MINIGUÍA

NUEVAS APLICACIONES DEL CORCHO

[Grupo Operativo GO SUBER]

SUBER

Proyecto cofinanciado al 80% por el FEADER con un montante total de ayuda de 532.954,36 euros.

COORDINACIÓN:

MariaVerdum Virgos

(Fundación Institut Català del Suro)

REDACCIÓN:

MariaVerdum Virgos
(Fundación Institut Català del Suro)

Cristina Prades
(Dprto. Ingeniería Forestal,
ETSIAM, Universidad de Córdoba)

José Ramón González Adrados
(ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural,
Universidad Politécnica de Madrid)

Manuel Bejarano Medina
(Trevinca Inversiones Medioambientales)

Gonzalo Lezcano Estévez
(Jogosa Obras y Servicios)

Mariola Sánchez González
(Instituto Nacional de Investigación y
Tecnología Agraria y Alimentaria)

SUBER

Proyecto cofinanciado al 80% por el FEADER con un montante total de ayuda de 532.954,36 euros.

Índice

1. Introducción 5
2. El corcho: un material natural y sostenible 7
    2.a. La regeneración del corcho 8
    2.b. La estructura del corcho 12
    2.c. La composición química del corcho 16
    2.d. Las propiedades del corcho 18
3. La producción de distintos materiales de corcho y sus usos 23
    3.a. El sector corchero en cifras 23
    3.b. El corcho y sus subproductos 27
    3.c. Aplicaciones 33
        I. Construcción 34
        II. Textil 39
        III. Diseño: mobiliario, piezas de corcho 40
        IV. Tierras vegetales 41
        v. Juntas antivibración , térmicas y expansión . . . 42
        VI. Pesca 44
    3.d. Nuevas aplicaciones 44
        i. Farmacéutica y cosmética 44
        ii. Depuración de aguas y sistemas vegetales 45
        iii. 3D y corcho: 3DCORK 51
        iv. Tapones reciclados 53
        v. Campos de fútbol con corcho 56
        vi. Alimentación animal 57
        vii. Nuevos embalajes 58
Referencias Bibliográficas 59

Masterflex® L/S®
0.0
INT
EXT
Cole-Parmer

MINIGUÍA DE NUEVAS APLICACIONES DEL CORCHO

1. Introducción

El proyecto GO SUBER tiene su objetivo principal en la modernización del descorche para la mejora de la productividad de dicho proceso. Para el incremento de la productividad en el sector del corcho es fundamental incrementar el rendimiento económico de cada unidad de corcho extraída del bosque de forma sostenible. En la actualidad gran parte del valor económico del corcho reside en su capacidad de fabricación de tapones para vinos pero, dadas sus excepcionales propiedades físico-químicas, existen múltiples posibilidades de uso en ámbitos tan diversos como la industria aeronáutica o la cosmética; los productos resultantes aportan un valor añadido muy elevado en comparación con los usos tradicionales y representan un potencial económico muy significativo para zonas rurales (creación de trabajo cualificado, freno a la despoblación rural,

industrialización de la economía, etc.) así como el mantenimiento de los ecosistemas de los bosques de alcornocal.

El potencial del corcho viene reforzado por la necesidad de impulsar el uso eficiente de los recursos mediante una economía limpia y circular ante el reto mayúsculo del cambio climático. El Pacto Verde Europeo de la Unión Europea establece un plan de acción en ese sentido y centra sus esfuerzos en la descarbonización, la restauración de la biodiversidad y la bioeconomía, y el sector corchero es un modelo a seguir en este contexto ya que no sólo es una actividad sostenible, sino que es una actividad económica regenerativa: fomenta la captación de CO_2, la restauración forestal y la revitalización de zonas rurales.

En esta Guía se presentan ejemplos de aplicaciones del material de corcho en sus múltiples formas y pretende ser una referencia para la diversificación de la actividad en empresas corcheras así como una guía para todas aquellas personas, emprendedoras, inversoras y organizaciones que quieren profundizar en la bioeconomía a través del sector corchero.

Albert Hereu Marès
Fundación Institut Català del Suro

2. El corcho: un material natural y sostenible

El corcho es la corteza del alcornoque, *Quercus suber* L. , una especie arbórea (Figura 1) perenne autóctona y exclusiva de los bosques del Mediterráneo. Concretamente, el corcho es el felema del alcornoque y forma, junto con otros dos tejidos de mucho menor espesor (felógeno y felodermis) el peridermo, o corteza en sentido estricto. Es un tejido formado por células muertas, dispuestas de modo regular y compacto, que protege las partes vivas del tronco y ramas del alcornoque.

Es un tejido muy sencillo desde el punto de vista anatómico, por su uniformidad, y desde el punto de vista químico, por el pequeño número de elementos o compuestos que lo constituyen, aunque estos elementos químicos presentan una gran complejidad. El conocimiento de la estructura, composición, y propiedades del corcho ha despertado siempre gran interés, siendo el primer tejido que se estudió al microscopio.

El corcho es uno de los materiales más versátiles que se conocen, debido tanto a que reúne un conjunto de propiedades poco frecuentes como por su capacidad de regeneración.

Figura1. Alcornocales de bosques Gavarres (Girona) a la izquierda y alcornocales de San Vicente de Alcántara (Badajoz). Fuente: ICSuro y INIA. .

Los alcornocales se sitúan entre 0 y 800 m apareciendo rara vez a altitudes superiores. Requieren de un clima suave de tendencia oceánica, con precipitaciones anuales medias de entre 600 y 1000 mm, con temperaturas medias anuales en torno a los 15°C y una humedad relativa alta, entre 65 y 80%.

2.A. LA REGENERACIÓN DEL CORCHO

El corcho es un tejido protector conocido en histología vegetal como felema y es parte del peridermo, corteza exterior que involucra el tronco, las ramas y las raíces del árbol.

La observación de una sección transversal del tallo de un árbol muestra **dos tejidos meristemáticos** (es decir, tejido capaz de reproducir) en el alcornoque: el **cambium** (típico de todas las especies leñosas y que produce xilema –madera- hacia dentro y floema –tejido conductor- hacia fuera) y **felógeno**, situado al exterior del floema, y que produce fundamentalmente el felema o corcho

hacia el exterior (también produce unas capas imperceptible de felodermo. El conjunto formado por felodermo, felógeno y felema se le denomina peridermo, o corteza) (Remacha, A. 2008). El crecimiento en diámetro del árbol se produce al acumularse el funcionamiento de estas capas de células con actividad meristemática: el cambium que forma las células de la madera para el interior y felógeno, produce células de felema (corcho) hacia el exterior. Entre ambas capas (cambium y felógeno) aparece la denominada "casca" o capa madre, formada por el floema y el felodermo. (Figura 2).

Corcho y felodermo se forman a partir del meristemo denominado felógeno. El felógeno forma un anillo continuo en el tronco, concéntrico con el cambium. Las primeras células de felógeno se forman muy pronto y en el cuarto o quinto año de vida del alcornoque se ha completado el anillo. Las células de felógeno se desdoblan en células de felodermo hacia el interior y células de corcho hacia el exterior, originando un tejido muy homogéneo y sin espacios intercelulares. El felógeno no pierde sus propiedades meristemáticas y no cambia de situación, acumulándose los crecimientos anuales. Si muere es sustituido por un felógeno traumático que tiene las mismas propiedades que el felógeno inicial y puede regenerarse tantas veces como sea necesario. Estas características son las que hacen posible el aprovechamiento del corcho.

En el felógeno se diferencia el "felógeno lenticelar" que da lugar a los canales lenticelares. Los canales se extienden en dirección radial y su función es que las células y tejidos vivos del interior puedan intercambiar con el exterior los gases que necesitan para completar sus procesos fisiológicos. La denominación **capa madre** se refiere al conjunto de tejidos comprendidos entre los dos meristemos, cambium y felógeno, ambos incluidos, donde se concentran los procesos vitales del alcornoque (Figura 2a).

Antes del desbornizamiento, desde el interior hasta el exterior, se aprecian los siguientes tejidos en el alcornoque: madera o xilema, cambium, liber o floema, felodermis, felógeno y corcho bornizo (Figura 2a). El desbornizamiento es la primera extracción del corcho del alcornoque, y se realiza cuando las células de corcho recién formadas puedan desgarrarse fácilmente permitiendo la separación del corcho de la capa madre sin dañarla (Figura 2b). Para ello se requiere que el alcornoque tenga actividad vegetativa, lo que sucede en primavera y verano, y savia densa, limitando el periodo de descorche a los meses más calurosos (junio, julio y agosto). Cuando la capa madre queda al descubierto, se inicia un fenómeno de desecación de los tejidos más exteriores, debido a las altas temperaturas, y el alcornoque se defiende cerrando los estomas, paralizando su actividad durante varios días y acumulando sustancias de reserva en los tejidos vivos del interior con el objetivo de regenerar el felógeno.

Para evitar que la desecación profundice demasiado el alcornoque tiene dos mecanismos de defensa: en primer lugar, el protoplasma de las células vivas desgarradas se deposita sobre la capa madre formando una película protectora que ralentiza pero no impide la desecación. El tejido externo muere y la zona desecada se denomina "raspa", tejido que constituye la segunda barrera e impide que la desecación continúe progresando.

El felógeno se regenera en los tejidos vivos bajo la raspa donde se produce una acumulación de sustancias de reserva, y donde algunas células adquieren propiedades meristemáticas. Al cabo de un mes, aproximadamente, las nuevas células de felógeno, inicialmente aisladas, cierran el círculo comenzando a desdoblarse en felodermis y corcho segundero (Figura 1c). El primer felógeno puede morir, parcial o totalmente, siendo sustituido por otra capa generadora más profunda.

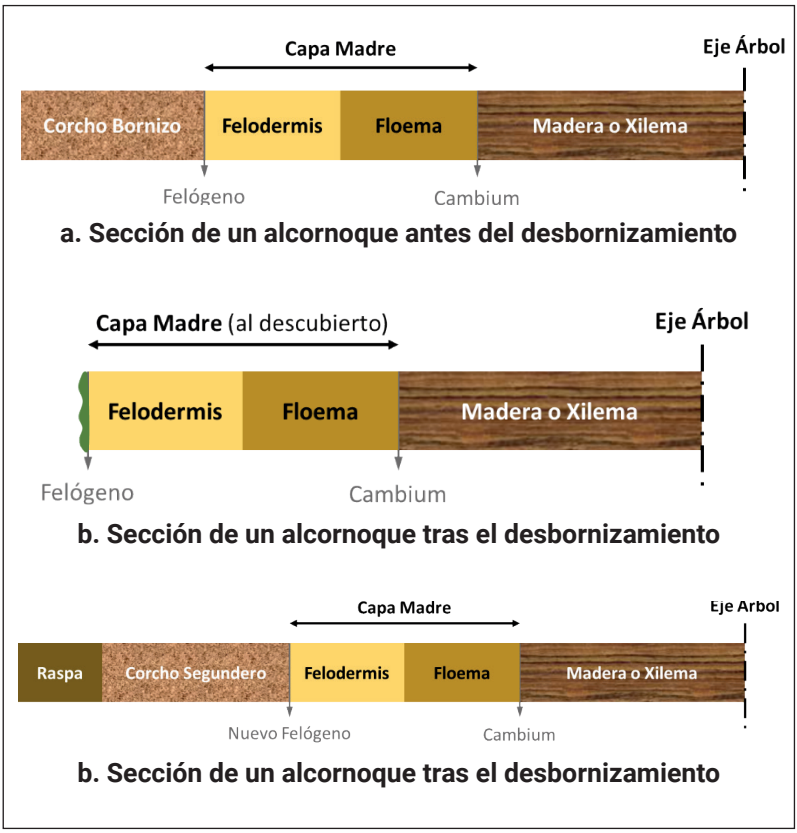


Figura 2. Mecanismo de regeneración del corcho

La capa madre, inicialmente de color canela, se oscurece progresivamente como consecuencia de la oxidación de los taninos, adquiriendo una tonalidad rojiza que se va oscureciendo. Con el tiempo y en contacto con los agentes atmosféricos, la raspa se decolora, adquiriendo una tonalidad gris ceniza, y se agrieta por la contracción de los tejidos vivos al secarse y posteriormente, por el crecimiento de los tejidos vivos del interior.

2.B. LA ESTRUCTURA DEL CORCHO

El **corcho es un material natural** que tiene unas características únicas. Las propiedades del corcho son el resultado de su **composición química**, su proporción y la distribución de cada uno de sus componentes originando una estructura celular muy particular, descrita por distintos autores como una colmena de abeja. El corcho es el primer tejido vegetal cuya estructura se estudió al microscopio (Hooke, R., 1665). Es un material celular sólido, y como tal está formado por elementos celulares cerrados, con una fracción de volumen sólido del 15% aproximadamente. Cada célula tiene alrededor su pared celular y el interior vacío. Se calcula que en cada cm^3 de corcho hay de 15 a 40 millones de células, cada una de ellas mide aproximadamente 40µm de mediana, de los cuales 10µm corresponden a la pared (Jové P. 2015).

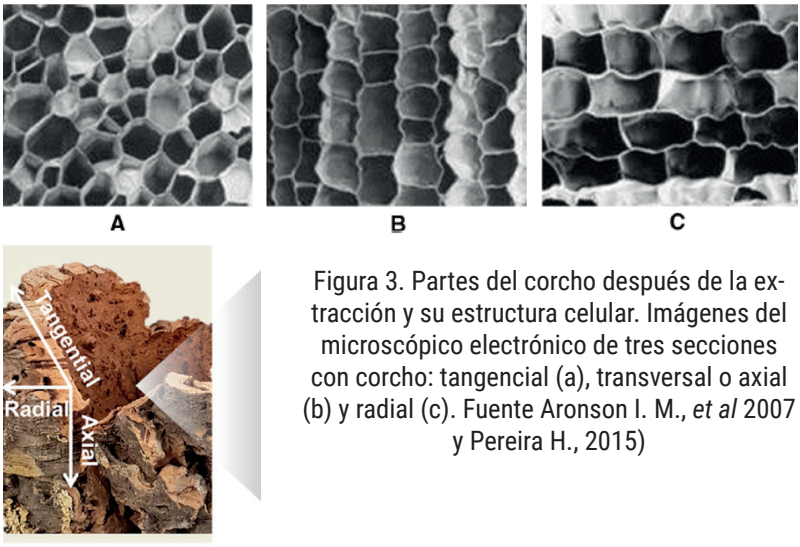
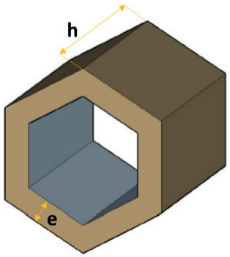


Figura 3. Partes del corcho después de la extracción y su estructura celular. Imágenes del microscópico electrónico de tres secciones con corcho: tangencial (a), transversal o axial (b) y radial (c). Fuente Aronson I. M., *et al* 2007 y Pereira H., 2015)

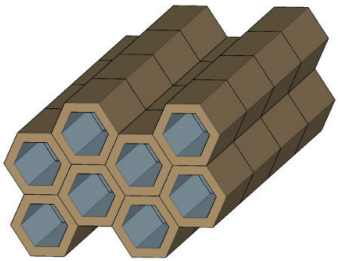
El tejido suberoso es muy homogéneo y de gran pureza, está formado fundamentalmente por células de felema dispuestas en hileras radiales sin espacios libres entre ellas, aunque ocasionalmente aparecen células de esclerénquima típico, muy lignificadas (Crang, R, *et al* 2019) (Figura 3).

La célula adulta de felema es hueca, está formada por la membrana celular y contiene un gas de composición parecido al aire. La pared celular es la responsable de la mayor parte de las propiedades del corcho y está formada por tres capas: pared primaria, pared secundaria y pared terciaria. Las células se comunican mediante unos pequeñísimos canales denominados plasmodesmos, que contribuyen a que el volumen del corcho sea constante. Las células tienen mayoritariamente forma de prisma recto hexagonal (Figura 4a), en el corte tangencial su sección es poligonal (Figura 4b), con 5-7 caras (principalmente 6), y en los cortes longitudinales (radial y transversal) su sección es rectangular (Figura 4c). Las dimensiones de las células varían con la actividad vegetativa del árbol, apreciándose a simple vista los anillos de crecimiento por la diferencia de tamaño entre las células de primavera y las de verano – otoño. Así la longitud de las células (h) puede oscilar entre 40 – 70 µm (primavera) y 20 – 30 µm (verano-otoño). De la misma manera el espesor de la pared celular (e) puede oscilar entre 1 – 1,5 µm (primavera) y 3 µm (verano – otoño) (Sánchez-González *et al*, Monografía INIA, Serie Forestal nº 31, 2020) (Figura 4a).

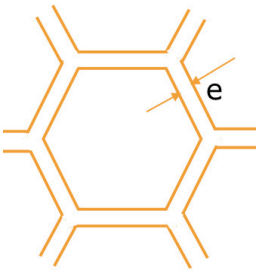
Además del felema, en el corcho están presentes los canales lenticelares, también denominados poros. La



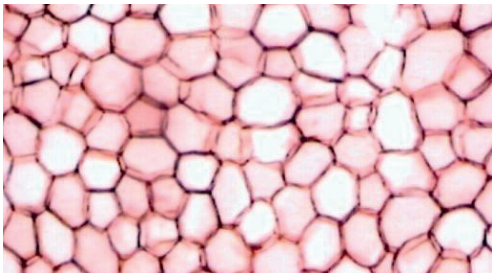
a) Célula de parénquima



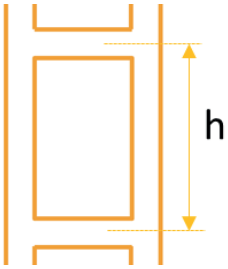
Estructura en hileras de la célula de parénquima



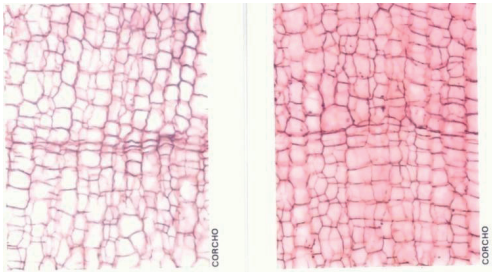
b) Sección tangencial: esquema



Sección transversal: microfotografía



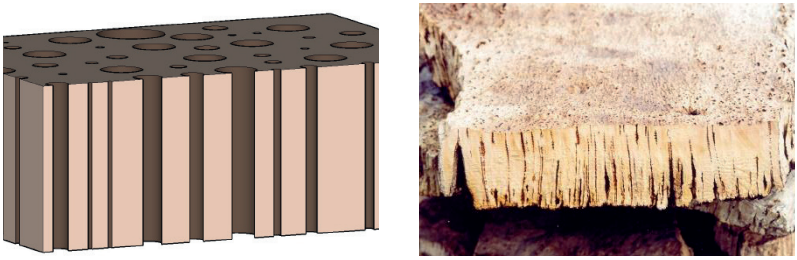
c) Secciones transversal y radial: esquema



Secciones transversal y radial: microfotografía

Figura 4. Célula de parénquima y su disposición en los cortes tangencial, transversal y radial (Esquemas: Marina Rubio; Microfotografías: Francisco Masedo)

organización lenticular del alcornoque depende principalmente de factores genéticos, pero también está relacionada con los factores ambientales. Se define en el momento de la constitución del felógeno y hay una gran variación en la forma y el tamaño de los canales. Su forma puede ser circular o elíptica y su número en 100 cm^2 varía entre 300 -1.300 en la sección tangencial y 140 -500 en las secciones transversal y radial. La superficie varía entre 0,2 - 8 mm^2 y si la sección es mayor a 8 mm^2, el corcho se deprecia mucho (Pereira, 2007) (Figura 5). En ocasiones, los canales presentan modificaciones en su forma y tamaño debido a las tensiones de crecimiento, como el poro embolsado (canal que se deforma interiormente y no se aprecia exteriormente), o el poro en aguja (cuando el canal disminuye progresivamente su sección). La superficie ocupada por los canales en una determinada sección y expresada en porcentaje se define como Coeficiente de Porosidad.



Corte radial **Corte tangencial**

Figura 5. Aspecto de los canales lenticelares en los cortes transversal, radial y tangencial (Esquema: Marina Rubio; Fotografía: Cristina Prades)

De igual modo que los canales y las inclusiones leñosas, el corcho presenta una serie de discontinuidades y singularidades que afectan notablemente a su comportamiento. Las más frecuentes serian el relleno de los poros con polvo o "tierra" o las alteraciones de color (Sánchez-González *et al*, Monografía INIA, Serie Forestal nº 31, 2020).

2.C. LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CORCHO

El primer estudio sobre la composición química lo realizo Brugnatelli (1787) que definió el corcho como una combinación de ácido suberínico, nombre derivado de la denominación *Quercus suber*. La suberina fue identificada por Cheureul en 1807 y es el compuesto principal del corcho. La composición química del corcho es substancialmente diferente del resto de partes del árbol. Los componentes del corcho son, por orden de importancia relativa, la suberina (50% aprox.), lignina (20-25%), polisacáridos (celulosa y hemicelulosa-20%), substancies extraíbles, que incluyen mayoritariamente sustancias lípidicas y fenólicas (14-18%) y componentes inorgánicos (1-2%) (Silva *et al.* 2005; Pereira, 2007) (Figura 6).

- **Suberina**: polímero formado por ácidos grasos lineales de cadena larga, alcoholes y glicerol unidos por enlaces esteres que se ensamblan formando estructuras en forma de cinta y es el componente responsable de la elasticidad y permite la flexión y el colapso de la pared celular (Graça, J. y Pereira, H. 2004)

Figura 6. Composición del corcho y su distribución de más a menos accesibilidad para ser extraído. Fuente ICSuro.

- **Lignina**: polímero reticulado aromático que es responsable de la rigidez estructural de las células y su resistencia a la compresión. La lignina está formada por la polimerización de tres monómeros de fenilpropano: p-hidroxifenilo (H), guaicol (G) y siringilo (S). La lignina del corcho está compuesta principalmente de unidades G y en menor proporción de S y H respectivamente (Marques, A. V. y Pereira, H. 2013).

- **Polisacáridos**: juegan un papel minoritario ya que se encuentran en menor proporción. La celulosa es polímero de moléculas de B-glucosa y la hemicelulosa se

compone principalmente de xilanos y monómeros de arabinosa (Pereira, H. 2013). Proporciona resistencia frente a esfuerzos de tracción.

- **Extractivos**: son un conjunto de compuestos "libres" no vinculados químicamente (o vinculados con enlaces débiles) a la estructura principal y por tanto pueden ser extraídos con un disolvente. Los compuestos extraíbles del corcho más importantes son las ceras y los compuestos fenólicos (Silva *et al*. 2005)

Las propiedades del corcho dependen tanto de la estructura celular y sus características químicas como de la distribución y cantidades relativas de sus componentes. Los componentes químicos están ubicados en las paredes de las celdas, formando una red tridimensional de matriz sólida que rodea las celdas huecas llenas de aire. Las propiedades del corcho como la inercia química y biológica y su durabilidad están en relación directa con su composición química.

2.D. LAS PROPIEDADES DEL CORCHO

El corcho tiene una combinación inusual de propiedades: baja densidad, muy baja permeabilidad a líquidos y gases, baja conductividad, químicamente estable, duradero alta compresibilidad con buena recuperación.

La elevada cantidad de gas, el bajo poder de adsorción de agua y la medida celular entre otras características, hacen que el corcho tenga gran versatilidad y que pueda ser usado en múltiples finalidades. Las propiedades físicas, mecánicas y térmicas

del corcho se pueden resumir en diez puntos o el decálogo del corcho (Figura 7).

1. Las células del corcho tienen un 90% de volumen celular ocupado por gas, por lo tanto, su **densidad presenta valores bajos (120-200 kg m^{-3})** haciendo del corcho un **material elástico y compresible**, con una estructura interna marcadamente porosa (Jové P. 2015).

2. Además, la presencia de suberina, lignina y ceras en la pared celular hacen del corcho un **material impermeable** a los líquidos. No obstante, su impermeabilidad no es absoluta, ya que permite una difusión lenta de los gases.

3. El elevado contenido de gas, el tamaño de las células y el bajo poder de adsorción hacen que tenga una **baja transmisión del calor** y por lo tanto es un **buen aislante térmico**. La conductividad térmica del corcho sin triturar ni modificar es de 0.045 W m^{-1} k^{-1} (Jové P., 2015).

4. La baja densidad y la elevada porosidad hacen que la mayoría de las ondas sonoras se adsorban y se transformen en energía calorífica, así pues es un **buen aislante térmico**. El corcho es un **buen aislante acústico** y **corrector acústico** ya que adsorbe más del 60% de las ondas sonoras que inciden en su superficie.

5. El corcho debido a su estructura celular tiene una **elevada resistencia al movimiento / deslizamiento** o elevado coeficiente de fricción (0,35-0,76 corcho-cristal)

(Vaz, M.F. y Fortes, M.A., 1998), debido al efecto ventosa que provoca la superficie de las células.

6. La posible deformación y flexión de las paredes celulares confiere al corcho la **capacidad de amortiguación** y es una propiedad muy importante para algunas aplicaciones como los tapones, la industria automovilística o las suelas de los zapatos.

7. El alto contenido de aire de sus células permite que se puede comprimir hasta casi la mitad sin perder flexibilidad, y recuperar su forma y volumen cuando se deja de presionar, el corcho es **compresible, elástico y resiliente.** Es el único sólido que si se comprime por un lado, no aumenta por el otro.

8. La lignina y los polisacáridos de su pared celular del tejido suberoso le proporcionan **rigidez, estabilidad** y lo hacen **resistente** al paso del tiempo.

9. El corcho se hidrata en función de las condiciones ambientales, es **higroscópico.** Diversos estudios han demostrado el potencial del corcho para adsorber contaminantes emergentes, es **biosorbente**.

10. Es **100% natural, reciclable y renovable** porque es un material de origen vegetal que se puede extraer sin herir el árbol y se regenera con el paso de los años. Permite un equilibrio sostenible entre la gestión agroforestal y la acción del hombre. En la línea de las actuales tendencias de materiales naturales y de construcción sostenible. Es un claro ejemplo de economía circular.

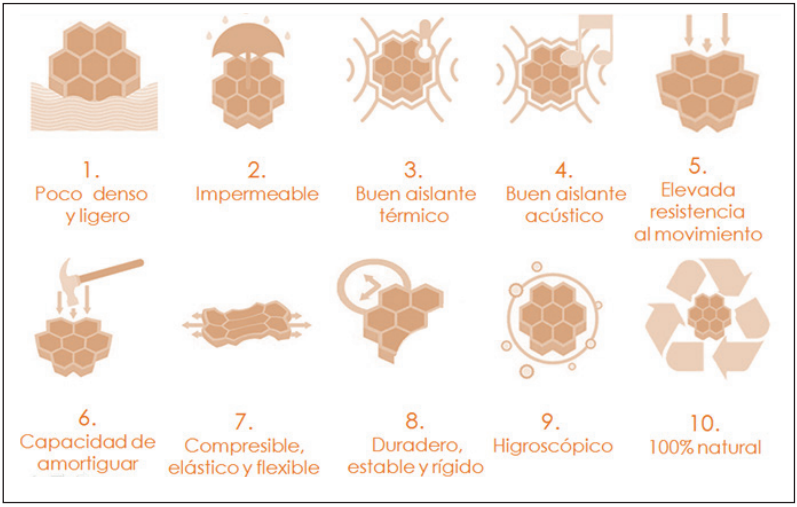


Figura 7. Decálogo de características del corcho. Fuente ICSuro.

Las propiedades físicas, mecánicas y térmicas del corcho sin triturar ni tratar o modificar son las siguientes (Tabla 1):

Tabla 1: Propiedades físicas, mecánicas y térmicas del corcho sin triturar ni tratar o modificar son las siguientes. (Jove, P. 2015)

Densidad	120-200 $kg \cdot m^{-3}$
Conductividad térmica	0,045 $Wm^{-1}K^{-1}$
Resistencia acústica	1.2 10^5 $kg\ m^{-2} \cdot s^{-1}$
Coeficiente de fricción	0.35-0.76 corcho/vidrio
Coeficiente de difusión del agua	2.6-2.9 $\cdot 10^{-9}$ $m^{-2} \cdot s^{-1}$
Conductividad eléctrica	1.2$\cdot 10^{-10}$ Sm^{-1} a 25ºC; 1,67 $10^{-13} Sm^{-1}$ a 25ºC

3. La producción de distintos materiales de corcho y sus usos

3.A. EL SECTOR CORCHERO EN CIFRAS

Los alcornocales son de crucial importancia para la economía y la ecología de varios países mediterráneos. Cubren un área de **2.139.942 hectáreas** en todo el mundo. La **producción anual de corcho** es de aproximadamente **201 mil toneladas**. Alrededor del 90% de estas hectáreas se distribuyen en Portugal, España, Marruecos y Argelia (Figura 8). España es el segundo productor de corcho con 61.504 toneladas anuales, hecho que supone un 30,5% de la producción mundial (LIFE ECORKWASTE, Deliverable 15; 2015-2018).

Los alcornocales son la base de una de las cadenas de valor más importantes dentro del ámbito forestal mediterráneo. En España comprenden cerca de medio millón de hectáreas de monte y dehesa, a las que el corcho aporta un considerable beneficio económico. Esta cadena se caracteriza por estar centrada en torno a un producto final, el tapón, firmemente colocado en un sector en expansión como es el vinícola: en los principales mercados (Francia, EEUU, Italia, España) el 90% de los consumidores muestran una clara preferencia por este

tipo de tapón, que interpretan como un indicador de la calidad del vino. Además del cierre de bebidas alcohólicas, el corcho se utiliza en un abanico de aplicaciones amplio y creciente, que abarca sectores tan diversos como el aeroespacial, la construcción o el aislamiento.

A nivel mundial el sector está claramente liderado por Portugal, donde 736.775 ha de alcornocal (34% del total mundial, 2,2 Mha) producen 100.000 t de corcho en plancha (50% de la producción mundial de materia prima), que suponen unas ventas en productos finales en 2015 próximas a los 900M€, el 72% de los cuales (644M€) proceden de la fabricación de tapones. El 77% de la superficie mundial de alcornocal pertenece a la Unión Europea, que controla el 87% de la producción de materia prima (Figura 8).

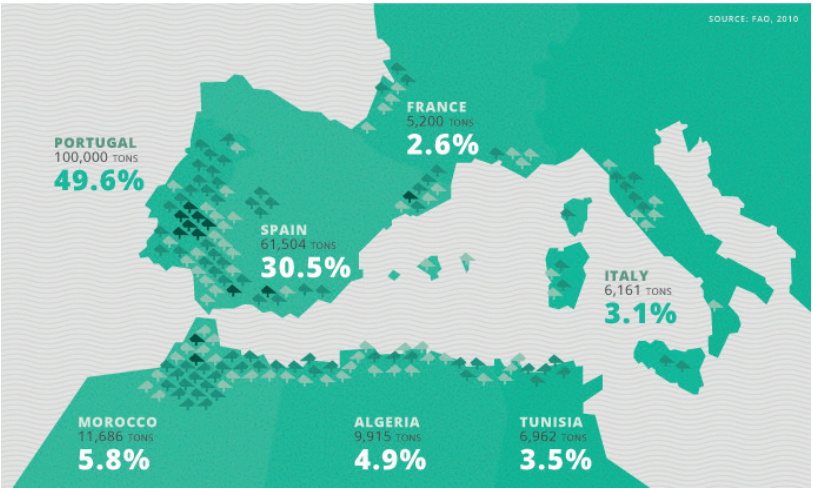


Figura 8. Distribución de los alcornocales y producción mundial de corcho. Fuente: Amorim y APCOR

La **distribución de los alcornocales de la península** ibérica presenta **dos áreas principales**: el nordeste y el sudoeste. En el territorio catalán (**nordeste**) corchero predominan las zonas abruptas, con alcornocales muy densos, lo que hace que su gestión y mantenimiento sean costosos. En el **sudoeste** (Extremadura, Andalucía, Portugal) abundan las formaciones tipo dehesa o "montado", territorios llanos de fácil acceso tanto para las brigadas de saca como de la maquinaria de limpieza del sotobosque. También existen zonas de "monte", de mayor pendiente y difícil mecanización (Parque de los Alcornocales, Sierra Morena). En cualquier caso, se trata de formaciones de baja densidad de arbolado, con alcornoques de tamaño relativamente grande, lo que hace que su aprovechamiento y gestión sea menos costoso que en el noreste. Otros aspectos diferenciales entre ambas áreas son el aprovechamiento ganadero (muy importante en el suroeste, especialmente el cerdo ibérico), y un clima más frío en el noreste, que provoca crecimientos anuales menores tanto en la parte leñosa como en el corcho; esto provoca que los turnos de saca sean mayores en el noreste (12 – 18 años) que en el suroeste (9 – 11 años).

En España puede admitirse en la actualidad una producción media de corcho crudo de 60.000 – 65.000 t/año, t/año. La tendencia es decreciente (en el decenio 1961 – 1970, la producción superaba las 100.000 t/año) y se caracteriza por presentar fuertes oscilaciones anuales, más o menos periódicas (fácilmente superiores a +- 10.000 t/año). Si se consideran los problemas sanitarios de las masas (seca) y el envejecimiento progresivo de los alcornocales no deja de llamar la atención que el descenso no sea más acusado.

A nivel mundial el **principal sector** objetivo de los productos de corcho es la **industria del vino** (72% al 2016) seguido por el sector de la construcción (25% en 2016) (Associação Portuguesa da Cortiça, APCOR anuário, 2018-2019). La industria de los tapones de corcho es, por lo tanto, el núcleo del corcho: el 44% del corcho se utiliza para producir tapones de corcho natural y el 28% para producir otro tipo de tapones. En 2017, dentro de la industria de los tapones de corcho, los tapones de corcho natural son los que tienen mayor representación con un 60% seguidos de otra variedad de tapones con el 21% y por último el tapón de champán o espumosos.

La estructura económica del sector en España ha sido analizada recientemente (González Adrados y Sánchez González, 2019), y presenta algunas características diferenciales respecto al principal país productor, Portugal. En la actualidad, la industria española se centra casi exclusivamente en la producción de tapón, con una tendencia decreciente en cuanto a la cantidad, pero creciente en el precio medio de los productos finales: en 2001 se vendían en nuestro país un total de 33.200 t de productos, con un valor de 247,2 M€, lo que proporciona un precio medio de 7,45 €/kg. En 2015, la cantidad había descendido a 24.000 t, y el valor a 183,5 M€, subiendo el precio medio hasta los 7,65 €/kg. Prácticamente ha desaparecido la producción de productos de corcho aglomerado no destinados a tapamiento (aislantes, recubrimientos, juntas y similares), y ha disminuido notablemente el valor de la producción de tapón natural y discos y tapón para vinos espumosos. Por el contrario, el valor de la producción de tapones aglomerados para vinos tranquilos se ha duplicado, pasando de 26,9 M€ a 61,5 M€.

3.B. EL CORCHO Y SUS SUBPRODUCTOS

Dentro de la cadena de valor del corcho, pueden diferenciarse cinco subsectores claramente definidos (Figura 9):

- **Subsector forestal:** gestiona el monte alcornocal y los productos que se obtienen de él, que constituyen la materia prima.

- **Subsector de preparación:** Pone la materia prima en las condiciones que necesita la industria de fabricación de tapones (corcho preparado). Separa las planchas de corcho aptas para la fabricación de tapones de una pieza y discos (taponable) del que no lo son (refugo). Separa el refugo de uso alimentario (apto para la fabricación de tapones aglomerados) del que no lo es (destinado al resto de productos finales).

- **Subsector trituración:** obtiene granulado a partir de los residuos de los otros subsectores.

- **Industria taponera:** fabrica tapones y productos intermedios (discos).

- **Industria de aglomerados:** fabrica productos de uso no alimentario.

Con datos de 2015 se pueden aproximar unas grandes cifras para caracterizar el sector (González Adrados y Sánchez González, 2019): la industria preparadora ubicada en España absorbe toda la producción de los alcornocales españoles (65.000 t), importando, además, en este año 5.200 toneladas

de corcho crudo. Prácticamente el 50% del corcho procesado (24.100 t de refugo y recortes de preparación + 9.750 t de residuo crudo= 33.850 t) se destina a trituración. El resto (fardos de corcho en plancha preparado) se exporta a Portugal (saldo de 23.000 t) o se vende a las industrias españolas de fabricación de tapón y discos naturales (13.200 t).

La industria taponera perfora estas 13.200 t para obtener 4.000 t de tapones y discos naturales, que utiliza junto con los 14.000 t de granulado procedente de la industria de trituración para fabricar los 21.300 t de tapones de los distintos tipos que factura: 4.300 t de tapón natural, 6.800 t de tapón aglomerado para vinos espumosos y 10.200 t de tapón aglomerado para vino tranquilo.

Una de las características tradicionales del sector es el carácter internacional del mercado de tapones: una parte muy importante de la cantidad producida en España se dedica a la exportación (7.800 t de tapones naturales + 6.700 t de tapones para espumosos + 1.200 t de apones aglomerados para vinos tranquilos = 15.700 t), por lo que las bodegas españolas necesitan importar otras 30.800 t (12.900 t de tapón natural + 8.100 t de tapón para vinos espumosos + 8.900 t de tapón aglomerado para vinos tranquilos) para satisfacer la demanda interna.

Un aspecto importante a resaltar es que **los residuos generados por la industria preparadora y la taponera (43.200 Mkg) se dedican mayoritariamente a la exportación** a Portugal (saldo exportador de 25.300 t). Una parte menor (17.800 t) es absorbida por la industria española de trituración, que obtiene de ellos 14.300 t de granulado, destinado casi exclusivamente a

la fabricación de tapones. Se estiman unas pérdidas (polvo de corcho) de 3.500 t, que pueden tener distintos usos (Figura 10).

Los datos anteriores se refieren a la producción de los alcornocales adultos, cuyos árboles proporcionan el denominado "corcho de reproducción", que es el que se obtiene a partir del tercer descorche y reúne las condiciones necesarias para la fabricación de tapones. El corcho que se obtiene en el primer descorche (**bornizo**) y en el segundo (segundero) no reúne estas condiciones, y se destina directamente a trituración. El bornizo procede del primer descorche de árboles jóvenes o zonas más altas de árboles adultos (bornizo de verano) o de las ramas retiradas al podar (bornizo de invierno, de peor calidad por llevar adheridos trozos de madera). La producción de estos tipos de corcho en las masas adultas es muy pequeña, ya que son masas, en general, envejecidas.

En este sentido habría que tener en cuenta la entrada en producción de las repoblaciones realizadas en torno a la década 1990 – 2000, no consideradas en los datos anteriores, y que hacen previsible un aumento de la producción. Según un estudio realizado en Extremadura (Santiago, 2013) las 50.000 has repobladas en esta Comunidad Autónoma deberían empezar a descorcharse a partir de 2022, aportando como término medio aproximadamente 4.700 t/año de corcho bornizo y segundero. Admitiendo una superficie repoblada al menos similar en Andalucía, y las repoblaciones realizadas en el resto de zonas de producción, no se considera aventurado esperar que en los próximos años se alcance un aporte de materia prima (bornizo y segundero) de este origen en torno a las 10.000 t/año. Esta producción no es apta para la fabricación de tapones y discos por simple corte, e irá destinada directamente a

trituración. Admitiendo un rendimiento del 80%, supondría un aporte anual de 8.000 t/año de granulado de corcho de uso no alimentario en España.

De acuerdo con estas líneas, la Tabla 2 describe los diferentes tipos de residuos de corcho que generan los diferentes pasos de la cadena de valor del corcho.

Tabla 2. Tipos de corcho de baja calidad generados durante el proceso de elaboración de tapones de corcho. Fuente ICSuro

Pasos de elaboración de los tapones de corcho	Corcho de baja calidad o subproducto generado
Proceso forestal-saca del corcho	Corcho bornizo, corcho segundero muy fracturado, recortes de corcho de reproducción, bornizo de invierno, corcho de alcornocales quemados y corcho quemado.
Preparación de las panas de corcho y preselección	Refugo: piezas de corcho de reproducción con imperfecciones (olores, leña, calibres bajos).
Elaboración de los tapones de corcho	Piezas de panas después de perforar los tapones*, tapones de corcho con defectos, polvo de corcho y polvo de corcho con colas o productos químicos.
Granulado de corcho para la elaboración de tapones de corcho	Granulados con alta densidad, granulado de corcho de diferentes medidas, tapones defectuosos, polvo de corcho y polvo de corcho con colas o productos químicos.
Consumidor	Tapones de corcho usados.

*Estas piezas pueden ser granuladas y usadas para la elaboración de tapones de corcho aglomerados.

En resumen, el sector del **corcho genera una cantidad significativa de subproductos y/o residuos y de diferentes tipos, dependiendo de cada subsector** (Figura 9). Es un sector en el que muchos **flujos están interrelacionados** y, por lo tanto, se reciclan en la misma industria o se venden y se reutilizan en otra industria (Figura 10). Sin embargo, otros flujos de residuos generalmente tienden a terminar en un vertedero.

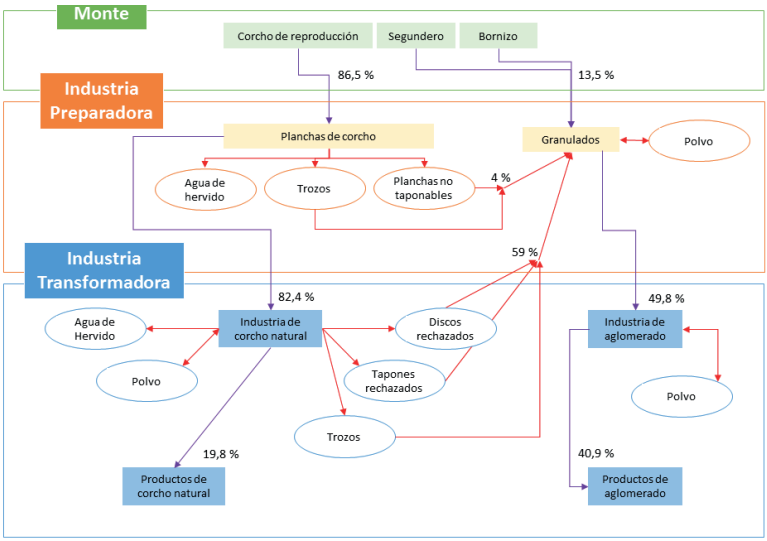


Figura 9. Diagrama de flujo de los productos (flechas moradas) y de los residuos (flechas rojas) asociados a la cadena de valor del corcho. Los rectángulos representan productos y subproductos, y las elipses residuos. Los porcentajes se refieren al 100% de materia prima inicial. Sánchez-González et al. 2019

La posibilidad de dar una utilidad a parte de este subproducto incentiva la economía del sector corchero y además la diversifica. Estudios como el presente son de gran relevancia para el sector y su futuro. Las iniciativas europeas de activar la economía circular y la bioeconomía en todos los sectores hacen del corcho un actor muy importante, que juega con gran

ventaja respeto a otros materiales, tanto por ser un material natural como por sus múltiples propiedades y aplicaciones.

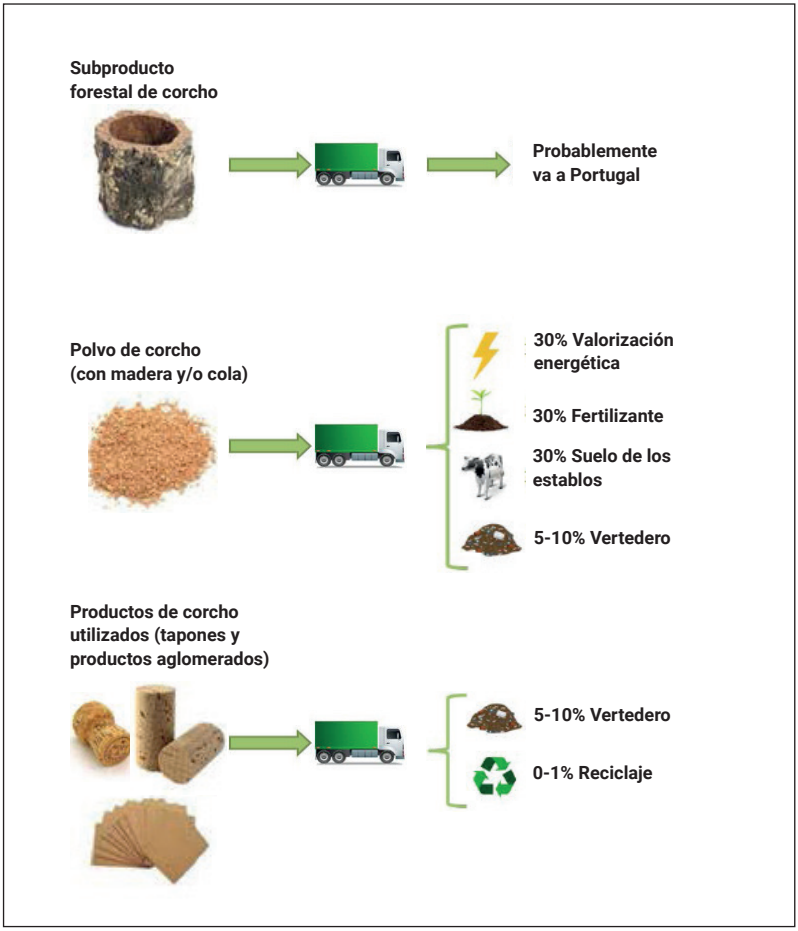


Figura 10. Gestión de residuos del sector corchero catalán de 2017. Fuente LIFE 14 ENV/ES/460 ECORKWASTE

3.C. APLICACIONES

Según el anuario de APCOR de 2018-2019, tal y como se ha dicho anteriormente, el principal producto de la industria corchera es el tapón de corcho (72%) destinado a la industria del vino. El corcho usado para el resto de las aplicaciones es el denominado corcho de baja calidad: corcho no taponable, subproducto de corcho o residuo de corcho definido en el apartado anterior (Figura 11).

La industria del granulado de corcho se puede dividir en dos: granulados blancos y granulados negros. El granulado de corcho blanco está destinado principalmente a usos alimentarios y bebidas como tapones para vino, cerveza, champán, cava, sidra, etc. El granulado de corcho negro está destinado a usos no alimentarios como paneles aislantes, suelos o decoración entre otros. Estos son generados a partir de materia prima como el corcho bornizo. En este último caso, prácticamente no hay tratamiento al triturado y estos granulados tienen un coste menor que los granulados blancos. Sin embargo, aunque el granulado de corcho blanco es preferible para la producción alimentaria se puede usar para otras aplicaciones. El principal destino de la industria corchera española es el tapón por lo tanto, los granulados elaborados son generalmente granulados de corcho blancos.

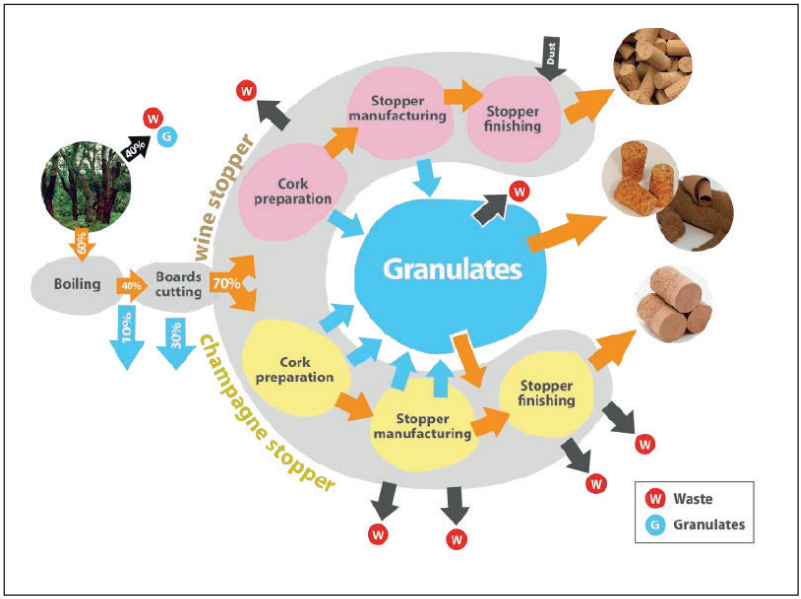


Figura 11. Diagrama de flujo de la elaboración de tapones de vino tranquilo y vino espumosos. Sierra, J. 2018

I. Construcción

Las soluciones constructivas de corcho son el segundo destino por orden de importancia dentro del sector. La mayoría de los usos de los productos de corcho en la construcción están relacionados con el aislamiento térmico y la absorción energética, aunque están jugando también un gran papel en decoración y en pavimentos livianos. Suelos, juntas de expansión, cámaras de aire y revestimientos externos son usos comunes de el corcho en edificios. Incluso se puede usar en mezcla con hormigón para calzadas o pavimentos exteriores. Así pues, el corcho posibilita una gama de aplicaciones que se basan en capacidades antivibratorias, térmicas y acústicas (Tabla 3).

Uno de los principales productos en este campo es el corcho aglomerado o paneles de corcho aglomerado. Los aglomerados se elaboran mediante un proceso de aglutinación de granulado de corcho con una específica granulometría y/o una densidad predeterminada a través de una acción específica de compresión, temperatura y agente aglutinante, dando lugar a diferentes tipos de aglomerados. Así pues, cada proceso proporciona un aglomerado con diferentes características.

Para conocer dichas características, cada elaborador tiene unos procesos estandarizados de producción definido en las diferentes fichas técnicas.

Tabla 3. Productos de corcho usado en diferentes aplicaciones en construcción y sus propiedades más destacadas. Fuente. Knapic, S. *et al* 2016

Usos	Productos	Ejemplos	Propiedades requeridas
Recubrimientos (suelos, paredes y techos)	Aglomerados de corcho-composites	Baldosas de corcho para suelos	Resistencia al desgaste
	Aglomerados de corcho expandido	Capa base para techos	Resiliencia
	Corcho-goma o corcho -caucho	Subsuelo para suelo	Absorción de impacto
	Corcho proyectado	Cubiertas, fachadas y suelos	Resistente a las humedades

Usos	Productos	Ejemplos	Propiedades requeridas
Aislante térmico y acústico	Aglomerados de corcho-*composites*	Aglomerados de corcho-epoxi	Conductividad térmica baja
	Aglomerados de corcho expandido	Paneles de techo y pared interior	No absorción de humedad y adecuada resistencia mecánica
	Granulado de corcho	Materiales de rellEno para es-pacios vaciós entre paredes dobles y suelos	Resistencia al fueho, dura-bilidad y baja densidad.
	Corcho proyectado	Cubiertas, facha-das , paredes y suelos	Resistente a las térmicas y acústicas
Aislante de vibraciones	Aglomerados de corcho-composites	Estructuras tipo *sandwich*	Absorción de la vibración de los choques.
	Aglomerados de corcho expandido	Paneles expan-didos de alta densidad	
	Aglomerados de corcho expandido	Juntas	
Juntas de expansión	Aglomerados de corcho expandido	Paneles expandidos	Alta compre-sibilidad y recuperación
	Corcho-goma o corcho -caucho		

Como se ha indicado, los aglomerados de corcho se pueden dividir en dos grandes categorías (Figura 12):

- **Aglomerado expandido**: aglutinado de granulado de corcho crudo o corcho de muy baja calidad. Se usa el poder aglomerante de la propia suberina que tiene la capacidad de aglutinar a altas presiones y temperatura. Este proceso proporciona placas de aglomerado de diferentes espesores y formas dependiendo del molde utilizado. Normalmente el proceso se termina con correcciones diametrales y de forma. Este producto es natural y de origen vegetal ya que no se usan agentes sintéticos (Tabla 4).

Tabla 4. Propiedades del corcho aglomerado expandido. Fuente: ISOCOR

Propiedades	Valores
Densidad	105 a 130 kg m^{-3}
Coeficiente de conductividad térmica	0,040 W m-1 k-1
Coeficiente de absorción acústica (a 500Hz)	0,33
Tensión al estrés (MOR)	0,14 a 0,20MPa
Temperaturas de usos	-180 a +140 ºC
Categoría de resistencia al fuego	Euroclass E

- ***Composites* o compósitos**: aglutinado de granulado de corcho con resinas naturales o sintéticas. Este producto se puede fabricar con distintas propiedades y formas. El

material resultante es un compuesto de corcho y otros materiales que originan un compuesto distinto, con las propiedades y características de ambos productos. Dependiendo de su función se pueden distinguir distintos *composites*: antivibratico, acústico, amortiguador, etc. (Tabla 5)

Tabla 5. Propiedades del corcho aglomerado expandido. Fuente: Knapic S. *et al* 2016 de Amorimcorkcomposites (Tabla 5)

Propiedades	Resistente al agua	Acústico
Densidad (kg m^{-3})	>900	550-650
Coeficiente de conductividad térmica (W m^{-1} k^{-1})	0,018	0,075
Coeficiente de resistencia térmica (m^2 K W^{-1})	0,019	0,027
Fuerza de tensión (MPa)	>1,3	>0,6

Figura 12. Aglomerados de corcho. A la izquierda aglomerado de corcho composites. Fuente. Corcho24. A la derecha aglomerado expandido. Fuente Barnacork.

Relacionados con la construcción, y sobre todo con el urbanismo, se están utilizando *composites* de corcho para la fabricación de mobiliario urbano en línea con pavimentos, sobre todo en parques y a la puerta de edificios donde el aglomerado de corcho ya forma parte de su estructura, bien como recubrimiento o bien como pavimento.

Al mismo tiempo, la innovación en la industria está acercando el uso del corcho en la fabricación de pavimentos donde el peso es un factor determinante, como en vagones de trenes o en aeronáutica.

II. Textil

El corcho se ha viene usando en la industria de la moda y el textil des de hace siglos. Uno de los productos referentes en este campo son las suelas de corcho, tanto de corcho natural como aglomerados o tipo sándwich. Actualmente el corcho como solución textil, se puede encontrar como corcho natural, aglomerados o en combinación con otras fibras naturales. Llena un nicho de mercado muy amplio: calzado, marroquinería, muebles, tapizados, confección, esterillas para practicar deporte, encuadernación de cajas (Figura 13). Se pueden distinguir diferentes opciones entre ellas:

- **Coagulados:** corcho con algodón, poliéster o poliurentano gelificado para calzado y marroquinería

- **Tejidos:** laminas finas de corcho natural o aglomerado o en combinación sobre algodón o poliéster para confección de ropa, marroquinería o lámparas.

- **Impermeabilizado:** aglomerados de corcho compuestos con nylon para productos repelentes al agua.

Al igual que el cuero o la gamuza proporciona un aspecto sofisticado y un toque lujoso. El corcho es fácil de limpiar (simplemente limpiando con un paño húmedo) y es muy resistente al agua y a las manchas. Puede ser una solución *ecofriendly* para tejidos. A modo de detalle, Lady Gaga lució un vestido de corcho en 2014 tras un concierto en Lisboa.

Figura 13. Ejemplo de productos de corcho usado en diferentes aplicaciones textiles. Fuente: Articor.

III. Diseño: mobiliario, piezas de corcho

El corcho por su carácter natural y su versatilidad se ha usado como elemento decora-constructivo para varios diseños. Su principal producto es aglomerado de corcho compuesto acabado con distintas formas y relieves: desde soporte de una lámpara a pieza para un juguete infantil. Se puede combinar fácilmente con otros materiales como el caso de un sándwich. También se puede encontrar mobiliario de aglomerado de corcho expandido o utensilios de concina resistentes a la temperatura para cocinar con nitrógeno líquido. El último diseño del que hemos tenido constancia es un taburete hecho con madera y tapones de corcho reutilizados. Las contribuciones en este campo son múltiples y cada día aparecen nuevos diseños con

corcho. La conciencia hacia los materiales naturales tiene en este campo un nicho para explorar (Figura 14).

Figura 14. Ejemplo de productos de corcho usado en diferentes aplicaciones decorativas. Taburetes de corcho expandido. Fuente: AmorimShowroom. Salvamanteles flames. Fuente: LivingThinks. Lámpara con soporte de corcho: Cork J-M. Fuente: Eclipsi. Productos nitrocor. Fuente Bahí&Güell. Juguete. Fuente: Hory y taburete con tapones de ERA. Arquitectos.

IV. Tierras vegetales

La industria corchera genera gran cantidad de subproductos, algunos de los cuales son reutilizados por sí misma, pero hay otra parte que no. Este sería el caso de los granulados de alta densidad. Como se ha descrito al principio de este apartado los granulados de corcho blanco son los que se usan en la industria alimentaria. Para tener este uso pasan por distintos procesos y uno de ellos es la separación en mesas densimetricas. Los granulados de 150-250 kg/m^3 aproximadamente son considerados de alta densidad y no son aptos para entrar a la industria del

tapón ya que tienen gran parte leñosa, procedente de la espalda o el vientre del alcornoque. Estos granulados al ser más leñosos no conservan del todo las mismas propiedades del tejido suberoso. Su principal destino desde hace mucho tiempo ha sido las tierras vegetales por su contenido en lignina o incluso como suelos en los establos para mantener el confort del ganado.

V. Juntas antivibración , térmicas y expansión

Las juntas de corcho se han usado desde las primeras naves aeroespaciales en 1960 hasta en la punta de los misiles de la segunda guerra mundial para garantizar la estabilidad e impedir la detonación durante el traslado. Actualmente estas juntas están **claramente relacionadas con el apartado de *composites* de corcho**. La creación de nuevos materiales compuestos con corcho ha abierto una ventana de nuevas oportunidades para aplicaciones más específicas. Estos materiales compuestos exploran **la protección térmica y la capacidad de amortiguación del corcho**. Al mismo tiempo, **el bajo peso** del corcho hace que se pueda usar como junta sin aportar más peso en la estructura (Figura 15).

Se pueden encontrar como **materiales de sellados** en forma de **juntas blandas** específicamente diseñadas para **automoción** y en **naves aeroespaciales**. Se aplican en: el motor, los embalajes, las cubiertas o las estructuras. Incluso se han estudiado los *composites* de corcho en las defensas de los 4x4, para amortiguar el golpe.

Estas juntas también tienen un gran terreno de aplicación en la **construcción** como se ha dicho anteriormente. Son materiales especialmente diseñados para la estructura de grandes

rascacielos, para garantizar tanto aislamiento de vibraciones como proporcionar a la estructura cierta flexibilidad (con juntas) frente a terremotos o inclemencias climáticas. Se ha demostrado en algunos rascacielos de Japón que esta solución constructiva proporciona seguridad.

Otra aplicación de estos compuestos son las **vías férreas y los trenes**. Las vías deben soportar altos niveles de vibración, tensiones acumuladas, ruido y calor por la fricción sin perder su dinámica, rigidez o capacidad de carga. Actualmente se puede encontrar corcho tanto en las juntas de las vías como dentro de los convoyes de trenes bala.

Figura 15. Ejemplos de juntas de *composites* de corcho como juntas antivibración, térmicas y expansión. Fuente Amorim.

VI. Pesca

El corcho como elemento de pesca es probablemente la aplicación más antigua descrita para el material. Se han encontrado aparejos de pesca en China, Egipto, Babilonia o Persia datados de 3000 AC. Las células del corcho tienen un 90% de volumen celular ocupado por gas, por lo que el material presenta una densidad baja, que hace que flote en el agua. Por lo tanto, el corcho se ha usado como elemento de flotación des de tiempos ancestrales en redes, cañas, anzuelos, boyas… Actualmente se continúa usando para dichas aplicaciones pero en menor proporción ya que los elementos plásticos han sustituido el corcho en gran parte.

3.D. NUEVAS APLICACIONES

En los últimos años la versatilidad del corcho ha llevado a explorar nuevas aplicaciones o usos.

I. Farmacéutica y cosmética

El corcho y sus subproductos pueden ser una importante **fuente de múltiples compuestos bioactivos**, como ácido fenólico, terpenoides y taninos (Godoy, B. 2018). Estos bioactivos presentan una variedad de propiedades relevantes: **antioxidante, antiinflamatorias, anti-envejecimiento, actividad depurativa o captura de radicales libres**. De ese modo, el corcho puede ser utilizado como un ingrediente prometedor de la industria cosmética. De hecho ya hay algunos ejemplos del uso de corcho como tensor suavizante (SUBERLIFT), como aceite activo (DIAM OLÉOACTIF) o como exfoliante (ACTISCRUB)

(informe interno a ICSuro de CosmeticsInMind, 2018). Recientemente la empresa Biogründel ha desarrolado SUBERCHEM con la colaboración de Fundación Institut Català del Suro. SUBERCHEM es un extracto de corcho rico en polifenoles y obtenido mediante extracciones verdes (Green extractions). Los compuestos fenólicos son substancias con un creciente interés gracias a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antibacterianas, antialérgicas, anticancerígenas, antiinflamatorias, e incluso, algunas propiedades antisecretoras y antiulcerogénicas (Carriço, C. *et al* 2018). En este sentido, algunos estudios, se demuestra la alta actividad antibacteriana que presenta el corcho, reduciendo la actividad de bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* un 96,93% y 36% respectivamente (Goncalves,F. *et al*, 2016), y también se manifiesta que el corcho tiene un potencial antitumoral obtenidos por diferentes métodos de extracción en las células de leucemia promielocítica humana (Bejarano I. *et al*, 2015).

II. Depuración de aguas y sistemas vegetales

Diversos estudios han demostrado **el potencial del corcho para adsorber contaminantes** emergentes como, hidrocarburos aromáticos policíclicos(Olivella *et al.*., 2011a, 2011b, 2013a), fenantreno (Olivella *et al.*, 2013b), naranja de metilo (Krika and Benlahbib, 2015), ofloxacina (Crespo-Alonso *et al.*, 2013), Biphentrin (Domingues *et al.*, 2005) ibuprofeno, carbamazepino y ácido clofibrico (Dordio *et al.*, 2011), metales pesados (Pintor *et al.*, 2012), pesticidas (Jové P. *et al.* 2017).

Hoy en día, se está produciendo una importante aproximación entre la arquitectura y el medio ambiente debido a motivos

relacionados con la sostenibilidad, los elementos inclusivos, las ciudades verdes, la bioeconomía y la economía circular.

El funcionamiento de las **cubiertas verdes es mayoritariamente un sistema pasivo de ahorro energético,** gracias al aislamiento térmico que proporcionan el substrato y las plantas, la sombra que producen y el enfriamiento evaporativo que tiene lugar a consecuencia de la evapotranspiración de las plantas y el sustrato.

Si bien tradicionalmente se ha empleado la vegetación en arquitectura por motivos básicamente estéticos, actualmente se está justificando también su utilización para otros motivos de tipo funcional, económico y ecológico, entre otros. Un claro ejemplo sería su uso para potenciar el ahorro energético, la durabilidad de los materiales de las superficies exteriores, la mejora del clima urbano o bien el soporte de biodiversidad.

Fundamentalmente hay dos estrategias de integración de la vegetación en la arquitectura (Asociación Española de Cubiertas Verdes y Ajardinamientos Verticales: ASESCUVE), mediante: cubiertas verdes (techos vegetados o ajardinados horizontales) o fachadas verdes (ajardinados verticales wetland vertical).

Hay múltiples factores a tener en cuenta cuando se quiere diseñar un sistema vegetal vertical, uno de ellos es que la cubierta sea lo **más sostenible y eficiente** posible. En los últimos años se han usado distintas bases, soportes o elementos naturales, a parte de las propias plantas para el diseño y construcción de cubiertas verdes. De esta manera se han definido las llamadas **soluciones de base naturales** (NBS) (Castellar J.A.C., 2019), como herramienta inteligente de gestionar el urbanismo

clásico con la utilización de elementos naturales, entre ellos las cubiertas y fachadas verdes.

La utilización de subproducto de corcho para el tratamiento de contaminantes permite solucionar dos problemáticas: la gestión de la biomasa no gestionada de corcho y el deterioro de la calidad del agua.

Las cubiertas verdes ofrecen diversos beneficios en el ambiente urbano, pero necesitan un aporte de agua diario 0.5-20 L/m3 (DEPI, 2014) y esto hace que no sea una solución del todo óptima en climas secos (Prodanovic V .*et al* 2017). No obstante, el riego de cubiertas verdes con aguas grises o contaminadas ya se ha estudiado (Li *et al*. 2009). De este modo las cubiertas verdes se pueden convertir en una solución ambientalmente sostenible, barata y de tratamiento de aguas (Boyjoo *et al*., 2013; Vymazal, 2005).

Los estudios de otros sistemas de filtración con vegetación, como los biofiltros, han demostrado que los medios desempeñan un papel fundamental, ya que proporcionan el apoyo físico para las plantas y facilitan los procesos primarios de eliminación de contaminantes como sedimentos, fósforo y metales pesados (Bratieres *et al*., 2008). A diferencia de los biofiltros y humedales construidos, las cubiertas verdes necesitan una estructura de soporte más ligera que la comúnmente usada en los biofiltros como serían la grava o la arena. Los biofiltros generalmente se construyen con una zona saturada en la parte inferior del filtro, lo que aumenta el tiempo de retención de agua, permitiendo a las plantas más tiempo de contacto con el agua y el contaminante (Fowdar *et al*., 2017). Esta característica de diseño es difícil de implementar en estructuras verticales

como las fachadas verdes, debido al aumento de peso causado por el agua almacenada en la zona saturada. Por lo tanto, estas características hacen que los mecanismos de eliminación de las paredes verdes y los biofiltros deban entenderse de una forma distinta. El material de soporte, su capacidad de drenaje y porosidad son muy importantes para garantizar la viabilidad de la cubierta o la fachada verde.

En el proyecto GO SUBER se han estudiado distintos prototipos, centrados en los sistemas de vegetación vertical de edificios, ya que la verticalidad del sistema permite un riego y una recogida de aguas por capilaridad y facilita la gestión del prototípico, así como el estudio de la capacidad de bio-adsorción del sistema (Figura 16). En resumen, las aguas grises tienen más recorrido en el que ser filtradas.

Este sistema necesita disponer de un sustrato con capacidad filtrante para poder favorecer la biosorción, y que transcurra un determinado tiempo de contacto entre el agua y el sustrato. De este modo se plantea el prototipo que, según la clasificación anterior, se define como una pared viva con sistemas modulares o gaviones.

El ensayo se ha planteado como un estudio comparativo entre un sistema de gaviones con sustrato o medio filtrante comercial (turba, fibra de coco y perlita) y un sistema de gaviones con sustrato con granulado de corcho. Durante el proyecto GO SUBER se han monitorizado y estudiado distintos aspectos del sistema vegetal construido: porcentaje de corcho como sustrato, distintas especies vegetales, su germinación y su crecimiento, parámetros fisicoquímicos y descontaminación (biosorción). Los ensayos de descontaminación se están llevando a cabo estudiando la biosorción de hidrocarburos aromáticos

policialillos (HAP). Los HAP son una familia de distintos compuestos que se pueden encontrar fácilmente en aguas de escorrentía y sus concentraciones máximas en aguas de riego y bebida están legisladas. En la tesis doctoral de la doctora y Responsable de I+D+I de la Fundación Institut Català del Suro Patricia Jové, se concluye que las muestras de corcho estudiadas en su tesis tenían un proceso de sorción muy rápido: de dos minutos de contacto con más de 80% de adsorción y después de 20 minutos superaban valores de 96%.

Figura 16. Prototipo de sistema vegetado modular anclorado al suelo. Fuente: ICSuro.

Este prototipo de fachada verde también ha sido ensayado son soporte colgante, adherido mediante anclajes a una pared vertical de varios metros de altura, como se ve en la figura 17. Con este ensayo se ha querido probar la capacidad de alargar el tiempo de contacto de las aguas de riego con el sustrato de corcho. La posibilidad de colocar un tramo mayor de gaviones en cascada provoca que el agua tarde más tiempo en recorrer la estructura mientras cae por gravedad hacia el suelo. Al mismo tiempo se ensaya de manera real un aislamiento constructivo en la fachada de un edificio con uso, pudiendo comprobar las ventajas del uso del sustrato corcho ante el ruido y la temperatura. Aun así, no todo son bondades, y es lógico que los gaviones en serie generan un peso a considerar sobre la estructura del muro, de forma que los anclajes al mismo tienen que proporcionar un equilibrio entre ser capaces de soportar el peso y no afectar a la composición de la fachada, sin originar una posible vía de humedades.

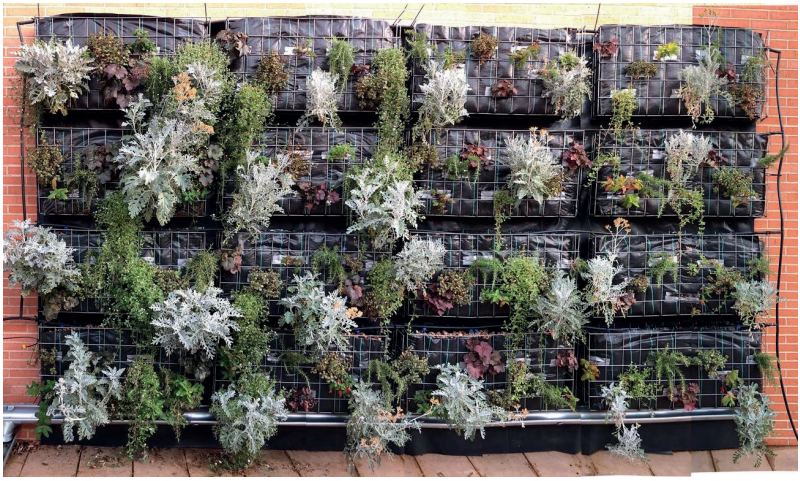


Figura 17. Prototipo de sistema vegetado modular ancorado a muro. Fuente: TREVINCA.

Por tanto, aunque las estructuras de gaviones han resultado muy interesantes en fachadas verdes soportadas en muro, hay que realizar un estudio exhaustivo sobre la construcción donde se va a instalar, y combinar el peso del jardín con la necesidad del tramo de filtrado.

Por último y aún en ensayo, es de gran interés el estudio de la capacidad de adsorción del granulado de corcho en este tipo de estructuras, para aguas grises contaminada no solo con hidrocarburos, sino también con otro tipo de sustancias como detergentes y sólidos en suspensión.

III. 3D y corcho: 3DCORK

En los últimos años la **fabricación aditiva (FA**) ha revolucionado la industria mundial. La FA es un proceso de fabricación de piezas y componentes por la adición de capas superpuestas de diferentes tipos de material. Esta tecnología da de un lado un prototipado rápido y por otro lado la producción de pequeñas series o lotes de productos tanto de geometría compleja como de medidas reducidas. La FA genera productos exclusivos de alta precisión que no pueden ser fabricados per ningún otro proceso.

La capacidad de generar cualquier objeto con impresión 3D hace prever que en pocos años se generalizará el uso de las impresoras 3D. Según *World Economic Forum* la FA es una de las 10 **tecnologías emergentes con más futuro.**

Hay una gran diversidad de polímeros, tanto plásticos como biopolimeros, que pueden ser usados en impresión 3D. Los biopolímeros son macromoléculas de origen orgánico

formados por la unión de moléculas más pequeñas. Incluso, han salido al mercado bobinas poliméricas que combinan una base plástica y un soporte vegetal. Las bobinas combinadas con madera, coco o fibras de carbono son ejemplos de dichas **bobinas duales** para la impresión 3D. En estos tres ejemplos se ha utilizado el àcido polilácttico como biopolímero de unión ya que es de fácil utilización, es de origen orgánico, es biodegradable y está bien caracterizado. A la versatilidad de este biopolímero se le adiciona las características fisicoquímicas del compuesto vegetal que se le adiciona, originando así, **un nuevo material de gran valor añadido**. La bobina de PLA-coco y Pla- madera son mezclas de 40% de partículas de coco y madera respectivamente trituradas unidas por el PLA. En el caso de la bobina de fibra de carboneo lleva un 15% de este compuesto.

El corcho tiene múltiples propiedades que pueden aportar valor añadido a la impresión 3D, originar un nuevo material que permite compartir directamente con productos con base plástica y reducir así el impacto ambiental. En 2016 ICSuro empezó un estudio para desarrollar un monofilamiento o bobina de PLA-corcho apto para la impresión 3D. Dos años más tarde se obtuvo el material **3DCORK, con base de PLA y un 20% de polvo de corcho** (Verdum, M. *et al* 2017). 3DCORK aparte de su uso como bobina de impresión 3D se puede usar en un sistema de fabricación estándar en moldes de inyección plástica. Para la fabricación de las bobinas de 3D, primero se debe realizar a mezcla, extruirla y bobinarla. Antes de bobinar se obtienen una granza, que se puede usar en inyección plástica. La inyección plástica permite fabricar piezas de una medida superior con alta precisión pero masivamente. Esta tecnología abre la puerta a la industria automovilística y/o mobiliaria. De hecho, en Portugal tanto desde la Universidad de Aveiro como

la empresa Amorim tienen diferentes materiales duales corcho-plástico que pueden ser usados en inyección.

Figura 18. Bobina de 3DCORK para impresión 3D: PLA con 20% de polvo de corcho. Fuente. ICSuro.

IV. Tapones reciclados

El tapón de corcho es el producto de más valorado que se extrae del corcho. Las iniciativas y directivas europeas, promueven tanto la cultura de las 5 erres (reducir, reparar, recuperar, reutilizar y reciclar) como la economía circular. **La huella de carbono de la fabricación de los tapones de corcho es negativa, es decir, un tapón de corcho fija más dióxido de carbono del que se emite al elaborarlo**. Por lo tanto, el tapón de corcho cumple con la conciencia medioambiental. Los tapones de corcho consumidos por el sector de la restauración, la hostelería y los particulares en el hogar terminan en la mayoría de los casos desechándose en la fracción común y en mayor proporción en la fracción e materia orgánica. Existe des del sector del corcho

y otros actores de la cadena de valor la inquietud para **promover el reciclaje y la reutilización de los tapones de corcho e impulsar canales de recogida que facilitadoras de la actividad de reciclaje.** Los tapones de corcho por su naturaleza podrían ser triturados y ser la materia prima de aglomerados de corcho aptos para uso no alimentario como: la construcción, textil, decorativo, etc (Figura 19).

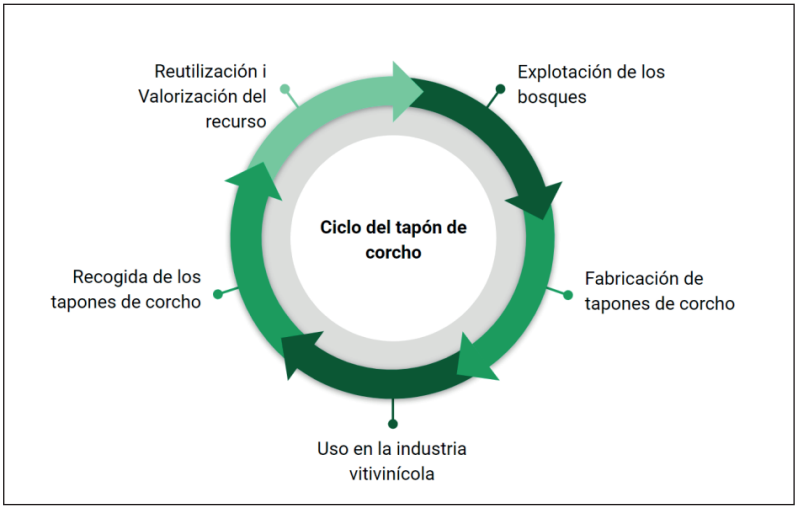


Figura 19. Diagrama de flujo del ciclo esperado del tapón de corcho. Fuente ICSuro

Actualmente hay algunas iniciativas que intentan promover la recogida y reutilización de corcho en distintos países: *Greencork* (Portugal), *Ecobouchon* (Francia), *Recork* (EEUU), *CampagneEtico* (Italia) y *Recycork* (Bélgica). Según nuestro conocimiento, actualmente no ya una iniciativa global de recogida de tapones en España que permita soportar una nueva vía de reciclaje, a parte de la que realizan algunas entidades de carácter social. Según una aproximación del Clúster del Sector

Vitivinícola de Català (INNOVI), la cantidad de tapones de corcho consumidos en Catalunya anualmente es de unos 300 millones de tapones. El proyecto LIFE ECORKWASTE aprobado en 2015 sobre la gestión integrada y sostenible de los residuos de corcho de la industria corchera, identificó en su plan de gestión que uno de los principales residuos no gestionados del sector son los tapones usados. Al conocer estas conclusiones la Fundación ICSuro participó en el estudio de la implantación de un sistema de retorno de tapones de corcho aprobado en 2017. Este proyecto concluyó que el sistema de retorno no era viable si no hay un destino claro del material.

La iniciativa de Recycork usa tapones de corcho usados triturados como alcorques de los árboles. Los municipios están implantando los alcorques para prevenir accidentes en la vía pública y permiten el drenaje. En Palafrugell se han hecho algunas pruebas con alcorques de triturados de tapones de corcho.

Figura 20. Alcorque de granulado de tapones de corcho utilizado. Fuente. ICSuro

También hay otras iniciativas particulares, como el caso de Manual Thinking Box. La propia empresa recoge tapones tanto en su sede como de la restauración de la zona. El Manual Thinking Box es un sistema de almacenamiento modular que consiste en una base (de aglomerado de corcho proveniente de tapones reciclados) fijada a la pared de corcho y una caja transparente que se aloja en la base.

Figura 21. Manual Thinking Box.
Fuente Manual Thinking.

V. Campos de futbol con corcho

Actualmente existen más de 50 marcas comerciales de césped con certificados por la FIFA con relleno de corcho. El relleno de corcho es el segundo más competitivo a nivel de precio entre las opciones disponibles en el mercado. Adicionalmente, su propuesta de valor es claramente diferente en términos ambiental y social y no tiene un mantenimiento diferente a los campos estándar.

La vida útil de **los rellenos de corcho en campos de césped** depende en gran medida del sistema completo y la calidad del corcho seleccionado. Sin embargo, los rellenos de corcho de alta calidad pueden tener una vida útil de aplicación de 10 años. El corcho únicamente tiene que triturarse y dependiendo de diferentes necesidades locales se han probado y certificado diferentes rellenos de corcho.

Los rellenos están compuestos de gránulos de corcho que miden entre 1 y 2 mm. Los sistemas están formados por diferentes capas: almohadilla de choque, respaldo secundario, respaldo primario, fibras y relleno de estabilización.

A diferencia de otras opciones sintéticas, los rellenos de corcho solo usan materiales **100% naturales** obtenidos de la corteza de corcho y se pueden comercializar libres de compuestos químicos según el Reglamento REACH. Además el corcho puede estar certificado FSC o PEFC validando su gestión forestal sostenible. No está de más valorar la posibilidad del reciclaje de tapones de corcho para este uso. Se estima que sólo en Cataluña acaban en depósitos controlados unas 500 toneladas de tapones de corcho que podrían ser triturados y valorizados en usos como el que se contempla en este informe favoreciendo la economía circular (Proyecto de fomento de la Economía Circular: Corkgesp. Aprovechamiento de tapones de corcho reciclado para campos de césped artificial (2018). Royalverd& Institut Català del Suro).

VI. Alimentación animal

Las micotoxinas pueden causar tanto en el hombre como en los animales, intoxicaciones agudas o crónicas con efectos teratogénicos, carcinogénicos y mutagénicos. Esto puede ser causado

por la ingesta directamente de alimentos contaminados por micotoxinas o bien por comer productos derivados de animales infectados por micotoxinas como puede ser la leche o la carne. Por eso motivo se usan absorbentes de microtoxinas en la alimentación destinada a los animales. Las arcillas son uno de los absorbentes más usados para este fin pero pueden provocar problemas de digestión (Pozas, R. y Abad, J. , 2010). Hay algunos estudios incipientes que apuntan en la posible aplicación del corcho como material adsorbente de estas micotoxinas. El corcho es un material que puede actuar como adsorbente de compuestos debido a su macroporosidad y los grupos funcionales presentes en la superficie (estudios internos de ICSuro).

Una preocupación de la acuicultura es mejorar la eficiencia económica y mantener la estabilidad del sistema, ambas esenciales para minimizar el riesgo que hay desde el punto de vista financiero y ambiental. Un factor clave para mantener las condiciones de producción estables en un circuito de recirculación es la eliminación efectiva de los desechos sólidos, es decir, las heces de los peces. Estudios demuestran que el aporte de gránulos de corcho a la alimentación de los peces provoca la creación de heces flotantes facilitando su eliminación y manteniendo estable al sistema. Además, se reducen las concentraciones amoniacales de agua, y el crecimiento, la supervivencia y la conversión alimentaria de los peces no se vieron afectadas (Unger J., *et al.* 2015)

VII. Nuevos embalajes

Se ha estudiado la posibilidad de incorporar granulado de corcho en la fabricación de envases tipo TetraPak. El principal problema encontrado al utilizar este embalaje durante largos periodos de tiempo es el control de humedad. La línea de investigación se basa en el control del contenido de agua (Lanca, M. C., *et al.* 2008)

Referencias Bibliográficas

Aronson I. M., Araújo A. R., Pires R. A., y Reis R. L. (2017) *Cork Current Technological Developments and Future Prespectives for this Natural, Renewable and dudtainable Material* ACS Sustainable Chem. Eng. 5, 11130-11146 DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b00751

Associação Portuguesa da Cortiça, *APCOR anuario*, 2018-2019

Bejarano, I., Godoy-Cancho, B., Franco, L., Martinez-Canas, M., & Tormo, M. A. (2015). Quercussuber L. cork extracts induce apoptosis in human myeloid leukaemia HL-60 cells. Phytotherapy Research, 29(8), 1180-1187. doi:10.1002/ptr.5364

Bratieres, K., Fletcher, T.D., Deletic, A., Zinger, Y., 2008. *Nutrient and sedimentremoval by stormwaterbiofilters: a large-scale design optimisationstudy.* Water Research 42, 3930–3940.

Boyjoo, Y., Pareek, V.K., Ang, M., 2013. *A review of greywater characteristics and treatment processes.* Water Science and Technology 67, 1403–1424

Carriço. C, Ribeiro H. M. y Marto J. (2018) Converting cork by-products to ecofriendly cork bioactive ingredients: Novel

pharmaceutical and cosmetics applications.Industrial Crops and ProductsVolume 125, 1 December 2018, Pages 72-84

Castellar J.A.C. , Formosa J., Fernandex A. I., Jové P. Gonzáles B., Morató J. Brix H., AriasC.A. *Cork as sustainable carbon source for nature-bases solutions trating hydroponic wastewaters-Preliminary batch studie*. Science of the Total Environment (2019) 650, 267-276.

Crang, S Lyons-Sobaski, R Wisev. *Plant Anatomy*. Springer. 2019

Crespo-Alonso,M., Nurchi, V.M., Biesuz, R., Alberti, G., Spano, N., Pilo, M.I., Sanna, G. (2013) *Biomass against emerging pollution in wastewater: Ability of cork for the removal of ofloxacin from aqueous solutions at different pH*.Journal of Environmental Chemical EngineeringVolume 1, Issue 4, December 2013, Pages 1199-1204https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.09.010

Domingues, V., Alves, A., Cabral, M., Delerue-Matos, C., 2005. *Sorption behaviour of bifenthrin on cork*. J. Chromatogr. 1069, 127–132.

Dordio, A.V.,Goncalves, P., Texeira, D., Candeias, A.J., Castanheiro, J.E., Pinto, A.P., Carvalho, A.J.P., 2011. *Pharmaceuticals sorption behaviour in granulated cork for the selection of a support matrix for a constructed wetlands system*. Int. J. Environ. Anal. Chem. 91, 615–631.

Fowdar, H.S.,Hatt, B.E., Breen, P., Cook, P.L.M., Deletic, A., 2017. *Designinglivingwallsforgreywatertreatment*. WaterResearch 110, 218–232.

Godoy Cancho,C. B. (2018) *Composición bioactiva de materiales lignocelulósicos: Determinación de compuestos fenólicos y elagitaninos con propiedades antioxidantes y anticancerígenas mediante técnicas analíticas diversas.* Universidad de Extremadura. Tesis doctoral

González Adrados, J.R., Sánchez González, M., 2019. "El corcho". En Ortuño Pérez, S. y González González, V., "La Estructura Económica del Sector Forestal de España 2000 -+ 2015". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid

Goncalves, F., Correia, P., Silva, S. P., & Almeida-Aguiar, C. (2016). Evaluation of antimicrobial properties of cork. FEMS Microbiology Letters, 363(3), fnv231. doi:10.1093/femsle/fnv231

Graça J, Pereira H (2004) *The periderm development in Quercussuber*. IAWA J 25(3):325–335

Jove P. (2015) Catracterització del suro i subproductes de la industria surera. Valoració d'aquestscom a biosorbentsd'hidrocarbursaromàticspolicíclics en aigüesd'escorrentia. 2015. Universitat de Girona. Tesi doctoral.

Jové P., Fiol N., Vilaescusa I., Verdum M., Aguilar L. Bosch C., Morató J. *The use of cork waste as a sorbent for pesticides and heavy metals generated during the wine manufacturing process* CSA2017 Materials Research Proceedings 3. 75-83

Knapic, S., Oliveira, V. Saporiti Machado, J. y Pereira H (2016) *Cork as a building material: a review* Eur. J. Wood Prod. DOI 10.1007/s00107-016-1076-4

Krika, F., Benlahbib, O. el F., 2015. *Removal of methyl orange from aqueous solution via adsorption on cork as a natural and low-coast adsorbent: equilibrium, kinetic and thermodynamic study of removal process.*Desalin. Water Treat. 53, 3711–3723.

Lanca, M. C., Brandt, M., Neagu, E. R., Silva, P. C., Gil, L., & Marat-Mendes, J. 2008, Charge transport and storage in cork/TetraPakreg composites: The influence of powder drying before composite manufacture. 13th International Symposium on Electrets, , 1 pp. doi:10.1109/ISE.2008.4814087

Li, Y. y Chen, B., *Phenanthrene sorption by fruit cuticles and potato periderm with different compositional characteristics,* J. Agric. Food. Chem. 2009, 57, 637-644.

LIFE 14 ENV/ES/460ECORKWASTE. Deliverable 15 Integrated waste management plan for cork industry. 2015-2018.

Marques AV, Pereira H (2013) *Lignin monomeric composition of corks from the barks of Betula pendula, Quercussuber and Quercuscerris determined by Py-GC-MS/FID*. J Anal ApplPyrolysis 100:88–94arques, A. V. y Pereira, H. 2013

Olivella,M.À.,Jové, P., Oliveras, A., 2011a. *The use of cork waste as a biosorbent for persistent*

organic pollutants-study of adsorption/desorption of polycyclic aromatic hydrocarbons.

J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng. 46, 824–832.

Olivella, M.À., Jové, P., Şen, A., Pereira, H., Villaescusa, I., Fiol, N., 2011b. *Sorption performance of Quercus cerris cork with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxicity testing*. Bioresources 6, 3363–3375.

Olivella, M.À., Fernández, I., Cano, L., Jové, P., Oliveras, A., 2013a. *Role of chemical components of cork on sorption of aqueous polycyclic aromatic hydrocarbons*. Int. J. Environ. Res. 7, 225–234.

Olivella, M.À.,Jové, P., Bianchi, A., Bazzicalupi, C., Cano, L., 2013b. *An integrated approach to understanding the sorption mechanism of phenanthrene by cork*. Chemosphere 90, 1939–1944.

Pereira H (2007) Cork: Biology. Production and Uses, Elsevier, Amsterdam

Pereira H (2013) *Variability of the chemical composition of cork*. BioResources 8(2):2246–2256

Pereira H (2015) The rationale behind cork properties: a review of structure and chemistry. Bioresources 10(3):6207–6229

Pintor, A.M.A., Ferreira, C.I.A., Pereira, J.C., Correia, P., Silva, S.P., Vilar, V.J.P., Botelho, C.M.S., Boaventura, R.A.R., 2012. *Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants: a review*. Water Res. 46, 3152–3166.

Pozas, R. y Abad, J. (2010) *Adsorción de micotoxinas presentes en los alimentos mediante biopolimeros.* UniveritatPolitècnica de Catalunya. Proyecto Final de Carrera

Prodanovic, V.,Hatt, B., McCarthy, D., Zhang, K., Deletic, A., 2017. *Green walls for greywater reuse: understanding the role of media on pollutant removal*. Ecol. Eng. 102, 625–635.

Remacha, A.(2008) *Tecnología del corcho.*Vision Libros Madrid ISBN: 978-84-9886-152-5.

Sánchez-González M., González-Adrados, J.R., Prades C. (2020) *Los productos forestales no madereros en España: Del monte a la industria: EL CORCHO pag 65 - 103. En Monografía INIA: Serie Forestal nº 31. 536 pag Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación. Mariola Sánchez-González, Rafael Calama, José Antonio Bonet* Editores). Madrid (España)

Santiago, R. (2013). *Estimación de la producción de corcho en las repoblaciones de alcornoque del período 1988 – 2012 en Extremadura*.http://riteca.gobex.es/descargas/descargar.php?id=318

Sierra, J. (2018) *The Introduction of eco-design for promoting the use of eco-materials:* the cork as building material. UniversitatAutonoma de Barcelona. Tesi doctoral.

Silva SP, Sabino MA, Fernandes EM, Correlo VM, Boesel LF, Reis RL (2005) Cork: properties, capabilities, and applications. Int Mater Rev 50(6):345–365

Unger, J., Schumann, M., & Brinker, A. (2015). Floating faeces for a cleaner fish production. Aquaculture Environment Interactions, 7(3), 223-238. doi:10.3354/aei00147

Vaz, M.F. y Fortes, M.A. (1998) *Friction properties of cork.* Journal of Materials Science, 33 (8), 2087-2093.

Verdum M., Sánchez C., Castro J., Lladó J., Jové P. *Revaluation of Catalan Low Quality Cork as Feedstock for the Additive 3D Printing Technology*, CSA2017 Materials Research Proceedings 3. 11-18

Vymazal, J., 2005. *Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment.* EcologicalEngineering 25, 478–490.

SUBER

MODERNIZACIÓN DEL DESCORCHE PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

Go Suber es una iniciativa cofinanciada al 80% por el Fondo FEADER con un montante total de ayuda de 532.954,36 euros y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), a través del Programa Nacional de Desarrollo Rural.