir, reutilizar, reciclar y el uso en cascada de biotejidos, bioplásticos y otros biomateriales. Además, se debe prestar más atención a las infraestructuras verdes y al papel de los bosques urbanos en el bienestar. Los bosques urbanos mejoran la calidad del aire local, sirven como islas de microclima favorable, aumentan la resiliencia de la ciudad al cambio climático, estimulan las actividades al aire libre y contribuyen a una mejor salud.

Tal transformación social debe sustentarse en la concepción común de futuros plausibles, sostenibles, deseables, científicamente sólidos y atractivos tanto para los ciudadanos rurales como para los urbanos. El desarrollo participativo de estos escenarios, a escala local, nacional e incluso global es una herramienta prometedora. Explorar futuros *plausibles y deseables* en lugar de *probables* permite abordar de mejor manera las preferencias sociales, creando la oportunidad de construir consenso o, al menos, compromisos entre grupos de actores (Costanza, 2014).

4.4. Creación de paisajes resilientes: sinergias en el nexo fuego-energía-agua

Los grandes incendios forestales son una tragedia persistente en los países mediterráneos, donde cada año arde un promedio de 500.000 hectáreas (Comisión Europea, 2015). Esta dramática situación se produce a pesar del notable desarrollo tecnológico y la disponibilidad de recursos humanos profesionales muy competentes. Las políticas actuales de extinción de incendios tienen un coste no cuantificado, que puede superar los 2.500 millones de euros anuales, solo en los países europeos. En muchas zonas de clima mediterráneo los costes de la extinción de incendios devoran los recursos necesarios para activar la gestión forestal que permitiría abordar mejor los desafíos sociales (es el caso de California, USDA Forest Service, 2015). La tendencia actual no invita al optimismo. A causa del cambio climático, mantener la eficacia actual en extinción va a requerir gastos adicionales (para el caso de Francia, véase Ministère de l'Écologie, 2010) y aun así el éxito no está garantizado. De hecho, hay un creciente consenso en la comunidad científica y los profesionales de la extinción de que el enfoque actual basado en la extinción de incendios está llegando a su límite. Son cuatro los factores que explican esta situación: 1) la expansión de bosques jóvenes no gestionados que proporcionan una alta carga de combustible y gran continuidad en el paisaje; 2) el alto número igniciones que se da en determinadas regiones debidas, principalmente a la acción humana (p. ej.: negligencia, accidentes, intencionados...), que revelan el bajo valor atribuido a los bosques; 3) una interfaz urbano-forestal que crece en extensión y complejidad por falta de planificación urbana adecuada y la expansión del bosque y 4) las condiciones climáticas favorables para la propagación rápida de incendios (p. ej.: altas temperaturas, baja humedad relativa y viento) que se verán agravadas por el cambio climático (Verkerk, Martínez de Arano y Palahí, 2018).

Por ello, se necesita un enfoque nuevo para gestionar el riesgo de incendios forestales a escala de paisaje. Las lecciones aprendidas de la ciencia y la práctica muestran que la reducción de los riesgos de incendios debe basarse en la gestión de la vegetación para reducir la carga y la continuidad del combustible a grandes escalas territoriales (FAO, 2011). La bioeconomía debe proporcionar el motor económico para que esto sea una realidad, a través de la creación de cadenas de valor de biomasa rentables. El aumento en el uso de biomasa para calentar edificios de viviendas y comerciales es la opción más factible que puede ayudar a establecer las infraestructuras y capacidades necesarias para gestionar territorios actualmente abandonados. En cierto sentido, usar biomasa como fuente de energía significa reemplazar las emisiones de carbono inútiles e incontroladas en incendios catastróficos no deseados reduciendo en paralelo

las emisiones fósiles. Además, los sistemas agroforestales pueden desempeñar un papel crucial, aumentando la retención de carbono en el suelo, reduciendo la erosión eólica, y mediante una producción diversificada y adaptada de bienes y servicios (p. ej.: madera, forraje en períodos secos, miel, plantas aromáticas, etc.). En el futuro, los usos más avanzados de la biomasa podrán complementar o reemplazar la bioenergía. Hay muchas sinergias positivas en este enfoque. Las mejores estructuras forestales para la prevención de incendios también pueden contribuir a aumentar el rendimiento hídrico y pueden tener impactos positivos en la biodiversidad, creando áreas abiertas y ecotonos que favorecen los valores del paisaje y las oportunidades de ocio. El pago por los servicios ambientales y sociales, el turismo de naturaleza y la comercialización innovadora de PFSM puede incrementar los beneficios económicos directos de los bosques gestionados. Dado que los bosques proporcionan un mayor valor, así como oportunidades de trabajo y medios de subsistencia a las poblaciones locales, la reducción de los incendios es una expectativa razonable. Los paisajes resilientes dependerán de comunidades rurales vivas que administren acertadamente en el territorio y vivan en él ayudando a gestionar el nexo *fuego-energía-agua*.

Cuadro 1. La bioeconomía como una oportunidad para afrontar los incendios forestales

La cuenca mediterránea es un foco de incendios forestales mundial y los incendios forestales en solo cinco países mediterráneos (Francia, Grecia, Italia, Portugal y España) afectan actualmente a aproximadamente 450 mil ha al año⁻¹, lo que representa un daño económico anual de aproximadamente 1.500 millones de euros. Para hacer frente a los incendios forestales, estos cinco países invierten aproximadamente 2.500 millones de euros al año en prevención y principalmente en extinción. A pesar de una disminución en el número y áreas afectadas por los incendios forestales en Europa y en todo el mundo, el daño de los incendios forestales, expresado en el volumen de madera perdido, ha aumentado durante el siglo XX. Además, se espera que esta tendencia continúe en las próximas décadas debido al cambio climático, lo que requiere replantearse cómo enfrentar de manera efectiva los incendios forestales en el futuro.

En un contexto de condiciones climáticas que favorecen los incendios forestales, los recursos forestales cambiantes, en términos de superficie, reservas y estructura, han sido un factor clave en la mayor frecuencia e impacto de los incendios forestales en la región mediterránea europea. Los recursos forestales se han expandido en gran medida en la región debido a la repoblación forestal activa y a la invasión de la vegetación natural después del abandono de las tierras agrícolas. La extracción de madera representa generalmente una pequeña fracción del incremento y los bosques mediterráneos se caracterizan generalmente por la poca gestión forestal activa. En consecuencia, los bosques jóvenes, en expansión y en gran parte no gestionados contienen altas cargas de combustible y condiciones favorables para la propagación rápida y amplia de los

incendios forestales. Las prácticas básicas de gestión forestal pueden contribuir a reducir el riesgo de incendios forestales mediante la reducción de las cargas de combustible y la alteración de la continuidad del combustible a escala de paisaje. Así pues, la gestión forestal y de incendios podría integrarse para reducir conjuntamente el riesgo de incendios forestales y suministrar madera o biomasa (de alta calidad), así como otros servicios ambientales y sociales, en el contexto del cambio global.

Las acciones humanas son la causa principal de los incendios forestales ya que la ignición se debe principalmente a quemas agrícolas descontroladas, negligencia e incendios provocados, lo que indica el bajo valor que se atribuye a los bosques. Por lo tanto, para abordar de manera efectiva el problema de los incendios forestales, se necesita un nuevo paradigma que reconozca a los bosques como un recurso valioso que proporciona importantes recursos biológicos renovables y otros servicios ambientales y sociales. Una transición hacia una bioeconomía ofrecerá oportunidades para financiar y poner en práctica estrategias de gestión a largo plazo a escala de paisaje. Los marcos políticos adecuados y los incentivos políticos son cruciales para atraer las inversiones necesarias y apoyar el desarrollo estructural de cadenas e infraestructuras de valor del Mediterráneo específicas. Estas inversiones son necesarias para financiar y desarrollar actividades de gestión forestal y de incendios sostenibles e integradas que puedan ayudar a asegurar la resiliencia de los bosques mediterráneos, y en última instancia, ayudar a la sociedad a enfrentarse al problema de los incendios forestales.

Para más información, véase Verkerk *et al.* (2018) y las referencias que incluye.

VERKERK, P. J.; MARTÍNEZ DE ARANO, I. y PALAHÍ, M. (2018): «La bioeconomía como una oportunidad para afrontar los incendios forestales en los ecosistemas forestales mediterráneos»; en *Política y Economía Forestal* (86); pp. 1-3.

5. Ejemplos del potencial de la bioeconomía de los bosques mediterráneos: qué y cómo

5.1. Mercados de construcción

Ecologizar el sector de la construcción es un desafío clave para el desarrollo sostenible (PNUMA, 2011). En Europa (UE-28) representa el 35 % de todas las emisiones de efecto invernadero, el 50 % de los materiales extraídos, el 30 % del uso del agua y genera alrededor del 40 % de todos los residuos. También es muy relevante en términos económicos, ya que contribuye en cerca de un 10 % en el PIB de la UE y emplea a 12 millones de personas

(Hurmekoski, 2017²). Al contrario que en muchas industrias manufactureras, en las últimas décadas ha habido pocas mejoras importantes en la productividad, la rentabilidad o el impacto ambiental del sector. La mejora del comportamiento a escala ambiental es ahora una de las principales tendencias que condicionarán su futuro desarrollo, junto con la necesidad de adaptarse a los cambios demográficos y a la mayor complejidad de la economía global. La construcción sostenible se está convirtiendo en una mega tendencia impulsada por la regulación sectorial y una mayor conciencia social. Requiere un mayor uso de materiales con baja energía incorporada y un mejor comportamiento ambiental, como madera, bambú o corcho, así como el uso de energías renovables para la calefacción y la refrigeración. La construcción en madera puede contribuir de forma significativa a materializar la construcción sostenible, no solo en vivienda unifamiliar sino también en edificios de uso colectivo y en edificación en altura, tanto en nueva edificación como a través de la remodelación y rehabilitación. El creciente interés por la construcción en madera en el sur de Europa está relacionado con sus propiedades mecánicas y térmicas intrínsecas, el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran su competitividad y a una creciente preferencia social en favor de soluciones basadas en la naturaleza. Más específicamente:

- Existe un fuerte impulso político para el desarrollo de un sector de la construcción más sostenible, generalmente como parte de la transición energética. En general, el 22 % de las regiones del sur han incluido la construcción sostenible como una prioridad en sus estrategias de especialización inteligente (29 % en la UE-28). Las regiones con importantes industrias de madera señalan específicamente la construcción de madera como la prioridad. Esta tendencia es especialmente notable en Francia e Italia, por ejemplo, por encima de España, Portugal o Grecia (Martínez de Arano *et al.*, 2018).
- La madera tiene ventajas intrínsecas. Su ligereza permite edificios seguros contra terremotos, un factor muy importante en países como Italia. Por ejemplo, reemplazar un marco de hormigón por un marco de madera reduce el peso 4,5 veces. Esto, a su vez, permite bases más ligeras y un ahorro de material. La madera almacena carbono durante largos períodos de tiempo y consume menos energía durante la producción y el procesamiento en comparación con todos los demás materiales utilizados en la construcción. Se ha estimado que cada tonelada de uso de madera que reemplaza otros materiales (hormigón, acero...) implica una reducción de 2,1 toneladas de emisiones de carbono (Sathre y O'Connor, 2010). Además, la madera tiene un buen comportamiento térmico y puede ofrecer edificios y soluciones de rehabilitación altamente eficientes, rentables y que reduzcan las necesidades de calefacción y refrigeración durante la vida útil del edificio, que son las responsables de la mayor parte de las emisiones de carbono del sector de la construcción. Tiene un excelente comportamiento en caso de incendio, ya que se derrumba bajo altas temperaturas y cuando se usa en interiores,

2. Esta sección se basa en gran medida en Hurmekoski (2017) y en sus referencias, excepto cuando se proporcionan otras citas.

puede influir positivamente en la calidad del aire interior y la salud humana (control de la humedad, acústica agradable, atmósfera que alivia el estrés).

- La aparición de nuevos productos de madera de ingeniería (PMI) como la madera laminada cruzada (X-Lam o CLT), las mejoras obtenidas en la automatización, el encolado y los fijadores, especialmente los tornillos autoperforantes, han mejorado enormemente la posibilidad de prefabricación de componentes estructurales y han hecho que la construcción de madera sea más fácil, más rápida y más flexible. La prefabricación ligera de edificios altos, los sitios de construcción en seco y el aumento de velocidad están aumentando rápidamente la competitividad de las soluciones de madera. Esto ha abierto nuevos mercados en la construcción a gran escala y de edificios residenciales y colectivos de varias plantas (p. ej.: oficinas, escuelas, hospitales, naves industriales, pabellones deportivos...) (Martínez de Arano *et al.*, 2018). En los mercados de estructuras de madera de varios pisos, las prácticas de construcción a base de madera siguen siendo, en promedio, algo más costosas en comparación con los métodos tradicionales. En el futuro, se espera que la construcción con madera tenga una mayor ventaja competitiva, especialmente si se endurecen las normativas ambientales de las viviendas.
- En Europa crece suficiente madera para transformar significativamente el sector de la construcción. Incluso una cuota de mercado teórica del 100 % de la construcción de madera de todos los edificios en Europa se traduciría en una demanda directa máxima de 200 millones de metros cúbicos de madera, es decir, el 25 % del crecimiento anual de los bosques de la UE. Por lo tanto, con suposiciones realistas, el impacto del uso creciente de la madera en los edificios en la demanda de recursos de madera es relativamente bajo en términos de biomasa, pero puede tener un gran impacto en términos de rentabilidad, aumentando la demanda de madera a mejores precios. La fabricación de productos de madera también crea residuos forestales y materias primas laterales, como virutas, serrín y corteza, que pueden utilizarse para producir paneles a base de madera, bioenergía y bioquímicos. Si proviene de la gestión forestal sostenible, como es la norma en Europa, el desarrollo de la construcción de madera puede tener impactos ambientales y sociales positivos adicionales. Si la mayor demanda incrementa el precio de la madera, ello va a provocar mayor interés de los actores en la gestión forestal y movilizándolo mayores recursos para ella (Humerkoski y Hetemaki, 2016),

Aun así, existen barreras significativas para un incremento notable del uso de la madera en la construcción. Siguiendo a Humerkoski (2016), se pueden resumir como sigue:

- El sector de la construcción tiene una gran inercia. Se considera que tiene una mayor aversión al riesgo y que está más fragmentado que otros. Se resiste a adoptar prácticas innovadoras debido a la cantidad de normas existentes, el gran capital invertido en maquinaria y la fragmentación de la cadena de valor en innumerables subcontratis-

tas de mediano y pequeño tamaño. Además, el coste de la obra es el principal factor diferencial en el mercado y esto fomenta la innovación incremental, pero bloquea la innovación disruptiva

- La construcción de madera en el sur de Europa parte de niveles muy bajos, especialmente en España, Portugal, Grecia y el sur de Italia. Tiene una presencia más fuerte en Francia y el norte de Italia, donde alcanza el 9 % de la cuota de mercado. Esto significa un ecosistema industrial más débil y una falta generalizada de percepción de la construcción de madera como una alternativa técnica y económicamente. De hecho, la arquitectura de madera se puede percibir como una curiosidad que enfatiza valores como la salud y el medioambiente en nichos de desarrollo. La ausencia de actores bien organizados también supone menor probabilidad de normativas favorables y actividades de sensibilización. En consecuencia, a corto plazo, el potencial del mercado de la construcción de madera en Europa para 2030 parece ser muy específico de cada región (con mayor potencial en los países nórdicos, seguido por Europa central e Italia septentrional, Europa occidental, incluida Francia, y finalmente el sur de Europa), y dependerá en gran medida de la normativa de la construcción ecológica, como lo demuestra el reciente aumento de la construcción de madera en el Reino Unido.

Por otro lado, la construcción de madera en el sur de Europa se basa en recursos forestales y productos de madera de ingeniería importados, por lo que tiene poco impacto en economía forestal local. Esto reduce aún más la visibilidad sectorial y representa desventajas competitivas para la industria de la madera (Martínez de Arano y Lesgourgues, 2014). Vincular la industria de la transformación de la madera a los recursos locales es una prioridad para la Estrategia italiana de bioeconomía y tiene sentido en regiones españolas como Valencia y Catalunya, que tienen importantes capacidades de diseño y transformación de la madera, pero que generalmente utilizan maderas importadas, o como Galicia, País Vasco y Castilla y León, con importantes industrias forestales, posicionadas en segmentos de relativo bajo valor. En este sentido, las maderas de conífera del sur de Europa pueden cumplir a la perfección los requisitos técnicos para los productos modernos de madera de ingeniería, si bien se requiere un esfuerzo sostenido para caracterizar los tipos de madera locales y sus productos, así como para desarrollar cadenas de suministro adecuadas, en algunos casos mejorando las capacidades tecnológicas de los aserraderos. Un mayor esfuerzo y determinación serán necesarios para desarrollar productos competitivos a partir de frondosas locales (p. ej.: eucalipto, castaños robles...). Los casos de éxito de la madera de chopo y el corcho pueden servir de inspiración.

Para superar estos obstáculos, se necesitarán acciones decisivas, especialmente en las regiones que parten con los niveles de construcción de madera más bajos. El primer paso debe ser la adaptación de la normativa que elimine barreras y costes innecesarios. Para ello, sería útil compartir y ampliar las experiencias existentes (Hetemäki *et al.*, 2017). Una regulación más estricta del comportamiento ambiental exigible a los edificios (p. ej.: eficiencia energética, circularidad...) puede hacer muy competitiva a la construcción en madera, sin discriminar

negativamente otras tecnologías y materiales eficientes, lo que podría ocurrir en el caso de ayudas directas (p. ej.: cuotas, subvenciones...) a un determinado conjunto de materiales.

5.2. Mercado textil

El sector textil es una de las industrias más grandes del mundo y la demanda de fibras textiles está creciendo rápidamente. En 2015, la producción mundial de fibras textiles fue de alrededor de 90 millones de toneladas, más del doble de los volúmenes de producción de 1990 (CIRFS, 2017). Debido al crecimiento de la población y de las clases medias, se prevé que la demanda mundial de textiles superará los 250 millones de toneladas en 2050 (Alkhagen *et al.*, 2015). Las fibras sintéticas petroquímicas (principalmente el poliéster) representan el 69 % de toda la producción textil, y el algodón un 23 % adicional (CIRFS, 2017). La moda y los tejidos son considerados el segundo mayor contaminante del mundo después del petróleo. Utilizan una cuarta parte de los productos químicos producidos en todo el mundo cada año, y se ubican justo detrás de la agricultura en el consumo de agua (Changing Markets Foundation, 2017). Los residuos de microplásticos que liberan las fibras sintéticas en el agua de lavado se han convertido en una importante fuente de contaminación ambiental.

Es necesario encarar la eliminación progresiva de las fibras textiles sintéticas y mejorar el comportamiento ambiental y la circularidad del sector textil. Debido al consumo excesivo de agua, la disponibilidad limitada de tierras cultivables y la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria, es poco probable que el algodón pueda satisfacer esa demanda (Antikainen *et al.*, 2017).

Por lo tanto, es probable que aumente la demanda de fibras artificiales de origen forestal (MMCF). Las MMCF tienen el potencial de reemplazar tejidos sintéticos o basados en algodón en la mayoría de las aplicaciones. A partir de las diferentes tecnologías, algunos estiman que debería ser posible reemplazar toda la producción de algodón mundial (25 millones de toneladas en 2014) con entre 60 y 100 millones de metros cúbicos de madera, lo que está dentro del rango de capacidad de producción de madera europea (Uusipuu, 2017).

La MMCF más relevante hoy es la viscosa, con una cuota del 96 % (Vehvilainen, 2015). Fue creada a finales del siglo XIX se le conoce también como rayón. Es apreciada por sus cualidades ya que puede imitar el tacto del algodón, la seda, la lana o el lino y tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde la industria de la moda hasta el mobiliario y el embalaje para el hogar. Su demanda está creciendo rápidamente. Aunque puede producirse a partir de muchos materiales lignocelulósicos, incluidos el bambú y los residuos agrícolas, actualmente se produce principalmente a partir de una celulosa de alta pureza que se obtiene de la madera. Su producción se ha más que duplicado en los últimos años hasta alcanzar 6,3 millones de toneladas en 2016, lo que representa el 3,5 % de la producción global de celulosa (FAOSTAT).

Aunque tiene ventajas sobre los tejidos sintéticos en términos de huella de carbono y sobre el algodón por su menor huella hídrica (Shen *et al.*, 2010), el comportamiento ambiental de

la viscosa puede cambiar mucho según sean los procesos industriales y de aprovisionamiento de materia prima. La viscosa tradicional (que representa el 70 % de toda la viscosa) tiene un inconveniente importante, a saber, el uso en el proceso de producción de disulfuro de carbono, un compuesto altamente tóxico, con efectos negativos bien documentados en la salud humana y el medioambiente. Además, requiere cantidades significativas de agua, por lo que un tratamiento deficiente de las aguas residuales tiene impactos ambientales muy negativos. El vertido total de aguas residuales de las fábricas asiáticas de viscosa es de aproximadamente 300 m³ por tonelada de producto final. Otros impactos negativos se producen en los procesos de teñido y acabado y como consecuencia de una mano de obra barata y normas de seguridad poco estrictas (*Changing Markets Foundation*, 2017).

En consecuencia certificar la gestión forestal sostenible y el proceso de la obtención de celulosa altamente eficiente es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar la producción textil sostenible, ya que puede producir impactos sociales y económicos significativos durante la fabricación y el acabado de los tejidos. Esto es muy importante si tenemos en cuenta que Europa exporta la mayoría de su celulosa a China, India y otros países del sudeste asiático donde se producen viscosa y otras MMCF. Como nota positiva, están surgiendo tecnologías nuevas y más seguras (p. ej.: Spinnova), que pueden lograr mejoras medioambientales significativas a la vez que reemplazando el disulfuro de carbono con productos químicos menos peligrosos y mediante procesos de circuito cerrado (p. ej.: Lyocell, Modal).

Si bien la conversión de la capacidad actual de celulosa en las regiones atlánticas puede ser relativamente sencilla (p. ej.: el caso de Tembec en Aquitania) el desarrollo de un nuevo sector textil basado en esos recursos endógenos seguirá siendo un desafío crítico, ya que hoy en día la mayor parte de la celulosa en disolución europea se exporta a Asia para su posterior procesamiento y confección. Fuera de las regiones productoras de celulosa, los desafíos están relacionados con el desarrollo y / o la adaptación de tecnologías emergentes a las fuentes lignocelulósicas disponibles. Las marcas mundiales de moda y las capacidades de fabricación textil de primer nivel en Francia, Italia, España y Portugal podrían proporcionar el impulso necesario. Asegurar la rentabilidad requerirá también el desarrollo de nuevos productos en las fracciones de lignina y hemicelulosa que desarrollen un nuevo tipo de biorrefinería mediterránea. ¿Será viable?

6. El potencial oculto de los productos forestales no madereros

Los productos forestales no madereros (PFNM) son productos de origen biológico distintos de la madera derivada de bosques, otras zonas forestales y árboles fuera de bosques (p. ej.: frutos del bosque, champiñones, corcho, piñones, bellotas, castañas, hierbas medicinales, aceites esenciales, miel, esparto, resina, etc.). Aunque no siempre son bien conocidos, desempeñan un papel importante en las economías rurales. El último informe sobre *El estado de los bosques de Europa* reveló que el valor total de los PFNM extraídos anualmente de los bosques

Europeos alcanza los 2.300 millones de euros. Esto representa alrededor del 10 % del valor de la madera en rollo, una cifra muy significativa, teniendo en cuenta las lagunas en la recopilación de datos. Debido a las cadenas de valor de la madera relativamente más débiles, estos PFNM representan una mayor proporción de la producción forestal en el Mediterráneo, donde su relevancia va más allá ya que están estrechamente relacionados con el patrimonio cultural, el conocimiento tradicional y la identidad territorial. Además, la producción/recolección europea solo cubre una fracción de la demanda interna. La FAO estima que las importaciones de la UE-28 superan los 3.000 millones de euros en productos forestales no madereros y exporta unos 2000 millones de euros al año, lo que representa la mitad del comercio mundial (véase la Tabla 2). En este contexto, el sur de Europa es líder mundial en el suministro y comercialización de corcho, productos a base de corcho, taninos vegetales, resinas naturales y setas silvestres, y hasta hace poco era un actor clave en el suministro de resinas naturales. Sus sólidas industrias agroalimentaria, de moda y cosmética abren un extraordinario potencial para los extractos de plantas y aceites esenciales.

Algunos PFNM se han domesticado significativamente y se producen a través de una gestión forestal específica, aunque con una gama de intensidades de gestión (p. ej.: corcho, resina, así como castaña, trufas y piñón en ciertas regiones), mientras que otros, generalmente llamados productos forestales silvestres, se recogen, pero no se gestionan activamente. Este es el caso de muchas setas y bayas, pero también de algunas mieles y plantas medicinales o decorativas. Ambos tipos de PFNM tienen potencial para contribuir a la bioeconomía, aun requiriendo enfoques y estrategias muy diferentes.

Desde la perspectiva de la bioeconomía, el factor principal y diferenciador de los PFNM *salvajes* es su potencial para aportar bienestar socioeconómico y favorecer las relaciones rural-urbana más equilibradas, contribuyendo al «crecimiento inclusivo» en Europa (Profokieva *et al.*, 2017). Este potencial no debe subestimarse.

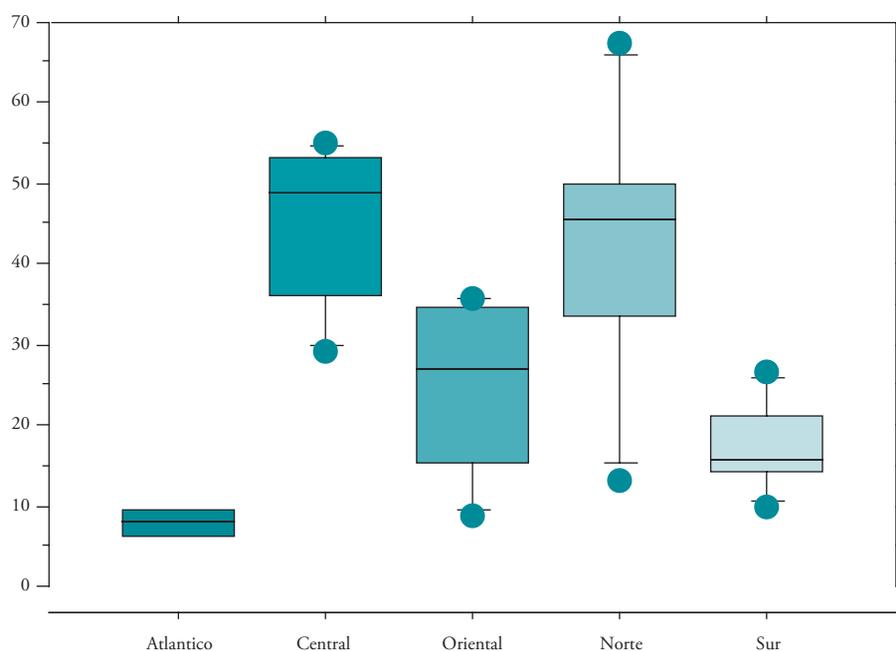
Una encuesta de hogares sobre hábitos de consumo de PFNM silvestres, respondida por cerca de 17.000 ciudadanos en la UE-28 (excepto Malta, Chipre y Luxemburgo) y que incluye Serbia, Rusia y Turquía, reveló que más del 90 % de los europeos consumió algún tipo de producto forestal silvestre durante 2015 (Lovric *et al.*, 2017). La mayoría de esto se refiere a productos comestibles, pero también a productos a base de follaje y resina. La proporción es impresionante, incluso si en algunos casos (p. ej.: setas o bayas) no es totalmente cierto que fueran productos realmente salvajes. Aún más importante, el 35 % de los encuestados rurales y el 22 % de los urbanos cogieron o cosecharon ellos mismos productos durante el año, aunque con grandes diferencias regionales, con relativamente más recolectores en la Europa nórdica y central y menos recolectores en los países del sur y Atlántico (Gráfico 1). Más del 70 % de estos recolectores van al bosque más de tres veces al año. La cantidad total recolectada se estimó en 375.000 toneladas con un valor de mercado de más de 6.000 millones de euros. En realidad, solo el 25 % de los recolectores venden una parte de los PFNM recolectados; lo habitual es la recolección para el autoconsumo. Las trufas, un producto de valor precio, son la única excepción ya que más del 50 % de los recolectores venden parte de su cosecha (Lovric *et al.*, 2017).

Tabla 2. Valores comerciales mundiales de la UE de los productos básicos que contienen (total o parcialmente) PFNM en el año 2011. En millones de euros

Productos	Procesamiento	Mundo	Desde EU-28	A EU-28	Balance EU-28
Frutas silvestres total o parcialmente	Mezcla	3.060	1.100	1.505	-405
Miel	Crudo	1.370	443	733	-290
Setas	Mezcla	1.979	424	603	-180
<i>Setas secas</i>	<i>Crudo</i>	985	51	123	-72
<i>Setas frescas y congeladas</i>	<i>Crudo</i>	565	297	345	-48
<i>Setas preparadas</i>	<i>Procesado</i>	164	60	62	-2
<i>Setas en conserva</i>	<i>Procesado</i>	85	12	61	-49
<i>Auricularia seca</i>	<i>Crudo</i>	141	3	11	-9
<i>Tremella secado</i>	<i>Crudo</i>	39	1	1	0
Trufas		22	17	12	5
<i>Trufas preparadas</i>	<i>Procesado</i>	21	17	12	5
<i>Trufas frescas y congeladas</i>	<i>Crudo</i>	1	0	0	0
Corcho		759	710	467	243
<i>Tapón de corcho</i>	<i>Procesada</i>	534	507	292	215
<i>Corcho natural</i>	<i>Crudo</i>	106	101	95	6
<i>Corcho cuadrado</i>	<i>Procesada</i>	52	45	30	15
<i>Corcho en piezas</i>	<i>Procesada</i>	67	57	50	7
Taninos		295	74	81	-7
<i>Otros taninos</i>	<i>Mezcla</i>	140	66	41	25
<i>Taninos de zarza</i>	<i>Crudo</i>	94	3	17	-14
<i>Taninos de quebracho</i>	<i>Crudo</i>	61	5	23	-18
Follaje y musgos		1.176	670	829	-160
<i>Follaje fresco</i>	<i>Mezcla</i>	870	524	637	-113
<i>Musgos</i>	<i>Crudo</i>	42	24	26	-3
<i>Follaje seco</i>	<i>Mezcla</i>	264	122	166	-44

Fuente: simplificado a partir de Profokieva *et al.* (2017).

Gráfico 1. Porcentaje de hogares que recolectaron PFMN en diferentes regiones europeas (2015)



Fuente: basándose en Prokofieva *et al.* (2017).

Los impactos positivos en la salud física y humana de las actividades al aire libre en el medio forestal están atrayendo una mayor atención y pueden tener un impacto económico significativo debido al ahorro en atención sanitaria. Además, los datos indican el gran potencial de los PFMN para activar el turismo basado en la naturaleza y generar ingresos en las zonas rurales, aprovechando las tendencias sociales existentes. Siguiendo a Prokofieva *et al.* (2017), el potencial de los PFMN se puede potenciar aún más mediante, por ejemplo:

- La creación de enfoques de *economía* experiencial donde los sentimientos y/o el entretenimiento de los consumidores son la parte central del negocio. El turismo micológico, que muestra la trazabilidad desde el bosque hasta el restaurante, los cursos de recolección de setas, etc. son la base de algunas estrategias de turismo de naturaleza. El turismo de naturaleza y cultural vinculado a los PFMN, puede contribuir en gran medida a las economías rurales, pero no siempre es así, ya que no todas las configuraciones garantizan que el valor generado se capte localmente.
- Aprovechar la tendencia actual hacia la apreciación y uso de los recursos locales, naturales, tradicionales y silvestres, potenciando un mayor uso de este tipo de productos en restaurantes, alimentos saludables, productos artesanales como bebidas, mermeladas y dulces, así como en cosméticos y medicina natural.

El aumento de los impactos socioeconómicos de los PFNM a través de las estrategias anteriores puede requerir nuevos ajustes en la cadena de suministro. En el caso de los PFNM silvestres, es particularmente relevante regular los derechos y modalidades de recolección, permitiendo la trazabilidad de los productos (extremadamente importante para los comestibles), evitando condiciones de empleo injustas y equilibrando los derechos de la población local y foránea con las necesidades de operadores más profesionalizados. Internet y las redes sociales se han convertido en canales de comercialización relevantes y una gran oportunidad para los PFNM. Aunque los enfoques directos del productor al consumidor siempre son posibles. En muchos casos el beneficio, se obtendrá mediante una mayor cooperación de los productores y/o verticalmente a lo largo de las cadenas de valor. Un ejemplo relevante es una marca de calidad para setas silvestres desarrolladas en la región española de Castilla y León que integra a los operadores agroalimentarios interesados, garantizando a los consumidores el origen geográfico, la recolección sostenible, seguridad y calidad visual/culinaria, al tiempo que establece economías de escala y aún los esfuerzos de *marketing*. La marca se construye a partir de las normativas locales de recolección y una red de puntos de venta móvil donde los recolectores pueden vender su cosecha diaria con una trazabilidad y transparencia total en la web³.

Las oportunidades que ofrecen los PFNM va mucho más allá de los mercados especializados, las actividades a pequeña escala y el patrimonio, especialmente cuando se consideran productos industriales como el corcho, la resina y otros extractos. El sur de Europa alberga algunos líderes mundiales en varios mercados. La empresa italiana SILVATEAM, con instalaciones de producción en Italia, China y América Latina, es líder mundial en castaño y otros taninos naturales para la industria del cuero que también produce aditivos para el vino, alimentación animal y otras aplicaciones industriales. Italian Vegetable Tanned Leather es una marca de calidad para la industria de la moda y la indumentaria, clave para la competitividad del cuero italiano en los mercados mundiales, que muestra cómo la relevancia de los PFNM va más allá de su valor monetario. La emblemática *Corticeira Amorim* es líder mundial en productos de corcho. Importantes inversiones en I+D han llevado a una cartera ampliada de productos que incluye tapones de botellas dirigidos a todos los segmentos del mercado, pero también paneles impresos digitalmente, suelos impermeables y resistentes a las ralladuras, mobiliario en corcho comercializado por IKEA, y productos de alta tecnología como herraduras para caballos de carreras y piezas especializadas para aplicaciones aeroespaciales. De esta forma, los residuos de la producción de tapones que tradicionalmente eran quemados para obtener energía han encontrado nuevas aplicaciones de mayor valor añadido. En los últimos años, España ha reactivado la producción de resinas naturales, reemplazando las resinas importadas de China, hasta alcanzar las 15.000 toneladas y contribuyendo a nuevas inversiones en instalaciones de procesamiento. Con más de 800.000 ha de bosques de pinos resinables, la producción de resina representa una oportunidad maravillosa para la era postpetróleo en el sur de Europa, aun a pesar del coste de la mano de obra que hoy día resulta limitante. La empresa francesa DRT, con más de 1.000 empleados, tuvo sus orígenes en el procesamiento de la que fue una muy importante producción de resina de Aquitania. Todavía produce derivados la resina, pero

³ <https://www.setasdecastillayleon.com>.

se ha expandido para incluir extractos especiales de corteza de pino, semillas de uva y hojas de olivo, mientras suministra polifenoles y productos basados en fitoesteroles a la industria de la salud, nutracéutica y cosmética en todo el mundo. Los aceites esenciales y los extractos naturales son un tesoro escondido, que ofrece muchas oportunidades para nuevas aventuras empresariales, como lo demuestra la *start-up* gallega Hifas da Terra que desarrolla extractos de hongos para aplicaciones oncológicas. La puesta en práctica de este potencial requerirá esfuerzos continuados en I+D, mayores habilidades empresariales y un mejor acceso al capital de riesgo para las nuevas iniciativas empresariales en de bioeconomía.

7. Observaciones finales: nuevos enfoques de gobernanza para construir una bioeconomía forestal mediterránea sostenible

Los bosques mediterráneos están atrapados en una sorprendente paradoja. Son extremadamente valiosos. Son una infraestructura ecológica esencial que puede ayudar a abordar los desafíos más cruciales del cambio global. Sin embargo, parece que nuestra sociedad ha perdido la capacidad de valorarlos, de insertarlos en los flujos económicos y de desarrollar un enfoque adecuado para su gestión sostenible. De alguna manera, debido a su abandono y a los altos costes de la extinción de incendios, los bosques mediterráneos se han convertido en un sumidero de recursos públicos.

El desarrollo de cadenas de valor sostenibles y complementarias, basadas tanto en bienes como en servicios, es la piedra angular de su protección y gestión, tal y como se establece en el Marco Estratégico de la FAO para los Bosques Mediterráneos⁴. En este sentido, múltiples iniciativas innovadoras están teniendo lugar en toda la región. Expandir, replicar y adaptar la innovación, pasando *de nicho a norma*, es un desafío importante que requiere acción en todos los niveles y en particular: i) un entorno político favorable capaz de crear sinergias entre las políticas climáticas, industriales, urbanas y medioambientales; ii) capacidades en investigación, innovación y creación de empresas; iii) acceso a financiación, incluido el capital riesgo; iv) un marco fuerte en materia de sostenibilidad y v) el apoyo social, también a través de nuevos patrones de consumo. Tal como se ha debatido en este capítulo, el potencial de los bienes y servicios forestales para contribuir a la bioeconomía circular en el sur de Europa es alto, pero no sucederá *per se*.

Un primer problema crítico es la necesidad de desarrollar nuevos productos basados en madera sólida, química de la madera y otros extractos de plantas para reemplazar y mejorar los actuales productos basados materias primas no renovables. Esto requiere esfuerzos continuados en I+D+i y, especialmente, un esfuerzo sistemático para reducir la brecha entre investigación e innovación, reforzando la capacidad para descubrir y estimular nuevas oportunidades de negocio, incluyendo una menor aversión al riesgo. Un marco regulatorio favorable puede

⁴ <http://www.fao.org/forestry/36306-08872a0d33c559c4f5c42304068d43763.pdf>.

estimular nuevos desarrollos a través de, por ejemplo, la contratación pública sostenible, las normas de edificación, impuestos a las emisiones de carbono, prohibición sobre determinados usos de plásticos no degradables y la eliminación de subsidios directos o indirectos a los combustibles fósiles.

Un segundo elemento esencial es garantizar el suministro de materias primas forestales en cantidad, calidad y coste (un ámbito en el que las regiones mediterráneas se enfrentan a restricciones significativas). Es necesario replantearse el tradicional enfoque de preservación estática de los espacios naturales tanto por motivos de biodiversidad, como de riesgo de incendios. La región mediterránea se caracteriza por una elevada diversidad de fuentes de biomasa lignocelulósica, en la que los residuos agrícolas y los residuos agroalimentarios se producen en cantidades muy importantes además de la biomasa forestal. Por esta razón, la bioeconomía mediterránea necesita enfocarse en especialidades de alto valor y bajo volumen, sin descartar biorefinerías de materias primas mixtas y las tecnologías de pretratamiento distribuido que permitan ciertas economías de escala. Un tercer elemento es la necesidad de un enfoque regional. Los bosques en la región del Mediterráneo, más que en otros lugares, están estrechamente integrados con los demás componentes del paisaje. Es preciso un enfoque en los «*paisajes forestales*» en lugar de en los bosques. La dimensión regional es, de hecho, necesaria para aprovechar el potencial de los productos forestales de los PFSNM y el rico patrimonio cultural de la naturaleza. También debe abordar los profundos cambios sociales y económicos inducidos por la urbanización de la sociedad y la terciarización de la economía, y el desplazamiento del centro de gravedad de las áreas rurales a las ciudades y de los bienes a los productos y servicios. Debe ser vista como una estrategia clave para las áreas urbanas, no solo para las áreas rurales, como tradicionalmente ha sido el caso. La bioeconomía circular no tendrá éxito si la población urbana no percibe la relevancia que tiene.

Desafortunadamente, las instituciones forestales trabajan generalmente en silos y con una forma tradicional de entender su cometido, que puede adjetivarse como patrimonial y tecnocrática. La parte principal de la regulación forestal en el sur de Europa se creó a principios del siglo XX, en el momento de máxima deforestación y destrucción del recurso. Una fuerte acción de gobierno, en la lógica de *comando y control*, respaldada por un sólido conocimiento científico consiguió proteger y restaurar los pocos bosques remanentes. Sin embargo, en las últimas décadas siglo, los bosques se han expandido enormemente y la sociedad ha evolucionado, demandando mayores cuotas de participación. Sin embargo, los bosques públicos todavía parecen ser *propiedad virtual* de las autoridades forestales que prescriben el conocimiento técnico no siempre contemplado las necesidades, deseos y expectativas de la población tanto local como distante. Del mismo modo, la aplicación de la ley sigue siendo el *leitmotiv* que guía la tutela sobre los bosques privados. Los tiempos actuales demandan nuevos enfoques. Se requiere más énfasis en la innovación y el emprendimiento para estimular la gestión forestal y la bioeconomía. El emprendimiento juvenil y la innovación social podrían ser particularmente inspiradores y útiles en este contexto conectando esfuerzos privados y públicos. Una visión prospectiva estratégica para la bioeconomía de los bosques mediterráneos debe estar codiseñada de forma que integre los bosques en marcos territoriales y sociales más amplios.

Referencias bibliográficas

- ALKHAGEN, M.; SAMUELSSON, Å.; ALDAEUS, F.; GIMÅKER, M.; ÖSTMARK, E. y SWERIN, A. (2015): *Roadmap 2015 to 2025. Textile materials from cellulose*. RISE-Research Institutes of Sweden.
- Allard, G. *et al.* (2013): *State of Mediterranean Forests 2013*.
- CHANGING MARKETS FOUNDATION (2017): *Dirty Fashion*. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17508061.2015.1082746>.
- CIRFS (2017a): *World Manifest Fibres Production, European Man Fibres Association CIRFS*. Disponible en: <http://www.cirfs.org/KeyStatistics/WorldManMadeFibresProduction.aspx>; visitado el 8 de marzo de 2017.
- CLEAN TECH GROUP y WWF (2017): «The Global Innovation Index. Global Cleantech Innovation Programme (GCIP) Country Innovation Profiles».
- COSTANZA, R. (2014): «A Theory of Socio-Ecological System Change»; en *Journal of Bioeconomics* 16(1); pp. 39-44.
- CROITORU, L. (2007): «How Much Are Mediterranean Forests Worth?»; en *Forest Policy and Economics* 9(5); pp. 536-45.
- COMISIÓN EUROPEA (2015): «Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2014»; *Informe EUR 27400 EN*. Centro de Investigación Conjunta, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad.
- FAO (2011): «Wildfire Prevention in the Mediterranean A key issue to reduce the increasing risks of Mediterranean wildfires in the context of Climate Changes»; *Documento de síntesis*. Roma.
- FARCY, C.; DE CAMINO, R. y MARTÍNEZ, I. (2015): «External Drivers of Change Challenging Forestry: Political and Social Issues at Stake»; pp. 87-106.
- GRAU, R.; KUEMMERLE, T. y MACCHI, L. (2013): «Beyond 'land sparing versus land sharing': environmental heterogeneity, globalization and the balance between agricultural production and nature conservation»; en *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(5); pp. 477-483.
- HELM, D. (2015): *Natural Capital: Valuing The Planet*. Yale University Press; pp. 296.
- HETEMÄKI, L. y HURMEKOSKI, E. (2016): «Forest products markets under change: review and research implications»; *Current Forestry Reports* 2(3); pp. 177-188.
- HETEMÄKI, L. *et al.* (2017): *Leading the Way to a European Circular Bioeconomy Strategy: From Science to Policy* 5; Disponible en http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_fstp_5_2017.pdf. <http://dx.doi.org/10.14214/df.211>.

- HURMEKOSKI, E. (2017): *How can wood construction reduce environmental degradation?* European Forest Institute. Disponible en http://www.efi.int/files/images/publications/efi_hurmekoski_wood_construction_2017_oct.pdf.
- HURMEKOSKI, E. (2016): «Long-term outlook for wood construction in Europe»; en *Dissertationes Forestales* (211); pp. 57.
- JACOB, D. *et al.* (2014): «EURO-CORDEX: New High-Resolution Climate Change Projections for European Impact Research»; en *Regional Environmental Change* 14(2); pp. 563-78.
- LINDNER, M.; MAROSCHEK, M.; NETHERER, S.; KREMER, A.; BARBATI, A.; GARCÍA-GONZALO, J.; SEIDL, R.; DELZON, S.; CORONA, P.; KOLSTRÖM, M.; LEXER, M. J. y MARCHETTI, M. (2010): «Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems»; en *For. Ecol. Manage* (259); pp. 698-709.
- MARTÍNEZ DE ARANO, I. y LESGOURGUES, Y. (2014): «South-Western European outlook»; en HETEMAKI, ed.: *Future of the European Forest-Based Sector: Structural Changes Towards Bioeconomy. What the Science can tell us* 4. European Forests Institute; pp. 110.
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, ed. (2010): *Rapport de la mission interministérielle «Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts»*; pp. 190.
- NABUURS, G. *et al.* (2015): «A New Role for Forests and the Forest Sector in the EU Post-2020 Climate Targets»; *From Science to Policy* (2). European Forest Institute.
- PERGAMS, O. R. W. y ZARADIC, P. A. (2008): «Evidence for a fundamental and pervasive shift away from nature-based recreation»; en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(7); pp. 2295-2300.
- PLAN BLEU (2008): Informa que el número de turistas que visitaron la región del Mediterráneo aumentó de 153 millones en 1990 a 228 millones en 2002.
- RAFTOYANNIS, Y. *et al.* (2014): «Perceptions of Forest Experts on Climate Change and Fire Management in European Mediterranean Forests»; *IForest* 7(1); pp. 33-41.
- SAN-MIGUEL-AYANZ, J.; MORENO, J. M. y CAMIA, A. (2013): «Analysis of Large Fires in European Mediterranean Landscapes: Lessons Learned and Perspectives»; en *Forest Ecology and Management* 294(APRIL); pp. 11-22.
- SATHRE, R. y O'CONNOR, J. (2010): «Meta-Analysis of Greenhouse Gas Displacement Factors of Wood Product Substitution»; en *Environmental Science and Policy* 13(2); pp. 104-14.
- SETO, K. C.; FRAGKIAS, M.; GÜNERALP, B. y REILLY, M. K. (2011): «A meta-analysis of global urban land expansion. expansion»; *PLoS ONE* 6(8); pp. e23777. doi: 10.1371 / journal.pone.0023777.

- SHEN, L.; WORRELL, E. y PATEL, M. K. (2010): «Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres»; en *Resour. Conserv. Recycling* 55; pp. 260-274.
- USDA FOREST SERVICE (2015): *The rising cost of wildfire operations: effects on forest Service non fire work*. 4 August 2015.
- VAN DER PLAS, F. *et al.* (2017): «Continental Mapping of Forest Ecosystem Functions Reveals a High but Unrealised Potential for Forest Multifunctionality»; en *Ecology Letters*; pp. 31-42.
- VEHVILÄINEN, M. (2015): «Wet-spinning of cellulosic fibres from water-based solution prepared from enzymetreated pulp»; en *Publication* (1312). Tampere University of Technology.
- VERKERK, P. J.; MARTÍNEZ DE ARANO, I. y PALAHÍ, M. (2018): «The Bio-Economy as an Opportunity to Tackle Wildfires in Mediterranean Forest Ecosystems»; en *Forest Policy and Economics* (86).