

Caracterización del crecimiento y de la calidad de corcho de los alcornocales del Noroeste de Argelia (región de Orán)

B. Dehane^{1,*}

(1) Departamento de Recursos Forestales, Facultad SNV-STU, Universidad Abu Bekr Belkaid Tlemcen-Argelia. BP.119. Rocade 2. Laboratorio n°31: Gestión de Conservación del Agua, Suelos y Bosques y Desarrollo Sostenible de las zonas montañosas de la región de Tlemcen.

* Autor de correspondencia: B. Dehane [belk_dahane@yahoo.fr]

> Recibido el 07 de agosto de 2018 - Aceptado el 16 de noviembre de 2018

Dehane, B. 2019. Caracterización del crecimiento y de la calidad de corcho de los alcornocales del Noroeste de Argelia (región de Orán). *Ecosistemas* 28(1): 97-105. Doi.: 10.7818/ECOS.1617

El crecimiento y la calidad de corcho han sido caracterizadas para ocho alcornocales de la región de producción de Orán (Noroeste, Argelia), mediante una toma de muestras de 30 árboles en cada poblamiento. De media, el calibre del corcho era de 26.50 mm, de los cuales el 44% del total pertenecían a las clases comerciales no aptas para el tapamiento. El crecimiento anual medio del corcho para un ciclo de producción de 10 años completos era de 2.43 mm. Para esta región el ciclo de producción de 12 años no está adaptado a los productos industriales de la materia prima. El aspecto del corcho está caracterizado por 11 alteraciones intrínsecas y extrínsecas. La densidad media del corcho es de 256.77 kg/m³ y la porosidad, medida por análisis de imagen, 4.63%. La calidad de corcho según las normas de IPROCOR sustituye el corcho delgado como producto más valorizado, destinado a la confección de discos. Esto es conforme al crecimiento lento del corcho en esta región.

Palabras clave: corcho; crecimiento; calidad; COVELESS

Dehane, B. 2019. Characterization of cork growth and quality from the cork oak stands of North-West Algeria (Oranie). *Ecosistemas* 28(1): 97-105 Doi.: 10.7818/ECOS.1617

Cork growth and quality were characterized in eight cork oak stands within the production area of Oranie (North-West, Algeria), based on a field sampling on 30 trees/stand. Cork thickness was on average 26.50 mm, with 44% of the samples in the commercial classes not suitable for production of stoppers. The annual average cork growth for a production cycle with 10 complete growth years was 2.43 mm. For this region, a production cycle of 12 years is not adequate for raw-material industrial requirements. The appearance of cork is characterized by 12 intrinsic and extrinsic defects. The average density of cork is 256.77 kg/m³ and the porosity, measured by image analysis, 4.6%. The quality of cork according to the IPROCOR standards substitutes the thin cork as the most valued product, intended for the manufacture of the washers. This is in conformity with the cork slow growth in this region.

Key words: cork; growth; quality; COVELESS

Introducción

El corcho es un producto forestal no leñoso, típico de la cuenca mediterránea oeste y de los países de la costa atlántica de la Europa del sur (en latitudes entre 34°N y 40°N). Se extrae periódicamente de la corteza del alcornoque (*Quercus suber* L.). Éste último ocupa actualmente cerca de 2 millones de hectáreas (CIPS 2006). El perfil siempre rentable de esta materia renovable, la sitúa en la cumbre del escenario del bosque mediterráneo. Utilizando únicamente 20% de materia prima, genera más del 80% de los ingresos por la producción de tapones naturales que constituyen al mismo tiempo la columna vertebral de la economía forestal a base de alcornoque (Varela 2000). Las propiedades físico-mecánicas y también químicas del corcho han atraído la atención hace mucho tiempo. El corcho se utiliza en diversas aplicaciones, que van desde la producción de objetos flotantes a materiales de aislamiento, pasando por tecnologías ligadas a la absorción de energía espacial.

Recientemente la utilización del corcho como biosorbente ha sido estudiado igualmente en relación con los metales pesados (Chubar et al. 2004), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Olivella et al. 2011) y el petróleo (Pintor et al. 2013). El mercado de productos de corcho se estima alrededor de 1.000 millones de dólares americanos por año (Gonçalves 2000). El crecimiento anual del corcho en árbol es una operación fisiológica que coincide con la actividad del felógeno entre el mes de marzo y de octubre del año vegetativo (Natividade 1956). El corcho es un producto natural que se valoriza según su calibre y su aspecto. En el curso del proceso de su formación, las perturbaciones que tienen lugar afectan tanto a su crecimiento como su color, textura, densidad y la frecuencia de su porosidad. Estas alteraciones pueden limitar las aplicaciones del producto porque son consideradas como defectos, de ahí que el concepto de calidad sea difícil de definir (Carrasquinho 1987; Molinas y Campos 1993). La mejor calidad de corcho se traduce en homogeneidad y limpieza, la presencia de defectos deteriora su calidad y lo vuelven inadecuado para la fabricación de tapones (Benkirane et al. 2001).

Según las normas de IPROCOR, las planchas de corcho se clasifican comercialmente por observación visual en 9 clases de calidad ampliada (1ª a 9ª) donde intervienen dos atributos: el calibre de la pieza expresada en número de líneas (una línea corresponde a 2.25 mm.) y el aspecto (determinado por la presencia de alteraciones). La clasificación puede hacerse también en 5 clases resumidas: taponable, flaco, delgado, grueso y refugio (IPROCOR 1994).

Esta forma de apreciación de la calidad de corcho es subjetiva y sólo los profesionales del corcho que, por su contacto permanente con el producto, están capacitados para identificar las variables que permiten especificar la calidad. Ello conduce a utilizar métodos de muestreo en los que se toman muestras de corcho de varios árboles para permitir una evaluación de la producción. Recientemente la aplicación de la visión artificial ha permitido la puesta en marcha de varios sistemas de detección de defectos, de cuantificación de la porosidad y de la clasificación de la calidad de corcho tales como el análisis de imágenes digitales y la utilización de instrumentos para el análisis de la calidad de corcho, directamente en árbol (COVELESS CQ05) (IPROCOR 2006; Costa y Pereira 2005).

Actualmente en Argelia, los mecanismos de análisis de la tecnología del corcho han quedado anacrónicos. Efectivamente los alcornoques del extremo noroeste de Argelia (llamados “región de Orán”) están abandonados sin gestión y ordenación apropiadas. El corcho se comercializa sin el conocimiento perfecto de sus aptitudes tecnológicas que definen su precio en el mercado de corcho. Desde las descripciones sumarias de ciertos autores franceses, tales como Lamey (1893), Saccardy (1937) y Boudy (1950), el crecimiento y la calidad de corcho de la región de Orán no han sido nunca objeto de un análisis científico propiamente dicho. El objeto de este trabajo es reforzar los conocimientos sobre el corcho argelino que son mal percibidos en la literatura del alcornoque. Es necesario analizar su crecimiento y su calidad en ocho zonas de producción según una aproximación tecnológica típica del corcho, utilizando ciertas técnicas tales como el COVELESS CQ05 y el análisis de imágenes digitales.

Materiales y métodos

El muestreo que ha servido de base a este estudio se realizó en 2017, en ocho alcornoques en plena producción de la región de Orán. Las muestras se han extraído de árboles a lo largo de una banda costera de 180 km y una incursión de 100 km en el noroeste argelino. En la región de Orán, el alcornoque está menos presente, muy aislado en el litoral y la zona montañosa occidental (18 000 Ha). Las poblaciones seleccionadas han sido codificadas y localizadas en Hafir (HA), Zariéffet (ZA), M'Sila (MS), Beni Ouarsous (BO), Ami Moussa (AM), Bissa (BI) y Tagdempt (TA). El terreno de la zona de estudio presenta una sucesión de líneas de crestas y

bajos fondos con diversas orientaciones de las cuales las pendientes medias varían del 4% al 30%. La altitud más baja es de 350 m. (MS) y la más elevada de 1300 m. (HA).

El sustrato dominante en estos bosques es de dos tipos: areniscas Secuanianas que datan del Jurásico Superior, constituido en su mayoría por aluviones (HA, Zariéffet, Tagdempt, Nesmoth y Ami Moussa) y esquistos recubiertos por depósitos marinos (MS, BO y BI) (Benest 1985). Estos alcornoques disfrutan de un clima mediterráneo variado: subhúmedo para los bosques HA y ZA et semiárido para los otros. El muestreo se ha realizado de una forma aleatoria por itinerario, según las recomendaciones de IPROCOR para toma de muestras en árbol (Santiago Beltrán 2015). Esta elección está justificada por el número reducido de árboles en plena producción (<15 árboles/Ha.). El muestreo sigue una línea en zigzag sobre la cual los árboles – muestra se marcan a distancias regulares; esta distancia depende de los árboles a descorchar. Se traza con tiza un cuadrado de 20 x 20cm² (llamado «cala») sobre el tronco de cada árbol-muestra, a 1.30 m. del suelo y a continuación se sondea instantáneamente con el COVELESS CQ05 para validar la calidad de corcho (Fig.1a). A continuación el cuadrado trazado con tiza es extraído cuidadosamente sin dañar la capa madre del alcornoque (Fig.1b). El muestreo se realiza sobre 30 alcornoques en cada bosque. Los árboles tienen la misma edad del corcho y han sido descorchados el mismo número de ocasiones.

En el laboratorio las muestras son cocidas en agua hirviendo durante 1 hora, siguiendo la práctica industrial de preparación de corcho. Las planchas, numeradas y etiquetadas de nuevo, son secadas al aire libre hasta que alcanzan la humedad de equilibrio del 7%. A continuación, las calas son sometidas a un ligero lijado (secciones transversales y radiales) para hacer más visibles los crecimientos anuales, y después una limpieza con aire comprimido.

Los anillos de crecimiento se marcan con bolígrafo fino utilizando la lupa de Lintab 05 dotada de un micrómetro graduado de 1/1000 mm. (Dehane 2012). El conteo de crecimientos completos e incompletos en cada cala nos ha permitido identificar la edad del corcho, y por consecuencia utilizar todas las muestras (240 planchas). Los datos suministrados por el COVELESS, a saber, el calibre total de cada cala (expresado en líneas de 2.25 mm.) y su clase de aspecto, son ordenadas en clases de calidad ampliada (9 clases) y simplificada (5 clases) según las normas de IPROCOR (2006). Para una mejor validación de estas clases de calidad (realizadas por el COVELESS) las muestras han sido sometidas a un segundo análisis qué se hace sobre la identificación de las alteraciones del corcho, la cuantificación de la porosidad y la densidad. Las anomalías del corcho en plancha (norma ISO DIS 633:2007 (BSI 2008), su frecuencia relativa y absoluta son identificadas según el método desarrollado por García de Ceca (2001) asignando a cada anomalía un valor 0 (nulo), 1 (moderado) o 2 (grave). La porosidad de la sección transversal es medida por



Figura1. Metodología aplicada para la toma de muestras de corcho; **a)** sondeo con COVELESS; **b)** extracción de la cala.

Figure1. Applied methodology for taking samples of cork; **a)** probing with COVELESS; **b)** cala extraction.

análisis de imágenes escaneadas y cuantificadas por el programa gratuito "Image J". Los poros tienen un color más oscuro que la masa de corcho y pueden ser delimitados como objetos en la imagen (Pereira et al. 1996). La espalda del corcho ha sido eliminada de la imagen antes de su manipulación para que no sea considerada como un objeto debido a su color oscuro (Fig. 2).

Además, se determinan la densidad y la productividad del corcho por unidad de superficie generatriz (Kg m^{-2} y Kg m^{-3}), cada muestra es medida por un pie de líneas digital y después pesada en una balanza de precisión (0.01 g. aproximadamente) (González Hernández et al. 2000). Para una mejor validación de las clases de calidad obtenidas por el COVELESS CQ05, solo las medidas de porosidad y densidad de las muestras se superponen a las clases industriales de calidad simplificada. La distribución de anomalías por clase de calidad ampliada y simplificada será objeto de otro estudio complementario. El conjunto de tests estadísticos han sido realizados con la ayuda del programa IBM SPSS Statistics 21.

Resultados

Crecimiento y producción de corcho

La caracterización general del crecimiento del corcho de los ocho alcornocales muestreados se presenta en las tablas 1, 2 y 3.

Según la tabla 1, el calibre medio de las muestras es del orden de 26.50 mm, lo que la sitúa como no aptas para fabricar tapones naturales de 24 mm (sí se podrían fabricar tapones naturales de 21mm). La producción media por metro cuadrado de superficie generatriz es de 5.91 kg/m^2 , la más elevada caracteriza las muestras de MS (6.92 kg/m^2) y la más pequeña, los de ZA (5.20 kg/m^2).

La repartición de muestras por clases de calibre comercial evidencia que el 44% de las planchas están por debajo del calibre admisible para producción de tapones naturales de 24 y 21 mm. (corcho delgado: $<24.75 \text{ mm}$.) y deben orientarse hacia la producción de discos o arandelas para tapones (Tabla 2). Esta situación es muy frecuente en los alcornocales ZA (73%), AM (60%) y BO

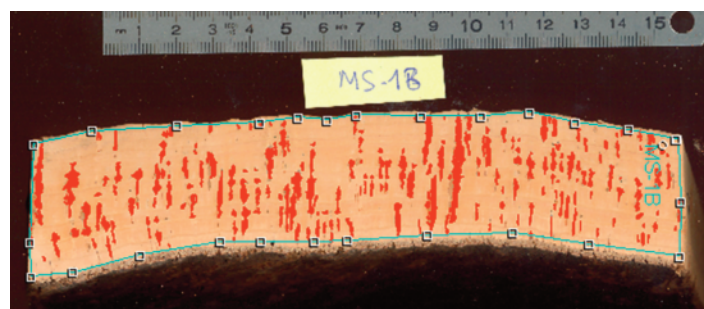


Figura 2. Cuantificación de la porosidad por el método de análisis de imagen.

Figure 2. Quantification of the porosity by the method of image analysis.

(63%). Al contrario, solamente el 2% de muestras son corcho grueso (calibre $>42.75 \text{ mm}$) susceptible de producir tapones naturales pero con mucho desperdicio. Las mejores clases, que permiten una perforación adecuada ($\varnothing=24 \text{ mm}$) sin mucho desperdicio ($29.75\text{-}33.75 \text{ mm}$ y $33.75\text{-}42.75 \text{ mm}$) sólo constituyen respectivamente el 8 y el 11% del total. Esta última configuración sólo está presente en el alcornocal MS (20%).

Los resultados de la tabla 3 ponen en evidencia un crecimiento anual muy marcado en el interior del ciclo para las ocho zonas de producción. Para un ciclo de 10 años completos, el crecimiento anual medio del corcho en esta región es de 2.43 mm/año . Los cuatro primeros crecimientos representan de media cerca del 45% del total del ciclo. El crecimiento es más grande el año que sigue al descorche y disminuye más o menos regularmente durante el ciclo de producción (Fig. 3).

Tabla 1. Características productivas de las muestras. Media de 30 árboles en cada alcornocal; entre paréntesis, la desviación típica.

Table 1. Productive characteristics of the samples. Average of 30 trees for each forest; in parentheses the standard deviation.

	HA	ZA	AM	TA	NE	MS	BO	BI	Promedio
Espesor total (mm)	27.47 (4.32)	23.34 (3.01)	24.40 (4.19)	28.10 (5.70)	26.33 (4.44)	32.21 (8.07)	24.45 (4.32)	25.70 (3.64)	26.50 (5.61)
productividad (kg/m^2)	6.22 (0.5)	6.22 (0.58)	5.86 (0.78)	6.20 (0.59)	5.77 (0.87)	6.92 (0.55)	5.30 (0.63)	5.77 (0.87)	5.91 (0.66)
Edad del corcho (años)	12	12	12	12	12	12	12	12	

Tabla 2. Distribución de la muestra por clases comerciales de calibre, en un ciclo de producción de 10 años de crecimiento completo. En % del total.

Table 2. Distribution of samples by commercial classes thickness, in a production cycle of 10 years of complete growth. Percentage of total amount.

Clases de calibre	HA	ZA	AM	TA	NE	MS	BO	BI	(%)
$>42.75 \text{ mm}$	0	0	0	3	0	13	0	0	2
$33.75\text{-}42.75 \text{ mm}$	13	0	3	10	13	20	3	0	8
$29.75\text{-}33.75 \text{ mm}$	17	3	10	17	3	13	10	13	11
$24.75\text{-}29.75 \text{ mm}$	33	23	27	43	43	33	23	50	35
$<24.75 \text{ mm}$	37	73	60	27	40	20	63	37	44

Tabla 3. Crecimientos medios anuales, en un ciclo de producción de 10 años de crecimiento completo. Promedio de 300 crecimientos para cada alcornocal; entre paréntesis, la desviación típica.

Table 3. Annual rings widths, in a production cycle of 10 years of complete growth. Average of 300 rings for each forest; in parentheses the standard deviation.

	HA	ZA	AM	TA	NE	MS	BI	BO	Promedio
Crecimiento medio, mm / año									
	2.54 (0.27)	2.15 (0.34)	2.21 (0.35)	2.58 (0.29)	2.38 (0.32)	3.05 (0.58)	2.29 (0.39)	2.22 (0.26)	2.43 (0.46)
Crecimiento anual, mm / año									
1º año	2.84 (0.11)	2.66 (0.11)	2.70 (0.11)	3.01 (0.11)	2.85 (0.11)	3.67 (0.34)	2.85 (0.11)	2.56 (0.12)	2.89 (0.34)
2º año	2.81 (0.11)	2.56 (0.12)	2.46 (0.13)	2.88 (0.11)	2.75 (0.11)	3.51 (0.31)	2.65 (0.11)	2.46 (0.13)	2.76 (0.34)
3º año	2.77 (0.11)	2.42 (0.14)	2.4 (0.13)	2.81 (0.11)	2.66 (0.12)	3.41 (0.30)	2.65 (0.11)	2.41 (0.13)	2.69 (0.33)
4º año	2.69 (0.11)	2.27 (0.16)	2.36 (0.14)	2.70 (0.11)	2.56 (0.12)	3.36 (0.29)	2.51 (0.11)	2.38 (0.13)	2.61 (0.34)
5º año	2.64 (0.12)	2.22 (0.16)	2.32 (0.15)	2.69 (0.11)	2.49 (0.13)	3.11 (0.30)	2.46 (0.12)	2.36 (0.14)	2.54 (0.28)
6º año	2.55 (0.12)	2.15 (0.16)	2.27 (0.15)	2.65 (0.11)	2.37 (0.14)	2.89 (0.31)	2.41 (0.13)	2.31 (0.15)	2.45 (0.24)
7º año	2.49 (0.13)	1.89 (0.21)	2.03 (0.19)	2.51 (0.12)	2.27 (0.14)	2.73 (0.32)	2.03 (0.13)	2.17 (0.17)	2.26 (0.29)
8º año	2.37 (0.15)	1.86 (0.20)	1.88 (0.21)	2.41 (0.13)	2.22 (0.16)	2.52 (0.34)	2.07 (0.19)	2.10 (0.15)	2.19 (0.24)
9º año	2.22 (0.15)	1.83 (0.22)	1.83 (0.22)	2.17 (0.17)	2.03 (0.19)	2.47 (0.34)	1.83 (0.22)	1.88 (0.21)	2.0 (0.23)
10º año	2.11 (0.17)	1.74 (0.23)	1.83 (0.22)	2.12 (0.17)	1.84 (0.22)	2.41 (0.33)	1.88 (0.21)	1.80 (0.19)	1.97 (0.23)

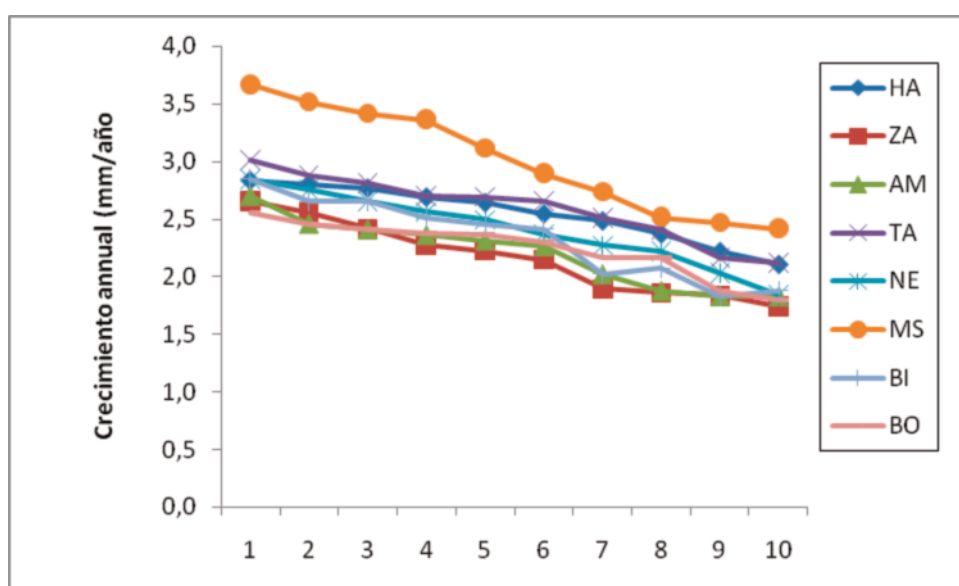


Figura 3. Variación anual del crecimiento del corcho (10 años de crecimiento completo).

Figure 3. Annual variation of cork growth (10 years of complete growth).

Calidad de corcho

En todos los alcornoques hay árboles que producen un corcho de buena o mala calidad. La tabla pone en relieve una variabilidad entre las clases de calidad en el seno de la misma zona de producción y entre alcornoques. Según las normas de IPROCOR, la clasificación ampliada de 9 clases de calidad evidencia una dominancia de corcho delgado (11 abajo, 4ª arriba) del orden del 31%, destinado a la confección de arandelas y papel. El refugio (no taponable) destinado a trituración representa el 23% de muestras. Estas dos clases son muy frecuentes respectivamente en los alcornoques BO y AM (50 y 43%); ZA, HA y MS (40 et 30%) (Tabla 4).

En términos de clasificación resumida que hace referencia a los grandes destinos industriales de las muestras, constatamos que el corcho taponable sólo constituye el 13% del total, reagrupando las calas que generan tapones naturales de buena calidad o rasa (11-13 5ª arriba; 13-15 5ª arriba; 15-19 5ª arriba) (Tabla 5).

La segunda clase que define el corcho flaco (11-13.6ª ; 13-15.6ª ; 15-19.6ª), totaliza el 32% y sólo incluye las calas destinadas a producir tapones naturales pero con trabajos suplementarios de colmatado de poros y defectos. La tercera clase, con un 1% solamente, incluye el corcho grueso (19 arriba 6ª arriba), reservado a la fabricación de tapones especiales para garrafas o tapones para la industria química. La primera categoría caracteriza los alcornoques MS (23%), TA (20%) y HA (17%). Por el contrario, la segunda categoría singulariza los alcornoques NE (47%), BI (47%) y TA (37%) (Tabla 5).

Identificación de anomalías del corcho

Una plancha de corcho nunca está exenta de defectos y sólo raramente contiene una única alteración, y con frecuencia una amalgama de imperfecciones. El análisis descriptivo de la frecuencia de las anomalías nos ha permitido detectar visualmente 11 tipos de defectos además de la cuantificación de la porosidad y de la densidad (Tablas 6 y 7).

Tabla 4. Promedios absolutos y relativos de clases de calidad ampliada.

Table 4. Absolute and relative averages of extended quality classes.

Nº	Clases de calidad	HA	ZA	AM	TA	NE	MS	BO	BI	Media absoluta	Media relativa
1	19 arriba 6ª arriba	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.00	3	0.01
2	15-19 5ª arriba	0.07	0.00	0.03	0.07	0.07	0.10	0.03	0.00	10	0.04
3	15-19 6ª	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	5	0.02
4	13-15 5ª arriba	0.07	0.03	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.07	8	0.03
5	13-15 6ª	0.03	0.00	0.10	0.07	0.00	0.13	0.03	0.07	13	0.05
6	11-13 5ª arriba	0.20	0.20	0.10	0.07	0.10	0.00	0.07	0.13	26	0.11
7	11-13 6ª	0.10	0.00	0.17	0.30	0.30	0.17	0.17	0.33	46	0.19
8	11 abajo 4ª arriba	0.20	0.37	0.43	0.27	0.27	0.17	0.50	0.27	74	0.31
9	Refugio	0.30	0.40	0.17	0.13	0.17	0.30	0.23	0.13	55	0.23

Tabla 5. Promedios absolutos y relativos de las clases de calidad resumida.

Table 5. Absolute and relative averages of the summarized quality classes.

N de clases	Calidad	HA	ZA	AM	TA	NE	MS	BO	BI	Media absoluta	Media relativa
1	Enrasado	0.17	0.03	0.13	0.20	0.10	0.23	0.07	0.13	32	0.13
2	Flaco	0.33	0.20	0.27	0.37	0.47	0.23	0.20	0.47	76	0.32
3	Delgado	0.20	0.37	0.43	0.27	0.27	0.17	0.50	0.27	74	0.31
4	Grueso	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.00	3	0.01
5	Refugio	0.30	0.40	0.17	0.13	0.13	0.30	0.23	0.17	55	0.23

Tabla 6. Frecuencias relativas de las anomalías.

Table 6. Relative frequencies of anomalies.

	Frecuencias relativas																							
Grados	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Zonas	HA			ZA			AM			TA			NE			MS			BO			BI		
Defecto de barriga	0.33	0.58	0.08	0.32	0.58	0.1	0.37	0.43	0.2	0.29	0.48	0.23	0.46	0.42	0.13	0.25	0.54	0.21	0.21	0.5	0.29	0.25	0.54	0.21
Raspa	0.17	0.67	0.17	0.12	0.68	0.45	0.13	0.33	0.54	0.17	0.25	0.58	0.17	0.38	0.46	0.58	0.33	0.08	0.37	0.5	0.13	0.67	0.23	0.1
Poros maderoso	0.33	0.46	0.21	0.32	0.43	0.55	0.08	0.46	0.46	0.1	0.5	0.4	0.1	0.55	0.35	0.55	0.25	0.20	0.09	0.5	0.41	0.5	0.33	0.17
Exfoliación	0.13	0.4	0.47	0.15	0.60	0.25	0.10	0.5	0.25	0.13	0.46	0.42	0.27	0.53	0.21	0.85	0.11	0.04	0.17	0.5	0.33	0.4	0.33	0.27
Poros terrosos	0.79	0.21	0	0.87	0.13	0	0.67	0.33	0	0.72	0.28	0	0.63	0.38	0	0.46	0.54	0	0.75	0.25	0	0.5	0.5	0
Mancha amarilla	0.83	0.17	0	0.92	0.08	0	0.92	0.08	0	0.83	0.17	0	0.79	0.21	0	0.58	0.42	0	0.67	0.33	0	0.67	0.33	0
Otras manchas	0.5	0.17	0.33	0.52	0.08	0.4	0.5	0.42	0.08	0.33	0.5	0.17	0.54	0.33	0.13	0.33	0.42	0.25	0.63	0.33	0.04	0.54	0.33	0.13
Flojera	0.46	0.42	0.13	0.47	0.38	0.15	0.63	0.33	0.04	0.25	0.46	0.29	0.54	0.38	0.08	0.25	0.42	0.33	0.42	0.5	0.08	0.17	0.33	0.5
Defecto de espalda	0.5	0.29	0.21	0.52	0.23	0.25	0.5	0.25	0.25	0.42	0.38	0.21	0.46	0.17	0.38	0.25	0.54	0.21	0.25	0.42	0.33	0.17	0.58	0.25
Hormiga	0.25	0.63	0.13	0.22	0.63	0.15	0.38	0.42	0.17	0.48	0.33	0.18	0.42	0.33	0.25	0.38	0.46	0.08	0.5	0.38	0.13	0.46	0.42	0.13
Corcho verde	0.63	0.38	0.04	0.67	0.33	0.05	0.47	0.33	0.2	0.5	0.33	0.17	0.48	0.34	0.18	0.33	0.5	0.17	0.33	0.46	0.21	0.23	0.46	0.32

De la **tabla 6**, podemos deducir que la ocurrencia relativa de los defectos varía de una zona de producción a otra. Las frecuencias de los defectos de poro terroso y de mancha amarilla están ausentes en el grado 2. Las anomalías de poro maderoso (lignificación vertical y horizontal) y de exfoliación son casi omnipresentes ya sea en grado 1 o 2. Estas dos imperfecciones están muy marcadas en ZA, AM y BO. A título indicativo, para el alcornocal ZA, la anomalía de poro maderoso, alcanza los valores de 43% (grado 1) a 55% (grado 2) (**Fig. 4**).

Medida de la porosidad y de la densidad

La porosidad medida en todas las muestras (**Tabla 7**) confirma la gran variabilidad de la calidad de corcho entre alcornocales y entre árboles del mismo alcornocal con coeficientes de variación que oscilan entre 46.33% (alcornocal AM) al 76.07% (alcornocal ZA).

El coeficiente de porosidad media es del 4.63%, oscilando entre un mínimo del 0.5% y un máximo del 20%. La porosidad media baja varía del 1.11% (HA) al 1.29% (TA) mientras que la porosidad media excesiva oscila entre el 7.50% (BO) y el 13.10% (MS). Hay

diferencias estadísticamente muy significativas ($P < 0.001$) entre las ocho zonas de producción y para los cuatro tipos de porosidad.

La densidad media del corcho es de 256.77 kg/m³, variando entre un mínimo de 101 kg/m³ y un máximo de 415 kg/m³. La densidad media más baja particulariza las calas de MS (112.21 kg/m³) y la más alta las de AM (350.87 kg/m³) (**Tabla 7**). Hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.001$) entre los ocho alcornocales y para los cuatro tipos de densidad.

La superposición de clases de calidad simplificada suministrada por el COVELESS, con valores medios de coeficientes de porosidad y de densidad están mencionados en la **tabla 8**.

Si nos fijamos en la **tabla 8**, se observa que la porosidad y la densidad son proporcionales a las clases de calidad ($r=0.70$ et $r=0.50$). A título indicativo, el corcho taponable de buena calidad (11-13 5ª arriba; 13-15 5ª arriba; 15-19 5ª arriba) se inscriben entre los límites que van de 1.3 a 3.2 % para la porosidad y de 136 a 157 kg/m³ para la densidad. En el mismo contexto, para el refugio, esas horquillas oscilan entre el 6.3 y el 13.3% para la porosidad y entre 253 y 366 kg/m³ para la densidad (**Figs. 5 y 6**).

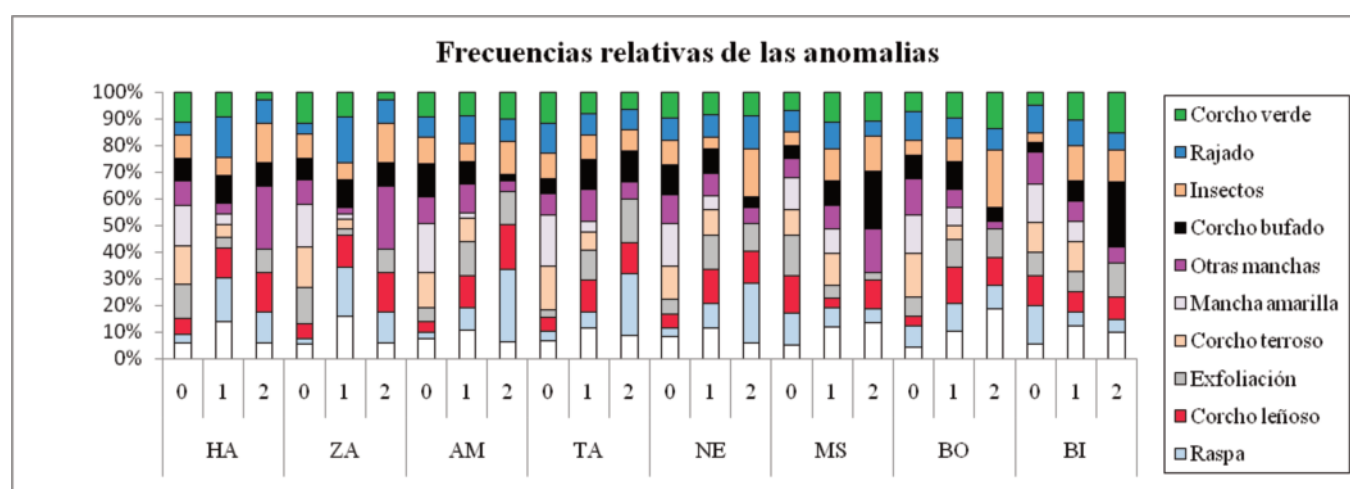


Figura 4. Frecuencia de defectos del corcho según tres grados de presencia (0, 1 y 2).

Figure 4. Frequency of cork defects according to three degrees of presence (0, 1 and 2).

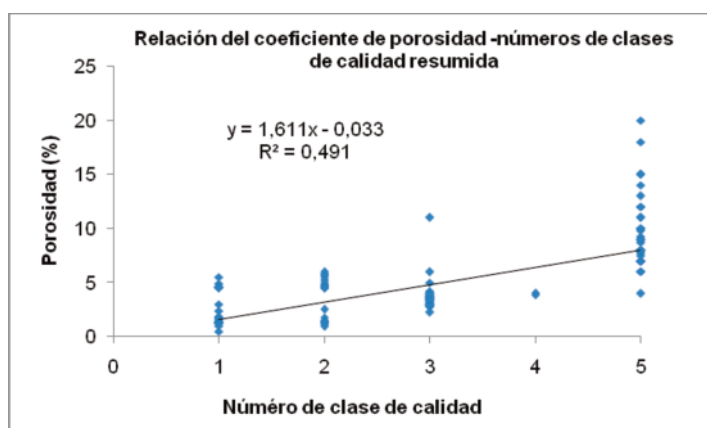
Tabla 7. Valores medios de porosidad y densidad de los ocho alcornocales estudiados.

Table 7. Average values of porosity and density of the eight cork oak forests

	Porosidad (%)					Densidad (kg/m ³)				
	CP<1.5 Baja	1.5<CP<4 Aceptable	4<CP<6 Fuerte	>6 Excesiva	Promedio	<150 Baja	150-250 Aceptable	250-300 Fuerte	>300 Excesiva	Promedio
HA	1.11 (0.35)	2.65 (0.54)	4.75 (0.61)	7.62 (1.06)	4.14 (2.15)	134.30 (10.04)	186.03 (21.27)	256.92 (1.76)	333.58 (21.27)	236.86 (84.14)
ZA	1.29 (0.16)	3.32 (0.44)	5.5 (0.70)	8.18 (1.77)	4.76 (3.05)	125.00 (7.07)	197.13 (36.24)	255.40 (0.71)	345.21 (27.25)	304.80 (76.88)
AM	1.27 (0.6)	3.33 (0.34)	4.66 (0.50)	7.80 (0.72)	4.05 (1.87)	144.07 (6.17)	190.17 (29.02)	253.33 (5.77)	350.87 (33.53)	289.83 (84.55)
NE	1.13 (0.15)	3.08 (0.66)	5.13 (0.55)	9.40 (1.14)	4.63 (2.68)	139.85 (5.19)	208.18 (24.56)	257.50 (5.00)	339.77 (23.67)	256.01 (79.53)
TA	1.28 (0.65)	3.53 (0.37)	4.70 (0.45)	8.66 (2.25)	4.20 (2.32)	129.68 (16.87)	186.58 (27.27)	254.28 (5.34)	333.45 (28.77)	230.16 (78.87)
MS	1.25 (0.8)	3.45 (0.44)	4.63 (0.31)	13.10 (4.06)	6.88 (5.11)	112.21 (9.64)	196.68 (35.05)	251.10 (0.24)	324.98 (17.14)	189.26 (74.07)
BO	1.21 (0.2)	2.99 (0.38)	4.70 (0.64)	7.50 (0.70)	3.25 (1.65)	133.80 (8.70)	177.96 (19.65)	255.90 (1.45)	349.64 (29.62)	287.81 (88.05)
BI	1.22 (0.50)	2.73 (0.74)	4.53 (0.99)	10.50 (1.70)	4.28 (2.81)	148.43 (1.10)	203.16 (29.23)	255.00 (5.77)	347.77 (31.76)	259.45 (77.05)

Tabla 8. Distribución de los valores promedio de coeficiente de porosidad (%) y densidad (kg/m³) por clases de calidad resumidas.**Table 8.** Distribution of the average values of porosity coefficient (%) and density (kg/m³) by summary quality classes.

	HA	ZA	AM	NE	TA	MS	BO	BI
	(%) – (kg/cm ³)							
Enrasado	2.3-142	1.4-157	2.5-150	1.3-143	2.6-140	3.2-136	2.0-153	3.0-153
Flaco	2.8-210	3.5-200	3.3-222	4.3-209	4.0-226	4.7-188	2.9-205	3.6-222
Delgado	3.0-336	3.4-334	3.6-350	3.6-332	3.5-200	4.8-298	3.1-345	3.0-325
Grueso					3.98-108	3.94-103		
Refugo	7.4-253	9.0-343	7.5-354	9.4-334	8.7-333	13.3-190	6.3-366	10.5-346

**Figura 5.** Relación entre la porosidad y los números de clases de calidad resumidas.**Figure 5.** Relationship between porosity and numbers of summarized quality classes.

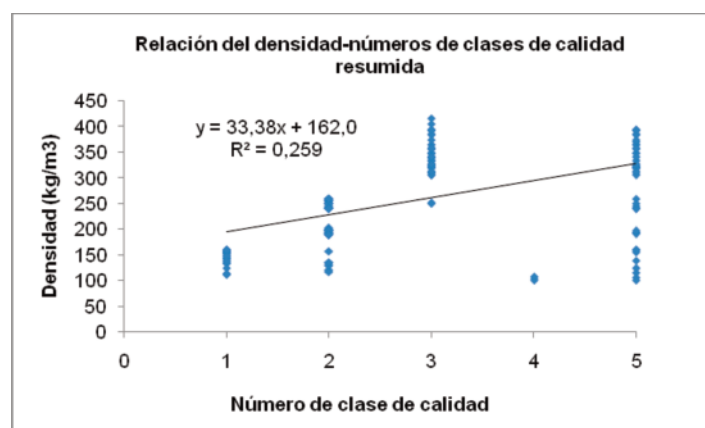
De las dos figuras, constatamos una similitud combinando los valores medios de la porosidad y de la densidad con las clases de destinos industriales obtenidas del COVELESS: para las muestras que presentan una porosidad baja, la calidad es mejor.

Discusión

El primer análisis del crecimiento y de la calidad de corcho de reproducción de la región de Orán, nos permite confirmar una serie de características citadas en estudios precedentes (Natividad 1956; Costa et al. 2002; Fortes et al. 2004): los calibres máximos de los anillos de crecimiento se producen en el primer crecimiento completo que sigue al descorche y se reducen significativamente después del cuarto anillo. Estos cuatro primeros años representan el 45% de la producción suberosa en el ciclo completo. Este resultado parece muy justificado, el corcho de esta región pertenece al área de corcho delgado (Dehane 2012). En el corcho portugués esta tasa ronda el 75% (Pereira y Tomé 2004).

A fortiori, la media anual de los crecimientos del corcho de los ocho bosques (2.43 mm.) se ajusta a la mencionada en el proyecto de investigación europeo (CORKASSESS 2001): en España (Andalucía y Cataluña), oscila entre los límites de 2.0 a 4.8 mm; en Cerdeña (Italia) y en Córcega (Francia), entre los valores de 2.3 a 2.8 mm. y de 2.8 a 4.4 mm.

Globalmente, el calibre acumulado medio de 26.50 mm. Es inferior a las horquillas de valores encontrados en la literatura mencionando el crecimiento del corcho (Ferreira et al. 2000; Gonzalez Adrados et al. 2000; Famiri 2006; Aloui et al. 2006): En Portugal (33.8 mm), en España (31.7 mm), en Marruecos (31.5 mm) y en Túnez (28.9 mm). Además, se constata igualmente que, en Argelia, los calibres de corchos de la región de Orán son claramente inferiores a los del Centro (32.85 mm) y del Este (32.21 mm) (Dehane y Gheffar 2017).

**Figura 6.** Relación entre densidad y números de clases de calidad resumidas.**Figure 6.** Relationship between density and numbers of summarized quality classes.

La calidad de corcho a mostrado una variabilidad entre las clases de corcho ampliadas y resumidas, entre árboles del mismo alcornoque y entre alcornocales. Este fenómeno podría explicarse por el hecho de que la variabilidad del corcho viene de una fuerte variabilidad genética de los árboles en el interior de una población pequeña (Lumaret 1996). En efecto, las características de reproducción sexual del alcornoque, los fenómenos de hibridación interespecífica y la alogamia han permitido la existencia y el mantenimiento de una gran diversidad genética en el interior de las poblaciones (García Valdecantos y Rosello 1995).

En lo que concierne al aspecto del corcho, a través de sus dos atributos a saber, los defectos intrínsecos (raspa, poro maderoso y defecto de espalda) y extrínsecos (exfoliación, flojera, hormiga, mancha amarilla y otras manchas), los resultados obtenidos no se salen de lo que está citado en la literatura (González-Adrados 2005, García De Ceca et al. 2009;). En este trabajo, las grandes frecuencias de anomalías de poro maderoso y de exfoliación son una consecuencia de los incendios recurrentes en esta región (ZA, BO, TA y AM).

En el mismo contexto, el valor medio del coeficiente de porosidad (CP=4.53%) refuerza la idea percibida sobre la porosidad reducida del corcho de la región de Orán (Lamey 1893; Saccardy 1937). La bibliografía que menciona la porosidad es unánime sobre el hecho de que el crecimiento lento del corcho no favorece una porosidad marcada (Natividad 1956).

Lo mismo pasa con la densidad del corcho, la media obtenida de 256.77 kg/m³ clasifica este corcho como muy denso. La variación de la densidad con el origen geográfico es debida principalmente a la variabilidad del espesor del crecimiento anual del corcho, que depende de un gran número de factores, entre los que figuran las condiciones ambientales (clima, suelo y altitud) (Sánchez-González et al. 2007). La fuerte presencia de corcho de montaña con invierno frío (HA, ZA, TA, NE y AM) favorece la producción

de crecimientos otoñales con células reducidas y de paredes gruesas. Este resultado se asocia a las horquillas propuestas por [González Hernández et al. \(2000\)](#) para el corcho de las regiones de Cataluña y Andalucía en España (212.9-257.2 kg/m³) y parece inferior a las presentadas por [Ferreira et al. \(1998\)](#) para la región de Alcor de Sal en Portugal (315-320 kg/m³).

Se registra una fuerte correlación entre las clases de calidad simplificada y los dos principales atributos (porosidad y densidad). Estos resultados corroboran el procedimiento industrial utilizado en la clasificación de corcho en fábrica. Un corcho de buena calidad contiene alteraciones menores y presenta una porosidad y una densidad baja a aceptable, confiriendo al producto mejor elasticidad y flexibilidad cualquiera que sea su origen geográfico.

Conclusiones

El análisis del crecimiento y de la calidad de corcho a mostrado una diferencia entre los ocho alcornocales estudiados. Esta variabilidad está caracterizada por varios parámetros:

- A excepción del alcornocal MS, el crecimiento medio anual de 2.43 mm no está adaptado a los productos industriales para un ciclo completo de 10 años.
- Las mejores clases de calibre aptas para la perforación de tapones de 24 mm. de diámetro únicamente constituyen el 19% del total y se dan sobre todo en los alcornocales MS y HA.
- Se han identificado 11 tipos de defectos intrínsecos y extrínsecos, dominados por los poros maderosos y las exfoliaciones paralelamente a la recurrencia de los incendios, particularmente en los alcornocales ZA, BO, TA y AM.
- El coeficiente medio de porosidad de 4,66% es análogo al crecimiento lento del corcho en esta región. El crecimiento rápido del corcho del alcornocal MS genera la porosidad más elevada en los alrededores de 13.10%.
- La densidad media de 256.77 kg/m³, sitúa el corcho de la región de Orán como muy denso, característico de muestreos donde dominan los corchos de montaña.
- La cantidad de corcho delgado (31%) es superior a la cantidad de corcho de calidad taponable (13%), lo que confirma el crecimiento menor del corcho en esta región.
- La superposición de valores medios de los coeficientes de porosidad y de la densidad con las clases de calidad simplificada a mostrado una buena concordancia. Para una mejor calidad de corcho se necesitan una porosidad y una densidad bajas, al contrario que para el refugio.

Globalmente, podemos confirmar que para una mejor caracterización del crecimiento y de la calidad de corcho en la región estudiada, el componente medioambiental, geográfico e incluso genético debe ser tenido en consideración, paralelamente al componente árbol.

Agradecimientos

Agradecemos a los servicios forestales de los ocho alcornocales por el reconocimiento de las poblaciones y el muestreo.

Referencias

- Aloui, A., Ajaibi, A., Benhamadi, N. 2006. Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d'Ain Draham. Actes du séminaire «Gestion intégrée des forêts de chêne liège et de pin d'Alep: Ann. INRGREEC 9(1):44-59.
- Benest, M. 1985. *Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé: Stratigraphie milieux de dépôts et dynamique sédimentaire*. Tesis doctoral, Documents Laboratoire Géologique Lyon, Lyon, Francia. 381 p
- Benkirane, H., Benslimane, R., Hachmi, M., Sesbou, A. 2001. Possibilité de contrôle automatique de la qualité du liège par vision artificielle. *Annals of Forest Science* 58 (4), 455-465.
- Boudy, P. 1950. *Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences*. Tome II. Fascicule 1. Larose Ed. Paris, Francia 525 p.
- BSI 2008. *Cork - Vocabulary*. ISO 633:2007(E/F). 389 Chiswick High Road. Londres, Reino Unido.42p.
- Carrasquinho, M.I. 1987. A qualidade da cortiça. *Boletim do Instituto dos Productos Florestais-Cortiça*. 583: 17-18.
- Chubar, N., Carvalho, J.R., Correia, M.N.J. 2004. Cork biomass as biosorbent for Cu (II), Zn (II) and Ni (II). *Colloids and Surfaces A230* (1-3)57-65.
- CIPS 2006. *Code Internationale des Pratiques Subericoles*. Projet SUBERNOVA. INTERREG III. Evora y Merida, Portugal y España.
- CORKASSESS 2001. *Field assessment and modeling of cork production and quality. Final report. Contract FAIR.C97.1438*. Brussels European Commission Research Directorate General. Life Sciences Agriculture Agro-Industry; Fisheries and Forestry. Bruselas, Países Bajos.
- Costa, A., Pereira, H., Oliveira, A. 2002. Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Annals of Forest Science* 59: 437- 429.
- Costa, A., Pereira, H. 2005. Quality characterization of wine cork stoppers using computer vision. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin* 39(4): 209-218.
- Dehane, B. 2012. *Incidence de l'état sanitaire du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises: M'Sila (w.Oran) et Zariéffet (w.Tlemcen)*. Tesis doctoral. Universidad de Tlemcen, Tlemcen, Argelia. 293 p.
- Dehane, B., Ghefar, M. 2017. Etude de la variabilité de croissance du liège dans le Nord Algérien. *Geo-Eco-Trop* 41:39-54.
- Famiri, A. 2006. *Etude de la qualité du liège de reproduction*. Programme PRAD 2005-2007. 6ème école des sciences Technologiques du bois. Rabat, Maroc. 22p.
- Ferreira, A., Lopes, F., Periera, H. 1998. Variabilidade da produção qualidade da cortiça na região de Alcor de Sal. En: Pereira, H. (ed.) *Sobreiro e cortiça*, pp.70-78. Centro de Estudio Florestais, Lisboa, Portugal.
- Ferreira, A., Lopes, F., Periera, H. 2000. Caractérisation de la croissance et la qualité du liège dans une région de production. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia. *Annals of forest science* 57:187-193.
- Fortes, M.A., Rosa, M.E., Pereira, H. 2004. *A Cortiça*. IST Press, Lisboa, Portugal. 259 pp.
- García De Ceca, J.L., Gonzalez Hernandez, F., Caceres Esteban, M.J., Gonzalez-Adrados, J.R. 2009. Relación entre el aspecto visual, la densidad y el comportamiento mecánico del tapón de corcho. *Actas del IX Congreso Forestal Español, Ávila, 21 al 25 de septiembre de 2009*. SEFC, Palencia, España.
- García De Ceca, J.L. 2001. Factores que afectan a la calidad del corcho en planchas. Tesis doctoral. Dpto. Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- García-Valdecantos, J.L., Elena Rosello, J.A. 1995. Genetic variability of *Quercus suber* L. First results of provenance test and isozyme analysis. *PROCORK, Workshop 1, "European Research on Cork-oak and Cork", Lisbon, 18-19 octubre 1995*.
- Goncalvez, E. 2000. *The cork report: a study of the economics of cork*. RSPB. Sandy. Bedfordshire, Reino Unido.
- González Hernández, F., González-Adrados, J.R., García De Ceca, J.L., García Arcal, J., González Hernández, M. 2000. Las densidades volumétricas y superficial antes y después del hervido y su aplicación al cálculo de las expansiones en volumen, superficie y calibre del corcho. *World Cork Congress, Lisboa, Portugal*. 12p.
- González Adrados, J.R., González Hernández, F., Calvo, R. 2000. La predicción del calibre del corcho al final del turno y su aplicación al muestreo de la producción. *Forest Systems* 9(2): 363-374.
- Gonzalez-Adrados, J.R., Garcia de Ceca, J.L., Gonzalez Hernandez, F. 2005. Evaluación de anomalías Y clasificación del corcho. En: AA.VV. (ed.). *Actas del Congreso Internacional Alcornoques, Fábricas y Comerciantes: Pasado, Presente y Futuro del Negocio Corchero, Palafrugell, 16-18 de Febrero de 2005*.16p.
- IPROCOR 1994. Dpto Forestal, Metodo de Estimacion de la Calidad Del Corcho en Campo, En: *Formation continue sur la qualité du liège, 27 juin-1er juillet 1994, ENFI Salé, Marruecos*.

- IPROCOR 2006. *La calidad del corcho. Metodos de estimacion en arbol y en pila*. Dep. Forestal. Documento interno Iprocor. Mérida, España.
- Lamey, A. 1893. *Chêne liège: sa culture et son exploitation*. Levraut et Cie. Nancy, Francia. p.168-209.
- Lumaret, J.P. 1996. Evaluation de l'état génétique des peuplements de chênes-lièges à l'aide de marqueurs génétiques et relations avec le niveau de régénération (France). *Communication au séminaire méditerranéen sur la régénération des forêts de chênes-lièges. Tabarka (Tunisie)*, 22-23 octobre 1996.
- Molinas, M., Campos, M. 1993. Aplicación del análisis digital de imágenes al estudio de la calidad del corcho. *Congreso Forestal Español. Lourizán. Ponencias y Comunicaciones* 4, 347-352.
- Natividade, J.V. 1956. *Subericulture*. Ecolenational des eaux et des forêts. Nancy, Francia 281p.
- Olivella, M.A., Sen, A., Pereira, H., Villaescusa, I., Fiol, N. 2011. Sorption performance of *Quercus cerris* with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxicity testing. *Bioresources*. (3):3363-3375.
- Pereira, H., Tomé, M. 2004. Cork oak. En: Burley, J., Evans, J., Youngquist, J. (eds.). *Encyclopedia of Forest Science*, pp. 613-620. Elsevier, Oxford, Reino Unido.
- Pereira, H., Lopez, F., Gracia J. 1996. The evolution of the quality of cork plants by image analysis. *Holzforshung* 50: 111-115.
- Pintor, A., Silvester-Albero, A.M., Fereira, C., Botello, C.M.S. 2013. Textural and surface characterization of Cork-Based sorbents for the removal of oil from water. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 52(46). DOI:10.1021/ie402038n.
- Saccardy, L. 1937. Notes sur le chêne liège et le chêne en Algérie. *Bulletin de la station de recherches forestières (du nord de l'Afrique)* 2(3): 273-363.
- Sanchez-Gonzalez, M., Calama, R., Canellas, I., Montero, G. 2007. Variables influencing cork thickness in spanish cork oak forests: A modelling approach. *Annals of Forest Science* 64(3): 301-312.
- Varela, M.C. 2000. *Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies*. Handbook of the Concerted Action. FAIR 1 CT 95- 0202. EC FAIR Programme. 127p.