



X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



Estudio de valorización de la jara pringosa en los municipios de la Sierra Norte Madrileña

P. V. Mauri Ablanque¹, C. Cano Shaw¹, J. Plaza²

¹ IMIDRA. Departamento de Investigación Agroambiental. IMIDRA. Finca El Encin. A-2. Km 38,200. 28800 Alcalá de Henares (Madrid); pedro.mauri@madrid.org

² Técnico colaborador; joseplaza2512@gmail.com

Resumen: El proyecto nació por el interés de los municipios implicados, en crear empleo en zonas rurales desfavorecidas, aprovechando los recursos naturales. Y dado el actual desarrollo del sector de la biomasa de origen forestal, y el interés en los productos de origen natural, para la industria química, farmaceútica, cosmética, de biocidas, y de bebidas y alimentos. Este estudio pretende sentar las bases para un futuro desarrollo de productos derivados de la jara pringosa, con posibilidad para otras plantas aromáticas y medicinales (PAM). Se ha recopilado información sobre la caracterización de la masa vegetal, la naturaleza del terreno (fisiografía, litología, patrimonio arqueológico, naturaleza jurídica, zonas de protección ambiental, etc.), se han identificado las zonas aptas para su aprovechamiento mecanizado. Dentro de los posibles productos que se pueden obtener de la jara pringosa, el estudio se ha centrado en la obtención de aceite esencial, obtenido de forma ecológica, mediante arrastre de vapor, y el extracto etanólico de la oleoresina.

Palabras clave: Cistus ladanifer L, aceite esencial, extracto etanólico.

1. Introducción

La “jara pringosa” o “jara negra”, es la principal especie vegetal que ha colonizado los antiguos cultivos en la zona noreste de la Sierra de Madrid, dando origen a extensas masas de matorral monoespecífico. De forma casi simultánea a la despoblación rural, y el abandono de los campos de labranza, se han realizado las actuales repoblaciones de *Pinus* sp en los montes aledaños. La mayor parte de éstas, se han rodeado por formaciones arbustivas de jara negra, un matorral de alta inflamabilidad, que pone en riesgo, las inversiones realizadas y los beneficios económicos de los montes de plantación (re poblaciones). Así, surge la necesidad de gestionar dichas extensiones de jara negra, hecho que en la actualidad se limita a realizar franjas cortafuegos y perímetros de seguridad de repoblaciones, carreteras y vías de paso, mediante el uso de desbrozadoras que dejan los residuos vegetales a modo de mulch, en la misma zona de trabajo. En este contexto histórico, natural, y sociológico de despoblación y falta de empleo en la Sierra, se plantea la iniciativa por parte de los municipios de la Sierra Este de Madrid, y del IMIDRA (Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario), de aprovechar de forma sostenible y respetuosa con el medioambiente, las grandes superficies de matorral de jara pringosa, a la vez que se salvaguardan los montes de plantación.

Se han realizado multitud de estudios a partir de la jara pringosa, en relación a la obtención de productos de interés farmacológico [1][2][3], productos antioxidantes con posibilidad de uso en la industria cosmética y de los alimentos [4], como fuente de fitoquímicos [5], o biorefinería [6], en la obtención de bioetanol [7][8], de bio-oil [9], como biomasa [10], se ha estudiado su efecto herbicida [11], como añadido en pienso para conejos [12], para proteger la degradación de la

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

proteína en el rumen de ovejas [13], contra patologías fúngicas en agricultura [14], todos ellos a partir de *Cistus ladanifer* L.

Nuestro estudio se ha centrado en el aprovechamiento del “ládano” o “labdanum”, una oleoresina que segregla la planta de forma natural, a partir de tricomas alojados en cavidades, en el envés de las hojas [15]. Aprovechamiento realizado mediante la obtención de aceite esencial por arrastre de vapor, debido a que es un proceso sencillo, relativamente de bajo costo, versátil y con posibilidad de desarrollo en pequeños municipios, además de ser compatible con un sello ecológico.

Existen antecedentes históricos del uso tradicional de la jara negra en España, para el aprovechamiento del “ládano”, éste se ha obtenido por distintos procedimientos, algunos aún en uso [16][17]. En la actualidad son empresas ligadas al sector de la perfumería, la cosmética, la aromaterapia, y otros sectores, las que demandan los productos de esta planta.

2. Materiales y métodos

La caracterización de la zona de estudio, se ha realizado utilizando el software de tratamiento de imágenes gvSIG, y la cartografía digital disponible en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el geoportal de la infraestructura de datos espaciales de la Comunidad de Madrid (IDEM), el “Mapa de combustible forestal de Madrid”, elaborado en 2015, por la Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid, segundo Mapa Forestal Español (MFE 1997-2006) y los mapas facilitados por la “Dirección general del catastro”.

En función del estudio de la zona, se han seleccionado las áreas más apropiadas para su aprovechamiento mecánico. De estas zonas se ha recogido el material vegetal (jaras de 2-4 años o los crecimientos de 1-2 años de jaras de más de 4 años), por medios manuales (hoces de mano), y enviado al laboratorio para su hidrodestilación mediante Clevenger y caracterización cromatográfica por CG-FID y CG-MS. Análisis de rendimiento de oleoresina en extracto etanólico, cantidad de polifenoles totales por el Método Folín-Ciocalteu (n.º 14025 AOAC) a partir de un extracto etanólico y la capacidad antioxidante mediante ensayo DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazil), con 20mg de muestra y 2ml DPPH 0,1mM.

En el plan de aprovechamiento, se va estudiar, el rendimiento de la extracción manual del material vegetal. Los rendimientos y la capacidad de extracción mecanizada con vehículo automotriz 8x8 y 300 HP de potencia, con cabezal para recolección de matorral formado por un triturador de martillos, con sistema neumático de transporte del material, a la tolva posterior de 24m³, de descarga hidráulica. Ésta máquina puede trabajar con pendientes superiores al 35%, permite el ajuste de la velocidad del desbrozador de martillos y del sistema neumático de carga (velocidad del ventilador).

Las pruebas mensuales de rendimiento, se realizan mediante el corte manual de la jara, apilado y transporte para su destilación en alambique de acero inoxidable de 130 litros mediante arrastre de vapor. De forma puntual se ha realizado un picado del material 1-3cm de longitud y su destilación en alambique de 130l para analizar la calidad del producto obtenido. Simulando el efecto de picado que realizaría la máquina cosechadora.

3. Resultados y discusión

La jara pringosa (*Cistus ladanifer* subsp *ladanifer* L) ocupa una extensión total de 8305ha en los municipios en estudio (Puentes Viejas, Berzosa del Lozoya, Robledillo de La Jara, Cervera de Buitrago, El Atazar, Puebla de La Sierra, Patones, Torremocha de El Jarama y El Berrueco), lo que supone un 30% sobre una superficie total de 27316ha. Su distribución actual no es aleatoria, sino que la planta se ha establecido en los antiguos cultivos de cereal en secano, huertas y eriales (monte desarbolado, MFE), que empezaron a abandonarse a comienzos de los años 70 (ortofoto vuelo interministerial entre los años 1973-1986). No ha podido colonizar zonas rocosas de alta

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

montaña (ortofoto del Plan Nacional de Ortofotos Aéreas año 1997 y siguientes), dehesas con aprovechamiento ganadero, p.e la Dehesa de Berzosa del Lozoya, Robledillo de La Jara, El Berrueco, etc, perímetro de núcleos urbanos, y repoblaciones de *Pinus* sp (montes de plantación, MFE) realizadas éstas últimas en los años 50 del siglo pasado. (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1. Distribución de la superficie de jara en la zona de estudio.

Municipio	Término municipal (ha)	Superficie de jara (ha)	Porcentaje de jara (%)
Puentes Viejas	5853	290	5
Berzosa del Lozoya	1462	754	52
Robledillo de La Jara	2100	1332	63
Cervera de Buitrago	1153	507	44
El Atazar	2841	1871	66
El Berrueco	2840	772	27
Puebla de La Sierra	5671	1382	24
Patones	3503	1312	37
Torremocha del Jarama	1890	83	4
TOTAL	27316	8305	30,4

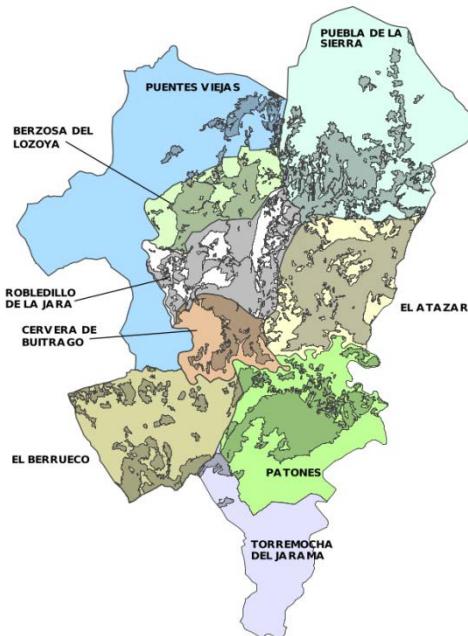


Figura 1. Distribución espacial de la jara pringosa en los municipios en estudio.

El territorio es claramente montañoso, con una pendiente media del 26%, con medias máximas en Puebla de la Sierra del 41% y mínimas del 15% en Torremocha del Jarama. La distribución de la especie en función de la pendiente, es un dato muy importante, debido a que limita el uso de maquinaria, y aumenta el riesgo de erosión del terreno (Figura 2, Tabla 3). Según el Mapa de Estados Erosivos (MAPAMA), el 43% de la superficie de jara (4947ha) se encuentra dentro del nivel de erosión 3 (12-25 T/ha-año), siendo el máximo nivel de 6 (>200 T/ha-año), y 2450ha en el nivel de erosión 1 (0 – 5 T/ha-año) (tabla 2).

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Tabla 2. Superficie de terreno afectada y superficie de jaral en cada nivel de erosión, en el territorio de los 9 municipios.

Nivel de erosión	Tasa de erosión (T/ha-año)	Superficie afectada (ha)	Superficie de jara afectada (ha)
1	0 - 5	12205	2450 (20%)
3	12 - 25	11438	4947 (61%)
4	25 - 50	291	0
5	50 - 100	2139	754 (9%)
8	> 200	1243	0
TOTAL		27316	8151 (100%)

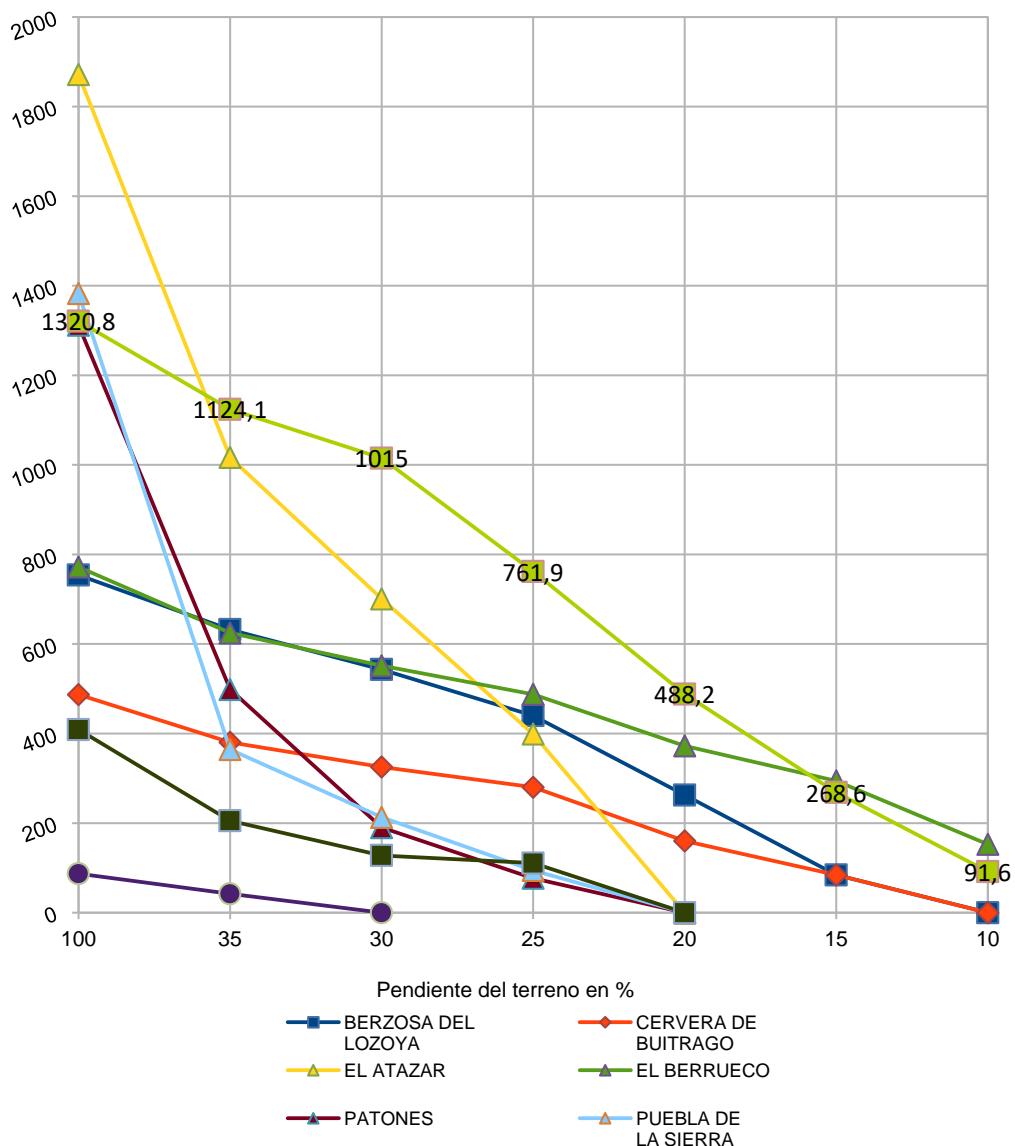


Figura 2. Superficie de jara en función de la pendiente del terreno.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Tabla 3. Superficie total de *Cistus ladanifer* subsp *ladanifer* L. en función de la pendiente.

Municipios	Superficie de jara (en ha)						
	Pendiente (en %)						
	100	35	30	25	20	15	10
El Atazar	1871	1016	700	399	0	0	0
Puebla de la Sierra	1382	364	212	94	0	0	0
Robledillo de La Jara	1320	1124	1015	761	488	268	91
Patones	1312	498	190	77	0	0	0
El Berrueco	771	624	551	487	372	294	152
Berzosa del Lozoya	754	632	543	440	262	84	0
Cervera de Buitrago	487	380	325	280	160	84	0
Puentes Viejas	408	205	127	110	0	0	0
Torremocha del Jarama	87	42	0	0	0	0	0
TOTAL	8396	4888	3666	2651	1283	731	244

Según la tabla 3 en Robledillo de La Jara, 1015 ha de jara pringosa, se sitúan en pendiente inferior al 30%.

La naturaleza jurídica de la propiedad, es otro elemento, que condiciona el aprovechamiento del recurso. En general la mayor parte de los terrenos ocupados por la jara, son pequeños minifundios de menos de 0,5ha, de carácter privado. Este hecho dificulta en gran medida el aprovechamiento del terreno (Tablas 4, 5, 6 y Figura 3).

Tabla 4. Superficie de jara pringosa – naturaleza de la propiedad del terreno

Municipios	Superficie de jara (en ha)	Jara en terrenos privados (en ha)	Jara en terrenos públicos (en ha)
El Atazar	2112	810	1302
Puebla de la Sierra	1382	200	1178
Robledillo de La Jara	1320	718	602
Patones	1312	1048	263
El Berrueco	771	718	53
Berzosa del Lozoya	753	531	222
Cervera de Buitrago	487	349	137
Puentes Viejas	409	95	314
Torremocha del Jarama	86	38	48

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Tabla 5. Caracterización de las parcelas privadas y públicas en los distintos municipios 2017

Municipio	Superficie parcelas privadas (en ha)			Municipio	Superficie parcelas públicas (en ha)		
	Media	Máx	Mín		Media	Máx	Min
El Atazar	0,26	44,9	< 0,001	El Atazar	5,76	418,6	0,002
Puebla	0,15	8,8	< 0,001	Puebla	14,9	548,3	0,0024
Robledillo	0,22	113,6	0,0015	Robledillo	3,34	261,7	0,0042
Patones	1,0	345,2	< 0,001	Patones	2,34	309,7	0,0015
El Berrueco	0,46	182,7	< 0,001	El Berrueco	1,06	50,7	0,0017
Berzosa	0,26	15,7	0,001	Berzosa	3,5	182	0,0002
Cervera	0,15	387,2	0,003	Cervera	1,14	26,7	0,0094
P.Viejas	0,38	94,4	0,0015	P.Viejas	1,9	54,0	0,0023
Torremocha	1,31	102,9	0,001	Torremocha	0,63	15,9	0,0061

Según la tabla 5, El Atazar posee parcelas privadas de 44,9ha de superficie máxima, e inferiores a 0,001ha, siendo la media del conjunto de parcelas privadas de 0,26 ha (2600m²).

Tabla 6. Número de parcelas privadas y públicas por municipio 2017

Municipios	Parcelas privadas (nº)	Parcelas públicas (nº)	Municipios	Parcelas privadas (nº)	Parcelas públicas (nº)
El Atazar	3335	299	Berzosa del Lozoya	2444	214
Puebla de la Sierra	4156	332	Cervera de Buitrago	6206	146
Robledillo de la Jara	4193	331	Puentes Viejas	9759	447
Patones	2659	328	Torremocha del Jarama	1222	203
El Berrueco	4991	253			



Figura 3. Parcelación privada en el municipio de Berzosa del Lozoya

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Cistus ladanifer L. es una planta alógama, con un sistema de incompatibilidad gametofítico, no se reproduce vegetativamente de forma natural, y puede producir hasta 158.000 semillas/planta, con un letargo interno debido a la impermeabilidad de la cubierta de la semilla, lo que garantiza su regeneración de forma continua a lo largo de los años, a partir del banco de semillas [18].

La evolución del territorio a lo largo de los años, aporta mucha información relativa al aprovechamiento del matorral de jara. Ésta, produce sustancias alelopáticas, y autoalelopáticas [19], que podrían condicionar la continuidad de la especie a largo plazo. Consultando las ortofotos del vuelo americano de los años 1956-57, el vuelo interministerial realizado durante los años 70-80, OLSTAT, SIGPAC, y las fotos del Plan Nacional de Ortofotos Aereas (PNOA), realizadas hasta el año 2014, puede apreciarse claramente el crecimiento del matorral desde el año 1956 hasta el 2014.

Se realizan mensualmente análisis físico-químicos. Dichos análisis consisten en la extracción del aceite esencial en laboratorio mediante hidrodestilación en Clevenger, caracterización cromatográfica (CG-MS), se analiza rendimiento en oleoresina, contenido en polifenoles y capacidad antioxidante. (tablas 7 y 8)

Tabla 7. Resultados analítica rendimiento, polifenoles totales y capacidad antioxidante

Fecha análisis	Rendimiento (extracto etanolico) %	Polifenoles totales (% A. gallico)	Capacidad antioxidante %
AGOSTO 2018	11,8	9,57	81,29
OCTUBRE 2018	7,34	9,78	92,50
NOVIEMBRE 2018	11,62	5,03	76,01
DICIEMBRE 2018	10,73	10,11	68,8
ENERO 2019	10,85	10,86	70,35
FEBRERO 2019	16,03	18,31	66,91

Tabla 8. Resultado cromatografías.

Especie química	Agosto %	Septiembre %	Noviembre %
α-pineno	9,66	27,42	51,1
Campheno	0,23		3,1
Verbenene			0,2
Limoneno	0,48	0,96	1,8
γ-terpineno	0,8	1,02	1,4
P-cymeno		0,93	1,6
2,2,6-trimethylciclohexanona	1,46	0,6	1,5
Trans-pinocarveol+	7,25+	-	-
Allo-aromadendreno	1,4		

Especie química	Agosto %	Septiembre %	Noviembre %
Bornyl acetato	2,8	2,26	3,2
Ledol	5,07	3,21	0,8
Viridiflorol	17,44	11,13	2,2
Terpinen-4-ol	2,43	2,67	-
Pinocarvone	2,55	2,75	3,0
Borneol	0,77	-	1,0
3-non-en-2-one	1,42	0,92	
Menthadienol isomero	1,44	-	-
Myrtenol	1,59	1,26	-
RENDIMIENTO	0,15	0,32	-

El rendimiento se ha obtenido en laboratorio mediante hidrodestilación en equipo Clevenger. Solo se han incluido los más importantes cuantitativamente.

4. Conclusiones

La jara es una planta autóctona, con gran capacidad colonizadora (tabla 1), posiblemente a partir del banco de semillas, cuya diseminación han podido facilitar el corzo, o el ganado caprino o vacuno en extensivo. Dando origen a masas bien establecidas con predominio sobre otras especies, llegando a ocupar hasta un 66% de la superficie de un municipio, como ocurre en El Atazar (Tabla 1 y Figura 1).

A pesar de ser una planta que produce sustancias alelopáticas y autotóxicas, no se aprecian en las ortofotos, daños en el matorral a largo plazo, manteniéndose la masa arbustiva, prácticamente desde mediados de los años 70-80 hasta la actualidad.

La mayor parte del matorral, un 61%, se sitúa en zonas con un alto nivel erosivo, nivel 3 (tabla 2). Lo que podría condicionar el aprovechamiento mecanizado de la jara. El trabajo en pendientes inferiores al 20% utilizando maquinaria, solo sería posible en municipios como Robledillo de La Jara, El Berrueco, Berzosa del Lozoya y Cervera de Buitrago (Tabla 3, Figura 2).

En los municipios más adecuados para su aprovechamiento mecanizado, la mayor parte de la jara, se sitúa en terrenos privados de muy poca superficie, la extensión media de una parcela en Berzosa del Lozoya es de 2600m², esta gestión del matorral implicaría el acuerdo de muchos propietarios, y puede dificultar el aprovechamiento del matorral (Tablas 4, 5, 6 y Figura 3).

Las labores de manejo de la jara para evitar incendios forestales, se desarrollan desde el año 2004 (anteriormente de forma menos intensiva). Los trabajos se suceden en las mismas zonas cada 5 – 6 años, lo que evidencia la regeneración del matorral a partir del banco de semillas. Acentuándose dicha regeneración en las zonas de acumulación de triturados, al paso de la maquinaria (ortofotos PNOA).

Como puede observarse de los resultados cromatográficos del aceite esencial obtenido por hidrodestilación, los porcentajes varían en función de la época del año, en la que se realice el análisis. Segundo estudios realizados con *Cistus ladanifer* L cultivado en Córcega las cantidades de cada elemento analizado, variaban entre distintos individuos, para la misma época del año [20]. Los elementos mayoritarios obtenidos en nuestros análisis, son análogos a los hallados por otros investigadores para *Cistus ladanifer* L. en el Sur de Francia, España y Portugal. Estos son, alfa-pineno, 2,2,6-trimethylciclohexanona, Trans-pinocarveol, viridiflorol, bornyl acetato, ledol, pinocarvone, y terpinen-4-ol [20][21].

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Referencias

1. Barros L. et al., Antifungal activity and detailed chemical characterization of *Cistus ladanifer* phenolic extracts. *Industrial Crops and Products* 41, 41– 45 (2013).
2. Barrajón-Catalán E. et al., Cistaceae aqueous extracts containing ellagitannins show antioxidant and antimicrobial capacity, and cytotoxic activity against human cancer cells. *Food and Chemical Toxicology* 48, 2273–2282 (2010).
3. Aziz M. et al., Antidiarrhoeal activity of *Cistus ladaniferus* aqueous extract. *Spatula DD.* 1(3): 175-179 (2011).
4. Guimarães R., João Sousa M., C.F.R. Ferreira I., Contribution of essential oils and phenolics to the antioxidant properties of aromatic plants. *Industrial Crops and Products* 32, 152–156 (2010).
5. Guimarães R. et al., Aromatic plants as a source of important phytochemicals: Vitamins, sugars and fatty acids in *Cistus ladanifer*, *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus gunnii* leaves. *Industrial Crops and Products* 30 427–430 (2009).
6. Alves-Ferreira J. et al., Hydrothermal Treatments of *Cistus ladanifer* Industrial Residues Obtained from Essential Oil Distilleries. *Waste Biomass Valor* (2017).
7. D. Ferro M., et al., Bioethanol production from steam explosion pretreated and alkali extracted *Cistus ladanifer* (rockrose), *Biochem. Eng. J.*, (2015).
8. Fernandes M. et al. Comparative study on hydrolysis and bioethanol production from cardoon and rockrose pretreated by dilute acid hydrolysis. *Industrial Crops & Products* 111 633–641 (2018).
9. El Farissi H. et al., Valorisation of a Forest Waste (*Cistus Seeds*) for the Production of Bio-Oils. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 8 (2), pp. 628-635 (2017).
10. Carrión-Prieto et al., Valorization of *Cistus ladanifer* and *Erica arborea* shrubs for fuel: wood and bark thermal characterization. *Maderas Ciéncia y tecnologia* 19:443–454 (2017)
11. Verdeguer M., Blázquez M. A., Boira H., Chemical composition and herbicidal activity of the essential oil from a *Cistus ladanifer* L. population from Spain. *Natural Product Research* Vol. 26, No. 17, 1602–1609, (2012).
12. Zamora Lozano M. et al., Utilización del *Cistus ladaniferus* L. en pienso para conejos. *Archivos de zootecnia*, vol. 33, num. 127, p. 295 (1984).
13. Dentinho M. T. P. et al., The use of a tannin crude extract from *Cistus ladanifer* L. to protect soya-bean protein from degradation in the rumen. *Animal*, 1: pp. 645–650 (2007).
14. Karim H. et al. Antifungal properties of organic extracts of eight *Cistus* L. species against postharvest citrus sour rot. *Letters in Applied Microbiology* 62, 16–22 (2015) The Society for Applied Microbiology.
15. Gulz P.G, Throsten H, Kurt H., Leaf trichomes in the genus *Cistus*. *Flora*, 191 85-104, (1996).
16. Josefa Martín Morgado, Raúl Tapias y Patricia Alesso. Producción de goma bruta de jara (*Cistus ladanifer* L.) en el suroeste de la península ibérica. IV-Congreso Forestal Español Zaragoza 26-30 septiembre 2005.
17. Becerro de Bengoa Mariña G., Lucini C., Del Monte Maíz M., Aprovechamiento de *Cistus ladanifer* L. CONAMA Congreso nacional de medioambiente. Universidad Católica de Avila (2014).
18. F. Frazão D. et al. *Cistus ladanifer* (Cistaceae): a natural resource in Mediterranean-type ecosystems. *Planta* (2017).
19. Chaves Lobón N., Ferrer de la Cruz I., Alías Gallego J.C., Autotoxicity of Diterpenes Present in Leaves of *Cistus ladanifer* L., *Plants* 8, 27; (2019).
20. Mariotti et al., Composition of the Essential Oil of *Cistus ladaniferus* L. Cultivated in Corsica (France). *Flavor and Fragance Journal*, vol. 12, 147-151 (1997).
21. G. Mata V., Rodrigues A., Characterization of the Portuguese-Grown *Cistus ladanifer* Essential Oil. *J. Essent. Oil. Res.*, vol. 17, March/April (2005).