

Índice

1. INTRODUCCION

1.1	Introducción	
1.1.1	Terrazas de cultivo. Abancalamientos en el entorno mediterráneo	6
1.1.2	El abandono de los abancalamientos de ladera	9
1.1.3	Alternativas en las áreas agrícolas marginales	10
1.1.4	El cultivo de <i>Argania spinosa</i>	12
1.2	Justificación	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivos generales	14
1.3.2	Objetivo específicos	14
1.4	<i>Argania spinosa</i>	15
1.4.1	Clasificación taxonómica	15
1.4.2	Área natural de distribución	17
1.4.3	Ecología de la especie	18
1.4.4	El bosque de argán. Sistema multifuncional	20
1.4.5	Papel ecológico y situación actual del bosque de argán	22
1.4.6	Procesos de producción del aceite de argán	23
1.4.7	Propiedades del aceite de argán	24
1.4.8	Perspectiva económica	25
1.4.9	Antecedentes de uso de <i>Argania spinosa</i> en la Península Ibérica	26

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Determinación de la aptitud de <i>Argania spinosa</i>	29
2.1.1. Marco fitoclimático de <i>Argania spinosa</i>	30
2.1.2. Estaciones termopluviométricas. Datos climatológicos	30
2.1.3. Análisis de los valores climáticos normales	33
2.1.4. Balance hídrico. Clasificación de Thornthwaite	33
2.1.5. Climodiagramas	37
2.1.6. Diagramas bioclimáticos de Montero/González	38
2.1.7. Clasificación bioclimática de Rivas-Martínez	41
2.2. Estimación de la productividad de <i>Argania spinosa</i>	43
2.3. Estudio de la rentabilidad de <i>Argania spinosa</i>	49

3. RESULTADOS

3.1. Marco fitoclimático de <i>Argania spinosa</i>	53
3.2. Aptitud potencial de <i>Argania Spinosa</i>	54
3.2.1. Introducción	54
3.2.2. Marco geofísico. Relieve y edafología	55
3.2.3. Análisis de los valores climáticos normales	57
3.2.3.1. Régimen térmico	57
3.2.3.2. Régimen pluviométrico	61
3.2.4. Balance hídrico. Clasificación de Thonthwaite	64
3.2.5. Diagramas bioclimáticos	65
3.2.6. Clasificación bioclimática de Rivas-Martínez	67
3.3. Productividad potencial de <i>Argania spinosa</i>	68
3.3.1. Introducción	68
3.3.2. Productividad de <i>Argania spinosa</i> en Marruecos	68
3.3.3. Curva productividad <i>Argania spinosa</i>	69
3.3.4. Índice de Potencialidad Agrícola de Turc	71
3.3.5. Rendimiento oleico de <i>Argania spinosa</i>	74
3.3.6. Productividad del cultivo del argán	74
3.4. Estudio económico-dinámico	77
3.4.1. Introducción	77
3.4.2. Hipótesis de partida	78
3.4.3. Plantación tipo	79
3.4.4. Pagos ordinarios	85
3.4.5. Cobros ordinarios	87
3.4.6. Pagos/Cobros extraordinarios	90

3.4.7. Flujos de caja	90
3.4.8. Análisis de sensibilidad	93

4. DISCUSION

4.1. Documentación bibliográfica	97
4.2. Aptitud potencial de <i>Argania spinosa</i>	98
4.2.1. Edafología	98
4.2.2. Orografía	99
4.2.3. Régimen térmico	99
4.2.4. Régimen pluviométrico	100
4.3. Productividad de <i>Argania Spinosa</i>	101
4.4. Estudio económico-dinámico	103

5. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

ANEXO I: DATOS CLIMATOLOGICOS Y CALCULOS FITOCLIMATICOS

ANEXO II: CALCULO DEL INDICE DE TURC

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

1. Introducción

1.1. INTRODUCCION

La desertificación de territorio constituye uno de los mayores problemas medioambientales de la región mediterránea. Los cambios en el uso del suelo en los últimos decenios y, particularmente, el abandono de las tierras agrícolas, han favorecido la aparición de diferentes procesos erosivos y la consiguiente pérdida de suelo. A lo largo de los siglos, el número de hectáreas roturadas ha ido aumentando en paralelo a la expansión demográfica y la consiguiente demanda de alimentos. En la búsqueda de nuevas áreas fértiles, se han desarrollado diferentes técnicas de cultivo, siendo el abancalamiento de laderas una de las técnicas más utilizadas, de forma mayoritaria entre los siglos XVIII y XIX.

A lo largo del siglo XX, y muy especialmente desde los años sesenta, las superficies abancaladas han dejado de cultivarse debido a la imposibilidad de mecanización de sus plantaciones, y al descenso de la rentabilidad de los cultivos de secano, mayoritarios en este tipo de estructuras.

El abandono de estos cultivos, y en consecuencia, de las prácticas de conservación de suelos asociadas, conlleva el desarrollo de diferentes procesos erosivos ligados a la escorrentía superficial y subsuperficial, hasta alcanzar, en muchos casos, el colapso de los muros que los sostienen.

Estos procesos son particularmente intensos en el mediterráneo peninsular, donde la torrencialidad de las precipitaciones y las fuertes pendientes, aceleran los procesos de derrumbamiento y pérdida de suelo asociados al abandono de las estructuras de protección de suelos.

Frente a estos procesos es necesaria la determinación de acciones encaminadas hacia la lucha contra la desertificación. Medidas asociadas a la conservación de estructuras de protección de suelo, como son los abancalamientos de ladera, se han mostrado efectivas para mitigar los procesos erosivos y de pérdida de suelo.

En este sentido, se buscan alternativas de cultivo rentables que permitan poner en producción los terrenos agrícolas marginales, favoreciendo la conservación de las estructuras de protección de suelo existentes, como medida para la lucha contra la desertificación. La elección y puesta en producción de estos cultivos se determina en el contexto de la Ordenación Hidrológica Forestal.

1.1.1. Terrazas de cultivo. Abancalamientos en el entorno mediterráneo

Se considera que las primeras formas de abancalamiento en la Península Ibérica datan de la Edad de Bronce (Asins, 2006), sin embargo no es hasta el periodo árabe en que no adoptan la fisionomía que conocemos hoy. Considerado como una técnica fundamental para las civilizaciones antiguas, existen vestigios de estas estructuras en prácticamente todo el mundo.

Sin embargo, los abancalamientos son una de las peculiaridades arqueológicas y paisajísticas del paisaje mediterráneo actual. Se utilizaron originariamente para el cultivo del cereal, y en menor medida, de almendros, olivos y frutales. Algunos autores hablan de un 100% del espacio cultivable abancalado en algunos pueblos valencianos como Petrer (Asins, 2009) o la Vall d'Ebo (Rodríguez *et al.*, 1992). En cualquier caso, las laderas abancaladas ocupan una superficie muy importante en el mediterráneo peninsular.

El aterrazamiento responde a la necesidad de cultivar nuevas tierras, e incrementar la producción en momentos de fuerte presión demográfica. El objetivo perseguido con estas técnicas era la mejora del balance hídrico del suelo al incrementar la infiltración y disminuir la escorrentía. Además, el control de la escorrentía era utilizado para crear sistemas de irrigación por gravedad desde las terrazas más altas hacia las más bajas (Carbonero, 1984).

A día de hoy se entiende por aterrazamiento como una estructura que modifica la morfología original del terreno a través de la construcción de una barrera física compuesta por un dique y un canal, de construcción repetida sistemáticamente en una ladera, y orientada en sentido perpendicular a la máxima pendiente (Gisbert *et al.*, 2012). De esta manera, se intercepta la escorrentía permitiendo su absorción o evacuación hacia la parte exterior del cultivo. Esta disposición otorga a los aterrazamientos la capacidad de ser una estructura muy efectiva en la protección de los suelos.

Los bancales son un tipo de terrazas utilizadas en zonas de pendiente muy elevada, con gran irregularidad y escasez de precipitaciones. La superficie que se cultiva cuando existen abancalamientos, es prácticamente horizontal. La barrera del bancale puede ser de diferente forma, siendo la más habitual en el mediterráneo valenciano, la pared vertical. Se utiliza en zonas de pendiente muy acusada donde es necesario disponer de un talud de sujeción completamente vertical, que permita generar el suficiente espacio para el cultivo en la parte superior. Estos muros se construyen tradicionalmente de mampostería en seco.

A lo largo del siglo XX, diversos procesos socioeconómicos determinan el abandono progresivo de este tipo de zonas. La agricultura se centra en las llanuras, donde se puede implantar el regadío y hacer uso de técnicas de cultivo intensivo, como el uso de maquinaria, que aumentan la productividad. Y es que, en la agricultura moderna, la mecanización es una característica imprescindible para reducir los costes de producción, eliminando una parte importante de la mano de obra. Los abancalamientos de ladera son, en la mayoría de los casos, inaccesibles para los tractores. A este hecho hay que

sumarle la progresiva migración de la población rural hacia las zonas urbanas, y el descenso de los precios de los productos agrícolas.

El abandono de los abancalamientos introduce una nueva dinámica en la que participan, por un lado, los procesos naturales de recolonización vegetal y, por otro, los de erosión. El comportamiento de ambos da lugar a situaciones muy diversas en función de las condiciones ambientales (Lasanta *et al.*, 2013).

En la mayoría de los casos, se asiste a procesos de sucesión vegetal con avance de matorrales, que tienden a homogeneizar el paisaje y a disminuir la diversidad biológica (Jiménez Olivenza, 1989), además de generar nuevas zonas de continuidad de combustible, con una elevada carga vegetal, en el contexto de la prevención y extinción de incendios forestales. Al mismo tiempo, tienen lugar diversos procesos que modifican las dinámicas hídricas que existían durante la fase de cultivo. Por un lado se deterioran los desagües, de manera que los excedentes que antes eran evacuados de la terraza, ahora se acumulan en ella. A su vez, la falta de laboreo genera una costra superficial que acelera e intensifica el volumen de la lámina escurrida tras un episodio tormentoso.

Los procesos erosivos se manifiestan en la superficie del bancal mediante la aparición de pequeños rodales de suelo desnudo, con un aumento notable de la pedregosidad. Estos rodales van creciendo de tamaño progresivamente hasta llegar a la base del muro anterior, descalzándolo. Lo mismo ocurre en la parte superior, donde la apertura de huecos en el terreno hace que las paredes se derrumben hacia el interior de la terraza (Lasanta, 2003).

Otro factor que afecta notablemente al desmoronamiento de los muros, son los procesos de contracción y expansión del suelo. Dependiendo del tipo de material parental utilizado, la presión horizontal ejercida sobre la pared tras un episodio de precipitaciones, dará lugar a derrumbes puntuales (Kosmas, 1998).

Una vez se han abierto las primeras grietas, los procesos de formación de cárcavas se aceleran, y el volumen de agua precipitada se concentra en las aperturas de los muros, aumentando el poder erosivo. A este fenómeno se le

suma el acarreo de materiales, que multiplica el poder de destrucción de la lámina escurrida, tratando de recuperar la hidromorfología original de la ladera.

En definitiva, la erosión del suelo en el mediterráneo peninsular reviste hoy una potencia jamás alcanzada y, según J. Marco, su causa primordial ha sido el abandono de terrazgos poco rentables (Marco & Morales, 1995). Terrazas sin cultivo, con sus muros destruidos, se encuentran en franco proceso de abarrancamiento en grandes cuencas torrenciales. De esta manera desaparece la protección de suelos que estas estructuras aportaban, y en contrapartida, aumentan las turbideces y los coeficientes de escorrentía, acelerándose así la denudación y esqueletización del suelo (Marco & Morales, 1995: 81-90).

1.1.2. El abandono de los abancalamientos de ladera

Según el Plan Nacional de Acción contra la Desertificación (PNAD, 2008), se entiende por desertificación la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

En el levante mediterráneo, que alberga terrenos de tipo árido y semiárido, confluyen ambos procesos contenidos en la definición. Por un lado las variaciones climáticas en un contexto de cambio climático, determinadas por un aumento generalizado de las temperaturas medias, y una reordenación de las aportaciones pluviométricas. Y por otro, la intensa influencia de la actividad del ser humano, que ha modificado durante siglos las condiciones naturales del entorno.

En el caso de los abancalamientos de ladera, el efecto de la mano del hombre es evidente. La estructura natural de las laderas ha sido transformada a lo largo de los años dando lugar a un equilibrio muy delicado que requiere de un mantenimiento exhaustivo, en torno a 1500 jornales por hectárea (Kosmas, 1998). El abandono de estos sistemas da lugar a un paisaje antrópico en el que se reactivan los procesos erosivos que tienden a recuperar la dinámica hidromorfológica natural, causando una mayor pérdida de suelos que en el caso de que los abancalamientos no hubieran existido.

Respecto a las modificaciones climáticas, resulta determinante la variación en los ciclos de precipitación. La intensificación de los fenómenos tormentosos da lugar a la acumulación de grandes cantidades de agua en cortos periodos de tiempo sobre las cuencas. En este proceso, la lámina escurrida adquiere en poco tiempo un gran volumen, reforzado por diversos factores asociados a la dinámica establecida tras el abandono del abancalamiento.

Un estudio realizado sobre abancalamientos en la Vall de la Gallinera (Rodríguez-Aizpeolea et al., 1991), analiza el efecto, durante los sucesivos años, del abandono de los cultivos. Partiendo de una tasa de erosión nula desde la última fase de cultivo, los procesos de pérdida de suelo se disparan rápidamente alcanzando, para una intensidad de precipitación de 55 mm/h, los 44 gr m²/h tras el primer año.

En las zonas húmedas o subhúmedas, las terrazas abandonadas son rápidamente colonizadas por la vegetación subespontánea, lo que devuelve los niveles de pérdida de suelo a valores tolerables, en torno al 2 gr m²/h. Sin embargo, en entornos áridos o semiáridos, la recuperación de la vegetación es mucho más problemática y los procesos erosivos son tanto o más rápidos que la recuperación natural de la cubierta vegetal. Además existen otros factores, como la excesiva carga pastante, que ralentizan este proceso.

Por otro lado, la recolonización natural de los bancales lleva aparejada la aparición de modelos de vegetación con una elevada carga de combustible, que además elimina las discontinuidades asociadas a los bancales agrícolas, muy útiles tanto en la prevención como en la extinción de incendios forestales.

Se pone de manifiesto, por tanto, que frente a los procesos de desertificación desencadenados en nuestro territorio, las medidas asociadas a la conservación de estructuras de protección de suelos, como son los bancales, son una de las formas más eficaces de lucha contra la erosión y la pérdida de suelos.

1.1.3. Alternativas en las áreas agrícolas marginales

En los últimos tiempos se ha tomado conciencia de los importantes procesos de desertización que están teniendo lugar, en la zona mediterránea, por la pérdida de las estructuras de protección de suelos. Prueba de ellos es la

inclusión de los paisajes aterrazados en el Plan de Desarrollo Rural 2007-2013 de la Unión Europea, o el hecho de que la Estrategia Territorial para la Protección del Suelo incluya, como objetivo prioritario, la protección y mantenimiento de las áreas aterrazadas.

Paralelamente, se han desarrollado en los últimos años diversos proyectos orientados a la conservación de estos espacios. Por ejemplo, la iniciativa *Mediterrinage*, que tiene como objetivo optimizar el aprovechamiento de las terrazas agrícolas, combinando funciones productivas y recreativas; o el programa PATTERN, desarrollado entre Mallorca e Italia, cuyo objetivo es la localización de bancales, para definir su tipología y su estado de conservación; o TERRISC, que tiene como principal fin la prevención de riesgos naturales en laderas aterrazadas del mediterráneo.

Atendiendo al Plan Nacional de Acción Contra la Desertificación, se considera que un 46% de la superficie del territorio nacional está sometida a procesos erosivos superiores a los límites tolerables (12 toneladas por hectárea y año), y un 12% sometido a una erosión muy severa, con arrastres superiores a las 50 toneladas por hectárea y año. La inmensa mayoría de estos terrenos están ubicados en las cuencas mediterráneas.

Además, y según la Evaluación de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático (MAGRAMA, 2005), los cambios predichos para el futuro sobre un aumento de los eventos climáticos extremos en España, redundarían en un agravamiento del riesgo de erosión.

En este sentido, y siempre en el contexto de la lucha contra la desertificación, se presenta la necesidad de plantear alternativas asociadas a la recuperación de las estructuras de conservación de suelos en las cuencas mediterráneas, y en concreto, sobre las áreas marginales de cultivo ubicadas sobre abancalamientos de ladera.

La conservación de estas estructuras se debe desarrollar mediante la inclusión de alternativas de cultivo rentable, compatibles con los condicionantes climáticos y las características socioeconómicas de la zona, que eviten su abandono.

1.1.4. El cultivo de *Argania spinosa*

El argán, *Argania spinosa*, se presenta como una especie de potencial uso bajo estas condiciones. Especie arbórea, endémica del suroeste de Marruecos, se caracteriza por presentar gran resistencia a la sequía y la posibilidad de desarrollarse sobre suelos superficiales y pobres en nutrientes. Su extenso y profundo sistema radicular tiene un elevado efecto protector frente a la erosión y a la desertificación (Nouaim *et al.*, 2002). Además, presenta la capacidad de elevar el grado de fertilidad de los suelos sobre los que se desarrolla. De hecho, trabajos previos (Montoya 1982, 1984) ya proponen el argán como especie adecuada para la restauración de terrenos degradados en clima árido y semiárido.

Además de su potencial adaptación al entorno semiárido, los frutos del árbol del argán contienen una semilla de la cual se extrae un aceite de muy alta calidad (López-Sáez & Alba, 2009). Tradicionalmente usado con fines alimenticios por su fragancia y su característico aroma, la aplicación en la industria farmacéutica y cosmética es cada vez más común debido a su capacidad para proporcionar una hidratación intensa, regenerar pieles envejecidas y prevenir la aparición de arrugas (Charrouf & Guillaume, 1999; Moukal, 2004). Recientes estudios atribuyen al aceite de argán propiedades antihipertensivas (Berrougui *et al.*, 2006) e incluso anticarcinógenas (Charrouf & Guillaume, 1999; Moukal, 2004). Estas características hacen del aceite de argán un producto de gran valor económico en un mercado de demanda creciente, y en consecuencia, al cultivo de *Argania spinosa*, un cultivo de elevada rentabilidad.

1.2. JUSTIFICACION

La presente propuesta de estudio surge de la necesidad de poner en valor los terrenos agrícolas marginales ubicados sobre abancalamientos de ladera, en el marco de la restauración hidrológico-forestal, como herramienta para la lucha contra la desertificación.

La nula rentabilidad de los cultivos tradicionales de secano en el mediterráneo, ha motivado el progresivo abandono de los terrenos agrícolas abancalados y la pérdida de las estructuras de protección de suelos asociadas a ellas, los bancales. Este proceso conlleva la aparición de fuertes procesos erosivos que generan una elevada tasa de pérdida de suelo. La implantación de un cultivo rentable permite la puesta en valor de dichos terrenos, favoreciendo el mantenimiento de las estructuras de conservación de suelo y la lucha contra la desertificación en el entorno mediterráneo de la Península Ibérica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

El objetivo principal del presente Trabajo Fin de Master es estudiar la aptitud potencial de la especie *Argania spinosa*, para implementar su cultivo sobre abancalamientos de ladera en áreas rurales marginales de las provincias de Valencia y Alicante, como herramienta para la conservación de las estructuras de protección de suelos, en el marco de lucha contra la desertificación.

Se estudia la viabilidad de un aprovechamiento agrícola sostenible, el argán, de alto valor económico, que ofrezca rentabilidad suficiente al agricultor, y a su vez, suponga la inclusión de mecanismos de conservación de suelos en el contexto de la Restauración Hidrológica, favoreciendo el mantenimiento y persistencia de los abancalamientos, y frenando los procesos erosivos derivados de su abandono, que a día de hoy suponen importantes pérdidas de suelo en el entorno mediterráneo árido y semiárido.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer el marco fitoclimático bajo el que se desarrolla la especie *Argania spinosa* en su área natural de distribución en el suroeste de Marruecos, con el fin de determinar cuáles son los aspectos limitantes de su cultivo.
- Análisis de la viabilidad ecológica de *Argania spinosa* en el piso termomediterráneo de las provincias de Valencia y Alicante, mediante un estudio comparativo entre esta zona y el área natural de distribución de la especie.
- Estudio de la potencialidad agrícola de *Argania spinosa* con el fin de estimar la producción en fruto de la especie, destinado a la obtención de aceite, bajo las condiciones ambientales del termomediterráneo valenciano.
- Análisis de la rentabilidad de un aprovechamiento agrícola de *Argania Spinosa* sobre abancalamientos de ladera en el mediterráneo peninsular.

1.4. ARGANIA SPINOSA

1.4.1. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsidas
Orden:	Ericales
Familia:	Sapotaceae
Género:	Argania
Especie:	Argania spinosa (L.) Skell (sinónimos: Argania syderoxylon (Roem & Schultz.), Syderoxylum spinosum (L.)).

Nombre vernáculos: arga, argán, argania, erguén, acebuche espinoso.

Porte

Por tratarse de una especie con un elevado grado de adaptabilidad a las condiciones ambientales, el argán puede presentarse de diferentes formas. Bajo condiciones de fuerte aridez, adquiere porte arbustivo, pudiendo limitar su crecimiento a pequeñas matas de apenas 50 cm. Por el contrario, en condiciones de óptimo ecológico, el argán alcanza la forma de un árbol de tamaño mediano. Con porte arbóreo es cuando el argán presenta una elevada productividad anual de frutos. El objeto de estudio de este trabajo es la producción de fruto de argán, por lo que la atención se centra en estos pies.

El argán adulto es un árbol perenne, que puede alcanzar los 10 metros de altura. La copa es amplia y redondeada, de aspecto denso. El tronco es corto y tortuoso, compuesto por varios tallos entrecruzados que le otorgan un aspecto tortuoso. Apenas alcanza un metro de diámetro (D.A.P.). Las ramas son largas y tendidas, muy duras y provistas de duras espinas de 2 o 3 cm. La madera del argán es extremadamente dura.

Hojas

Las hojas son pequeñas, en torno a los 2,5 cm de largo por 0,5 cm de ancho. Son enteras, glabras, de forma oblongo-lanceolada y ligeramente cuneadas en

la base. Aparecen en pequeños brotes laterales, alternas, y a veces solitarias. En realidad las hojas no son perennes sino subpersistentes, permaneciendo unidas a la rama durante la estación seca hasta la nueva foliación.

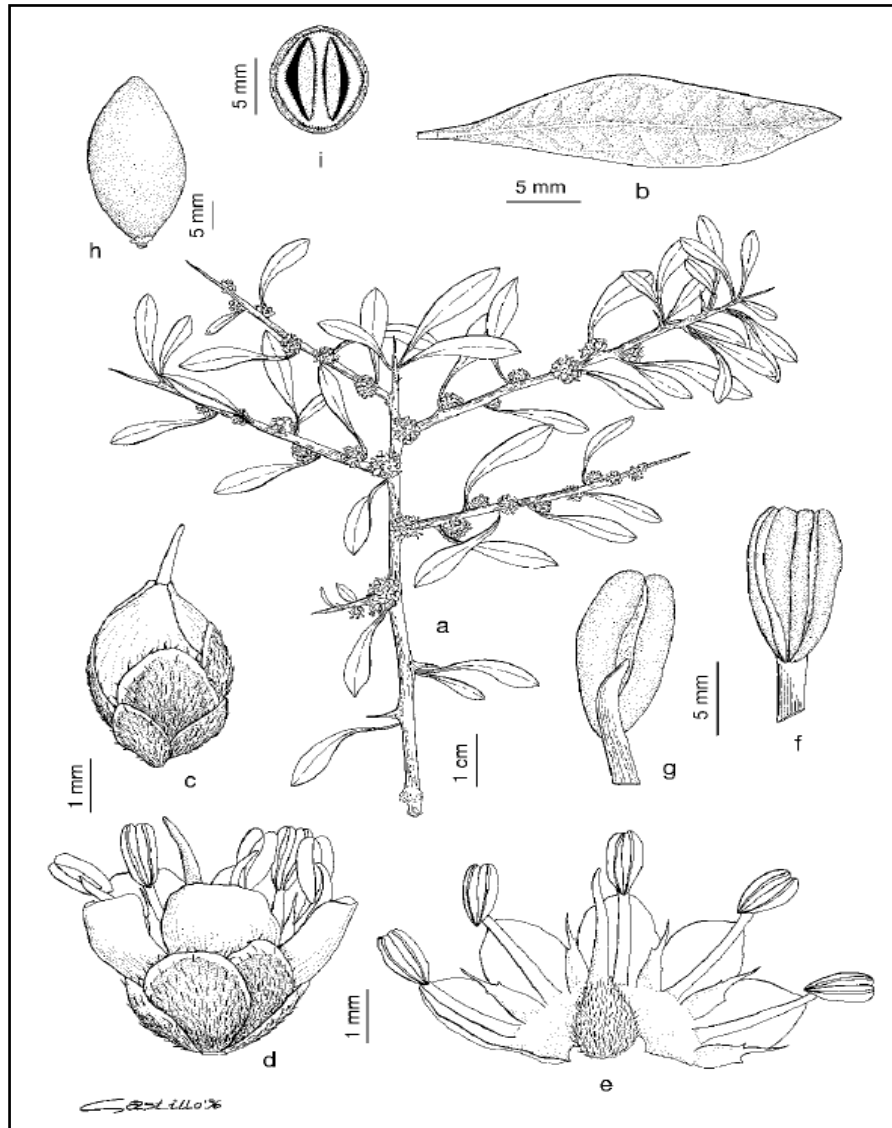


FIG 1: *Argania spinosa*, Safi, pr. Yurf al-Yhudī, Marruecos (MA 299394): a) rama; b) hoja; c) capullo floral; d) flor; e) flor abierta; f), g) antera; h) fruto; i) corte transversal del fruto.

Flores

Las flores son blanquecinas y aparecen en glomérulos axilares o sésiles. Son hermafroditas. El cáliz consta de un solo verticilo de cinco sépalos pilosos, corola gamopétala, glabra, con el tubo más corto que los lóbulos. Presenta cinco estambres soldados en la parte superior del tubo a la corola, en un verticilo simple, cinco estaminodios glábros, generalmente dentados en la base,

y ovario peloso. En su área natural de distribución florece entre Febrero y Junio (M'hirit *et al*, 1998), mientras que en la Península Ibérica se considera que lo hace algunas semanas más tarde.

Frutos

El fruto del argán es una baya carnosa de color verde-amarillento. De tamaño variable, suele tener entre 1,5 y 3 cm de largo por 1,5 o 2 cm de ancho. Cabe señalar que la baya de argán es morfológicamente muy variable existiendo seis formas principales, desde la oval a la subglobosa. La baya contiene 3 semillas con endospermo carnoso y abundante, soldadas a un tegumento esclerificado en forma de falsa drupa. El pericarpo del fruto consta de tres capas: el exocarpo o piel exterior, el mesocarpo que es la pulpa externa carnosa; y el endocarpo o nuez dura que encierra la albúmina carnosa o endospermo con aceite.

1.4.2. Área natural de distribución

El argán se encuentra distribuido, de manera natural, a lo largo de la fachada atlántica de Marruecos, entre los paralelos 29° y 34°, esto es, desde la ciudad de Essaouira en su límite septentrional, hasta Sidi Ifni al sur. Hacia el este, las poblaciones de argán se hayan salpicadas desde el nivel del mar hasta los 1500 metros de altura, en la vertiente meridional del Alto Atlas, y en las meridionales y septentrionales del Anti Atlas (Msanda *et al.*, 2005). Se considera que el área de distribución natural de *Argania spinosa* ocupa en torno a las 820.000 hectáreas, lo que representa un 7% del patrimonio forestal marroquí (López-Sáez & Alba, 2009).

Existen algunas poblaciones aisladas en el Noroeste de Marruecos, en torno al paralelo 35°, a unos 550 km de la masa principal, ocupando una superficie de 850 hectáreas. Se considera que se trata de poblaciones relicticas procedentes de una distribución mucho más amplia del argán en el pasado (Benabid, 1985).

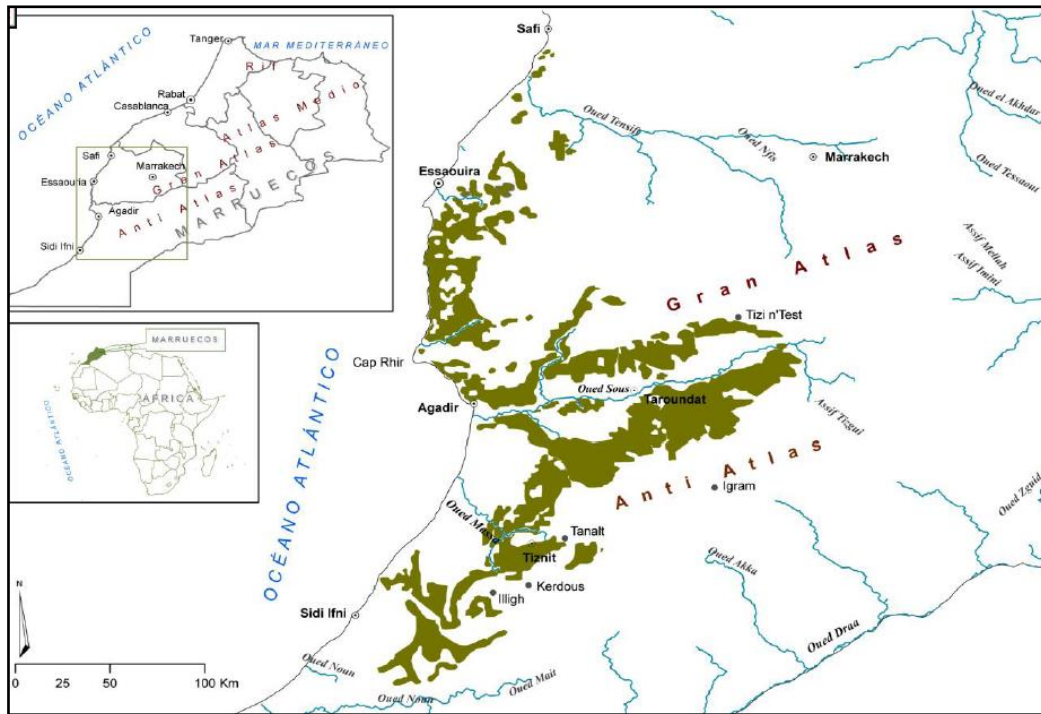


FIG 2: Plano, se representa el área natural de distribución de *Argania spinosa*.

1.4.3. Ecología de la especie

Tal y como se ha descrito, el argán se distribuye de manera natural desde el nivel del mar hasta los 1700 metros de altura, enmarcándose en los pisos bioclimáticos infra y termomediterráneo inferior de régimen árido y semiárido. Se considera que la precipitación óptima para el desarrollo de la especie se sitúa en torno a los 250 mm anuales, sin embargo, su amplitud ombroclimática favorece su presencia en lugares con precipitaciones inferiores a los 100 mm anuales, siempre y cuando exista una compensación higrométrica, fruto de la proximidad al Océano Atlántico. Asimismo, el argán aparece en climas secos con precipitaciones de hasta 400 mm, generalmente en su variante cálida y templada. La distribución de las precipitaciones a lo largo del año se caracteriza por su gran variabilidad espacial y temporal, con predominio de fenómenos tormentosos.

El rango de temperaturas asociado al argán es muy amplio soportando valores superiores a los 50 °C, gracias a las diferentes adaptaciones ecofisiológicas que desarrolla. Por el contrario, se señala que no tolera las heladas, especialmente en los primeros estadios de desarrollo de la planta. Algunos

trabajos señalan que el límite inferior de crecimiento de la especie se sitúa en los 4°C (M'hirit *et al*, 1998).

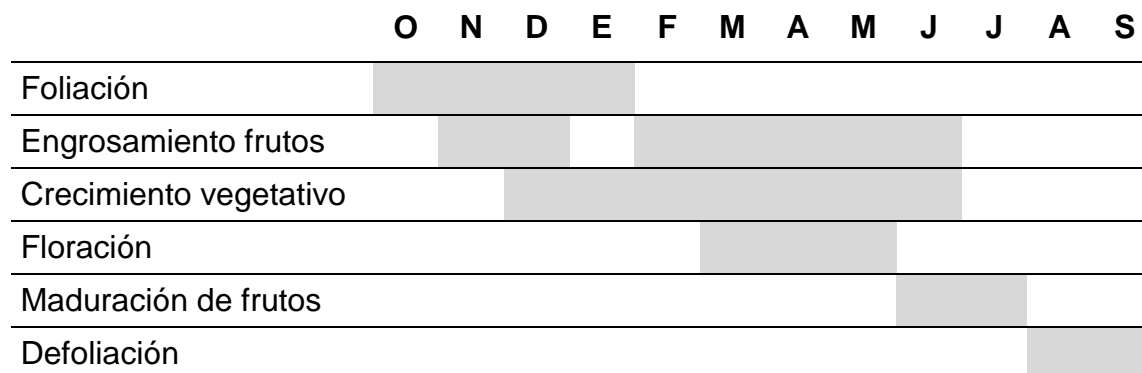


FIG 3: Fenología del argán. Elaboración propia.

Queda claro, por tanto, que dentro de su área natural de distribución, el argán está presente bajo condiciones climáticas muy diversas. Esta variabilidad de factores climáticos se refleja en la amplia distribución geográfica de la especie, que a su vez se asocia a una gran variabilidad morfológica, desde las formas arbustivas de las altas cumbres del Atlas, hasta los portes arbóreos.

En consecuencia, se deduce que no bajo todas las condiciones climatológicas el argán se presenta como un árbol altamente productivo en fruto. Mayoritariamente se trata de las llanuras de Souss, allí donde las heladas son inexistentes, las precipitaciones rondan los 300 mm anuales, y el régimen térmico es principalmente de carácter termomediterráneo.

Más allá de los aspectos climatológicos, el argán es una especie de elevada rusticidad, indiferente a la naturaleza litológica del suelo. La mayor parte de los bosques de argán se desarrollan sobre terrenos calcáreos, aunque también los hay sobre suelos ácidos. Se adapta mejor a sustratos sueltos, arenosos puesto que no tolera los encharcamientos. Pese a todo, su potente sistema radial le permite crecer en terrenos rocosos o sobre encostramientos que atraviesa en busca de la humedad edáfica. En base a la bibliografía se determina que predomina sobre los suelos tipo regosol, litosol, vertisol y calcisol (El-Aboudi *et al*, 1992).

1.4.4. El bosque de argán. Sistema multifuncional

Los bosques y matorrales formados por los arganes se consideran propios de la vegetación mediterránea esclerófila, incluidos en la clase *Quercetea ilicis*, donde constituyen un orden único: *Acacio-Arganietalia*, exclusivo del sector norteafricano de influencia macaronésica. Algunas especies características de estas formaciones son: *Acacia gummifera*, *Bupleurum dumosum*, *Periploca angustifolia*, *Maytenus senegalensis* o *Whitania frutescens*. Bajo este orden se encuadran dos alianzas principales: la alianza *Senecio antheuphorbii-Arganion spinosae*, que abarca a las asociaciones litorales y sublitorales en las que predominan las euforbias cactáceas; y la alianza *Acaciongummiferae*, propia del interior de la región, con nueve asociaciones adscritas, cinco de las cuales incluyen el argán como especie dominante.

En origen, *Argania spinosa* ha dado lugar a formaciones forestales cerradas que el hombre fue aclarando desde los primeros tiempos. De acuerdo con M'Hirit, en la actualidad existen dos fisionomías principales. La primera de ellas corresponde a las zonas puramente forestales de elevada densidad, donde se intercalan arganes de talla media con formas arbustivas de diversas especies. La otra estructura de bosque de argán corresponde a la forma adehesada donde los pies de gran talla dominan un sistema de baja densidad bajo el que se compaginan otros usos, como el agrícola o el ganadero.

Al sistema adehesado del argán se le denomina *arganaire*, por su nombre en francés. Se trata de un sistema agrosilvopastoral cuya forma fundamental es el monte alto, aunque en algunos casos se trabaja con rebrotes que, por lo general, son poco vigorosos. Estas estructuras se encuentran en las grandes llanuras agrícolas situadas entre las cordilleras y la costa atlántica como la del Souss, Haha o Chiadma. Representan un sistema multifuncional donde se equilibran los diferentes usos y aprovechamientos.

Su origen es muy similar al de la dehesa española, fruto de cientos de años de rotaciones de ganadería, agricultura y quemas. En el *arganaire* se encuentran alrededor de 30 pies por hectárea, dispersos y de gran talla, bajo los cuales se alternan cultivos, principalmente cereales, aunque en algunos casos, el

aprovechamiento de pozos ha permitido la aparición de pequeñas parcelas hortícolas. De los árboles de argán se aprovecha todo. Si por algo se conoce a este ecosistema más allá de sus fronteras, es por la estampa de las cabras subidas a las ramas del argán, varios metros por encima del suelo, donde ramonean sus hojas y se alimentan de sus frutos. La madera, aunque de baja calidad, es extremadamente dura, por lo que la población local la utiliza en diversos instrumentos. Pese a todo, el producto que mayor valor proporciona el *arganaire* es el aceite extraído de la nuez que alberga el interior de los frutos.

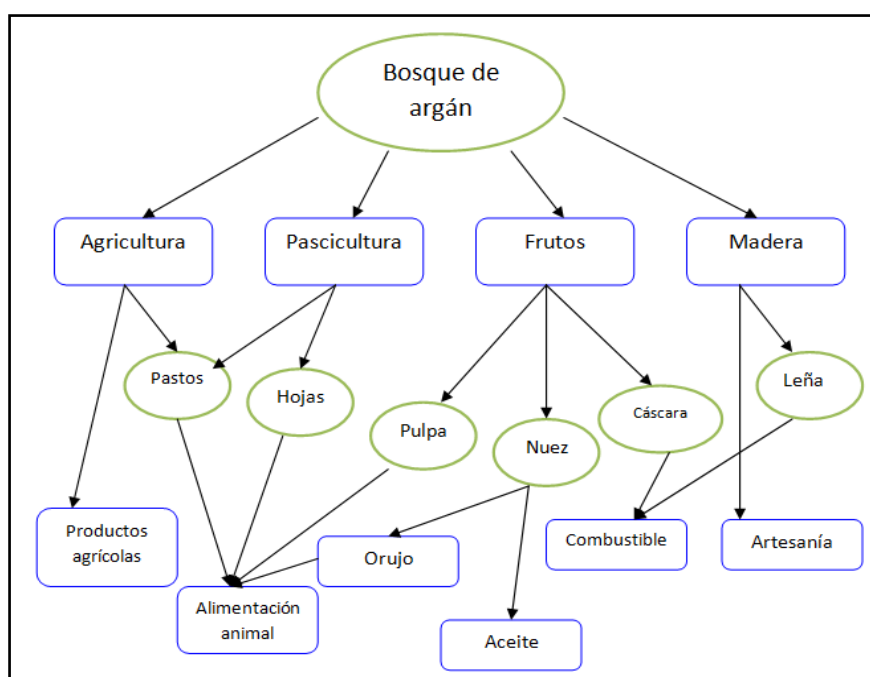


FIG 4: Multifuncionalidad del bosque de argán. Elaboración propia.

El otro elemento que da forma al *bosque de arganaire* es la ganadería, principalmente ovina y caprina. Durante la estación seca, y en los años más duros de sequía, el ganado, que habitualmente se alimenta de los matorrales presaharianos, trashuma hacia el norte en busca del argán, del que aprovecha tanto hojas como frutos. El valor forrajero del argán es de 80 U.F., es decir, 100 kg de pulpa de argán equivalen a 80 kg de cebada. Además, el cortejo florístico del argán contiene especies arbustivas de cierto interés ganadero como *Ziziphus lotus*, *Chamecystis albidus*, *Acacia gummifera*, *Whitania frutescens* o *Rhus pentaphylla*, así como plantas vivaces de elevada palatabilidad como *Digitaria communata*, *Bothriochloa pertusa*, *Retevo-pogon contortus* o *Hyparrhenia hirta*.

1.4.5. Papel ecológico y situación actual del bosque de argán

El argán juega un papel fundamental en el equilibrio ecológico de los bosques sobre los que domina. Su extenso sistema radical contribuye al mantenimiento del suelo, evitando la erosión hídrica y eólica, que amenaza con llevar a la desertificación a gran parte de la región. Además, bajo la sombra que proyecta su amplia copa, se puede desarrollar la agricultura de subsistencia, imposible de otra forma bajo las condiciones de aridez existentes.

El sistema radical del argán funciona como un pozo de agua que eleva humedad desde los acuíferos hasta los horizontes fértiles de la superficie, donde es restituida mediante un proceso de evaporación y condensación. Existen numerosas especies de fauna y flora cuya existencia se encuentra íntimamente ligada a la presencia del argán.

Pese a la disposición de estos beneficios, el bosque de argán se halla en considerable regresión. En la actualidad, se pueden encontrar un gran número de parcelas abandonadas por causa de la erosión eólica o por la salinificación del suelo. De acuerdo con Nouaim, desde hace ya varias décadas el ecosistema se encuentra sobreexplotado, en gran medida debido al complejo sistema tribal de la zona que hace dificulta la distribución equilibrada de los derechos de explotación entre los distintos actores. La fuerte presión ganadera dificulta la regeneración del bosque, tanto en el sistema agrosilvopastoral como en el forestal, lo que a su vez obliga a los productores de aceite a recoger el fruto excesivamente verde, y sin dejar un volumen de semillas de reserva en el árbol. A su vez, la aparición de las infraestructuras de riego favoreció la apertura de tierras de cultivo en detrimento de la masa arbórea (Nouaim, 1991). Actualmente, la zona que ocupa el argán en Marruecos constituye una Reserva de la Biosfera de la UNESCO que, junto con las ONGs de la zona, tratan de frenar la dinámica regresiva que están sufriendo los bosques de esta especie (M.A.B. - U.N.E.S.C.O. Progame, 1998).

1.4.6. Proceso de producción del aceite de argán

Los frutos del árbol del argán maduran entre Junio y Agosto. Unas semanas antes, los recolectores seleccionan los árboles adecuados para la temporada en función de la cantidad y calidad del fruto producido. Tradicionalmente, la recolección del fruto se realizaba a través de las cabras. La falta de pastos durante los meses secos obliga a estas a subir a los arganes para ramonear los brotes verdes primaverales y los frutos maduros. Más tarde, en el aprisco, las cabras rumian y escupen los frutos, ya sin pulpa, de forma que el proceso de recolección se reduce a recoger del suelo los huesos regurgitados.

A día de hoy, los frutos se recogen vareando los árboles. En aquellos lugares en los que el argán convive con la actividad ganadera se suele recurrir a vallar en su base los pies previamente seleccionados, con el fin de evitar que las cabras puedan subir. Tras la recolección de las bayas en su momento óptimo de maduración, se extienden al sol para secar la pulpa y facilitar su limpieza.

A golpe de piedra se extraen las tres semillas que contiene cada fruto. Estas pequeñas almendras se someten a torrefacción. A continuación, se machacan en una muela hasta que comience a gotear por la boca del molino una miel opaca. Esta miel se deja reposar en un lugar fresco y seco durante una semana para después escurrirla formando pequeñas bolas de pasta semiseca de las que poco a poco saldrá el aceite.

En la mayoría de las sociedades industriales de la zona se ha tecnificado el proceso mediante el uso de hornos y molinos modernos, con el fin de acelerar el proceso y mejorar los rendimientos del aceite por cantidad de fruto. A pesar de ello, el proceso continúa siendo lento y tedioso debido a la dureza de la nuez que envuelve a las almendras.

Ciertos estudios apuntan a una cierta diferenciación de calidad del aceite en función del proceso de extracción, generalmente debido a que el método industrial y el uso de químicos empeoran las propiedades físico-químicas y organolépticas (Hilali *et al.*, 2005; Charrouf y Guillaume, 1999).

La producción de aceite de argán es un proceso lento debido al bajísimo rendimiento de los frutos. Los pies comienzan a fructificar entre los 5 y los 7 años de vida, alcanzando su máximo rendimiento productivo en torno a los 60 años. La cantidad de fruto extraída de cada pie dependerá de la edad del ejemplar, de la densidad de plantación y de las precipitaciones que haya recibido ese año. En los bosques más productivos se recolecta, por término medio, unos 500 kg por hectárea y año. De cada 100 kg de fruto en verde se obtienen 62 kg de fruto seco, la mitad de los cuales corresponde a la pulpa y la otra mitad a la nuez. De esos 100 kg iniciales se extraen 3 kg de almendra que proporcionarán entre 33 y 45 gramos de aceite puro, es decir, entre 1,1 y 1,5% del peso de almendras obtenido.

En los últimos años se han ensayado diferentes métodos de extracción, como el proceso *soxhlet*, que permite alcanzar rendimientos del 82% del peso de almendras utilizado. Asimismo, los recientemente creados procesos de extracción mecánica, desarrollados para la industrialización del proceso de obtención de aceite, han resultado aprovechar en torno al 1,5% del peso del fruto verde.

1.4.7. Propiedades del aceite de argán

El aceite de argán ha sido utilizado tradicionalmente con fines alimenticios por su rica fragancia y su característico aroma. Además presenta un elevado contenido en ácidos grasos insaturados lo que lo convierte en un producto de alta calidad nutricional (López-Sáez & Alba, 2009). Su alta concentración de antioxidantes, además de contribuir a su valor dietético, favorece la preservación de la calidad del aceite (Khallouki et al., 2005). Tanto la pulpa como la pasta prensada de la que se extrae pueden ser recicladas como alimento para el ganado dado que la composición a base de glúcidos, proteínas y saponinas supone un alto valor energético en su dieta. Sus propiedades bactericidas y fungicidas permiten que el aceite de argán sea utilizado como cosmético en forma de loción en tratamientos dermatológicos, especialmente indicado para todo tipo de pápulas, para la regeneración de pieles deshidratadas y en reacciones alérgicas e inflamaciones (Charrouf y Guillaume, 1999; Cherki et al., 2006). El ácido linoleico, muy abundante en el aceite de

argán, evita la sequedad y pérdida de elasticidad de la piel convirtiéndolo en un excelente producto para prevenir la aparición de arrugas o el acné juvenil (Rahmani, 2005).

En los últimos años se ha demostrado que el aceite de argán presenta capacidades antihipertensivas en el tratamiento de problemas cardiovasculares como la arterosclerosis (Berrougui et al., 2007). Diversos estudios farmacológicos atribuyen a este producto propiedades anticarcinógenas así como cualidades para el tratamiento reumatológico, y como hepatoprotectivo (Charrouf y Guillaume, 1999; Moukal, 2004).

1.4.8. Situación actual y perspectiva económica del aceite de argán

Desde hace siglos el argán tiene un papel fundamental en vida y cultura bereber, y sus formaciones constituyen un paisaje cultural y un símbolo étnico y socioeconómico de gran valor (Benchekroun, 1989). Pese a los desmanes de las últimas décadas, la explotación del bosque de argán proporciona empleo a unas 30.000 mujeres, entre permanentes y temporales (la feminización de la mano de obra es una característica propia de la producción del argán). Se considera que la cifra de negocio del sector del argán ronda los 30 millones de euros. El 15% de la producción se reparte entre 150 cooperativas aproximadamente, mientras que el monto restante procede de unas 40 sociedades industriales ubicadas en las principales poblaciones de la zona.

Los procesos de producción del aceite de argán son particularmente complejos. El bajo nivel de industrialización de la región de la que procede ha evitado que aparezcan procesos de producción de mayor eficiencia. A este hecho hay que sumarle la voluntad, por parte de las empresas comercializadoras de ofrecer una imagen de rusticidad en la producción que ya no es tal, y que solo favorece al encarecimiento del producto. A pesar de ello, y debido a sus innumerables propiedades, el aceite de argán es un producto en auge, cada vez más presente en occidente. Particularmente crece su presencia en cosméticos, ya sea vendido como aceite de argán puro o como componente esencial en otros productos. Se considera que el sector está en plena expansión debido a la creciente demanda de exportaciones hacia Alemania, Francia, Japón, Canadá o Estados Unidos.

1.4.9. Antecedentes de uso de *Argania spinosa* en la Península Ibérica

El uso del árbol del argán en nuestra región es muy reducido. Pese a ello, se han podido documentar algunos casos en los que se ha hecho uso de esta especie en la Península ibérica.

A nivel nacional, la bibliografía es muy reducida, comenzándose a citar la especie a principios de los años 80 (Montoya, 1982 y 1984), en donde se destaca su potencial para la restauración en el clima semiárido español y su valor silvopastoral. En la mayoría de los casos simplemente se cita la presencia de la especie. Sin embargo, algunos autores han profundizado en diferentes aspectos del cultivo de la especie, como es el caso de ensayos de germinación de las semillas y enraizado de los brinzales (López Sáez, 2009), o el periodo de fructificación de la especie en la Península Ibérica (Carrasco, 1999).

Se ha documentado la presencia de la especie en Alicante, en el llamado monte Orgegia, donde se encuentran dos pies adultos de origen subespontáneo, acompañados de tres matas arbustivas y varios brotes incipientes. Se desconoce su origen, aunque todo parece indicar que proceden de una plantación ornamental en el interior de una propiedad que ya no existe como tal.

En Molina de Segura, provincia de Murcia, se halla otro ejemplar adulto de argán. Se trata de un árbol de considerables dimensiones, seguramente mayor y más antiguo que el ejemplar ubicado en Alicante. Alcanza los 8 metros de altura y un metro de diámetro normal. Según se ha podido averiguar, este ejemplar no proporciona frutos, probablemente por la falta de polinización.

Procedentes de una antigua plantación experimental en el rincón de Casas de las Frases, junto al cauce del barranco del río Torremanzano, término de Xixona, se pueden encontrar seis matas arbustivas de unos 50 cm de altura y 15 años de vida. En su momento se plantaron unos 100 ejemplares salpicando una repoblación de *Pinus halepensis* de 3 hectáreas, sin embargo, la implantación del nuevo vertedero de Xixona ocupó la mayor parte del terreno dejando en pie unos 50 arbustos.

En 1997, el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) realizó plantaciones de varias especies, entre las que se encontraba el argán, en lugares sensiblemente erosionados. Se realizaron tres parcelas sobre terrenos margosos, con pendientes de moderadas a fuertes y en solana. Pasados trece años, la supervivencia del argán se cifra en torno al 30% de los ejemplares plantados, excepto en la parcela de Xixona donde se considera que algún invierno anormalmente duro provocó la congelación de los ejemplares, particularmente sensibles a este factor. Los crecimientos de las plantas supervivientes se distribuyen entre los 30 cm y los 150 cm en algún caso excepcional. Se consideran crecimientos adecuados para la dureza del entorno en el que fueron plantados, especialmente si se comparan con los crecimientos otras especies que componían la plantación como *Pinus halepensis* y *Pistacia lentiscus*

2. Materiales y métodos

2.1. DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DE ARGANIA SPINOSA

La aptitud de *Argania spinosa* para ser utilizada en el termomediterráneo valenciano viene determinada por los condicionantes ecológicas de la zona de estudio. En función de estas variables la especie podrá desarrollar de manera efectiva su ciclo biológico, o por el contrario, existirán factores que limiten su adaptación.

Para determinar esta aptitud se ha realizado un estudio comparativo entre el área natural de distribución de la especie, en el sureste de Marruecos, y las condiciones ambientales que presenta nuestro territorio. Este análisis se establece bajo la premisa de que si las variables consideradas en uno y otro lugar no presentan diferencias significativas, el cultivo del argán será viable.

Para realizar este análisis comparativo se han considerado las características fisiográficas, edafológicas y fitoclimáticas de ambas zonas. A partir de los estos datos, se han calculado los principales índices fitoclimáticos, y se ha hecho uso de herramientas que relacionan las condiciones ambientales con los procesos fisiológicos de la planta.

2.1.1. Marco fitoclimático de *Argania spinosa*

El primer paso del estudio comparativo ha consistido en la determinación de los condicionantes más importantes que presenta *Argania spinosa* para su desarrollo, es decir, se ha establecido el marco edafoclimático de la especie en su área natural de distribución.

Para ello se ha recurrido a una exhaustiva consulta bibliográfica, a partir de la cual se han establecido los valores extremos de desarrollo de la especie en relación a la temperatura, la pluviométrica o condicionantes edafológicos.

Esta primera aproximación al argán permite establecer un punto de partida a partir del cual realizar un análisis más exhaustivo de los condicionantes fitoclimáticos, y pone de manifiesto los elementos significativos de su adaptabilidad en nuestro territorio.

2.1.2. Estaciones termopluviométricas. Datos climatológicos

Con el fin de caracterizar el encuadre fitoclimático de *Argania spinosa* en el sureste de Marruecos, se han obtenido los datos de 5 estaciones termopluviométricas, repartidas a lo largo y ancho del área natural de distribución de la especie:

- Agadir
- Taroundant
- Argana
- Essaouira
- Tiznit

La selección de estas estaciones trata de responder a la variabilidad térmica y altitudinal del área donde se desarrolla el argán, reflejando así los límites ecológicos de distribución de la especie. Bajo esta premisa, se han seleccionados tres estaciones próximas a la costa: Essaouira, Agadir y Tiznit; otra estación ubicada en la zona agrícola de la Llanura del Souss: Taroundant; y una última estación en las zonas montañosas del interior: Argana.



FIG 5: Ubicación de las estaciones climatológicas de Marruecos.

En el caso del entorno valenciano, los datos provienen de cinco estaciones termopluviométricas que han sido seleccionadas bajo dos criterios. En primer lugar, la necesidad de que sus normales climatológicas se asemejen a las propias de la zona de distribución del argán, especialmente en lo que respecta al riesgo de heladas y régimen de temperaturas. En segundo lugar, tratando de reflejar las condiciones de aquellas zonas montañosas en las que se concentran una gran cantidad de antiguas terrazas de cultivo abandonadas o improductivas. A continuación se enumeran las estaciones seleccionadas:

- Benifairo
- Pedreguer
- Pego
- Benissa
- Gata Gorgos

Los datos de las estaciones españolas utilizadas en este estudio proceden del Atlas Climatic de la Comunitat Valenciana, publicado por la Generalitat Valenciana (Pérez Cueva, 1994). Los resultados procedentes de dicha fuente representan series históricas largas, superiores a los 30 años, de elevada fiabilidad.

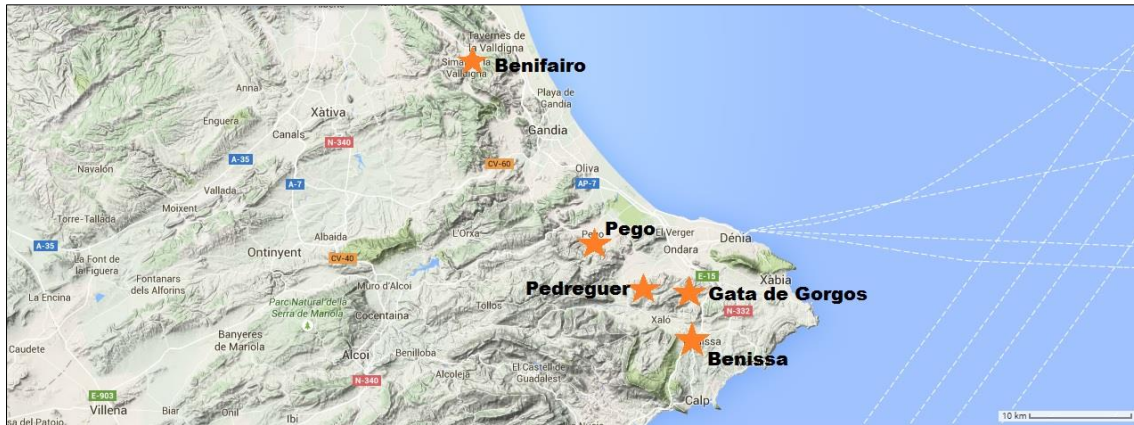


FIG 6: Ubicación de las estaciones climatológicas del termomediterráneo levantino.

Los datos procedentes de Marruecos se han extraído de la página web climate-data.org que ofrece datos de múltiples puntos de la geografía marroquí, calculados a través de puntos de compensación a partir de las estaciones existentes.

Aunque considerándose válidos para las dimensiones del presente estudio, es necesario señalar que las fuentes de datos de Marruecos muestran determinadas lagunas, con series históricas cortas y algunos valores claramente anómalos. A pesar de ello, los datos usados en este estudio han sido contrastados con otras fuentes y los valores considerados anómalos, han sido depurados en la medida de lo posible.

Variables climatológicas.

A continuación se enumeran las variables utilizadas para cada una de las estaciones termopluviométricas. Se ha utilizado la nomenclatura del Centro de Investigaciones Fitosociológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

- Ti: Temperatura media mensual
- Mi: Temperatura media mensual de las máximas
- mi: Temperatura media mensual de las mínimas
- M'i: Temperatura media mensual de las máximas absolutas.
- m'i: Temperatura media mensual de las mínimas absolutas.
- Pi: Precipitación media anual en milímetros por metro cuadrado
- PEi: Evapotranspiración potencial mensual.

2.1.3. Análisis de los valores climáticos normales

A partir de los datos procedentes de las estaciones termopluviométricas, se han analizado los valores asociados al régimen térmico y al régimen pluviométrico de ambas zonas. Para este análisis se han considerado los valores medios mensuales, los valores extremos, y los patrones de distribución a lo largo del año para cada variable.

A su vez, se han calculado los índices asociados a cada variable que contempla la Clasificación Bioclimática de la Tierra de Rivas-Martínez (Rivas Martínez, 1982), esto es, el índice de continentalidad, índice ombrotérmico, y el índice de termicidad.

En el caso del régimen térmico se han considerado las temperaturas medias mensuales, las temperaturas medias mensuales de las mínimas y las temperaturas mínimas absolutas de cada estación. Asimismo, se han tenido en cuenta los periodos de helada probable y helada segura, junto con el número de noches de heladas registradas a lo largo del año. Los resultados obtenidos se han comparado con los obtenidos mediante el cálculo del índice de continentalidad, en el caso de las temperaturas medias mensuales, y el índice de termicidad, en el caso de las temperaturas medias mínimas.

En el estudio comparativo del régimen pluviométrico de ambas zonas se ha considerado tanto la precipitación anual recibida, como su distribución a lo largo del año. En este último caso se presta especial atención a la duración del periodo de sequía, factor clave en el entorno mediterráneo, por lo que se ha calculado para cada estación el porcentaje de pluviometría acumulada según la estación del año.

2.1.4. Balance hídrico. Clasificación de Thornthwaite.

Partiendo de las precipitaciones medias mensuales, y la estimación de la evapotranspiración mensual, se determina el balance de agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance hídrico es necesario para determinar la disposición de agua para las plantas, aproximando las carencias o excesos que tengan lugar.

El modelo de balance hídrico aquí presentado es el conocido como método directo y exponencial, en el que el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar las reservas para poder cubrir las necesidades de evapotranspiración ambientales.

El balance hídrico consiste en definir para cada mes del año hidrológico, los siguientes parámetros, en (mm):

- Precipitación (P)
- Evapotranspiración potencial (ET)

Puesto que los resultados obtenidos en este balance hídrico serán de aplicación para la determinación de Índice de Productividad Potencial de Turc, el cálculo de la evapotranspiración potencial mensual se determinará mediante la metodología de Turc (Turc, 1984). Su expresión es la sigue:

$$ETP_{Turc} = f_i \times \frac{tm_i}{(tm_i + 15)} \times (R_s + 50) \times C_i$$

Donde f_i es un factor de corrección mensual de valor 0,4 para todos los meses excepto para Febrero donde es de 0,37. El valor de tm_i es de la temperatura media mensual en grados centígrados. Y R_s es la radiación solar media incidente en el suelo, que viene determinada por la expresión:

$$R_s = R_a \times \left(0,18 + 0,62 \times \frac{n}{N} \right)$$

Donde R_a es el valor de la radiación solar extraterrestre (cal/cm²xdía) que se obtiene mediante tablas. El factor N es el número de horas por día de insolación máxima astronómica (horas/día). Y n es el número de horas reales de insolación, descontando el efecto de la nubosidad a la insolación astronómica.

De la primera expresión resta por establecer el elemento C_i , que es el factor de corrección para zonas áridas con desplazamientos de masas

de aire cálido, en función de la humedad relativa del mes. La expresión que lo define es la que sigue:

$$C_i = 1 \quad \text{si} \quad \text{HR} > 50\%$$

$$C_i = 1 + \left(\frac{50 + \text{HR}}{70}\right) \quad \text{si} \quad \text{HR} < 50\%$$

- Balance mensual ($P - ET$)

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia determina los meses secos en los que ($P - ET < 0$), de los meses húmedos en los que ($P - ET > 0$), según las entradas superen o no a las salidas.

- Reserva del suelo (R)

Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas, ($P > ET$) el agua sobrante se acumulará en la reserva del suelo. Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas, y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida en exceso escurrirá superficialmente o en profundidad. En base a la metodología de Thornthwaite y Matter, que coincide con la utilizada en el índice de productividad agrícola de Turc, la referencia climática de reserva es de 100 mm.

En el balance hídrico, la reserva del mes se calcula agregando los incrementos ($P-ET$) cuando estos son positivos. Así la reserva en un determinado mes será:

$$R_i = R_i + (P_i - ET_i) \quad \text{si} \quad 0 < R_i + (P_i - ET_i) < R_{max}$$

$$R_i = R_{max} \quad \text{si} \quad R_i + (P_i - ET_i) > R_{max}$$

$$R_i = 0 \quad \text{si} \quad 0 > R_i + (P_i - ET_i)$$

Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos $PET > 0$, y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales de $P-ET < 0$. La reserva nunca tendrá como valor, uno mayor que la reserva

máxima, ni un número negativo. Como se aprecia en la fórmula, se necesita la reserva del mes anterior para comenzar el cálculo de la reserva. A efectos de cálculo, se suele suponer que después del período seco la reserva del suelo es nula, por ello se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo y se asigna al mes anterior una reserva nula.

- Variación en la Reserva (VR)

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

- Evapotranspiración Real (ETR)

Pese a los valores que alcance la evapotranspiración potencial en un determinado clima, dicho valor solo se alcanzará si hay tal cantidad de agua disponible. La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapora. El agua disponible para evaporar será la obtenida mediante la precipitación, junto con la reserva existente en el suelo. Si se dispone de suficiente agua, entonces $ET = ETR$, en caso contrario la $ETR < ET$. La expresión que rige la evapotranspiración real es:

$$ETR_i = P_i + |VR_i|$$

- Falta de agua (F)

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua para evaporar y transpirar. Por tanto, la falta de agua es:

$$F_i = ET_i - ETR_i$$

- Exceso de agua (Ex)

Es el agua que excede la reserva máxima de agua en el suelo y que se pierde por escorrentía superficial o profunda. Su expresión es:

$$Ex_i = |P_i - ET_i - VR_i| \quad \text{si} \quad (P_i - ET_i) < 0$$

$$Ex_i = 0 \quad \text{si} \quad (P_i - ET_i) > 0$$

A partir de valores calculados en el balance hídrico, se han calculado los índices de humedad asociados a la clasificación de Thornthwaite (Thornthwaite, 1949). Esta clasificación se basa en la relación entre la eficiencia térmica del clima y la humedad disponible para definir la relación entre el clima, la planta y la humedad del suelo.

Se ha calculado el índice de humedad global, que se define como el porcentaje de excesos (Ex), menos el 60% del porcentaje de falta de agua, esto es:

$$Im = Ih - (0,6 \times Ia)$$

Donde Im es el índice de humedad, calculado como el conjunto de los excesos mensuales de agua a lo largo del año, y Ia es el índice de aridez que se calcula sumando las faltas mensuales de agua a lo largo del año. Multiplicando en ambos casos por 100 para obtener el resultado en porcentaje.

$$Im = 100 \times \sum Ex_i$$

$$Ia = 100 \times \sum F_i$$

Haciendo uso de las tablas correspondientes, el valor obtenido en el índice de humedad global hace corresponder a cada estación con una categoría de humedad concreta (húmedo, seco, áridos, etc.). En este estudio se han calculado los índices de humedad y aridez para cada estación, y se ha determinado la categoría a la que pertenecen según la clasificación de Thornthwaite.

2.1.5. Climodiagramas

El climodiagrama sintetiza las diferentes variables climáticas que inciden sobre el crecimiento vegetativo de las plantas. En este estudio se han calculado los climodiagramas de cada una de las estaciones objeto de estudio con el fin de poner de relieve las semejanzas y diferencias existentes.

En el Anexo I: Datos climatológicos y cálculos fitoclimáticos, se presentan los climodiagramas calculados para cada estación termopluviométrica.

Se trata de una técnica ampliamente utilizada en la que se representan los valores de la precipitación mensual y la temperatura media mensual de una determinada estación.

En este estudio, el climodiagrama aporta un elemento fundamental para la comparación entre la zona de origen del argán y el mediterráneo peninsular. Se trata del periodo de sequía climatológica, aquel en el que la temperatura se sitúa por encima de la curva de las precipitaciones.

2.1.6. Diagramas bioclimáticos

Los diagramas bioclimáticos (Montero de Burgos & González Rebollar, 1983) son una potente herramienta que relacionan el clima con la actividad vegetativa, es decir, tratan de hallar la capacidad de un clima para producir biomasa vegetal. Los diagramas bioclimáticos ofrecen la posibilidad de comparar las características fitoclimáticas del área natural del argán con la zona de estudio. Se entenderá que el argán se desarrollará correctamente si los diagramas obtenidos para el área valenciana muestran semejanzas con el suroeste marroquí.

Para calcular los diagramas bioclimáticos se han utilizado los datos climatológicos (temperatura media mensual, precipitación, coordenadas geográficas y altitud) de las estaciones incluidas en este estudio. Los diagramas se han determinado haciendo uso del software online disponible en la página web diagramasbioclimaticos.com, sustentado por el Centro Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.).

Esta herramienta se basa en dos conceptos fundamentales, las disponibilidades hídricas y las temperaturas umbrales. Cuantificar las disponibilidades hídricas requiere un balance hídrico, para el que se utilizan los siguientes parámetros:

- Precipitaciones medias mensuales (P , en mm.), en lo que respecta a su parte infiltrada, por lo que hay que tener en cuenta el tanto por ciento de la escorrentía superficial. Suele considerarse como un 30% para reflejar un caso bastante desfavorable, o 0% para considerar el caso más favorable.

- Coeficiente de retención climática (CR), que se define como la capacidad de transferencia del agua en el suelo de un mes al siguiente, expresada en mm. Suele considerarse igual a 100 mm para reflejar buenas condiciones o 0 mm para considerar malas condiciones.
- Evapotranspiración potencial (E, en mm). Cuantifica las necesidades hídricas de la vegetación.
- Evapotranspiración residual (e, en mm). Es el valor al que se reduce E, cuando la actividad vegetativa se detiene por pérdida de turgencia celular. Se considera como el 20% de E.

Para cuantificar las temperaturas umbrales se utiliza la poligonal de las temperaturas medias mensuales y la definición de una temperatura umbral, en este caso 7,5 °C, que es el rango térmico aproximado en donde comienza de manera apreciable la actividad vegetativa. Para calcular los diagramas bioclimáticos se utilizan los siguientes parámetros:

- Intensidad bioclimática potencial (IBP), es la que existiría si no hubiese restricciones hídricas. En función de la temperatura media mensual.
- Intensidad bioclimática Real (IBR), es la intensidad bioclimática que determina un clima cualquiera como consecuencia de las disponibilidades hídricas. La IBR puede ser fría o cálida, según se trate de meses con temperatura media inferior o superior a 7,5 °C.
- Intensidad bioclimática Fría (IBF), con la que se pretende medir el grado de paralización vegetativa por frío en un clima concreto.
- Intensidad bioclimática seca (IBS), cuantifica la intensidad de los períodos de sequía, midiendo el grado de paralización de la actividad vegetativa.
- Intensidad bioclimática condicionada (IBC), se da tras de un período de sequía y durante el tiempo en el que las disponibilidades hídricas suponen aportes de agua al suelo, hasta que se compensa el desequilibrio y se alcanzan niveles en los que la humedad edáfica comienza a ser aprovechada normalmente por el estrato arbóreo.

Durante este período, solo las especies herbáceas y arbustivas adaptadas a climas con sequía estival, son capaces de realizar actividad biótica normal.

- Intensidad bioclimática libre (IBL), aquella que corresponde a períodos en que no hay sequía y la vegetación presenta actividad.

Existe, además un parámetro indicador de las máximas posibilidades del clima para una región concreta, y es la capacidad de retención típica (CRT). Se trata del valor de la capacidad de retención a partir de la cual, un incremento de la misma, no supone variación alguna en las intensidades bioclimáticas.

Por último, se utiliza el parámetro denominado temperatura básica, que es la temperatura correspondiente, al centro de gravedad del área determinada por cada intensidad bioclimática. La que se suele utilizar es la temperatura básica libre del período cálido (TBLPC), también denominada temperatura media libre (TML).

2.1.7. Clasificación bioclimática de Rivas-Martínez

El sistema de Clasificación Bioclimática de la Tierra (Rivas-Martínez, 1982), trata de relacionar la vegetación potencial con los valores del clima, empleando un conjunto de parámetros e índices bioclimáticos sencillos. Es un sistema muy utilizado en la caracterización bioclimática, y de fácil uso pese a su grado de detalle. En este trabajo, su utilización permite determinar la existencia de diferencias o semejanzas significativas entre las condiciones climáticas de las dos zonas de estudio.

El macrobioclima es la unidad tipológica superior de esta clasificación, relacionando los grandes tipos de climas con los biomas principales en territorios muy amplios. Existen cinco tipos de macrobioclimas diferenciados por el cinturón latitudinal que ocupan en el planeta: Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar. Dada la localización geográfica de las estaciones estudiadas, se trabaja siempre dentro del macrobioclima Mediterráneo, entre los paralelos 23° y 52° de ambos hemisferios. La distribución y cantidad de las precipitaciones permite diferenciar, dentro de cada macrobioclima, los

diferentes bioclimas existentes. En el macrobioclima Mediterráneo la diferenciación se establece en función del valor del índice de continentalidad (I_c) y el índice ombrotérmico (I_o).

Dentro del bioclima se distinguen los distintos pisos bioclimáticos, cada uno de los cuales da lugar a unas determinadas formaciones vegetales: los pisos de vegetación. Se diferencian en función de factores termoclimáticos: los termotipos; o en función de factores ombroclimáticos: los ombrotipos. Los primeros se clasifican según el valor del índice de termicidad, mientras que los segundos se basan en el valor del índice ombrotérmico.

A continuación se describe el cálculo de cada uno de los índices anteriormente mencionados:

Índice de Continentalidad Simple

Este índice expresa la diferencia u oscilación, en grados centígrados, de la temperatura media del mes más cálido del año y la del más frío. Su valor encuadra el territorio según el grado de continentalidad o influencia oceánica atendiendo a las tablas correspondientes. Su expresión es la que sigue:

$$I_c = T_{max} - T_{min}$$

Índice de Termicidad

Es la suma, en décimas de grado, de la temperatura media anual (T), la temperatura media de las mínimas del mes más frío (m), y la temperatura media de las máximas del mes más frío (M). El índice de termicidad es, por lo tanto, un índice que pondera la intensidad del frío, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales. Se expresa como sigue:

$$I_t = (T + m + M) \cdot 10$$

Índice ombrotérmico anual

Es el cociente entre la suma de la precipitación media en mm de los meses cuya temperatura media es superior a cero grados centígrados (P_p), y la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a cero grados centígrados en décimas de grado (T_p). Los tipos ombrotérmicos anuales se resumen en la

tabla correspondiente de la Clasificación Bioclimática de la Tierra de Rivas-Martínez. La expresión del índice es la que sigue:

$$I_o = 10 \times \frac{Pp}{Tp}$$

2.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE ARGANIA SPINOSA

La productividad de fruto de *Argania spinosa* es uno de los aspectos más importantes del estudio de su utilidad en nuestro entorno. A partir de la cantidad de fruto producida se puede estimar el volumen de aceite de argán resultante de la explotación, que a su vez, permite calcular la rentabilidad de la plantación, factor clave para su uso en abancalamientos de zonas agrícolas marginales.

El nivel de producción del argán en el entorno mediterráneo dependerá del nivel de producción de este, en su zona de origen, el sureste de Marruecos, y de las condiciones ambientales del levante peninsular.

Como paso previo se ha recopilado, a través de la bibliografía, la cantidad de fruto que produce un cultivo de argán en Marruecos, en base a la densidad de plantación y la vida útil de la misma, así como el año en el que comienza a fructificar.

Para determinar la curva de producción a lo largo de los años, se ha simulado el nivel de producción anual del cultivo asociándolo a la evolución de un cultivo altamente estudiado como es del olivo. En base a la curva del olivo, y conociendo el primer año productivo, junto con la producción máxima, se ha determinado la curva de producción del argán a lo largo de su vida útil.

Una vez determinada la curva, hay que introducir en el análisis la influencia de las condiciones climáticas del entorno mediterráneo sobre la productividad del argán. Para ello ha recurrido al Índice de Potencialidad Agrícola de Turc, de extensa aplicación en la Península Ibérica.

Turc (Turc, 1967) demuestra que hay una correlación entre determinadas variables climáticas y la producción de una especie sobre un suelo bien labrado y fertilizado. Si se calcula el índice de potencialidad agrícola de Turc en un

determinado lugar, y disponiendo del valor que alcanza la producción en el mismo período de tiempo, puede establecerse la relación producción-índice, relación que permitirá predecir la producción esperada en cualquier otro contexto. Así, una de las aplicaciones del índice de productividad de Turc es la estimación de los aumentos de producción que implicaría la transformación de una zona de secano en regadío.

En este estudio, el Índice de Potencialidad Agrícola de Turc se utiliza para la determinación del efecto sobre el argán de las condiciones climatológicas del sureste marroquí, frente a las condiciones del mediterráneo valenciano. Para ello, se ha calculado el índice con los datos de cada una de las cinco estaciones ubicadas en ambas zonas, y se han comparado los resultados obtenidos. Los datos de los que parte el cálculo del índice se encuentran en la primera parte del Anexo I: Datos climatológicos y cálculos fitoclimáticos, donde se representan los valores normales de cada una de las diez estaciones.

El índice de Turc se obtiene mes a mes y, mediante la suma de los valores mensuales (según el tiempo de permanencia de los cultivos el campo), se obtiene el valor total para el cultivo. En el Anexo II: Cálculo del índice de Turc del presente estudio, se presentan los cuadros de cálculo asociados a cada estación junto con los resultados obtenidos.

Para el cálculo del índice de Turc se deben establecer tres factores, todos ellos comprendidos en 0 y 1:

F_t: Factor térmico

F_h: Factor solar

F_s: Factor de sequedad

En el caso de un cultivo en regadío, el valor de F_s será igual a 1, puesto que teóricamente no existe déficit de agua. El índice de Turc mensual se calcula como el producto de los tres factores obtenidos para cada mes:

$$CA = F_t \times F_h \times F_s$$

El cálculo del índice para un determinado periodo de tiempo se calcula como el sumatorio de la expresión anterior. En concreto, el índice de Turc mensual de un año será:

$$CA_{anual} = \sum F_{ti} \times F_{hi} \times F_{si} \quad \text{siendo } 1 \leq i \leq 12$$

Factor térmico (Ft)

El factor térmico se determina mediante la expresión:

$$F_t = \left(\frac{t_m \times (60 - t_m)}{1000} \right) \times \left(\frac{t-1}{4} \right) \quad \text{si } 1 < t < 5$$

$$F_t = 0 \quad \text{si } t \leq 1$$

$$F_t = \left(\frac{t_m \times (60 - t_m)}{1000} \right) \quad \text{si } t \geq 5$$

Donde t_m es la temperatura media del mes y t es la temperatura media de las mínimas del mes, ambas en grados centígrados. El factor térmico será máximo para una temperatura media del mes de 30 °C.

Factor solar (Fh)

El factor solar es el menor de los valores de los resultados de las dos expresiones siguientes, siempre que el valor inferior sea positivo, en cuyo caso el factor solar se toma como nulo y el mes se considera improductivo.

$$F_h = \text{MIN}(F_{h1}; F_{h2})$$

$$F_{h1} = N - 5 - \left(\frac{\emptyset}{40} \right)^2$$

Donde N es la insolación máxima media en horas/día, y se estima a partir de la fórmula astronómica o las tablas organizadas por latitudes. La expresión \emptyset es el valor de la latitud en grados.

$$F_{h2} = 0,03 \times -(R_s - 100)$$

El valor de R_s se rige por la expresión siguiente:

$$R_s = R_a \left(0,18 + 0,62 \times \left(\frac{n}{N} \right) \right)$$

Donde, a su vez, R_a es la radiación solar extraterrestre en cal/cm² día, también registrado en tablas ordenadas por latitudes. Y el valor de n es la insolación realmente producida en horas/día.

Factor de sequedad (Fs)

El factor de sequedad se calcula para aquellos cultivos que no dispongan de regadío puesto que en caso contrario se considera que no existe carencia de agua y el factor pasa a ser igual a 1. Para el cálculo del factor de sequedad se plantea el balance hídrico del suelo mediante el método directo y con una reserva máxima de agua de 100mm por metro cuadrado. Dicha metodología se detalla en otro apartado del presente capítulo.

Para determinar el factor de sequedad han de calcularse para cada mes los siguientes factores:

- Precipitación (P)
- Evapotranspiración potencial de Turc (ETP)

Obtenida mediante la expresión de Turc a partir de la temperatura media mensual tm y los factores f_i y C_i , ya descritos en el apartado correspondiente del presente capítulo.

$$ETP_{Turc} = f_i \times \frac{tm_i}{(tm_i + 15)} \times (R_s + 50) \times C_i$$

- Balance mensual (P – ET)

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia determina los meses secos en los que ($P - ET < 0$), de los meses húmedos en los que ($P - ET > 0$), según las entradas superen o no a las salidas.

- Factor: $0,3 \times ETP + 50$

Expresión obtenida a partir de la ETP que se calcula para la determinación de otros elementos.

- Reserva del suelo (R)

El cálculo de la reserva se determina mediante las siguientes expresiones, en función del valor del balance mensual, y el valor de reserva máxima del suelo, que será igual a 100mm.

$$R_i = R_i + (P_i - ET_i) \quad \text{si} \quad 0 < R_i + (P_i - ET_i) < R_{max}$$

$$R_i = R_{max} \quad \text{si} \quad R_i + (P_i - ET_i) > R_{max}$$

$$R_i = 0 \quad \text{si} \quad 0 > R_i + (P_i - ET_i)$$

- Variación en la Reserva (VR)

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

- Evapotranspiración Real (ETR)

Pese a los valores que alcance la evapotranspiración potencial en un determinado clima, dicho valor solo se alcanzará si hay tal cantidad de agua disponible. La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapora. El agua disponible para evaporar será la obtenida mediante la precipitación junto con la reserva existente en el suelo. Si se dispone de suficiente agua, entonces $ET = ETR$, en caso contrario la $ETR < ET$. La expresión que rige la evapotranspiración real es:

$$ETR_i = P_i + |VR_i|$$

- Falta de agua (F)

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua para evaporar y transpirar. Por tanto, la falta de agua es:

$$F_i = ET_i - ETR_i$$

- Factor X

Se corresponde con el mínimo valor entre la evapotranspiración potencial y la expresión $0,3 \times ETP + 50$, esto es:

$$X = \text{MIN}(ETP; 0,3 \times ETP + 50)$$

- Factor $(X-F)/X$

Calculo numérico necesario para determinar finalmente el valor de F_s .

- Factor $(X-F)/X + \text{rep}$

- Report (Rep)

Factor cuyo valor se sitúa entre -1 y 1. Este valor representa la acumulación de aridez que repercute en el mes siguiente. En cada mes se utilizará el report del mes anterior. Es por ello que hay que determinar como punto de partida el primer mes al que se le calcula el report. Para ello seleccionamos el último mes del periodo húmedo y se le asigna un report nulo. Lo más habitual es que el último mes del periodo húmedo presente un valor de la expresión $(X-F)/X$, previamente calculado, igual a la unidad. A partir de este punto, el report del mes siguiente se calcula de la siguiente manera:

$$\text{si } \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1} \gg 0 \quad \text{rep}_i = 0$$

$$\text{si } \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1} < 0 \quad \text{rep}_i = \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1} \text{ siendo } -1 < \text{rep} < 1$$

Solo resta determinar el factor de sequedad para cada mes. El valor de dicho índice se determina en función del valor adquirido por la expresión anterior:

$$\text{si } \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1} \gg 0 \quad F_s = \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1}$$

$$\text{si } \frac{X-F}{X} + \text{rep}_{i-1} < 0 \quad F_s = 0$$

2.3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE ARGANIA SPINOSA

Una de las premisas planteadas en este estudio para considerar el cultivo de *Argania spinosa* como una herramienta para la conservación de los abancalamientos de ladera, es la necesidad de que el cultivo sea rentable. Para ello se ha planteado un estudio económico, en términos de flujo de caja, de una hipotética plantación, y sobre estos resultados se analiza la rentabilidad de la inversión a lo largo de la vida útil de la plantación.

El análisis de los flujos de caja de una plantación requiere de un cronograma de ingresos y gastos año a año. Estos flujos derivan de las actividades que una plantación de este tipo requiere, por lo que se ha simulado un calendario de actuaciones de una plantación tipo de *Argania spinosa*, de una hectárea de superficie, sobre abancalamientos de ladera.

Como paso previo a la elaboración del calendario, y dado que no se trata de un proyecto de plantación como tal, se han planteado una serie de hipótesis sobre las que se estructura la plantación tipo. Bajo estas hipótesis se desarrolla el calendario de actuaciones requerido, tanto para la fase de implantación del cultivo, como para la fase de explotación.

A partir del calendario se determina el presupuesto, con los costes asociados a cada actividad. Por un lado se han establecido los costes de la inversión inicial y por otro, los propios de la explotación del cultivo a lo largo de los años. En el Anexo III: Cronograma de gastos, se recogen los gastos derivados de la plantación año a año. Estos costes anuales serán los pagos ordinarios del flujo de caja.

Por otro lado han de determinarse los cobros ordinarios del flujo de caja. Estas cantidades provienen de la venta del aceite de argán producido por la plantación. Al tratarse de un producto de comercialización reciente en España, no existe información acerca de los ingresos asociados al oleicultor, por ello, se ha recurrido al estudio de la cadena de valor del aceite de oliva virgen extra, de la que sí hay información disponible.

En primer lugar, se ha determinado el precio de venta en tienda del litro de aceite de argán. Este precio es superior al precio que percibe el oleicultor por

su producción. La diferencia es fruto de la cadena de valor asociada al envasado y distribución del producto. En base a la cadena de valor de aceite de oliva virgen extra, se ha determinado la diferencia entre el precio percibido por el oleicultor, y el precio de venta en tienda, y se ha asimilado dicha cantidad a la de una hipotética cadena de valor del aceite de argán virgen extra. De esta manera, se determina el ingreso real del oleicultor por cada litro de producto generado.

Una vez establecido el ingreso por litro percibido por cada litro vendido, se calcula el ingreso anual en función del número de litros producidos, según la curva de producción de la plantación obtenida anteriormente. Esto serán los ingresos ordinarios.

Calculados los pagos y cobros de la actividad, se ha de determinar el flujo de caja para el periodo considerado, esto es, la vida útil de la plantación. En el apartado 3.4.7. Flujos de caja del presente estudio, se representa una tabla con todos los valores del flujo de caja de la plantación. A continuación se detalla el cálculo realizado para cada columna del flujo de caja.

- Pagos ordinarios (PG)

Costes derivados del cronograma de gastos de la plantación y asumidos por el oleicultor.

- Cobros ordinarios (CO)

Cantidad de dinero ingresada según el nivel de producción anual de la plantación

- Flujos de caja (FC)

Diferencia entre los ingresos y los gastos para cada año.

$$FC = PG_i - CO_i$$

- Flujos activos (FA)

Flujos anuales asociados a la tasa de actualización (r) y el año correspondiente, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$FA = \frac{FC_i}{1 + r^{\text{año}}}$$

- Flujos activos acumulados (FAA)

Es la suma de los flujos activos acumulados del año anterior, y los flujos de caja activos del año para el que se estén calculando

$$FAA = FAA_{i-1} + FA_i$$

Tras haber calculado los flujos de caja para cada uno de los años de vida de la plantación, se ha analizado la rentabilidad de la inversión. El análisis se basa en la obtención de ciertos índices que permitan valorar el grado de adecuación de la inversión a los resultados esperados. A continuación, se definen los conceptos y sus respectivas fórmulas de cálculo utilizados en el estudio económico dinámico. El valor de dichos índices se detalla en el apartado 3.4.8. Análisis de la Sensibilidad, del presente estudio.

Vida útil de la inversión

Periodo de tiempo en el que se desarrolla la actividad incluyendo las fases de plantación, mantenimiento y explotación. En este caso la vida útil es de 150 años, de los cuales 147 se corresponden con el aprovechamiento del fruto.

Flujo de caja

Lo conforman cada uno de los ingresos y gastos que genera la explotación, a lo largo de cada uno de los años de la vida útil del proyecto. La diferencia entre dichos ingresos y gastos genera el flujo de caja, que a su vez determina los llamados flujos activos, dependientes del año en que se sitúe el cómputo, y de la tasa de actualización.

Valor Actual Neto (V.A.N.)

Indicador que permite comparar dos o más inversiones atendiendo al beneficio global de la operación en cuestión. El Valor Actual Neto es un elemento importante para valorar inversiones, sin embargo, es de fiabilidad relativa por depender de la elección del valor r , tasa de actualización. Este factor es elegido

por quien lo maneje por lo que se supedita a su criterio. Su cálculo se expresa de la forma:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+r)^t} - I_0$$

Tasa de actualización (r)

Es el tipo de interés o tasa de capitalización que se debe elegir en función de las expectativas de riesgo. Generalmente se maneja un valor entre el 3% y el 6%, para el presente estudio se ha utilizado una tasa del 5,0%, determinando también los resultados derivados de otras tasas superiores para abarcar posibles situaciones desfavorables.

Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)

Indicador de la rentabilidad de un proyecto a través del cálculo del interés o tasa de actualización con la cual el valor actual neto (V.A.N.) es igual a cero. Cuanto mayor sea el valor de T.I.R. mayor será la rentabilidad de la inversión. Se utiliza para decidir sobre la aceptación de un proyecto en función de si su valor supera la tasa de corte. El T.I.R. se calcula por la expresión que sigue:

$$VAN = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{Vft}{(1+TIR)^t} - I_0$$

3. Resultados

3.1. MARCO FITOCLIMATICO DE ARGANIA SPINOSA

El marco fitoclimático¹ de *Argania spinosa* viene delimitado por los aspectos considerados limitantes para el desarrollo de la especie. En base a la documentación bibliográfica de este estudio, se disponen a continuación las limitaciones a considerar en el cultivo del argán.

El argán aparece de manera natural entre los paralelos 29° y 34°, en el suroeste de Marruecos. Crece desde el nivel del mar, junto al Océano Atlántico, hasta los 1700 metros sobre la cordillera del Atlas. Se considera una especie de elevada rusticidad, indiferente al tipo de sustrato, aunque no tolera suelos encharcados ni excesivamente arenosos. Crece sobre encostramientos calcáreos y dispone de un potente sistema radical.

Su área natural de distribución se corresponde con los pisos infra y termomediterráneo de régimen árido y semiárido. Tolerancia a temperaturas muy altas pero es sensible a las heladas. Su óptimo pluviométrico se sitúa entre los 250 y los 300 mm anuales. Pese a todo, el argán puede desarrollarse en condiciones de extrema aridez, con 100 mm anuales, o en regímenes secos, en torno a los 400 mm anuales.

¹ La información relativa al marco fitoclimático de la especie es una compilación bibliográfica expuesta con mayor detalle en el apartado 1.4 Argania spinosa

3.2. APTITUD POTENCIAL DE ARGANIA SPINOSA

3.2.1. Introducción

La viabilidad de una especie determina su capacidad para desarrollar completamente su ciclo biológico, desde la germinación de las semillas hasta la producción de los frutos. Desde una perspectiva ecológica, las condiciones ambientales a las que se someta la planta determinarán la viabilidad de la especie. Serán especialmente influyentes en este caso, la edafología y la climatología.

Para justificar la potencialidad de *Argania spinosa* en nuestra región, es necesario conocer las condiciones bajo las que se desarrolla la especie en su área natural de distribución. El objetivo de este apartado es determinar las similitudes y diferencias que existen a nivel fitoclimático, entre la zona original del bosque de argán y el termomediterráneo de las provincias de Valencia y Alicante.

En las próximas páginas se describen los condicionantes ambientales de ambas zonas de estudio. Para ello se hace uso de los datos climatológicos normales, así como de determinados índices y clasificaciones que ayudan a encuadrar y comparar las condiciones de cada zona.

El análisis comienza con la comparación del marco geofísico de ambas regiones. A continuación, se comparan los valores climatológicos normales de ambas regiones en lo que respecta a temperatura y la pluviometría. Se determinan también, las temperaturas extremas, y los posibles periodos de sequía y heladas. Por último, se calculan las fichas hídricas de cada estación meteorológica y los diagramas bioclimáticos, que permiten encuadrar el fitoclima de cada región según la Clasificación Bioclimática de la Tierra de Rivas-Martínez.

Las series históricas de datos completas de cada una de las estaciones presentadas en este apartado se pueden encontrar en el Anexo I: Datos climatológicos y cálculos fitoclimáticos, en la parte final de este trabajo. En ese mismo apartado se encuentran los diagramas y cálculos realizados para elaborar cada uno de los apartados correspondientes.

3.2.2. Marco geofísico. Relieve y edafología

Edafología en el suroeste marroquí

La presencia de *Argania spinosa* en condiciones edáficas muy limitantes, atribuye a la especie la característica de ser sumamente rústica, indiferente a la naturaleza litológica del sustrato (El-Aboudi *et al.*, 1992; Nouaim *et al.*, 2002; M'Hirit, 1999). De hecho, a lo largo de su área natural de distribución, el argán se desarrolla sobre todo tipo de terrenos.

En términos generales, se trata de zonas áridas o semidesérticas, y relativamente pobres en materia orgánica (Nouaim *et al.*, 2002). Dos son las características principales respecto a la estructura del suelo donde se desarrolla el *arganaire*: los suelos superficiales o poco profundos, y la presencia de una costra caliza a lo largo de su perfil. Ambas limitaciones se ven atenuadas por el potente desarrollo radicular del argán, que atraviesa sin problemas los encostramientos y alcanza los niveles freáticos más profundos (Nouaim, 2002).

Diversos autores consideran al argán una especie capaz de generar una “remontada biológica” de los suelos sobre los que se desarrolla, puesto que actúa como un pozo que eleva la humedad de los acuíferos hasta los horizontes fértiles de la superficie. De la misma manera, al argán es capaz de capturar la humedad atmosférica procedente del Atlántico e incorporarla al suelo en las condiciones más favorables para conformar así una reserva hídrica regular y alternativa.

Algunos estudios cifran en un 80% el Índice de Dependencia Micorrízica de *Argania spinosa*. La simbiosis de la planta con endomicorrizas arbusculares permite al árbol resistir el estrés hídrico en los primeros estadios de crecimiento. Los ensayos realizados ponen de manifiesto un crecimiento de entre 3 y 4 veces mayor cuando existe simbiosis micorrízica que cuando no la hay.

Como ya se ha citado, el argán se desarrolla tanto sobre suelos calizos como sobre suelos silíceos, y con multitud de sustratos litológicos: arcillas rojas, areniscas, dunas fósiles, cuarcitas, dolomías, etc. Pese a su versatilidad,

conviene distinguir la fisonomía edáfica de aquellas zonas más productivas, estos es, suelos arenosos, sueltos, libres de encharcamientos y mayoritariamente calizos.

Edafología de la zona de estudio

Los suelos de la zona de estudio presentan ciertas similitudes con los del área de distribución natural del argán por tratarse ambos de zonas áridas, con escasas precipitaciones, donde los procesos químicos internos son reducidos. Al tratarse de una zona amplia tan solo se puede hablar de la tipología edáfica a grandes rasgos.

Es característico de estas tierras encontrar suelos de perfil somero, con poca profundidad y escaso contenido en materia orgánica. Pese a ello, las parcelas de cultivo asociadas a los abancalamientos de ladera suelen presentar, en general, una relación de nutrientes. A grandes rasgos, se trata de suelos predominantemente calizos, donde es muy posible encontrar encostramientos en el perfil, como ocurre en los suelos marroquíes, y un muy elevado grado de pedregosidad.

Relieve en el suroeste marroquí

A pesar de extenderse a lo largo de casi un millón de hectáreas de muy diversas características, las zonas más representativas del sistema agrosilvopastoral del argán se localizan en el amplio valle del río Sus. Se trata de una región llana que separa el Alto Atlas del AntiAtlas, alineada de este a oeste, donde finalmente se abre al borde atlántico. Dicha orientación favorece la penetración de la influencia oceánica muchos kilómetros hacia el interior, conformando condiciones propias del bioclima mediterráneo a pesar de hallarse prácticamente en el dominio sahariano. En esta zona se alternan grandes planicies y superficies suavemente onduladas que permiten la formación de suelos relativamente profundos y la infiltración de agua.

Relieve de la zona de estudio

El termomediterráneo levantino se extiende a lo largo de toda la costa valenciana, adentrándose en algunos casos varias decenas de kilómetros respecto a la costa. A excepción de las extensas llanuras aluviales de la región,

la zona es eminentemente montañosa puesto que, sin alcanzar grandes elevaciones, los desniveles son constantes. Esto explica el gran número de abanalamientos que se observan en la región.

La ubicación y el alineamiento de estos accidentes determinan el grado de penetración de la influencia marina. Pese a todo, el atemperamiento climático por efecto del Mar Mediterráneo es muy elevado en toda la zona.

3.2.3. Análisis de los valores climáticos normales

3.2.3.1. Régimen térmico

Temperaturas medias mensuales

El régimen anual de temperaturas es significativamente similar entre las estaciones marroquíes y las estaciones valencianas. Las temperaturas medias anuales rondan los 17,5 °C, siendo la estación de Argana la más templada con 15,8 °C, y Taroundant la más cálida con 20,1 °C. Respecto a la época en que se producen, las temperaturas más bajas se presentan en invierno, siempre por debajo de los 15 °C, mientras que el mes de agosto es el más caluroso con medias superiores a los 25 °C.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pego	11,7	12,4	14,1	15,9	19,0	23,1	26,3	26,8	23,6	19,2	15,2	12,5
Benifairo	10,5	11,4	13,3	15,0	18,4	22,1	24,8	25,3	22,6	18,3	13,9	11,2
Benissa	10,2	10,9	12,5	14,1	17,2	21,1	24,1	24,6	21,9	18,0	13,9	11,4
Gata Gorgos	10,7	11,6	13,1	14,7	17,7	21,7	24,6	25,4	22,6	18,6	14,4	12,1
Pedreguer	10,8	11,9	13,7	15,2	18,3	22,4	25,5	26,1	23,1	18,8	14,5	11,8
Taroundant	13,6	15,4	17,8	19,5	20,5	23,0	25,9	26,5	24,2	21,4	19,0	14,7
Essaouira	13,7	14,2	15,6	16,6	17,7	18,9	20,2	21,4	20,9	19,2	17,0	14,9
Argana	9,3	10,7	13,0	14,9	16,6	19,2	21,7	22,2	20,3	17,2	13,9	10,5
Agadir	14,1	14,9	16,7	18,2	19,2	20,8	22,1	22,7	21,8	20,6	17,9	14,7
Tiznit	14,3	14,6	16,2	18,0	19,6	20,9	24,8	25,3	23,1	21,6	16,7	14,9

TABLA 1: Temperaturas medias mensuales, en °C.

Existen ciertas diferencias respecto al régimen de temperaturas a lo largo del año. Los valores de las estaciones marroquíes son sensiblemente inferiores durante los meses de verano, y ligeramente superiores durante el invierno. En otras palabras, el rango de temperaturas medias mensuales máximas y

temperaturas medias mensuales mínimas, a lo largo del año, es superior en el levante termomediterráneo.

El índice de continentalidad calculado para cada estación refleja valores mayores para la zona de estudio que para las estaciones del argán. Este hecho se pone de manifiesto al encuadrar cada una de las estaciones según su grado de influencia oceánica. Las estaciones valencianas se consideran del tipo oceánico, mientras que las estaciones marroquíes se encuadran en el tipo hiperoceánico.

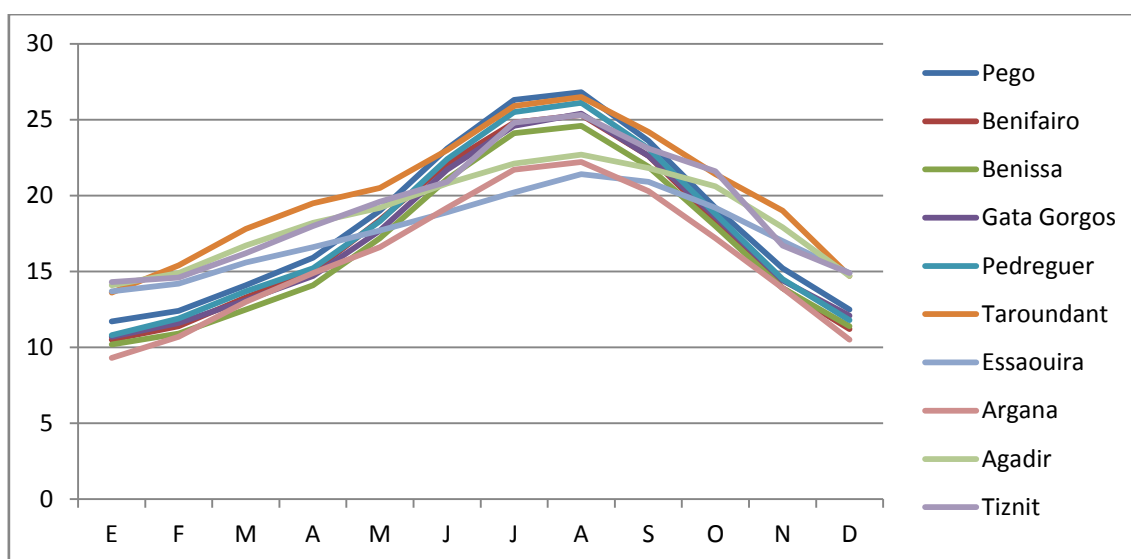


FIG 7: Evolución anual de las temperaturas medias mensuales, en °C.

Aunque las diferencias no son importantes, estos valores reflejan la querencia de *Argania Spinosa* por aparecer bajo la influencia marítima. Pese a todo, conviene señalar la variabilidad existente entre las propias estaciones marroquíes. Essaouira, por ejemplo, ubicada frente al mar, se encuadra en el tipo euhiperoceánico, mientras que Argana, en el interior de la provincia de Souss Massa, presenta un tipo Euoceánico, y sin embargo, el argán se desarrolla bajo ambas situaciones.

Temperaturas medias mensuales de las mínimas

Como ya se ha puesto de manifiesto en estas páginas, el argán es especialmente sensible al frío, por lo que es necesario analizar las diferencias relativas a las temperaturas mínimas entre una y otra región.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pego	7,4	7,6	8,3	10,1	13,1	16,8	20	20,5	18,2	14,4	10,6	7,9
Benifairo	4,5	4,8	6,0	7,6	11,4	15,3	18,5	18,9	16,5	12,4	7,9	5,1
Benissa	7,0	7,2	8,4	10,2	13,3	16,9	19,3	19,9	17,3	14,1	10,3	7,7
Gata	7,2	7,4	8,6	10,1	13,2	16,9	20,1	20,1	17,1	14,3	10,3	7,8
Pedreguer	7,4	7,6	8,3	10,1	13,1	16,8	20	20,5	18,2	14,4	10,6	7,9
Taroundat	6,8	8,7	11,6	13,4	14,7	17,2	19,8	20,6	18,5	15,5	13,1	8,5
Essaouira	10,2	10,7	12,4	13,7	15,1	16,9	17,5	17,5	17,4	16,2	13,5	11,3
Argana	3,0	4,6	7,2	9,1	11,0	13,5	15,6	16,3	14,6	11,6	8,4	4,7
Agadir	7,5	8,7	11,1	13,1	14,7	16,7	17,9	18,4	17,3	15,4	12,6	8,8
Tiznit	7,8	9,1	11,1	13,2	15,3	16,8	20,6	21,2	18,9	16,8	11,7	9,7

TABLA 2: Temperaturas medias mensuales de las mínimas, en °C.

Las temperaturas medias de las mínimas oscilan, a lo largo del año, entre los 21 °C, en agosto, y los 6 °C en el mes de enero. En términos generales, no se observan diferencias significativas entre las temperaturas de una y otra región.

Mención aparte merece el caso de Argana, donde la media de las mínimas del mes de enero es de 3 °C, y en agosto no supera los 16 °C. La localidad de Argana, como su nombre indica, se ubica en el centro del área de distribución del argán, lo que hace suponer que las bajas temperatura no suponen una merma tan importante para el desarrollo del argán.

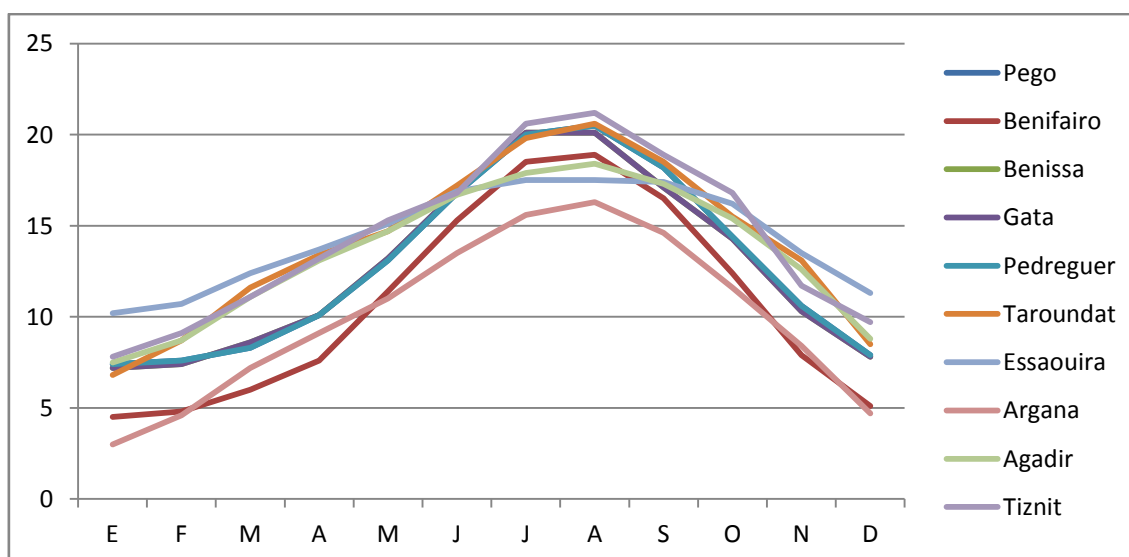


FIG 8: Evolución anual de las temperaturas medias mínimas mensuales, en °C.

En relación a estos datos, se ha calculado el índice de termicidad para todas las estaciones. En la zona de estudio se presenta el termotipo

termomediterráneo en todos los casos, ya sea en su variante inferior o superior. En el caso de Marruecos, los datos de temperatura se encuadran en el termotipo termomediterráneo inferior, y en algún caso, en el inframediterráneo, aunque por escaso margen. La estación de Argana, ubicada a 700 metros de altura es, una vez más, la excepción puesto que presenta valores del termotipo mesomediterráneo, claramente influidos por la altura y la continentalidad.

Temperaturas mínimas absolutas y periodo de heladas.

Los periodos de heladas hallados reflejan que estas son tan solo probables en alguna estación durante los meses más fríos del año. No se considera, por tanto, que ninguna de las dos zonas de estudio sea susceptible de sufrir heladas de cierta magnitud.

	Helada Segura	Helada Probable		Helada Segura	Helada Probable
Pego	0	0	Taroudant	0	0
Benifairo	1	2	Essaouira	0	0
Benissa	0	1	Argana	1	2
Gata	0	2	Agadir	0	0
Pedreguer	0	3	Tiznit	0	0

TABLA 3: Periodos de heladas seguras y probables.

Cabe señalar el caso de la estación de Argana, donde las heladas son seguras durante el mes de Diciembre y probables durante los tres meses de invierno. Como ya se ha citado, Argana es una población en el interior del *arganaire* lo que puede llevar a pensar que el frío no constituye un factor tan limitante como la bibliografía reseña, y de serlo, es evidente que los valores necesarios para afectar a la planta en su fase adulta, se hallan muy lejos de los alcanzados en el termomediterráneo valenciano.

Pese a todo, se observa que en la zona de estudio el frío es más intenso, y las posibilidades de sufrir una helada son mayores. En algunos casos la probabilidad es muy baja, como es el caso de Benissa, donde apenas tienen lugar dos noches al año por debajo de cero grados y la temperatura mínima absoluta de la serie histórica es de -5 °C. Lo mismo ocurre en Gata de Gorgos con mínimas absolutas históricas de -3,5°C. La estación de Benifairo, por el

contrario muestra en torno a 12 noches de helada al año con valores históricos absolutos que rondan los $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En las estaciones marroquíes el riesgo de heladas es mínimo. Los valores mínimos de las series históricas de cada estación apenas descienden de los ceros grados en alguna ocasión, teniendo siempre presente la excepción de Argana.

3.2.3.2. Régimen pluviométrico

Precipitaciones anuales

Respecto al régimen pluviométrico las diferencias entre una y otra región son notables. Las precipitaciones a lo largo del año en la zona marroquí acumulan en torno a 250 litros, mientras que en el termomediterráneo valenciano rondan los 700 litros por año, lo que supone casi tres veces más lluvias.

En el caso de Marruecos las precipitaciones tienen un marcado gradiente latitudinal, de manera que la estación ubicada más al sur apenas recogen 161 litros, frente a los 293 de Argana, ubicado al norte de la zona de estudio. En las estaciones valencianas no se observa ningún patrón latitudinal concreto.

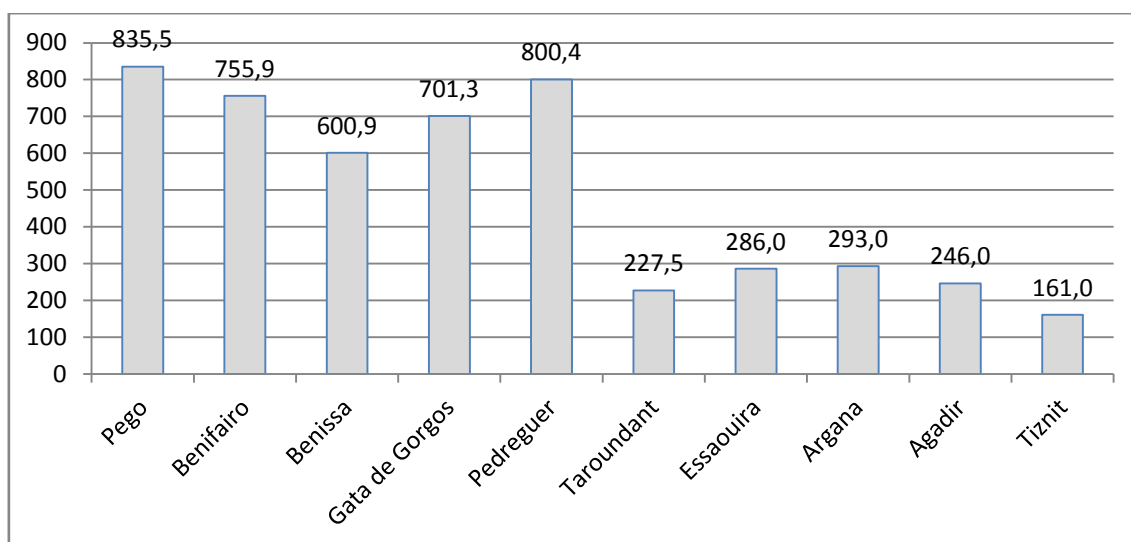


FIG 9: Precipitaciones anuales acumuladas, en mm. anuales.

A partir de los datos de precipitación se han calculado diversos índices relacionados con la aridez del territorio. En la mayoría de casos los resultados reflejan que las estaciones valencianas se encuadran en el tipo seco o

subhúmedo, mientras que las estaciones marroquíes se consideran de tipo árido o semiárido.

Distribución anual de las precipitaciones. Periodo de sequía

En el análisis fitoclimático de ambas regiones resulta tanto o más importante la precipitación anual recibida, como la distribución de dicha precipitación a lo largo del año. Los datos de pluviometría media mensual de cada estación se han representado el siguiente gráfico.

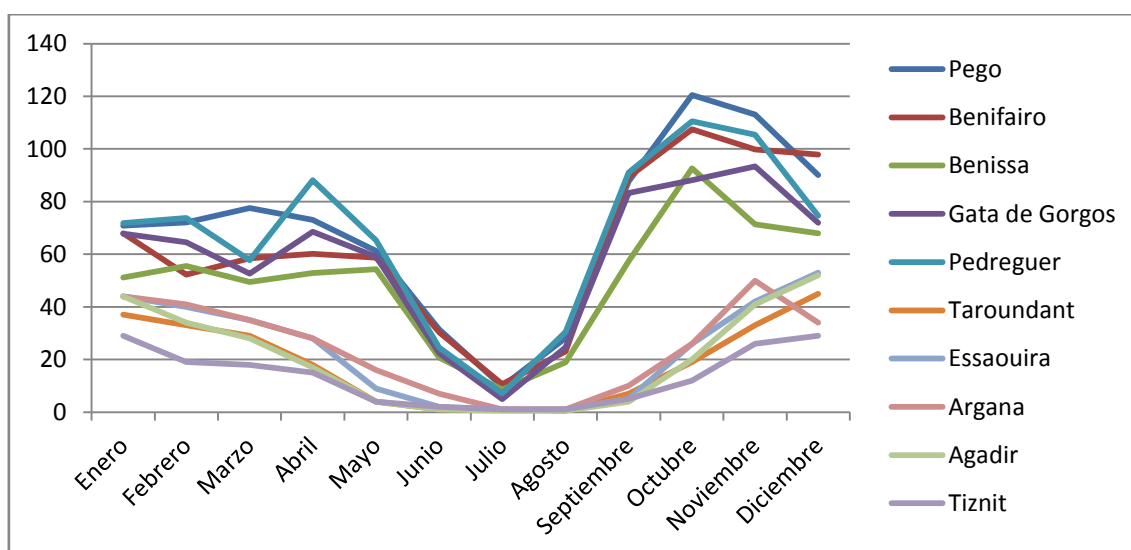


FIG 10: Precipitaciones anuales acumuladas, en mm anuales.

En el gráfico se observa que las estaciones de cada región se agrupan en torno una tendencia común, siendo notablemente inferior el balance de las estaciones marroquíes respecto a las de la zona de estudio. Pese a todo, resulta evidente que dentro de cada región hay diferencias significativas entre una y otra estación.

Pese a todo, el patrón de distribución anual es similar. Existe un periodo estival seco donde las precipitaciones presentan los mínimos anuales, y un incremento de las mismas el resto del año.

La diferencia sustancial radica en los repuntes del año hidrológico. Mientras que en las estaciones valencianas existen dos repuntes más o menos marcados de recuperación hídrica en otoño y primavera, en las estaciones marroquíes se observa un solo repunte entre otoño e invierno. Esta distribución

se aproxima, en mayor medida, a los regímenes tropicales donde las lluvias se distribuyen en periodo seco y periodo húmedo.

Si se compara la pluviometría por estaciones, se observa que el periodo seco es mucho mayor, tanto en intensidad como en duración, en las estaciones de Marruecos. Durante los meses de Junio, Julio y Agosto la precipitación recibida por las estaciones del argán representa tan solo el 1% de la precipitación anual, mientras que en el caso de la Comunidad Valenciana ronda el 8% de la precipitación anual. No ocurre lo mismo con la precipitación de los meses invernales, donde el porcentaje de precipitación sobre el total anual representa en torno al 40% en ambos casos.

	P. Verano	% Anual	P. Invierno	% Anual	Meses secos
Pego	69,4	8,3	323,7	38,7	3
Benifairo	64,1	8,5	305,1	40,4	3
Benissa	48,3	8,0	231,9	38,6	3
Gata	52,0	7,4	253,4	36,1	3
Pedreguer	62,1	7,8	290,5	36,3	3
Tarouant	2,5	1,1	97,0	42,6	9
Essaouira	4,0	1,4	121,0	42,3	7
Argana	9,0	3,1	110,0	37,5	8
Agadir	2,0	0,8	113,0	45,9	8
Tiznit	4,0	2,5	67,0	41,6	11

TABLA 4: Volumen de las precipitaciones en invierno y verano, y porcentaje respecto al total anual.

Este hecho se refleja, igualmente, en la duración del periodo de sequía, que no supera los 3 meses de duración en las estaciones españolas, mientras que en Marruecos se sitúa sobre los 8 meses. Es llamativo el caso de Tiznit donde prácticamente todo el año se considera periodo seco.

En relación a la evapotranspiración no se observa diferencia ni tendencia significativa entre las distintas estaciones, en contra de lo que pudiera pensarse, puesto que las estaciones marroquíes se sitúan cinco paralelos por debajo de la Península Ibérica.

3.2.4. Balance hídrico. Clasificación de Thornthwaite

El balance hídrico correspondiente a cada estación ofrece una aproximación a la relación entre el régimen pluviométrico y la vegetación. Los balances hídricos recogidos en este estudio se han calculado mediante el método directo, considerando una capacidad máxima de retención del suelo de 100 mm.

En la línea de lo expuesto en el apartado anterior, se observa que existe una marcada diferencia entre ambas zonas, tanto en intensidad como duración, del periodo de sequía. Las estaciones del levante mediterráneo presentan una sequía fisiológica de 5 meses de duración, entre Mayo y Septiembre, mientras que en Marruecos la sequía se extiende alrededor de 9 meses. En la estación de Tiznit, caso extremo, la sequía dura todo el año.

Si se atienden a los montos anuales, se observan que los balances calculados para las estaciones mediterráneas presentan excesos hídricos cercanos a los 30 mm, acumulados durante los meses otoñales. Por el contrario, ninguna de las estaciones de la región del argán presenta excesos. Lo mismo ocurre con los déficits mensuales, en el entorno mediterráneo rondan los 400 mm anuales, mientras que en el caso de Marruecos supera en la mayoría de los casos, los 1000 mm a lo largo del año.

A partir de los resultados obtenidos en las fichas hídricas se calcula los índices de la clasificación de Thornthwaite. Según el valor de dichos índices, se pueden encuadrar cada una de las estaciones en un tipo bioclimático que refleja el grado de humedad disponible para la planta. Haciendo uso de dicho sistema de clasificación, las estaciones valencianas se encuadran en el tipo seco subhúmedo o semiárido, mientras que las estaciones de la zona del argán son del tipo árido.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados, para cada estación, de los valores que componen el índice de humedad global, estos son, el índice de aridez y el índice de humedad, así como la categoría a la que corresponden según esta clasificación.

	Sequía	I. Humedad	I. Aridez	I. Global Humedad	Categoría
Pego	5	3,79	34,79	-17,08	Seco
Benifairo	5	2,84	38,01	-19,95	Seco
Benissa	5	0,00	47,73	-28,63	Semiárido
Gata	5	0,00	40,43	-24,28	Semiárido
Pedreguer	5	0,00	40,46	-24,27	Semiárido
Taroundant	9	0,00	83,13	-44,88	Árido
Essaouira	9	0,00	77,58	-46,54	Árido
Argana	10	0,00	76,07	-45,64	Árido
Agadir	10	0,00	81,04	-48,62	Árido
Tiznit	12	0,00	88,09	-52,85	Árido

TABLA 5: Duración de la sequía fisiológica en meses, junto con el índice de humedad global.

3.2.5. Diagramas bioclimáticos

A partir de los datos termopluviométricos se han construido los diagramas bioclimáticos de Montero Burgos y González Rebollar, correspondientes a cada estación. Se parte de la hipótesis de una misma capacidad de retención en todas las estaciones con el fin de facilitar la comparación de los resultados.

En términos generales se observan que, para cada zona de estudio, los resultados entre una zona y otra son similares. En el caso del levante termomediterráneo la potencialidad del clima es muy elevada, en torno a 22 unidades bioclimáticas, no existiendo merma por efecto del frío en ningún caso. Por el contrario, la falta de agua sí produce un efecto negativo en la potencialidad bioclimática de la zona. La intensidad de la sequía estival es importante y supone una reducción del 50% de dicha intensidad bioclimática potencial a la intensidad bioclimática real. Este hecho también se refleja en la elevada intensidad bioclimática seca.

Sin embargo, la sequía estival aunque intensa, no se extiende en el tiempo. La cantidad de unidades bioclimáticas condicionadas es muy reducida por lo que se puede interpretar que una vez superado el estío, pasa poco tiempo hasta que la planta puede desarrollarse plenamente. Esta idea queda reflejada también en el hecho de que la intensidad bioclimática libre es ligeramente inferior a la intensidad bioclimática real.

	IBP	IBR	IBL	IBC	IBS	IBF
Pego	25,92	13,97	12,99	0,97	12,72	0,00
Benifairo	23,36	12,48	11,57	0,92	11,63	0,00
Benissa	21,98	10,53	9,43	1,10	12,36	0,00
Gata	23,44	12,44	11,34	1,10	11,89	0,00
Pedreguer	24,44	13,21	12,30	0,91	11,95	0,00
Taroundat	30,30	6,19	1,23	4,95	27,81	0,00
Essaouira	23,42	7,68	4,99	2,70	18,05	0,00
Argana	19,90	5,20	3,24	1,96	16,74	0,00
Agadir	26,74	6,64	3,19	3,45	23,20	0,00
Tiznit	28,00	4,02	0,00	4,02	27,56	0,00

TABLA 6: Intensidades bioclimáticas anuales. IBP: Intensidad bioclimática potencial; IBR: Intensidad bioclimática real; IBL: Intensidad bioclimática libre; IBC: Intensidad bioclimática condicionada; IBS: Intensidad bioclimática seca; IBF: Intensidad bioclimática fría.

Como viene ocurriendo con otros factores estudiados, las estaciones marroquíes presentan patrones de distribución similares a las valencianas, pero con diferentes magnitudes de intensidad, de igual manera ocurre con los diagramas bioclimáticos.

La potencialidad del clima es muy elevada debido a las altas temperaturas que presenta el sureste de Marruecos durante todo el año. En algunos casos, las estaciones marroquíes presentan hasta un tercio más de potencialidad climática que las valencianas. Sin embargo, el efecto del verano es mucho más acusado en esta zona, puesto que la intensidad bioclimática seca se duplica. Asimismo, es significativo el valor de la intensidad bioclimática condicionada, hasta 5 veces superior a la valenciana en algunos casos. Se entiende que la sequía estival es muy intensa y su efecto se extiende durante varios meses en los que la vegetación utiliza los recursos para superar dicha fase. Son apenas unas pocas semanas antes del siguiente periodo seco en los que la planta dispone de condiciones para su desarrollo.

3.2.6. Clasificación bioclimática de Rivas Martínez

En base al sistema de clasificación bioclimática de Rivas-Martínez, se ha determinado, para cada estación, el termotipo, el ombrotipo y la continentalidad en el que se encuadran, siempre según esta metodología.

Las 5 estaciones del termomediterráneo valenciano se encuadran en el llamado Mediterráneo Pluviestacional Oceánico, de elevada influencia oceánica. El termotipo es el termomediterráneo, inferior o superior, según la estación. El ombrotipo es de tipo seco, pese a que por escaso margen tres estaciones se encuadren en el tipo subhúmedo.

	Termotipo	Continentalidad	Ombroclima
Pego	Termomediterráneo inferior	Euoceánico acusado	Subhúmedo inferior
Benifairo	Termomediterráneo superior	Euoceánico acusado	Subhúmedo inferior
Benissa	Termomediterráneo superior	Euoceánico acusado	Seco superior
Gata Gorgos	Termomediterráneo superior	Euoceánico acusado	Seco superior
Pedreguer	Termomediterráneo inferior	Euoceánico atenuado	Subhúmedo superior
Taroundant	Inframediterráneo superior	Semihiperocéánico atenuado	Árido superior
Essaouira	Termomediterráneo inferior	Euhiperocéánico atenuado	Semiárido Inferior
Argana	Mesomediterráneo	Semihiperocéánico atenuado	Semiárido superior
Agadir	Inframediterráneo superior	Subhiperoceánico acusado	Semiárido inferior
Tiznit	Inframediterráneo superior	Semihiperocéánico acusado	Árido superior

TABLA 7: Caracterización de las estaciones meteorológicas según la Clasificación Bioclimática de Tierra de Rivas-Martínez

Las estaciones marroquíes se caracterizan por presentar un clima Mediterráneo Xérico Oceánico, con menor grado de continentalidad que en el caso español. El ombrotipo es claramente inferior, presentando tipo árido y semiárido. Y el termotipo es predominantemente termomediterráneo.

Centrando la atención en las estaciones del área natural de distribución del argán, observamos que el argán se desarrolla bajo ambientes significativamente diferentes, puesto que se presenta en zonas con termotipos marcadamente inframediterráneos, como es el caso de Tiznit, y a su vez, en áreas del tipo mesomediterráneo, como ocurre con la región de Argana. Lo mismo ocurre con otros aspectos como la continentalidad o el régimen pluviométrico, en los que *Argania spinosa* demuestra disponer de una amplia plasticidad fitoclimática para desarrollarse.

3.3. PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE ARGANIA SPINOSA

3.3.1. Introducción

En las siguientes páginas del presente estudio se pretende modelizar la curva de producción de un cultivo sobre abancalamientos de *Argania spinosa*, a lo largo de su vida útil, bajo las condiciones climatológicas y edáficas del piso termomediterráneo de las provincias de Valencia y Alicante.

En primer lugar, se reúne y analiza la información bibliográfica disponible al respecto. Ante la falta de datos, se recurre a la determinación de la curva productividad por comparación con una especie de características fisiológicas análogas, el olivo, *Olea sylvestris*. Una vez establecida esta primera aproximación, se analiza la influencia de las condiciones ambientales del nuevo lugar de cultivo sobre la producción de fruto del argán a través del Índice de Potencialidad Agrícola de Turc. Finalmente se obtiene la curva de producción de *Argania spinosa*.

3.3.2. Productividad de *Argania spinosa* en su área natural de distribución

Las técnicas de cultivo del argán en su lugar de origen son principalmente, tradicionales. En su gran mayoría, las áreas productivas de esta especie no son plantaciones propiamente dichas, sino dehesas configuradas por el hombre a partir del bosque original. Por este motivo, y pese al interés que el árbol del argán ha despertado en los últimos años, la bibliografía respecto a esta especie es muy escasa, y en algunos casos, hasta contradictoria. A continuación se presentan los datos más relevantes respecto a la producción de fruto del argán.

Argania spinosa es una especie agroforestal, cuya primera fructificación aparece entre el sexto y el séptimo año de cultivo. El máximo productivo del argán se ubica en torno a los 60 años de ser plantado, y su capacidad de proporcionar frutos se extiende hasta más allá de los 150 años.

Durante los años en que la producción del argán es máxima, cada pie proporciona 16,5 kg de fruto verde. Considerando que la densidad más habitual en su lugar de origen es de 30 pies por hectárea, este nivel de producción asciende a 500 kg de fruto por hectárea y año.

Los frutos, tras ser recolectados se dejan secar, de tal manera que por cada 100 kg de fruto verde recolectado, se obtienen 62 kg de fruto seco. El fruto se compone de pulpa y nuez. La mitad del peso corresponde a la pulpa, y la otra mitad a la nuez, esto es, 31 kg. En el interior de la nuez se alojan las pequeñas semillas de las que se extrae el aceite. De los 31 kg de nuez iniciales se pueden extraer, tan solo, 3 kg de semillas aceitosas. En consecuencia, el rendimiento del fruto del argán para la producción de aceite, tras las fases de secado y separación, es del 3% del peso de fruto recolectado del árbol.

El proceso de obtención del aceite ha mejorado sustancialmente en los últimos años de tal manera que, a la vez que los rendimientos han ido aumentando, las cualidades del aceite se han mantenido intactas para la obtención del aceite de argán virgen extra. El rendimiento del proceso de extracción del aceite es de un 52% del peso de la almendra molida, es decir, de cada 100 kg de fruto verde se extraen 1,5 litros de aceite de argán virgen extra. En consecuencia, y teniendo en cuenta la densidad del aceite en relación al peso del fruto, para obtener la producción del cultivo en litros habrá que multiplicar los kilos de fruto verde obtenidos por el factor 0,0156.

3.3.3. Curva de productividad de *Argania spinosa*

A lo largo de la vida de una plantación, los árboles varían su producción según la edad y el vigor de la planta. En el caso de *Argania spinosa* se conoce la edad a la que comienza la producción, el año en el que el árbol alcanza su máximo productivo, y la cantidad de fruto generada cada año en dicho periodo. Sin embargo, se desconoce la evolución global de la curva de producción a lo largo de los años.

En el presente estudio se recurre a la extrapolación de los datos del cultivo del olivo para determinar la curva productiva del argán. A través de la bibliografía se ha determinado la evolución de la producción de una plantación de olivo. Para que este proceso de extrapolación de la curva sea robusto, se han utilizado los datos de producción de una plantación de olivo tradicional no mecanizable. Se trata de un cultivo de marco amplio, en régimen de secano, y ubicado sobre pendientes superiores al 20%, lo que imposibilita la

mecanización del mismo. Estas características se corresponden con el tipo de cultivo de argán sobre abancalamientos que se analiza en este trabajo.

A partir de los datos obtenidos se elabora la curva de producción del olivo que se muestra en la siguiente gráfica, donde se representa la evolución de la producción en kilogramos a lo largo de los años.

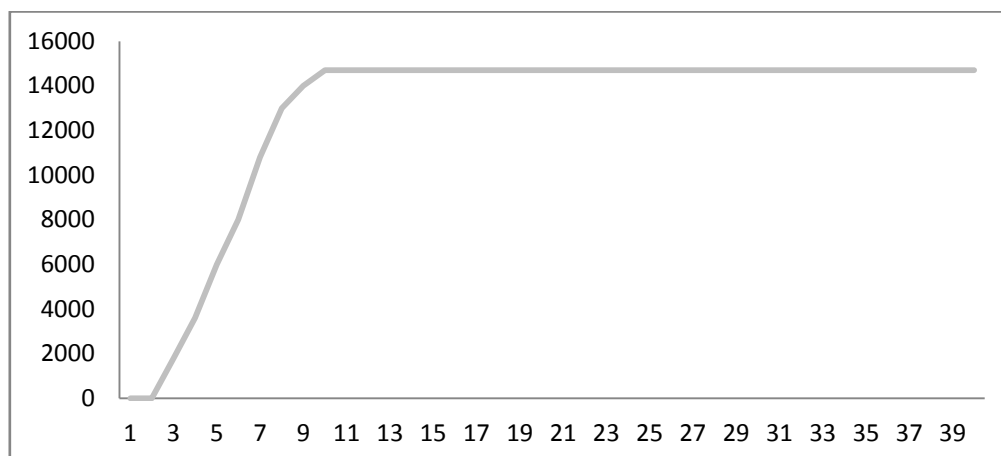


FIG 11: Curva de producción, en kg, de oliva por hectárea del olivar tradicional no mecanizable, a lo largo de los años de plantación.

En este tipo de cultivos, la producción comienza en el tercer año, alcanzando los 1.800 kg por hectárea. La máxima producción del olivar llega 8 años después, en el año 12º de plantación, y asciende a 14.700 kg por hectárea.

El incremento de la producción desde el primer año productivo hasta el máximo es del 12,25%. El aumento año a año, aunque ligeramente superior durante los primeros tres años, se considera constante, a razón de 1600 kg por hectárea y año.

Extrapolando dichos resultados para el caso del argán, la primera producción, ocurrida en el año séptimo de plantación, tendrá un peso de fruto verde del 12,25% respecto al valor de la máxima producción.

$$Prod_{\text{año } 7} = Prod_{\text{año } 60} \times 0,1225$$

La producción se incrementará, durante los siguientes años de manera gradual, hasta llegar al máximo productivo en el año 60 mediante la siguiente expresión.

$$Prod_{\text{año } i} = Prod_{\text{año } i-1} + \frac{Prod_{\text{año } 60} - Prod_{\text{año } 7}}{60 - 7} \text{ siendo } 7 < i < 60$$

Generalmente, las especies agrícolas de larga duración, no mantienen el máximo nivel productivo hasta el final de su vida útil. Durante los últimos años, la producción sufre un descenso paulatino. A día de hoy, suele ser más rentable renovar la parcela con nuevos plantones, que continuar con la explotación a medida que el descenso de la producción se acentúa. En la bibliografía consultada respecto a *Argania spinosa* se cita este periodo de envejecimiento. A este proceso se le atribuye, o bien el descenso de la productividad de los pies, o la aparición de fenómenos de vecería que modifican la cantidad de fruto obtenida de un año a otro.

En este estudio se considera la existencia de un descenso productivo de los pies con la edad a partir del año 115 de plantación. El descenso se modeliza de manera gradual siguiendo la siguiente expresión.

$$Prod_{\text{año } i} = Prod_{\text{año } i-1} - \frac{Prod_{\text{año } 60} - Prod_{\text{año } 7}}{60 - 7} \text{ siendo } 115 < i < 150$$

3.3.4. Índice de Potencialidad Agrícola de Turc

El índice de potencialidad agrícola de Turc establece la relación existente entre las condiciones climáticas y la productividad agrícola. Se obvia la influencia edáfica, que se considera óptima.

El índice se determina en base a tres parámetros, el factor térmico, el factor solar y el factor de sequedad. Habitualmente, este índice se utiliza para determinar la mejora en la producción agrícola de un cultivo, al ser transformado de secano a regadío. Para ello basta con considerar que el factor de sequedad para dicho cultivo puesto en regadío es igual a 1, por lo que la presencia de un periodo seco no modifica el valor final del índice.

A continuación, se calculan los índices de Turc en secano para cada una de las estaciones de ambas regiones. Comparando los resultados obtenidos en una y otra región, se determina la variación de la productividad potencial del argán, al ser cultivada bajo las condiciones climáticas del termomediterráneo valenciano, frente a las condiciones del suroeste marroquí.

En la siguiente tabla aparecen los resultados mensuales del índice de potencialidad agrícola de Turc para cada una de las estaciones incluidas en este trabajo.

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Pego	0,00	4,17	3,32	2,34	2,05	2,26	0,97	6,09	4,57	0,00	0,00	0,00
Benissa	0,00	2,75	3,12	2,19	2,33	3,37	4,45	1,69	1,08	0,00	0,00	0,00
Benifairo	0,00	4,15	2,96	2,02	1,95	3,18	4,50	5,77	1,83	0,00	0,00	0,00
Gata	0,00	3,30	3,20	2,29	2,42	3,53	4,60	5,21	1,39	0,00	0,00	0,00
Pedreguer	0,00	4,25	3,20	2,29	2,42	3,53	4,60	5,21	1,39	0,00	0,00	0,00
Tiznit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agadir	0,00	0,00	0,00	0,90	2,57	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Argana	0,00	0,00	0,00	1,16	1,19	2,43	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Essaouira	0,00	0,00	0,00	1,46	2,53	2,67	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taroundant	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	2,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLA 8: Valores mensuales del Índice de potencialidad agrícola de Turc para las 10 estaciones.

En base a los resultados mostrados en la tabla, se observa que en las estaciones marroquíes se presentan entre tres y cuatro meses productivos. Para los 8 meses restantes, el índice tiene un valor de cero. Por el contrario, en las estaciones valencianas, el cultivo resulta productivo durante, al menos, 8 meses.

Observando los datos en detalle (Anexo II: Cálculo del Índice de Turc), el factor térmico y el factor solar son superiores para las estaciones marroquíes que para las valencianas, mientras que el factor de sequedad es muy inferior o nulo. Se establece, por tanto, que la reducción de la potencialidad productiva es consecuencia, exclusivamente, de la intensidad y duración del periodo de sequía.

La sequía estival es común a ambas zonas puesto que el índice es nulo durante los meses de verano en ambos casos. La diferencia reside en la recuperación hídrica por parte del cultivo. Los primeros valores positivos de índice de Turc para las estaciones valencianas aparecen en Octubre, mientras que en la zona de distribución natural del argán no aparecen hasta el mes de Diciembre, dejando muy poco margen al cultivo hasta el siguiente estío.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Anual
Pego	7,49	6,66	11,64	0,00	25,78
Benissa	5,87	7,88	7,21	0,00	20,97
Benifairo	7,10	7,16	12,10	0,00	26,36
Gata	6,50	8,24	11,20	0,00	25,94
Pedreguer	7,45	8,24	11,20	0,00	26,88
Tiznit	0,00	1,35	0,00	0,00	1,35
Agadir	0,00	5,61	0,00	0,00	5,61
Argana	0,00	4,78	1,12	0,00	5,90
Essaouira	0,00	6,65	0,75	0,00	7,40
Taroudant	0,00	4,20	0,00	0,00	4,20

TABLA 9: Valores mensuales del Índice de Turc por estaciones.

Agrupando los resultados por estaciones, se determina la longitud del periodo de estrés hídrico al que está sometido el cultivo en Marruecos. Particularmente llamativo son los casos de Tiznit y Taroudant, donde el cultivo tan solo supera el déficit hídrico durante el invierno, mientras que el resto del año se ve condicionado por la falta de agua.

En nuestra región, la productividad es alta durante todo el año, exceptuando la sequía estival. Los valores primaverales son sensiblemente más altos, época de crecimiento vegetal. En menor medida que la primavera, aparece otro aumento de la potencialidad productiva durante el otoño.

En última instancia, han de analizarse los valores anuales totales. Pese a la variabilidad entre estaciones, los valores calculados para las estaciones valencianas son muy superiores a los calculados para las estaciones marroquíes, en torno a cuatro veces más según las zonas. Se estima, por tanto, que la productividad de un hipotético cultivo de *Argania spinosa* bajo las condiciones climáticas del termomediterráneo de las provincias de Valencia y Alicante será cuatro veces superior a la productividad del mismo cultivo bajo las condiciones climatológicas existentes en el área de distribución natural del argán en Marruecos.

3.3.5. Rendimiento oleico de *Argania spinosa*

Según la mayoría de los textos consultados, la cantidad de aceite de argán extraído de cada fruto es muy pequeña. Como ya se ha visto, el aceite no se

extrae de la pulpa, como ocurre con el olivo, sino de las semillas alojadas en el interior del hueso del fruto. Estas semillas, representan el 3% del peso total de fruto recolectado.

En base a la bibliografía consultada, el rendimiento oleico de las semillas del argán es del 52% del peso de estas. Es decir, que de cada 3 kg de semillas obtenidas, se extraen 1,56 kg de aceite. Teniendo en cuenta la densidad del aceite, esto son, 1,5 litros de aceite de argán virgen extra.

Para determinar la cantidad de aceite de argán obtenido a partir del peso de fruto verde recolectado hay que multiplicar dicho valor por 0,0156.

3.3.6. Productividad del cultivo del argán

Con los datos obtenidos hasta el momento, se puede determinar la curva de productividad del argán a lo largo de su vida útil, y calcular los litros de aceite resultantes.

En la plantación tipo del presente estudio, descrita el apartado 3.4. de la memoria, se planifica un cultivo con una densidad de 666 pies por hectárea. A partir de este dato se determina de manera directa que la producción máxima del argán, en el año 60 de plantación, será de 11.108 kg.

Aplicando el factor de multiplicación obtenido mediante el Índice de Potencialidad Agrícola de Turc, la cantidad producida en la fase de máxima productividad asciende a 44.432 kg de fruto recolectado.

Puesto que el valor de la primera cosecha, en el 7º año de plantación, es el 12,25% del valor de la máxima cosecha, esta será de 1.360,7 kg. A partir de este valor se determina el crecimiento progresivo de la recolección hasta el máximo productivo, tal y como ocurre con el cultivo del olivo.

De igual manera, se determina la caída de fruto a partir del año 115º hasta que termina el ciclo del cultivo. En el siguiente gráfico se muestra la evolución de la producción, a lo largo de los años, a partir de los datos calculados.

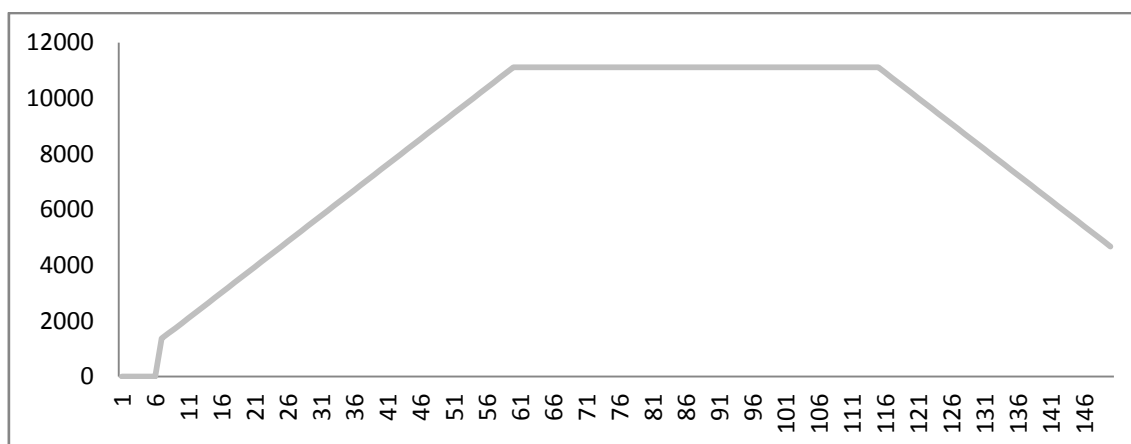


FIG 12: Gráfica de productividad del cultivo del argán, en kilogramos de fruto por hectárea, bajo las condiciones establecidas, a lo largo de los años de vida útil de la plantación.

La recolección de fruto verde, en kilogramos, dará lugar a una cierta cantidad de aceite de argán. Para calcular dicha cantidad utilizamos el factor de rendimiento oleico del argán determinado anteriormente, esto es, 0,0156.

Año	Prod. (kg.)	Prod. (l.)						
1	0,0	0	28	20891,4	325,9	55	40753,8	635,8
2	0,0	0	29	21627,1	337,4	56	41489,4	647,2
3	0,0	0	30	22362,7	348,9	57	42225,1	658,7
4	0,0	0	31	23098,4	360,3	58	42960,7	670,2
5	0,0	0	32	23834,0	371,8	59	43696,4	681,7
6	0,0	0	33	24569,6	383,3	60	44432,0	693,1
7	5442,9	84,9	34	25305,3	394,8	61	44432,0	693,1
8	6178,6	96,4	35	26040,9	406,2	62	44432,0	693,1
9	6914,2	107,9	36	26776,6	417,7	63	44432,0	693,1
10	7649,8	119,3	37	27512,2	429,2	64	44432,0	693,1
11	8385,5	130,8	38	28247,9	440,7	65	44432,0	693,1
12	9121,1	142,3	39	28983,5	452,1	66	44432,0	693,1
13	9856,8	153,8	40	29719,1	463,6	67	44432,0	693,1
14	10592,4	165,2	41	30454,8	475,1	68	44432,0	693,1
15	11328,1	176,7	42	31190,4	486,6	69	44432,0	693,1
16	12063,7	188,2	43	31926,1	498,0	70	44432,0	693,1
17	12799,4	199,7	44	32661,7	509,5	71	44432,0	693,1
18	13535,0	211,1	45	33397,4	521,0	72	44432,0	693,1
19	14270,6	222,6	46	34133,0	532,5	73	44432,0	693,1
20	15006,3	234,1	47	34868,6	544,0	74	44432,0	693,1
21	15741,9	245,6	48	35604,3	555,4	75	44432,0	693,1
22	16477,6	257,1	49	36339,9	566,9	76	44432,0	693,1
23	17213,2	268,5	50	37075,6	578,4	77	44432,0	693,1
24	17948,9	280,0	51	37811,2	589,9	78	44432,0	693,1
25	18684,5	291,5	52	38546,9	601,3	79	44432,0	693,1
26	19420,1	303,0	53	39282,5	612,8	80	44432,0	693,1
27	20155,8	314,4	54	40018,1	624,3	81	44432,0	693,1

82	44432,0	693,1	106	44432,0	693,1	130	33397,4	521,0
83	44432,0	693,1	107	44432,0	693,1	131	32661,7	509,5
84	44432,0	693,1	108	44432,0	693,1	132	31926,1	498,0
85	44432,0	693,1	109	44432,0	693,1	133	31190,4	486,6
86	44432,0	693,1	110	44432,0	693,1	134	30454,8	475,1
87	44432,0	693,1	111	44432,0	693,1	135	29719,1	463,6
88	44432,0	693,1	112	44432,0	693,1	136	28983,5	452,1
89	44432,0	693,1	113	44432,0	693,1	137	28247,9	440,7
90	44432,0	693,1	114	44432,0	693,1	138	27512,2	429,2
91	44432,0	693,1	115	44432,0	693,1	139	26776,6	417,7
92	44432,0	693,1	116	43696,4	681,7	140	26040,9	406,2
93	44432,0	693,1	117	42960,7	670,2	141	25305,3	394,8
94	44432,0	693,1	118	42225,1	658,7	142	24569,6	383,3
95	44432,0	693,1	119	41489,4	647,2	143	23834,0	371,8
96	44432,0	693,1	120	40753,8	635,8	144	23098,4	360,3
97	44432,0	693,1	121	40018,1	624,3	145	22362,7	348,9
98	44432,0	693,1	122	39282,5	612,8	146	21627,1	337,4
99	44432,0	693,1	123	38546,9	601,3	147	20891,4	325,9
100	44432,0	693,1	124	37811,2	589,9	148	20155,8	314,4
101	44432,0	693,1	125	37075,6	578,4	149	19420,1	303,0
102	44432,0	693,1	126	36339,9	566,9	150	18684,5	291,5
103	44432,0	693,1	127	35604,3	555,4			
104	44432,0	693,1	128	34868,6	544,0			
105	44432,0	693,1	129	34133,0	532,5			

TABLA 10: Producción en kilogramos de la plantación tipo de argán.

A la luz de los resultados expuestos en la tabla, la plantación empezará su periodo productivo en el año 7^o con 85 litros de aceite, e irá aumentando hasta los 693 litros anuales. Posteriormente la producción decaerá de manera progresiva. En el siguiente gráfico se modeliza la evolución de la producción tanto en peso de fruto verde como en litros de aceite resultante.

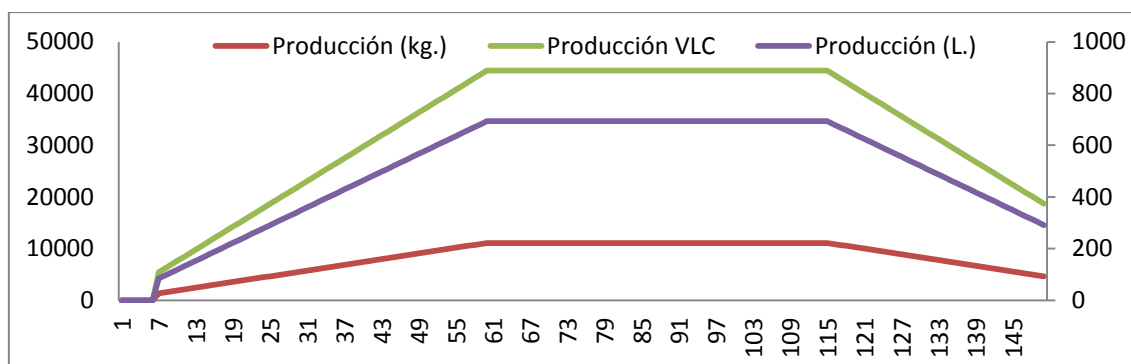


FIG 13: Gráfico de productividad del argán, en kg. de fruto y litros, de aceite a lo largo de su vida útil. El eje vertical derecho presenta otra escala, asociada exclusivamente a la producción en litros.

3.4. ESTUDIO ECONOMICO-DINAMICO

3.4.1. Introducción

El objeto de este apartado es analizar la viabilidad, en términos económicos, del cultivo de *Argania spinosa* en abancalamientos de ladera en el levante español.

Con el fin de determinar las cualidades económicas de este tipo de cultivos, es imprescindible conocer los flujos monetarios asociados, para ello, se debe simular una plantación tipo que permita determinar estos flujos.

El análisis comienza con el planteamiento de las hipótesis de partida que rigen las condiciones en las que se desarrolla una plantación tipo. Bajo estas premisas se describe, de manera sintética, la implementación de un cultivo de *Argania spinosa* en la zona de estudio, y las consiguientes fases de mantenimiento y explotación del cultivo. A partir de estos datos, se determina el monto total de la inversión inicial requerida, y de los pagos y cobros derivados de la actividad agrícola, a lo largo de la vida útil de la plantación.

Una vez conocido el flujo de caja del proyecto, se evalúa la rentabilidad de la explotación utilizando una serie de indicadores económicos como son el Valor Añadido Neto o la Tasa Interna de Rendimiento. Asimismo, se determina el plazo de recuperación de la inversión y el beneficio derivado de la actividad por cada euro invertido en ella.

Finalmente se determina la robustez económica del cultivo mediante análisis de sensibilidad. En primer lugar se simulan flujos de caja desfavorables hasta obtener valores del V.A.N. negativos, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto frente a otras oportunidades de inversión. Posteriormente, se estudia la respuesta de la rentabilidad a hipotéticas reducciones del precio de venta del aceite de argán.

3.4.2. Hipótesis de partida

La especie *Argania spinosa* es una alternativa de cultivo en abancalamientos de secano, frente a los cultivos tradicionales de los que se viene haciendo uso en Valencia y Alicante, mayoritariamente olivo y almendro. La rentabilidad de

dichos cultivos ha venido reduciéndose en últimos años hasta provocar el abandono de muchos de ellos.

Para realizar este análisis económico, y dado lo sintético del proyecto descrito a continuación, es necesario definir una serie de hipótesis de partida respecto a la plantación tipo descrita en este apartado.

Terrenos

El planteamiento de este estudio es el de ofrecer una alternativa de cultivo frente a los ya existentes en una región tradicionalmente agraria. Se considera, por tanto, que los terrenos cultivados están en propiedad, por lo que, a efectos económicos, no se contempla ningún gasto derivado de ello.

Abancalamientos

Se considera que las terrazas de cultivo se encuentran en perfecto estado. Ni los muros de mampostería en seco, ni los sistemas de desagüe requieren reparación alguna, por lo que no se contempla ningún desembolso por asociado a esta cuestión.

Activos financieros.

No se prevé la adquisición de maquinaria ni bienes inmuebles que deban amortizarse o renovarse. Todas las actividades se desarrollan con maquinaria propia o alquilada, y su coste se incluye en el presupuesto.

En el caso de requerirse una inversión inicial para la implantación del proceso productivo de aceite de argán, se realizará íntegramente con capital propio, de tal manera que no se contempla la necesidad de contratar ningún préstamo bancario.

Vida de la inversión

A partir de los datos bibliográficos se establece que el argán es capaz de producir frutos a partir de los 7 u 8 años, por un periodo de entre 150 y 200 años. Considerando que existe una reducción paulatina de la producción a medida que el árbol llegue a su edad máxima, y teniendo en cuenta que la bibliografía no es clara en este extremo, se considera el valor más conservador de 150 años como vida útil de la plantación.

Producción de planta.

El árbol del argán no se utiliza en la Península Ibérica por lo que no es posible encontrar plantones en viveros profesionales para su cultivo. En este estudio se obvia este aspecto, y se asimila el precio del plantón de argán al del plantón de alguna otra especie similar, en este caso de *Olea sylvestris*.

Maquinaria

Generalmente, los abancalamientos de ladera se sitúan sobre fuertes pendientes por lo que no suelen ser mecanizables mediante tractores. Así se considera en este trabajo, de tal manera que todas las actividades, tanto de plantación como de explotación, han poder realizarse de manera manual.

3.4.3. Plantación tipo

Se simula una hipotética plantación tipo de una hectárea de superficie, ubicada en una ladera de fuerte pendiente, que ha sido transformada mediante abancalamientos de pared vertical realizados en mampostería de piedra en seco. Considerando que cada uno de las terrazas abancaladas tiene 5 metros de ancho, y en torno a 150 metros de largo, la parcela se divide en 13,33 bancales.

A continuación se explican de manera somera cada una de las actividades a realizar durante las fases de plantación, mantenimiento y explotación

Marco de plantación

En cada bancal se plantan 50 pies al tresbolillo. Entre un pie y el siguiente hay 6 metros de distancia longitudinal y 2 metros de distancia transversal. De esta manera, cada pie se ubica a 1,5 metros de distancia del borde de bancal y dispone de 15 metros cuadrados de superficie.

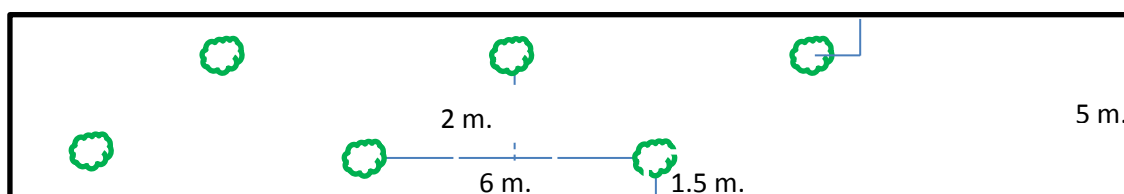


FIG 14: Esquema de distribución de los plantones de argán sobre la terraza de cultivo.

El cultivo al tresbolillo se intercala de un bancal a otro, de manera tal que las copas de los árboles dispongan de la mayor superficie posible.

Preparación del terreno

Dado que los bancales no son mecanizables mediante maquinaria pesada, la preparación del terreno es muy limitada. En primer lugar se realiza una roza con motodesbrozadora con el fin de eliminar la vegetación arbustiva presente. Posteriormente, se realiza una pasada con motocultor para descompactar y airear la capa superior del suelo.

Plantación

Tras la preparación del terreno se procede al replanteo de los pies, siguiendo las directrices citadas en el marco de plantación. Los pies se plantan en casillas picadas, realizadas a mano, a lo largo de las terrazas abancaladas. Sobre cada casilla abierta, se coloca un plantón de argán. En torno al plantón, se conforma un alcorque cuya función es favorecer la acumulación de agua procedente de la lluvia sobre el sistema radical del plantón.

Cada plantón se cultivará en el interior de un protector cinegético de malla. Su función es la de proteger a la planta frente a ramoneos durante los primeros años de crecimiento. Se retirarán de la plantación cuando los pies adquieran la altura suficiente para evitar el daño en los ápices, esto es, el cuarto año de vida de la plantación.

Asimismo, cada planta va acompañada de un tutor de madera. Los tutores guían el crecimiento de la planta, manteniéndola vertical frente al viento, y evitando deformaciones o roturas. Los tutores se retiran un año después que los protectores cinegéticos.

Mantenimiento

Pese a la elevada rusticidad del argán, es necesario realizar una serie de actividades destinadas al mantenimiento de la plantación. Han de mantenerse los árboles en buen estado, tanto fisiológico como fitosanitario, favoreciendo la producción de fruto.

Como en toda plantación, es muy probable que algunos plantones no lleguen, por diversas causas, a superar el primer o segundo año. Por ello, se contempla la reposición de marras durante los tres primeros años de plantación, con el fin de sustituir los plantones afectados.

Es previsible que durante los primeros años de la plantación los alcorques pierdan la forma y dejen de resultar efectivos. Durante este periodo es crucial que la planta disponga de agua suficiente, por lo que se planifica el perfilado de los mismos una vez al año, durante los primeros cuatro años de la plantación.

Pese a que la poda del argán es un aspecto desconocido por su escaso uso como cultivo intensivo, en el presente estudio económico se han incluido diferentes actividades de poda. Se planifican podas de formación durante los primeros siete años improductivos de los plantones, destinadas a guiar a las ramas principales. A partir del octavo año, en el que se prevé que la plantación entre en producción, se realizan dos tipos de podas alternándose una y otra año tras año. Una de ellas es la poda en verde, encaminada a eliminar chupones y brotes adventicios. La otra es la poda de formación, orientada a favorecer la fructificación y el saneamiento de la copa.

A lo largo del proyecto de explotación se repite el laboreo del terreno. El laboreo de la tierra favorece la aireación e impide la compactación que dificulta la entrada de las precipitaciones en las capas profundas del suelo. La labor será anual durante los primeros 30 años de la plantación, a partir de este punto el laboreo se realiza cada dos años.

Explotación

La recolección del fruto del argán se realiza mediante vareo sobre manto, de la misma manera que en el olivar. En apartado 3.3 de la memoria de este mismo estudio, se ha modelizado la previsible curva de producción del argán a lo largo de su vida útil. El volumen de producción y los costes asociados a su recolección son función de los resultados obtenidos en este apartado.

Se tiene en cuenta, asimismo, el transporte del fruto en verde ya recolectado, hasta una hipotética almazara situada a 100 kilómetros de distancia. El número

de recorridos varía en función de la producción anual y la capacidad máxima del medio de transporte.

Calendario de actuaciones

Cada una de las tareas descritas ha de ajustarse a un determinado calendario adaptado a las necesidades de la plantación. A partir del calendario de actuaciones se determinan los ingresos y gastos anuales, y la consiguiente evolución de la inversión.

En el siguiente diagrama se muestra el calendario de actuaciones durante los primeros cuatro años de la plantación. Todas las actividades contempladas en este periodo forman parte la inversión inicial.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
Roza	X				
Laboreo	X	X	X	X	X
Replanteo	X				
Casillas	X				
Distribución planta	X				
Plantación	X				
Alcorque	X	X	X	X	X
Colocación tutores	X				
Colocación protector	X				
Retirada tutores					X
Retirada protectores				X	
Reposición de marras		X	X	X	

TABLA 11: Diagrama de actuaciones durante los primeros 4 años de plantación.

A partir del año cinco se realizan las tareas de mantenimiento y explotación como son, el laboreo, las podas, la recolección de fruto y el transporte hasta la almazara. El calendario completo de actividades del cultivo de *Argania spinosa* se puede consultar en el Anexo III: Cronograma de gastos, ubicado al final del presente estudio.

Presupuesto de la plantación

Para realizar el estudio económico-dinámico de la explotación tipo de *Argania spinosa*, han de definirse los costes de cada una de las actividades. A continuación se enumeran los costes unitarios de cada tarea. El coste de cada

actividad ha sido obtenido de los cuadros de precios citados en la bibliografía de este estudio.

- Roza con motodesbrozadora para matorral y herbáceas, de diámetro inferior a 3 cm, con una fracción de cabida cubierta inferior al 80% y pendiente del terreno igual o superior al 50%, con un coste de 649,38 euros por hectárea.
- Labor superficial con motocultor sobre suelo suelto, con pendiente superior al 50%, y un coste de 174,32 euros por hectárea.
- Replanteo sobre las terrazas de los puntos donde se pican las casillas, con un coste de 30 euros por cada kilómetro trabajado.
- Realización de casillas picadas sobre terreno de transición, siendo la densidad de casillas inferior a los 700 pies por hectárea. El coste por cada 1000 casillas es de 979,64 euros.
- Distribución de la planta por la zona de cultivo según la posición de las casillas, con un coste de 37,87 euros por cada 1000 plantones distribuidos.
- El coste de cada plantón de *Argania spinosa*, cultivado en alveolo y a una savia, se ha extrapolado del coste de *Olea sylvestris*, y es de 0,5 euros por plantón.
- La distribución de las mallas protectoras de 60 cm de altura, considerando distancia inferiores a 500 m, y pendientes superiores al 50% tiene un coste de 25,25 euros por cada 1000 mallas distribuidas.
- La distribución de los tutores de acacia de 0,8 m a lo largo de los abanalamientos tiene un coste de 12,42 euros por cada mil unidades.
- Plantación manual de los brinzales de *Argania spinosa* en las casillas, sobre suelo suelto de transición, y con una pendiente superior al 50%, con un coste de 646,31 euros por cada 1000 plantas. A este coste se asimila el de la colocación de los tutores y las mallas de protección.
- Realización de los alcorques en torno a cada plantón, con un coste de 437,43 euros por cada 1000 alcorques. En las posteriores labores de perfilado de los alcorques durante los primeros años de la plantación, se considerará el mismo coste.

- Colocación de protectores cinegéticos de malla en cada planta, con un coste de 501,81 euros por cada 1000 mallas colocadas.
- Protector cinegético de malla de 60 cm de altura, con un coste de 0,6 euros la unidad.
- La colocación de los tutores supone un gasto de 430 euros por cada mil tutores instalados. Incluye el coste de los tutores de 0,8 m de altura y 25 mm de diámetro.
- La retirada de los tutores de acacia asciende a 693,64 euros por cada 1000 plantones.
- La retirada de los protectores cinegéticos tiene un coste de 758,08 euros por cada 1000 mallas.
- El coste de la reposición de marras varía en función del número de marras a reponer. Se considerando que la labor se realiza portando bandejas de menos de 250 cm³, sobre suelo de transición y con pendiente superior al 50%. Se prevé la necesidad de reponer un porcentaje de marras entre el 20 y el 40%, lo que supone un coste de 758,08 euros por cada 1000 marras repuestas.
- Poda de formación o desvareado de los plantones, incluyendo la eliminación de los restos, con un coste por hectárea de 86,51 euros.
- Poda en verde bianual para la eliminación de chupones, incluyendo la eliminación de los restos, tiene un coste de 44,0 euros por hectárea.
- Poda de formación bianual, incluyendo la retirada de restos los restos con un coste de 142,59 euros por hectárea.
- La recolección se realizará mediante vario sobre manto, siendo su coste variable en función de la producción. Se considera un coste medio de 0,18 euros por cada kilo de fruto recolectado.
- El transporte del fruto ya recolectado hasta una hipotética almazara se contabiliza, en camión de 20 toneladas de capacidad máxima, con un coste de 1,25 euros por cada kilómetro recorrido.

3.4.4. Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios los constituyen todos aquellos gastos producidos por la actividad propia del proceso de plantación y puesta en marcha de la explotación agrícola de aceite de argán.

Pagos ordinarios fijos

Se incluyen en este apartado los gastos derivados del proceso de establecimiento de la plantación. En la siguiente tabla se muestra la relación de gastos necesario para la implantación del cultivo de *Argania spinosa*.

Concepto	Cantidad	Unidad	Coste unitario	Coste total
Roza con motodesbrozadora	1	ha	649,38	649,38
Laboreo con motocultor	1	ha	174,32	174,32
Replanteo de líneas de cultivo	4	km	30,00	120,00
Casillas picadas	666	plant./ha	0,98	652,01
Distribución de planta en envase	666	plant./ha	0,04	25,17
Plantón <i>Argania spinosa</i>	666	plant./ha	0,58	386,28
Plantación	666	plant./ha	0,65	430,23
Alcorques	666	plant./ha	0,44	291,04
Distribución protectores cinegéticos	666	plant./ha	0,03	16,65
Colocación protectores cinegéticos	666	plant./ha	0,50	333,66
Protectores cinegéticos	666	unidad	0,60	399,60
Distribución de tutores de madera	666	plant./ha	0,01	7,99
Colocación de tutores de madera	666	plant./ha	0,43	286,38
Contingencias	1	ha	150,00	150,00
				3.922,73

TABLA 12: Pagos ordinarios en el año cero de plantación.

A continuación se enumeran los gastos asociados que, pese a formar parte del proceso de establecimiento, no se realizan en el año cero del proyecto.

Concepto	Cantidad	Unidad	Coste unitario	Coste total
Reposición de marras	300	plant./ha	0,75	224,40
Plantón <i>Argania spinosa</i>	100	unidad	0,58	58,00
Alcorques	666 (x4)	plant./ha	0,44	1.165,60
Retirada protectores cinegéticos	666	plant./ha	461,96	461,96
Retirada tutores	666	plant./ha	0,69	504,88
				2.414,84

TABLA 13: Pagos ordinarios de la inversión inicial no desembolsados en el año cero de plantación.

La inversión inicial necesaria para implantar el proyecto de cultivo de la plantación tipo es el resultado de la suma de los gastos reflejados en los dos cuadros anteriores, esto es, 6341,05 euros.

Pagos ordinarios variables

Los pagos variables son aquellos que varían cada año según las operaciones que se deban realizar. Se incluyen gastos anuales de monto fijo, como el laboreo o las contingencias, junto con gastos que varían según el nivel de producción de fruto, como son los gastos derivados de la recolección y el transporte

En el siguiente cuadro se muestran los montos totales, para toda la vida útil de la plantación, en cada uno de los apartados citados.

Concepto	Cantidad	Unidad	Coste unitario	Coste total
Laboreo	91	ha	174,32	15.863,12
Contingencias	149	ha	150,00	22.350,00
Recolección	4.882.047	kg	0,18	878.768,58
Transporte	33.500	km	1,25	41.875,00
Podas de formación	7	ha	86,51	605,87
Podas en verde	62	ha	44,00	2.728,00
Podas de producción	61	ha	142,59	8.697,99
				973.444,17

TABLA 14: Pagos ordinarios derivados de los gastos anuales de mantenimiento y explotación.

Los pagos variables a lo largo de la plantación ascienden a 973.444,17 €. En consecuencia, el monto total de gastos a lo largo de la vida de la plantación, incluyendo la inversión inicial necesario para iniciar la actividad es de 979.785,22 euros.

3.4.5. Cobros ordinarios

Los ingresos ordinarios son aquellos obtenidos por la venta del fruto producido por el cultivo. Durante los primeros años no existirán ingresos por no haber producción. Los ingresos comenzarán a partir del séptimo año de plantación, y la producción varía año a año a partir de lo expuesto en el apartado correspondiente de la presente memoria.

No existe información respecto al precio de venta del aceite de argán. Por ello, se desarrolla, a continuación, un estudio de mercado en el que se define con precisión el producto del que se trata y se determina el precio medio de venta del producto. Posteriormente, se determina el precio percibido por el agricultor analizando la cadena de valor añadido del producto, desde el cultivo hasta el comercio. Con estos datos se calcula, por último, el monto total de los ingresos ordinarios.

Aceite de argán virgen extra.

El aceite de argán se comercializa en España desde hace pocos años. Se puede encontrar, generalmente, en tiendas de productos dietéticos, herboristerías, asociado a productos estéticos, y está cada vez más presente en farmacias.

Pese a que en los últimos años la existencia del aceite de argán se ha hecho más visible para el consumidor, ya sea como producto puro, o como componente principal de otros productos, se trata de un mercado pequeño en términos de volumen. Es por ello que no se existen datos oficiales respecto a su comercialización o precio de venta.

Existe en España, sin embargo, un mercado muy similar al del aceite de argán que, además, ha sido objeto de estudio desde múltiples perspectivas, el del aceite de oliva. Desde el Observatorio de Precios de los Alimentos, perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, se dispone de la estructura de costes y precios de la cadena de valor del sector olivarero. A partir de estos datos se puede determinar el valor añadido que generan los procesos de envasado y comercialización del aceite de oliva y extrapolarlos a la cadena de valor del aceite de argán. La diferencia entre el precio de venta del aceite de argán y el valor añadido de dichos procesos industriales, determina el precio percibido por el oleicultor de *Argania spinosa*.

Es conveniente señalar que existen diferencias significativas entre la producción del aceite de oliva y la de aceite de argán una vez recolectado el fruto. Partiendo del hecho de que el aceite de oliva se extrae de la pulpa de la aceituna, mientras que el aceite de argán se extrae de las semillas contenidas en el hueso, el proceso a seguir en la almazara diferirá significativamente entre

uno y otro. Pese a todo, se considera una aproximación válida el uso de los datos relativos al aceite de oliva para la determinación del valor añadido de la cadena de producción, y el precio percibido por el agricultor, en el cultivo del aceite de argán.

Para establecer el balance económico del presente estudio se ha determinado el precio de venta del argán mediante un estudio de precios en diferentes comercios. El aceite de argán se comercializa en múltiples formatos por lo que, se ha tenido que acotar la búsqueda a unas determinadas características que se enumeran a continuación.

1. Se trabaja tan solo con los precios de aceite de argán virgen extra (A.A.V.E.), es decir, aceite obtenido a partir del fruto mediante procedimientos exclusivamente mecánicos o físicos, aplicados en condiciones que no provoquen la alteración del aceite, y que no haya sufrido tratamiento alguno que no sea su lavado, decantación, centrifugado o filtración. Quedan excluidos los aceites obtenidos mediante el uso de coadyuvantes de acción química o bioquímica.
2. No se distingue, en este estudio, entre el producto comercializado para uso alimenticio del de uso cosmético, dietético o farmacéutico, siempre y cuando responda a las características mencionadas en el punto anterior. Existen en el mercado una amplia gama de productos de uso dermatológico y cosmético que contienen cantidades variables de aceite de argán. Se comercializan, también, envases de reducido tamaño de aceite puro para su aplicación en piel y cabello que, según su etiqueta, responden a las características del aceite de argán virgen extra.
3. La comparativa de la cadena de valor se establece para aceite de argán virgen extra (A.A.V.E.) y para aceite de oliva virgen extra (A.O.V.E.), comercializados ambos en envase de alta gama, de volumen igual o menor a un litro.
4. Todos los precios se han extraído de comercios de pequeño tamaño en la ciudad de Valencia, generalmente especializados en productos de dietética o de origen natural. Los precios han sido comparados con los ofertados vía internet y, aunque no se utilicen estos últimos por ser una forma de comercialización menos común, las cifras son muy similares.

Precio de mercado de aceite de argán virgen extra

Los precios del aceite de argán son muy variables entre unos establecimientos y otros. En la tabla se incluyen, exclusivamente, los precios de venta de aceite de argán virgen extra comercializado en envase de alta gama, de tamaño menor o igual a 100 ml.

Volumen (ml.)	Precio (€)	Precio por litro (€/l)
250	32,90	131,6
250	33,08	132,32
100	16,00	160
100	125	125
250	25	100
125	12,5	100

TABLA 15: Precios de venta de aceite de argán virgen extra y el tamaño del envase.

A tenor de los resultados que muestra la tabla, se establece, como precio medio del aceite de argán virgen extra, los 150,00 euros por litro.

Valor añadido de la cadena de producción de aceite de argán.

A partir de los datos proporcionados por la Asociación Española de Municipios del Olivo, se determina que el precio de venta sin I.V.A., del aceite de oliva virgen extras (A.O.V.E) en envase de cristal de volumen inferior a un litro, procedente de plantaciones tradicionales no mecanizables es, por término medio, de 3,488 €/l. El precio percibido por el agricultor es de 2,293 €/l. Se considera que la diferencia entre ambas cifras es el valor añadido que adquiere el litro de A.O.V.E a lo largo de la cadena de producción, es decir, 1,255 €/l.

Para extrapolar dichos resultados a la cadena de producción del aceite de argán virgen extra se retraerán del precio de venta obtenido en el apartado anterior, el coste de producción de fruto en euros por litro, el valor añadido de la cadena de producción extrapolado del A.O.V.E y el I.V.A. del 18%.

Dado el coste total de la plantación, calculado en 979.785,22, y el número de litros de aceite producidos a lo largo de toda la vida útil, esto es 76.159,95, el coste de producción de un litro de aceite de argán es de 12,86 euros.

$$\text{Precio percibido} = 150,00 - (150,00 \times 0,18) - 12,86 - 1,255 = 104,38 \text{ €/L}$$

En consecuencia, y conociendo el número total de litros de aceite producidos a lo largo de la plantación, el propietario percibe un total de 7.949.587,5 euros. Esta cantidad se distribuye a lo largo de los años según el nivel de producción de la plantación.

3.4.6. Pagos/Cobros extraordinarios

No se contemplan pagos ni cobros extraordinarios de ningún tipo a lo largo de la vida de la plantación.

3.4.7. Flujos de caja

Calculando los flujos de caja anuales se determina la evolución de los costes e ingresos a lo largo de la actividad y la rentabilidad de la inversión realizada. Para el determinar los flujos de caja se ha establecido una tasa de actualización del 5%.

Año	Pagos ordinarios	Cobros ordinarios	Flujos de caja	Flujos activos	Flujos act. acumulados
0	3982,69	0,00	-3982,69	-3982,69	-3982,69
1	777,56	0,00	-777,56	-740,53	-4723,22
2	777,56	0,00	-777,56	-705,27	-5428,49
3	1239,52	0,00	-1239,52	-1070,75	-6499,23
4	1207,04	0,00	-1207,04	-993,03	-7492,27
5	410,83	0,00	-410,83	-321,90	-7814,16
6	1515,56	0,00	-1515,56	-1130,93	-8945,09
7	1647,97	8862,87	7214,90	5127,50	-3817,60
8	1737,88	10060,74	8322,87	5633,24	1815,65
9	1968,88	11258,61	9289,73	5988,24	7803,89
10	2002,71	12456,48	10453,77	6417,71	14221,60
11	2243,71	13654,35	11410,64	6671,56	20893,16
12	2267,54	14852,22	12584,68	7007,62	27900,78
13	2508,55	16050,09	13541,55	7181,37	35082,16
14	2532,37	17247,96	14715,59	7432,37	42514,53
15	2773,38	18445,83	15672,46	7538,72	50053,25
16	2797,20	19643,70	16846,50	7717,58	57770,83
17	3028,21	20841,57	17813,36	7771,91	65542,74
18	3062,03	22039,44	18977,41	7885,51	73428,24
19	3303,04	23237,31	19934,27	7888,67	81316,91
20	3326,87	24435,18	21108,32	7955,50	89272,41
21	3567,87	25633,05	22065,18	7920,13	97192,54
22	3591,70	26830,92	23239,23	7944,33	105136,87
23	3832,70	28028,79	24196,09	7877,55	113014,42
24	3856,53	29226,66	25370,13	7866,46	120880,88
25	4087,53	30424,53	26337,00	7777,39	128658,27
26	4246,36	31622,40	27376,04	7699,26	136357,53
27	4487,37	32820,27	28332,91	7588,92	143946,45
28	4511,19	34018,14	29506,95	7527,04	151473,49
29	4752,20	35216,01	30463,82	7401,07	158874,56
30	4776,02	36413,88	31637,86	7320,29	166194,85
31	5017,03	37611,75	32594,72	7182,56	173377,40
32	4866,53	38809,62	33943,09	7123,51	180500,91

33	5271,86	40007,49	34735,63	6942,70	187443,61
34	5131,37	41205,36	36074,00	6866,86	194310,47
35	5546,69	42403,23	36856,54	6681,73	200992,20
36	5396,20	43601,10	38204,91	6596,36	207588,56
37	5811,52	44798,97	38987,45	6410,93	213999,49
38	5661,03	45996,84	40335,81	6316,80	220316,29
39	6076,36	47194,71	41118,36	6132,72	226449,01
40	5925,86	48392,58	42466,72	6032,21	232481,23
41	6331,19	49590,45	43259,27	5852,18	238333,41
42	6190,69	50788,32	44597,63	5745,94	244079,35
43	6606,02	51986,19	45380,18	5568,35	249647,70
44	6455,52	53184,06	46728,54	5460,76	255108,46
45	6870,85	54381,93	47511,08	5287,82	260396,27
46	6720,36	55579,80	48859,45	5178,94	265575,21
47	7135,68	56777,67	49641,99	5011,32	270586,53
48	6985,19	57975,54	50990,36	4902,32	275488,85
49	7390,51	59173,41	51782,90	4741,45	280230,30
50	7424,34	60371,28	52946,94	4617,17	284847,47
51	7491,02	61569,15	54078,13	4491,25	289338,72
52	7689,17	62767,02	55077,85	4356,46	293695,18
53	7880,86	63964,89	56084,04	4224,80	297919,98
54	8079,00	65162,76	57083,76	4095,34	302015,33
55	8145,69	66360,63	58214,95	3977,62	305992,94
56	8343,83	67558,50	59214,67	3853,26	309846,21
57	8400,52	68756,37	60355,85	3740,50	313586,70
58	8608,66	69954,24	61345,58	3620,79	317207,50
59	8675,35	71152,11	62476,76	3511,96	320719,46
60	8741,08	72349,98	63608,90	3405,34	324124,80
61	8675,35	72349,98	63674,63	3246,53	327371,33
62	8741,08	72349,98	63608,90	3088,74	330460,07
63	8675,35	72349,98	63674,63	2944,70	333404,76
64	8741,08	72349,98	63608,90	2801,58	336206,34
65	8665,35	72349,98	63684,63	2671,35	338877,69
66	8741,08	72349,98	63608,90	2541,11	341418,80
67	8675,35	72349,98	63674,63	2422,61	343841,41
68	8741,08	72349,98	63608,90	2304,87	346146,28
69	8675,35	72349,98	63674,63	2197,38	348343,65
70	8741,08	72349,98	63608,90	2090,58	350434,23
71	8675,35	72349,98	63674,63	1993,09	352427,32
72	8741,08	72349,98	63608,90	1896,22	354323,54
73	8665,35	72349,98	63684,63	1808,07	356131,61
74	8741,08	72349,98	63608,90	1719,93	357851,54
75	8675,35	72349,98	63674,63	1639,72	359491,26
76	8741,08	72349,98	63608,90	1560,02	361051,28
77	8675,35	72349,98	63674,63	1487,27	362538,55
78	8741,08	72349,98	63608,90	1414,99	363953,54
79	8675,35	72349,98	63674,63	1349,00	365302,54
80	8741,08	72349,98	63608,90	1283,44	366585,97
81	8665,35	72349,98	63684,63	1223,77	367809,75
82	8741,08	72349,98	63608,90	1164,11	368973,86
83	8675,35	72349,98	63674,63	1109,83	370083,69
84	8741,08	72349,98	63608,90	1055,89	371139,57
85	8675,35	72349,98	63674,63	1006,64	372146,22
86	8741,08	72349,98	63608,90	957,72	373103,94
87	8675,35	72349,98	63674,63	913,06	374016,99
88	8741,08	72349,98	63608,90	868,68	374885,67
89	8665,35	72349,98	63684,63	828,30	375713,97
90	8741,08	72349,98	63608,90	787,92	376501,89
91	8675,35	72349,98	63674,63	751,17	377253,06
92	8741,08	72349,98	63608,90	714,66	377967,73

93	8675,35	72349,98	63674,63	681,34	378649,06
94	8741,08	72349,98	63608,90	648,22	379297,29
95	8675,35	72349,98	63674,63	617,99	379915,28
96	8741,08	72349,98	63608,90	587,96	380503,23
97	8665,35	72349,98	63684,63	560,63	381063,86
98	8741,08	72349,98	63608,90	533,29	381597,15
99	8675,35	72349,98	63674,63	508,42	382105,58
100	8741,08	72349,98	63608,90	483,71	382589,29
101	8675,35	72349,98	63674,63	461,16	383050,45
102	8741,08	72349,98	63608,90	438,74	383489,19
103	8675,35	72349,98	63674,63	418,28	383907,47
104	8741,08	72349,98	63608,90	397,95	384305,42
105	8675,35	72349,98	63674,63	379,39	384684,82
106	8741,08	72349,98	63608,90	360,95	385045,77
107	8675,35	72349,98	63674,63	344,12	385389,89
108	8741,08	72349,98	63608,90	327,40	385717,29
109	8665,35	72349,98	63684,63	312,18	386029,46
110	8741,08	72349,98	63608,90	296,96	386326,42
111	8675,35	72349,98	63674,63	283,11	386609,53
112	8741,08	72349,98	63608,90	269,35	386878,88
113	8675,35	72349,98	63674,63	256,79	387135,67
114	8741,08	72349,98	63608,90	244,31	387379,98
115	8542,93	72349,98	63807,05	233,40	387613,38
116	8476,25	71152,11	62675,86	218,34	387831,72
117	8268,10	69954,24	61686,14	204,66	388036,38
118	8211,42	68756,37	60544,96	191,31	388227,70
119	8013,27	67558,50	59545,23	179,19	388406,89
120	7946,59	66360,63	58414,05	167,42	388574,31
121	7623,44	65162,76	57539,32	157,06	388731,36
122	7556,75	63964,89	56408,14	146,64	388878,00
123	7358,61	62767,02	55408,41	137,18	389015,18
124	7291,92	61569,15	54277,23	127,98	389143,16
125	7083,78	60371,28	53287,51	119,66	389262,83
126	7027,09	59173,41	52146,32	111,52	389374,35
127	6828,95	57975,54	51146,60	104,18	389478,53
128	6762,26	56777,67	50015,41	97,02	389575,55
129	6564,11	55579,80	49015,69	90,56	389666,11
130	6497,43	54381,93	47884,51	84,25	389750,36
131	6299,28	53184,06	46884,78	78,57	389828,93
132	6232,60	51986,19	45753,60	73,02	389901,95
133	6034,45	50788,32	44753,87	68,02	389969,97
134	5967,77	49590,45	43622,69	63,15	390033,12
135	5759,62	48392,58	42632,96	58,77	390091,89
136	5702,93	47194,71	41491,78	54,48	390146,37
137	5504,79	45996,84	40492,06	50,63	390197,00
138	5438,10	44798,97	39360,87	46,88	390243,88
139	5239,96	43601,10	38361,15	43,51	390287,38
140	5173,27	42403,23	37229,96	40,22	390327,60
141	4975,12	41205,36	36230,24	37,27	390364,87
142	4908,44	40007,49	35099,05	34,39	390399,26
143	4710,29	38809,62	34099,33	31,82	390431,08
144	4643,61	37611,75	32968,15	29,30	390460,38
145	4435,46	36413,88	31978,42	27,07	390487,44
146	4378,78	35216,01	30837,24	24,86	390512,30
147	4180,63	34018,14	29837,51	22,91	390535,20
148	3988,94	32820,27	28831,33	21,08	390556,28
149	3790,80	31622,40	27831,60	19,38	390575,66
150	493,32	30424,53	29931,21	19,85	390595,51

TABLA 16: Flujo de caja de la plantación para 150 años de vida útil.

3.4.8. Análisis de la rentabilidad

Valor Actual Neto. V.A.N.

Es el valor actualizado neto. Este índice calcula el valor actual de un proyecto de inversión, indicando el incremento de riqueza que se experimenta si se realiza la inversión. Aquellos proyecto que presenten un V.A.N negativo han de ser descartados.

El V.A.N. se calcula restándole el importe de la inversión al flujo actualizado acumulado correspondiente al último año de vida del proyecto.

En este estudio económico el V.A.N. asciende a 384.254,46 €.

Plazo de recuperación

Indica cuanto tiempo transcurre desde que se desembolsa la inversión inicial requerida para arrancar el proyecto, hasta que esta es compensada a través de los ingresos generados por la misma. En este estudio se determina un plazo de recuperación de 8 años, de tal manera que a partir del octavo año, la inversión habrá quedado compensada.

Tasa interna de rentabilidad

Indica la rentabilidad de la inversión y su capacidad de endeudamiento. Es la tasa de descuento o actualización que hace que el V.A.N. sea igual a cero. Con los parámetros de la inversión expuestos, el T.I.R. de la inversión es del 32%.

Este valor es el máximo interés que puede ofrecer el proyecto. Se observa que hay un margen amplio puesto que el interés de actualización elegido para este estudio económico es del 5%.

Beneficio por cada euro invertido

A partir del nivel de inversión realizado, y conociendo el V.A.N., se puede determinar el dinero generado en este proyecto por cada euro invertido. En este caso por cada euro invertido, el propietario obtiene 60,59 €.

Análisis de la sensibilidad

Se determina la sensibilidad de la inversión a la posible variación de la tasa de actualización aplicada. En el siguiente gráfico se muestra la evolución del valor añadido neto a medida que se aplica al flujo de caja del proyecto una mayor tasa de actualización.

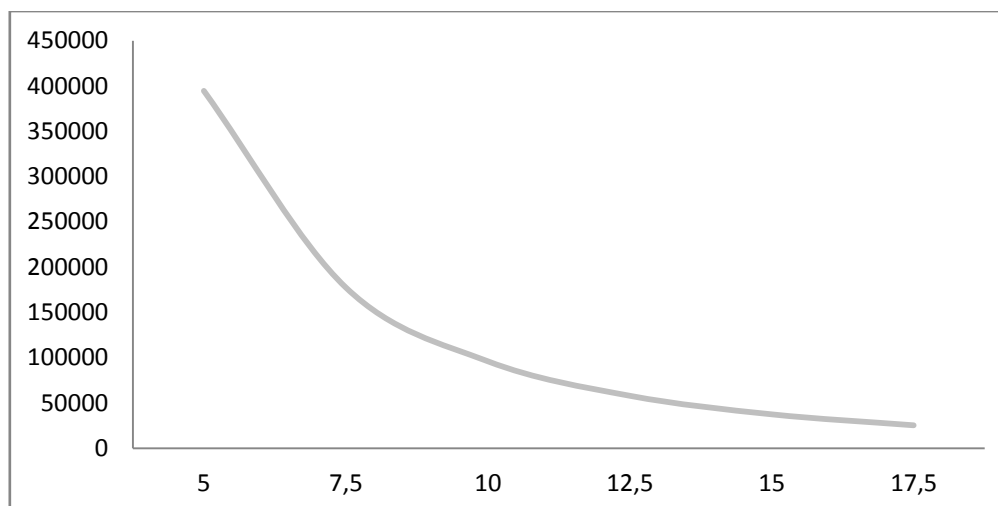


FIG. 15: Evolución del V.A.N. en base al crecimiento de la tasa de actualización

Asimismo, se determina la sensibilidad del proyecto a la variación de mercado de aceite de argán virgen extra. En la tabla se muestra la variación del T.I.R, el plazo de recuperación y el V.A.N. frente a una hipotética reducción del precio de venta del aceite.

Precio litro aceite	150	125	100	75
TIR	32	29	25	20
Plazo de recuperación	8	9	10	11
VAN	394.581	307.359	220.137	132.914

TABLA 17: Sensibilidad de los indicadores de rentabilidad a diferentes niveles de precios

4. Discusión

4.1. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Partiendo de todo lo expuesto hasta este punto, se dispone de información suficiente para determinar la idoneidad del uso de *Argania spinosa* en áreas agrícolas marginales abancaladas, bajo el contexto planteado en las primeras páginas, esto es, como alternativa de uso y aprovechamiento en los planes de restauración hidrológica de cuencas torrenciales en el entorno mediterráneo. A continuación, se analizarán los resultados obtenidos y su capacidad de responder a los objetivos planteados en este trabajo.

Conviene señalar, en primer lugar, que el argán es una especie poco estudiada como valor agroforestal. La documentación técnica es muy escasa, especialmente desde el punto de vista productivo. El actual estado de regresión del bosque de argán ha motivado que los estudios, mayoritariamente marroquíes, se centren en aspectos relacionados con la regeneración natural de la especie. Ciertas variables importantes para la implantación de explotaciones ordenadas no se han documentado, como por ejemplo, el ritmo crecimiento de los pies, el volumen de producción de fruto bajo diferentes

circunstancias, o el proceso de cultivo de planta en vivero. Existe, también, cierta opacidad en lo que respecta a la extracción del aceite. Este hecho se atribuye al valor añadido que supone mantener una imagen de rusticidad en el proceso de producción.

A lo largo de la elaboración de este estudio se ha puesto de manifiesto esta falta de información sobre el argán. Para implantar esta especie como cultivo productivo en la península Ibérica, es necesaria la elaboración de un manual de prácticas agronómicas básicas que contenga directrices asociadas a diferentes aspectos agrícolas como pueda ser la poda, o los cuidados culturales. Para ello, es imprescindible el desarrollo de parcelas piloto que permitan comparar diferentes estrategias de cultivo y determinar las recomendaciones más adecuadas.

4.2. APTITUD POTENCIAL DE ARGANIA SPINOSA

4.2.1. Edafología

Mediante el estudio comparativo de las condiciones fitoclimáticas entre el área de distribución natural del argán y la zona de estudio, se pone de manifiesto la aptitud que la especie presenta para ser cultivada en nuestro territorio.

A nivel de sustrato, las condiciones requeridas por el argán no son exigentes. En base a los datos bibliográficos, el argán presenta una acentuada rusticidad que le permite desarrollarse sobre multitud de suelos. Las características generales de los suelos del sureste marroquí, elevada pedregosidad, suelos arenosos, elevado contenido en carbonato cálcico, encostramientos, etc., son muy similares a las de la zona de estudio, puesto que en ambos casos se trata de suelos desarrollados bajo climas áridos.

Las limitaciones citadas en la bibliografía respecto al encharcamiento, o la imposibilidad de desarrollarse sobre suelos completamente arenosos, no son un obstáculo bajo condiciones de cultivo agronómico. Asimismo, las reseñas halladas sobre su uso previo en la Península Ibérica, mayoritariamente sobre suelos extremadamente limitantes (yesos), indican que su desarrollo en

condiciones de óptimo edafológico sería muy favorable desde el punto de vista agronómico.

4.2.2. Orografía

De la orografía se desprende uno de los factores que la bibliografía fija como clave para el desarrollo del argán en campo, la influencia de la humedad oceánica. Y es que el argán se distribuye, en su área productiva, a lo largo de extensas llanuras ubicadas frente a la fachada atlántica del país. Este factor se ha analizado comparando los valores del índice de continentalidad de Rivas-Martínez. A través de los valores obtenidos se han hallado diferencias muy poco significativas. Pese a ello, es evidente que las estaciones valencianas, ubicadas en el interior de sistemas montañosos costeros, ofrecen un menor grado de influencia marítima, encuadrándose en el tipo oceánico, mientras que las estaciones marroquíes se encuadran en el tipo hiperoceánico.

Según la bibliografía, el argán es capaz de fijar la humedad ambiental, asimilándola al sustrato, con el fin de compensar las carencias hídricas de las precipitaciones. Es de suponer, que bajo un ambiente menos restrictivo en lo que respecta a la pluviometría, la planta no requerirá de compensación higrométrica alguna.

4.2.3. Régimen térmico

El régimen de temperaturas de la región mediterránea se distribuye de manera muy similar al obtenido para el suroeste de Marruecos. Del cálculo de los índices fitoclimáticos de Rivas-Martínez se desprende que, si bien alguna estación marroquí queda encuadrada en el piso inframediterráneo, el valor del índice de termicidad es muy similar para todas ellas.

Las temperaturas medias mensuales muestran ligeras desviaciones entre una y otra zona, tanto para el invierno como para el verano. Se atribuye este hecho a la diferencia de latitud. Por el contrario, sí existen diferencias notables en cuanto a los valores de temperaturas extremas. Las temperaturas mínimas son sustancialmente inferiores en algunas estaciones mediterráneas, lo que se refleja en periodos de heladas probables más largos, de hasta tres meses.

En base a la documentación bibliográfica consultada, *Argania spinosa* es una especie muy sensible al frío, sin embargo, el análisis fitoclimático no refleja este condicionante. La estación climatológica de Argana, ubicada por encima de los 700 m.s.n.m. y epicentro del área de distribución natural del argán, presenta heladas seguras, al menos, durante un mes, y heladas posibles durante otros dos. Este hecho sugiere que el argán tolera cierta recurrencia de las heladas, al menos en su fase adulta. Pese a todo, se determina la necesidad de discriminar aquellas zonas del termomediterráneo valenciano que presenten un elevado número de noches con heladas, o que por factores microclimáticos, tiendan a producirlas. Asimismo, se establece la necesidad de alargar el periodo de producción de argán en vivero lo máximo posible para evitar disponer de ella en campo mientras sea vulnerable al frío.

4.2.4. Régimen termopluviométrico

En lo que respecta al régimen termopluviométrico se han puesto de manifiesto diferencias sustanciales. Los valores anuales de las estaciones valencianas triplican en volumen acumulado a las marroquíes. La media de las precipitaciones valencianas es de 600 mm anuales, mientras que en la zona marroquí es de 242 mm. Prueba de ello son los resultados obtenidos en el índice ombroclimático, que en el suroeste marroquí muestra condiciones propias del clima árido o semiárido, y la zona de estudio se encuadra en el clima seco superior o subhúmedo inferior.

Las precipitaciones a lo largo del año se distribuyen de manera similar en ambos casos, mostrando valores mínimos en torno al mes de Agosto, cuando la lluvia es prácticamente nula. Este periodo seco es considerablemente más largo en las estaciones marroquíes, durando unos 8 meses de media, mientras que en la zona de estudio no supera de los tres meses. Asimismo, se comprueba que además de ser más largo es más intenso, puesto que, considerando exclusivamente las precipitaciones durante los meses del estío, las poblaciones valencianas reciben en torno al 8% de las precipitaciones anuales, mientras que las poblaciones marroquíes apenas reciben el 1,5%.

Otro fenómeno observable en la distribución de las precipitaciones son los máximos del año hidrológico. En los datos de la zona mediterránea se observan dos repuntes de las precipitaciones a lo largo del año, uno marcadamente superior en otoño, y otro menos acusado durante la primavera. Por el contrario, en la zona del argán, el repunte primaveral es prácticamente inexistente, presentándose un único aumento de las precipitaciones en el otoño.

La influencia de esta distribución sobre el desarrollo de los arboles puede definir en gran medida su capacidad para mover y fructificar. Un periodo de sequía climatológica tan largo e intenso da lugar a un largo letargo fisiológico en el que la planta ve muy limitado su desarrollo por la carencia de agua. De las fichas hídricas calculadas para cada estación se desprende que, por término medio, la sequía fisiológica de los estaciones valencianas es de 5 meses, mientras que en las estaciones marroquíes se alarga más allá de los 8 meses.

Las primeras precipitaciones otoñales y su intensidad determinan la longitud de la sequía fisiológica de la planta. Este hecho se ve reflejado en los diagramas bioclimáticos. La intensidad bioclimática potencial de ambas zonas es muy similar, consecuencia de un régimen de temperaturas análogo. Sin embargo, el aprovechamiento real de estos valores se duplica en el caso de las estaciones valencianas, alrededor de 12 puntos frente a 6. Analizando los resultados que ofrecen los diagramas, se observa que la intensidad bioclimática seca, asociada al periodo de sequía climatológica, es muy superior en Marruecos. Además, la intensidad bioclimática condicionada, asociada a la sequía fisiológica de la planta, es hasta cuatro veces superior.

4.3. Productividad de *Argania spinosa*

Como en otros aspectos relacionados con el cultivo del argán, la bibliografía respecto al volumen de fruto producido es muy reducida. La mayoría de los trabajos coinciden en señalar una productividad media de 16,5 kg de fruto verde por árbol para una densidad de 30 pies por hectárea. Sin embargo, estos datos no se presentan asociados a ningún tipo de metodología de cultivo. Sin

especificarlo, se sugiere que esta es la productividad de la especie en condiciones naturales.

A partir de estos datos bibliográficos se determina la productividad potencial del argán en la zona de estudio a partir del Índice de Potencialidad Agrícola de Turc, que arroja valores para el mediterráneo que cuadruplican los hallados para las estaciones marroquíes. Analizando los valores de este índice por estaciones, se observa que los factores térmico y solar, dependientes del régimen de temperaturas, son muy elevados en Marruecos, mientras que el factor de sequedad, dependiente del régimen de precipitaciones, es nulo durante un periodo muy largo del año.

Esta limitación a la productividad debida a las disponibilidades hídricas, se presentaba de la misma manera al analizar los valores de intensidad bioclimática hallados en la construcción de los diagrama bioclimáticos. En consecuencia, se asume que la potencialidad productiva del argán es muy elevada bajo las condiciones de ambas regiones, sin embargo, solo puede tener lugar si se dota a la planta de los recursos hídricos suficientes. En este sentido, el valor de la potencialidad agrícola de Turc, que es cuatro veces superior en nuestro territorio, es consecuencia del régimen hídrico del termomediterráneo valenciano, que en términos de precipitación anual, se triplica respecto al del área de origen del argán.

Pese a todo, conviene resaltar ciertas simplificaciones asumidas en este análisis. Por un lado la densidad de cultivo, que en origen es de 30 pies por hectárea, y en este estudio se eleva más allá de los 600 pies, tratando de multiplicar el rendimiento agrícola. Por otro, las prácticas culturales asociadas a la producción del árbol, como puedan ser la fertilización química o las podas productivas, de las que no se tiene constancia ninguna en la bibliografía.

Otro aspecto a estudiar es la modelización de la caída de la producción. Además de a la edad, esta se puede deber a múltiples factores desconocidos para la especie, como el estado fitosanitario de los pies. Para ello se requiere del desarrollo de experiencias piloto que fijen con certeza la edad a la que la planta entra en caída productiva, las afecciones fitosanitarias que merman su

producción, y el análisis económico asociado que determine en que momento de la plantación resulta más rentable cortar los pies existentes y replantar de nuevo la parcela.

4.4. Estudio económico-dinámico

El aceite de argán y, en consecuencia, *Argania spinosa*, es un producto en alza. La demanda, tanto de aceite para alimentación como de productos cosméticos que lo incorporan en su formulación, aumenta año a año en muchos países occidentales. Asimismo, el mercado de productos naturales o “bio”, en el que se comercializan este tipo de artículos, ofrece perspectivas de crecimiento y otorga un elevado valor añadido. Por otro lado, la industria farmacéutica comienza a definir aplicaciones de sus principios activos en diferentes campos de la medicina, lo que se traduce en la utilización del aceite en múltiples fármacos. Es de esperar, por tanto, que la demanda de aceite de argán siga creciendo en el futuro.

Nuevamente, conviene señalar en este apartado la falta de información respecto a los cuidados agronómicos que una plantación de *Argania spinosa* requiere. Los presupuestos calculados para la implantación y explotación han sido determinados en base a las actividades propias de los cultivos de secano tradicionales de la zona de estudio.

En el presupuesto calculado para una plantación tipo del estudio económico, se han establecido una serie de hipótesis que han determinado un presupuesto de inversión inicial bajo, que apenas supera los 6.000 €, mientras que los gastos de mantenimiento y explotación son considerablemente altos debido, principalmente, a la larga vida productiva considerada para el argán. Este balance de gastos puede variar en función de múltiples consideraciones, ya sea por la necesidad de contratar financiación ajena, o por la inclusión de otros procesos que eleven el coste a lo largo de la plantación.

Los datos obtenidos en el análisis de la rentabilidad de la plantación tipo muestran resultados muy positivos. El plazo de recuperación de la inversión inicial es aceptablemente bajo, de ocho años. Esto se debe, exclusivamente, al tiempo que tarda la plantación en entrar en producción, puesto que el elevado

nivel de precios hace que tras dos años de ingresos ordinarios la inversión ya haya sido amortizada. En otros cultivos de secano, como el olivo, donde la plantación comienza a ofrecer rentabilidad a partir del tercer año, el plazo de recuperación suele ser más corto.

El V.A.N. es muy elevado, casi de 400.000 euros. Y la tasa interna de rentabilidad también, por encima del 30%. Este hecho es un claro reflejo de la baja inversión inicial que requiere la puesta en cultivo del argán en las condiciones establecidas.

Al forzar estos resultados bajo situaciones desfavorables, como pudiera ser un aumento de la tasa de actualización establecida, o una disminución de los precios de venta, el balance económico de la plantación se muestra robusto. Haría falta una tasa de actualización superior al 17,5% para convertir la plantación en una inversión que deje de ser rentable. Además, una disminución de precios del 50%, a 75 € el litro de aceite de argán virgen extra, aumentaría el plazo de recuperación en tres años y disminuiría la rentabilidad de la inversión un 60%, pero pese a todo, continuaría siendo rentable.

Conviene señalar que en este estudio se ha optado por seleccionar los datos más conservadores en lo que respecta a determinados análisis. Especialmente en los aspectos asociados a la producción, que condicionan el flujo de beneficios de la explotación, esto es, el índice de productividad, la duración de la vida útil o los rendimientos de extracción de aceite del fruto.

5. Conclusiones

No existen impedimentos de consideración para la implantación del cultivo de *Argania spinosa* en el piso termomediterráneo de nuestro territorio. Al contrario, la especie presenta, en base al estudio comparativo de las variables fitoclimáticas y edafológicas, una elevada aptitud para ser implantada, y su cultivo se considera viable.

Se determina que la productividad de la especie, bajo las condiciones fitoclimáticas de la cuenca mediterránea, será muy elevada respecto al nivel productivo ofrecido en la cuenca del Atlas marroquí.

El cultivo de *Argania spinosa* ofrece altas rentabilidades para la agricultura de áreas marginales bajo condiciones de secano en las provincias de Valencia y Alicante.

En consecuencia, se considera el cultivo de *Argania spinosa* como una alternativa viable y sólida en el contexto de los usos y aprovechamientos asignados por los planes de restauración hidrológica de las cuencas mediterráneas en el piso termomediterráneo valenciano. Su implantación permite poner en producción los bancales abandonados, favoreciendo el

correcto mantenimiento y conservación de los mismos, y cumpliendo con el objetivo de frenar la erosión del suelo y la desertificación del territorio.

De su implantación se derivan otros múltiples beneficios de consideración. Contribuiría a la creación de áreas de discontinuidad en los modelos de combustible, fundamentales para la prevención y extinción de incendios forestales, principal causa de destrucción del bosque mediterráneo y factor fundamental en los procesos de desertificación. Además, se favorecería la conservación de los abancalamientos, un patrimonio arqueológico, cultural y paisajístico que se está perdiendo. Por otra parte, el correcto mantenimiento de los mismos, favorece la regulación de la esorrentía a nivel de cuenca frente a fenómenos tormentosos, reduciendo el volumen de las avenidas.

Igualmente, conviene señalar que la implantación de *Argania spinosa* como alternativa de cultivo requiere del desarrollo de estudios específicos y plantaciones piloto, que establezcan las principales aptitudes agrícolas de la especie, y deriven en la elaboración de un conjunto recomendaciones sobre las técnicas más adecuadas para su cultivo y aprovechamiento.

A partir de este estudio se desprenden numerosas vías de investigación aplicada en el cultivo de la especie *Argania spinosa*. Se abre, asimismo, la posibilidad de uso del argán, más allá de la perspectiva de la rentabilidad agrícola, en la recuperación de terrenos altamente degradados, como herramienta para la fijación de suelos en condiciones de extrema aridez.

Bibliografía

ALMOROX, J. (2001): Balance hídrico. Método directo. En Miliarium.com. Ingeniería civil y medio ambiente.

ALMOROX, J. (2001): Índice de potencialidad agrícola de Turc. En Miliarium.com. Ingeniería civil y medio ambiente.

ASINS, S. (2006): Los aterrazamientos mediterráneos. Paradigma ambiental agro-cultural. Cuadernos de sostenibilidad y Patrimonio Natural, 11: 81-91.

ASINS, S (2009): El paisaje agrario aterrazado. Dialogo entre el hombre y el medio en Petrer (Alicante). Publicaciones de la Universidad de Valencia: 359 pp., Valencia.

BENABID A. (1985): Les ecosystemes forestieres, pre-forestieres et presteppiques du Maroc: diversité, repartition biogeographique et problemas posés par leurs aménagement. Forêt médit 7(1): 53-64.

BENCHEKROUN, F. (1989): L'arganaire dans l'économie rurale du sud-ouest marocain. Forêt médit 11(2):127-136.

BERROUGUI, H., CLOUTIER, M., ISABELLE, M., KHALIL, A. (2006): Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits low density lipoproteins. Atherosclerosis, 184: 389-396.

CARBONERO, M.A. (1984b): L'origen i morfología de les terrasses de cultiu a Mallorca. Bolletí de la Societat Arqueològica Lulliana, 40: 91-100.

CENTRO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. Propuestas metodológicas para el estudio de la distribución y dinámica fitoclimática de los dominios forestales españoles en la España Peninsular. <http://www.diagramasbioclimaticos.com>. Abril 2015.

CHARCO, J., BLANCO, E. (1999): El bosque Mediterráneo en el Norte de Africa: Biodiversidad y lucha contra la desertificación. Ediciones Mundo Árabe e Islam. Medio Ambiente. 19-51; 265-281.

CHARROUF, Z., GUILLAUME, D. (1999): Ethnoeconomical, ethnomedical and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology* 67, 7-14.

CHERKI, M., BERROUGUI, H., DRISSI, A., ADLOUNI, A., KHALIL, A. (2006): Argan oil: Which benefits on cardiovascular diseases. *Pharmacol Res* 54:15.

CUBERO, S., PENCO, J.M., (2010): Aproximación a los costes de cultivo del olivo. Cuaderno de Conclusiones. Asociación española de municipios del olivo (A.E.M.O.) Córdoba, 2010.

EL-ABOUDI, A., PELTIER, J.P., CARLIER, G., DOCHE, B. (1992): La carte de la végétation des Aït Baha (Anti-Atlas occidental, Maroc) et son intérêt pour l'édaphologie. *Feddes Repertorium*, 1992, 121-126.

ESPAÑA. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2005): Evaluación preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático. Capítulo 8: Impacto sobre los recursos edáficos. Madrid.

ESPAÑA. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008): Plan de Acción nacional Contra la Desertificación P.A.N.D. Segunda Parte: Diagnostico de la Desertificación en España. Madrid.

GARCIA LATORRE, J., SANCHEZ-PICON, A. (2001). Dealing with aridity: socio-economic structures and enviromental changes in an arid Mediterranean región. *Land Use Policy* 18: pp. 53-64.

GISBERT, J.M., IBAÑEZ, S., MORENO, H. (2012): Medidas de conservación extraordinarias de suelos. Universidad Politécnica de Valencia. E.T.S.I.A.M.N. Artículo docente. 2012.

GOBIERNO DE NAVARRA, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL, (2011): Tarifas Forestales de Navarra. Versión 1.04.

HILALI, M., CHARROUF, Z., EL AZIZ, A., HACHIMI, L., GUILLAUME, D. (2005): Influence of origin and extraction method on Argan oil physico-chemical characteristics and composition. *Journal Agric Food Chem* 53:2081-2087.

JIMENEZ OLIVENZA, Y. (1989): Cambios medioambientales que suceden al abandon de los campos de cultivo en terrazas. Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada, 43: 151-179.

KHALLOUKI, F., BARTSCH, H., OWEN, R.; (2005): Secondary metabolites of the argan tree (Morocco) may have disease prevention properties. African JBiotechnol 4:381-388.

KOSMAS, C., YASSOGLU, N., KOUNALAKI, A., KAIRIS, O. (2007): Estructuras tradicionales y actuales para la conservación y el cultivo de los suelos. Land and Care In Deserification Affected Areas, LUCINDA. Serie Folletos: C, Nº 2.

LASANTA, T., ARNAEZ, J., RUIZ, P., LANA-RENAULT, N. (2013): Los bancales en las montañas españolas: Un paisaje abandonado y un recurso potencial. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles Nº 63 – 2013, págs. 301-322.

LOPEZ-SAEZ, J.A., ALBA, F. (2009): Ecología, etnobotánica y etnofarmacología del argán (*Argania spinosa*). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 8: 323-341.

MARCO, J., MORALES, A. (1995): Terrazas de cultivo abandonadas en el sureste peninsular: Aspectos evolutivos. Investigaciones geográficas. 1995 nº13, pp. 81-90.

M'HIRIT, O. (1998): L'arganier: Une espece frutiere-forestiere a usages multiples. Ecole Nationale Forestière d'Ingenieurs. Sale, Maroc. 1999.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. (2012): Estudio de la cadena de valor y formación de precios del aceite de oliva. Observatorio de precios de los alimentos. Julio, 2012.

MONTOYA, J.M. (1984): EL argán (*Argania spinosa* L. Skeel). Potencial silvopastoral y de repoblación en España. Analies I.N.I.A. Series Forestal nº 8. Madrid

MONTOYA, J.M. (1993): Material vegetal para la restauración de zonas semidesérticas. Regeneración de la cubierta vegetal: actas de la V Aula de Ecología. Las Ramblas mediterráneas. 1993, pp: 87-93.

MOUKAL, A. (2004): L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, usage thérapeutique, cosmétique et alimentaire. *Phytothérapie* 2: 135-141.

MSANDA, F., EL ABOUDI, A., PELTIER, J.P. (2005). Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Cahiers Agricole*, 14(4): 357-364.

NOUAIM, R. (1991): La biologie de l'arganier: pp. 11-15. In: Colloque International l'arganier. Recherches et perspectives. Université d'Agadir, Agadir, Marruecos.

NOUAIM, R., MANGIN, G., BREUIL, M.C., CHAUSSOD, R., (2002): The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: propagation by seed, cutting and in-vitro techniques. *Agroforestry System*, 54: 71-81.

PALLARES, J., GIRONA, J.V. (1996): Erosión en bancales: La trayectoria de la escorrentía y su relación con el deterioro del ribazo. (Norte de la Comunidad Valenciana). IV Reunión de Geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología.

PEREZ CUEVA, A.J. (1994): Atlas Climatic de la Comunitat Valenciana (1992-1990). Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Publiques, Urbanisme y Transports. Serie: Divulgació Técnica. Col·lecció: Territori. Nº 4.

RAHMANI, M. (2005): Composition chimique de l'huile d'argane vierge. *Cahiers Agric.*, 14 (5): 461-465.

RIVAS-MARTINEZ, S. (2007): Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España: Memoria del mapa de vegetación potencial de España: parte I. Universidad de León.

RIVAS-SAENZ, S.: Worldwide Bioclimatic Classification System (1996-2005). Phytosociological Research Center, Spain. <http://www.globalbioclimatics.org>.

RODRIGUEZ-AIZPEOLEA, J., LASANTA, T. (1992): Los bancales en la agricultura de Montaña mediterránea: Una revisión bibliográfica. Pirineos,139: 105-123.

SCHWARZ, T. AmbiWeb GmbH. Hans-THoma-Str, 4. 76593 Gernsbach. Fecha de Consulta: Abril de 2015. Climate-data.org

TRAGSA, Tarifas, 2011

VERA, M., MARFIL, A.M., GUZMAN, V. (2010): Aproximación a los costes de cultivo en el olivar jienense. Diputación Provincial de Jaén.

Índice de Tablas

TABLA 1: Temperaturas medias mensuales, en °C.

TABLA 2: Temperaturas medias mensuales de las mínimas, en °C.

TABLA 3: Periodos de heladas seguras y probables.

TABLA 4: Volumen de las precipitaciones en invierno y verano, y porcentaje respecto al total anual.

TABLA 5: Duración de la sequía fisiológica en meses, junto con el índice de humedad global.

TABLA 6: Intensidades bioclimáticas anuales. IBP: Intensidad bioclimática potencial; IBR: Intensidad bioclimática real; IBL: Intensidad bioclimática libre; IBC: Intensidad bioclimática condicionada; IBS: Intensidad bioclimática seca; IBF: Intensidad bioclimática fría.

TABLA 7: Caracterización de las estaciones meteorológicas según la Clasificación Bioclimática de Tierra de Rivas-Martínez

TABLA 8: Valores mensuales del Índice de potencialidad agrícola de Turc para las 10 estaciones.

TABLA 9: Valores mensuales del Índice de Turc por estaciones.

TABLA 10: Producción en kilogramos de la plantación tipo de argán.

TABLA 11: Diagrama de actuaciones durante los primeros 4 años de plantación.

TABLA 12: Pagos ordinarios en el año cero de plantación.

TABLA 13: Pagos ordinarios de la inversión inicial no desembolsados en el año cero de plantación.

TABLA 14: Pagos ordinarios derivados de los gastos anuales de mantenimiento y explotación.

TABLA 15: Precios de venta de aceite de argán virgen extra.

TABLA 16: Flujo de caja de la plantación para 150 años de vida útil.

TABLA 17: Sensibilidad de los indicadores de rentabilidad a diferentes niveles de precios.

Índice de Figuras

FIGURA 1: *Argania spinosa*, Safi, pr. Yurf al-Yhudi, Marruecos: a) rama; b) hoja; c) capullo floral; d) flor; e) flor abierta; f), g) antera; h) fruto; i) corte transversal del fruto.

FIGURA 2: Plano, se representa el área natural de distribución de *Argania spinosa*.

FIGURA 3: Fenología del argán. Elaboración propia.

FIGURA 4: Multifuncionalidad del bosque de argán. Elaboración propia.

FIGURA 5: Ubicación de las estaciones climatológicas de Marruecos.

FIGURA 6: Ubicación de las estaciones climatológicas del termomediterráneo levantino.

FIGURA 7: Evolución anual de las temperaturas medias mensuales, en °C.

FIGURA 8: Evolución anual de las temperaturas medias mínimas mensuales, en °C.

FIGURA 9: Precipitaciones anuales acumuladas, en mm. anuales.

FIGURA 10: Precipitaciones anuales acumuladas, en mm anuales.

FIGURA 11: Curva de producción, en kg, de oliva por hectárea del olivar tradicional no mecanizable, a lo largo de los años de plantación.

FIGURA 12: Gráfica de productividad del cultivo del argán, en kilogramos de fruto por hectárea, bajo las condiciones establecidas, a lo largo de los años de vida útil de la plantación.

FIGURA 13: Gráfico de productividad del argán, en kg. de fruto y litros, de aceite a lo largo de su vida útil. El eje vertical derecho presenta otra escala, asociada exclusivamente a la producción en litros.

FIGURA 14: Esquema de distribución de los plantones de argán sobre la terraza de cultivo.

FIGURA 15: Evolución del V.A.N. en base al crecimiento de la tasa de actualización

ANEXO I:

**DATOS CLIMATOLOGICOS Y
CALCULOS FITOCLIMATICOS**

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA PEGO

Pego 8057A

Latitud: 38° 50' Longitud: 00° 07'

Años útiles: 1961 - 2003 (43) Altitud: 82 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	11,70	15,10	22,80	7,40	2,60	70,80	23,20
Febrero	12,40	15,90	24,70	7,60	2,50	72,10	25,60
Marzo	14,10	17,70	27,50	8,30	4,30	77,60	40,50
Abril	15,90	19,90	28,90	10,10	6,20	73,00	54,80
Mayo	19,00	22,90	31,40	13,10	9,00	61,30	86,60
Junio	23,10	26,80	35,40	16,80	13,40	31,40	127,50
Julio	26,30	30,20	28,30	20,00	17,30	9,80	167,00
Agosto	26,80	30,00	29,40	20,50	18,10	28,20	158,80
Septiembre	23,60	27,30	24,90	18,20	14,40	87,60	112,30
Octubre	19,20	22,50	30,50	14,40	10,10	120,50	69,90
Noviembre	15,20	18,20	25,80	10,60	5,60	113,10	37,70
Diciembre	12,50	15,30	22,90	7,90	2,90	90,10	25,60
Anual	18,32					835,50	929,92

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA BENIFAIRO

Benifairo de Valldigna 8076 Valencia

Latitud: 39° 02' Longitud: 00° 17'

Años útiles: 1961 - 2003 (38) Altitud: 35 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	10,50	15,60	22,00	4,50	-1,00	67,90	21,50
Febrero	11,40	16,70	24,20	4,80	-0,30	52,30	24,80
Marzo	13,30	18,80	27,30	6,00	1,40	58,40	39,90
Abril	15,00	20,70	29,10	7,60	3,20	60,10	53,30
Mayo	18,40	24,10	31,60	11,40	7,40	58,70	85,60
Junio	22,10	27,30	34,80	15,30	11,20	30,30	119,90
Julio	24,80	30,20	37,30	18,50	14,60	10,70	149,90
Agosto	25,30	30,00	37,30	18,90	15,40	23,10	145,10
Septiembre	22,60	27,50	34,10	16,50	11,80	89,30	105,00
Octubre	18,30	22,90	29,70	12,40	7,30	107,50	66,40
Noviembre	13,90	18,40	25,70	7,90	2,30	99,80	35,30
Diciembre	11,20	15,50	22,70	5,10	-0,10	97,80	23,50
Anual	17,23					755,90	870,20

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA BENISSA

Benisa "Convento" 8043

Latitud: 38° 43' Longitud: 00° 02'

Años útiles: 1961 - 2003 (42)

Altitud: 210 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	10,20	13,50	19,40	7,20	1,80	51,20	21,80
Febrero	10,90	14,30	21,10	7,40	1,90	55,50	24,30
Marzo	12,50	15,90	23,00	8,60	3,40	49,40	37,80
Abril	14,10	17,50	24,20	10,10	5,50	52,90	50,00
Mayo	17,20	20,70	26,30	13,20	8,70	54,30	78,40
Junio	21,10	24,50	30,10	16,90	12,70	20,80	111,70
Julio	24,10	27,40	32,60	20,10	16,50	8,60	143,40
Agosto	24,60	27,50	33,00	20,10	17,00	18,90	138,70
Septiembre	21,90	24,40	30,30	17,10	13,50	57,40	100,60
Octubre	18,00	21,40	26,70	14,30	9,70	92,60	66,50
Noviembre	13,90	17,10	23,10	10,30	5,50	71,30	37,10
Diciembre	11,40	14,20	20,20	7,80	2,50	68,00	25,70
Anual	16,66				4,20	600,90	836,00

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA GATA DE GORGOS

Gata de Gorgos

Latitud: 38° 46' Longitud: 00° 05'

Años útiles: 1975 - 2003 (27)

Altitud: 50 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	10,70	13,50	21,60	7,20	1,10	67,80	22,30
Febrero	11,60	14,30	23,40	7,40	0,70	64,50	25,20
Marzo	13,10	15,90	26,10	8,60	2,60	52,60	39,00
Abril	14,70	17,50	26,60	10,10	4,60	68,60	51,50
Mayo	17,70	20,70	28,80	13,20	7,60	59,10	79,80
Junio	21,70	24,50	32,40	16,90	11,90	22,50	115,60
Julio	24,60	27,40	34,40	20,10	14,90	4,90	147,00
Agosto	25,40	27,50	35,30	20,10	16,20	24,60	146,50
Septiembre	22,60	24,40	32,40	17,10	13,00	83,30	104,90
Octubre	18,60	21,40	28,40	14,30	8,50	88,10	68,90
Noviembre	14,40	17,10	24,50	10,30	3,90	93,40	37,90
Diciembre	12,10	14,20	22,60	7,80	1,80	71,90	26,70
Anual	17,27					701,30	865,30

ESTACION TERMOPLUVIOMÉTRICA PEDREGUER

Pedreguer

Latitud: 38° 48' Longitud: 00° 01'

Años útiles: 1973 - 2003 (30)

Altitud: 80 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	10,80	15,10	22,90	7,40	-0,30	71,80	21,30
Febrero	11,90	15,90	25,10	7,60	-0,40	73,80	25,30
Marzo	13,70	17,70	27,80	8,30	2,00	57,70	40,90
Abril	15,20	19,90	28,50	10,10	4,10	88,10	52,90
Mayo	18,30	22,90	30,40	13,10	7,40	65,30	83,00
Junio	22,40	26,80	34,10	16,80	11,60	24,50	121,30
Julio	25,50	30,20	37,10	20,00	15,10	7,10	156,70
Agosto	26,10	30,00	36,90	20,50	16,30	30,50	153,30
Septiembre	23,10	27,30	33,90	18,20	12,60	91,10	108,30
Octubre	18,80	22,50	30,00	14,40	8,10	110,50	68,70
Noviembre	14,50	18,10	25,80	10,60	3,30	105,40	36,80
Diciembre	11,80	15,30	23,10	7,90	0,30	74,60	24,60
Anual	17,68					800,40	893,10

ESTACION TERMOPLUVIOMÉTRICA TAROUNDANT

Taroundant Souss Massa

Latitud: 30° 28'N Longitud: 08° 52'W

Años útiles: 1982 - 2012 (20)

Altitud: 239 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	13,60	18,70	22,00	6,80	-1,00	37,00	27,91
Febrero	15,40	21,10	24,20	8,70	-0,30	33,00	35,23
Marzo	17,80	24,10	27,30	11,60	1,40	29,00	57,88
Abril	19,50	25,70	29,10	13,40	3,20	18,00	73,76
Mayo	20,50	26,30	31,60	14,70	7,40	4,00	90,30
Junio	23,00	28,90	34,80	17,20	11,20	1,00	116,00
Julio	25,90	32,10	37,30	19,80	14,60	1,00	153,95
Agosto	26,50	32,40	37,30	20,60	15,40	0,50	154,38
Septiembre	24,20	30,00	34,10	18,50	11,80	7,00	114,34
Octubre	21,40	27,30	29,70	15,50	7,30	19,00	83,48
Noviembre	19,00	24,90	25,70	13,10	2,30	33,00	57,78
Diciembre	14,70	19,80	22,70	8,50	-0,10	45,00	32,55
Anual	20,13					227,50	997,56

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA ESSAOUIRA

Essaouira Marrakesh-Titfnit

Latitud: 31° 30'N Longitud: 09° 45'W

Años útiles: 1982 - 2012 (20)

Altitud: 18 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	13,70	17,30	18,60	10,20	4,20	44,00	37,59
Febrero	14,20	17,70	21,70	10,70	4,90	40,00	38,57
Marzo	15,60	18,9	25,00	12,40	6,50	35,00	54,54
Abril	16,60	19,50	24,60	13,70	8,20	28,00	63,63
Mayo	17,70	20,30	26,90	15,10	12,20	9,00	78,29
Junio	18,90	21,00	28,90	16,90	14,30	2,00	87,73
Julio	20,20	22,00	30,80	17,50	16,90	1,00	96,42
Agosto	21,40	22,00	31,20	17,50	18,60	1,00	91,78
Septiembre	20,90	22,50	29,70	17,40	14,30	5,00	84,25
Octubre	19,20	22,20	27,90	16,20	11,50	26,00	75,44
Noviembre	17,00	20,60	25,80	13,50	8,30	42,00	54,59
Diciembre	14,90	18,50	21,30	11,30	4,80	53,00	42,78
Anual	17,53					286,00	805,61

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA ARGANA

Argana 63250

Latitud: 30° 47'N Longitud: 09° 38'

Años útiles: 1933 - 1963 (31)

Altitud: 750 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	9,30	15,7	25,40	3,00	-1,40	44,00	22,30
Febrero	10,70	16,9	28,50	4,60	0,40	41,00	26,94
Marzo	13,00	18,9	31,20	7,20	1,60	35,00	44,07
Abril	14,90	20,7	34,70	9,10	2,40	28,00	57,27
Mayo	16,60	22,2	41,10	11,00	3,90	16,00	74,78
Junio	19,20	24,9	43,00	13,50	8,30	7,00	94,29
Julio	21,70	27,9	45,60	15,60	14,40	1,00	117,34
Agosto	22,20	28,10	16,30	16,30	15,00	1,00	116,00
Septiembre	20,30	26,00	42,40	14,60	11,60	10,00	90,77
Octubre	17,20	22,80	33,90	11,60	7,80	26,00	66,46
Noviembre	13,90	19,50	29,90	8,40	3,60	50,00	42,38
Diciembre	10,50	16,30	28,10	4,70	1,60	34,00	26,71
Anual	15,79					293,00	779,31

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA AGADIR

Agadir Souss Massa

Latitud: 30° 25'N Longitud: 09° 35'W

Años útiles: 1982 - 2012 (20) Altitud: 54m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	14,10	19,10	18,60	7,50	4,20	44,00	35,27
Febrero	14,90	20,80	20,50	8,70	4,50	34,00	37,73
Marzo	16,70	22,3	25,30	11,10	6,80	28,00	56,28
Abril	18,20	23,30	26,70	13,10	9,10	17,00	69,40
Mayo	19,20	23,70	31,90	14,70	11,20	4,00	84,47
Junio	20,80	25,00	33,10	16,70	14,60	1,00	98,48
Julio	22,10	26,40	35,40	17,90	17,50	0,50	113,31
Agosto	22,70	27,00	36,50	18,40	19,00	0,50	113,85
Septiembre	21,80	26,40	31,40	17,30	14,70	4,00	95,16
Octubre	20,60	25,80	28,50	15,40	12,80	20,00	81,53
Noviembre	17,90	23,30	25,80	12,60	8,60	41,00	55,75
Diciembre	14,70	20,60	23,20	8,80	5,40	52,00	37,60
Anual	18,64					246,00	878,83

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA TIZNIT

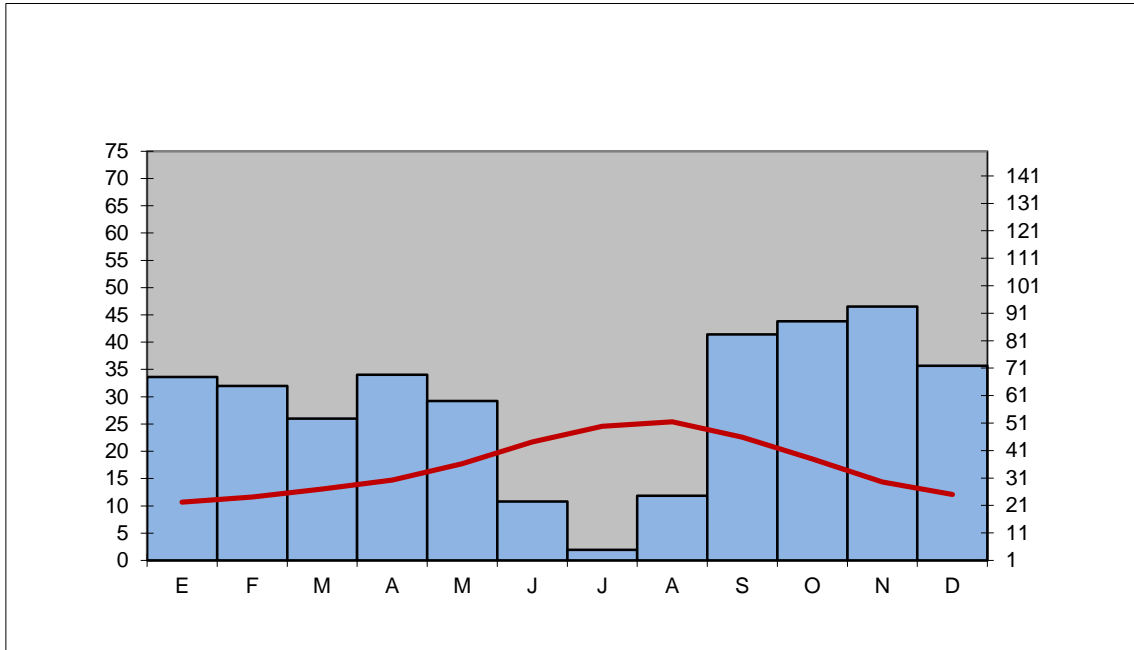
Tiznit Souss Massa

Latitud: 29° 41'N Longitud: 09° 43'W

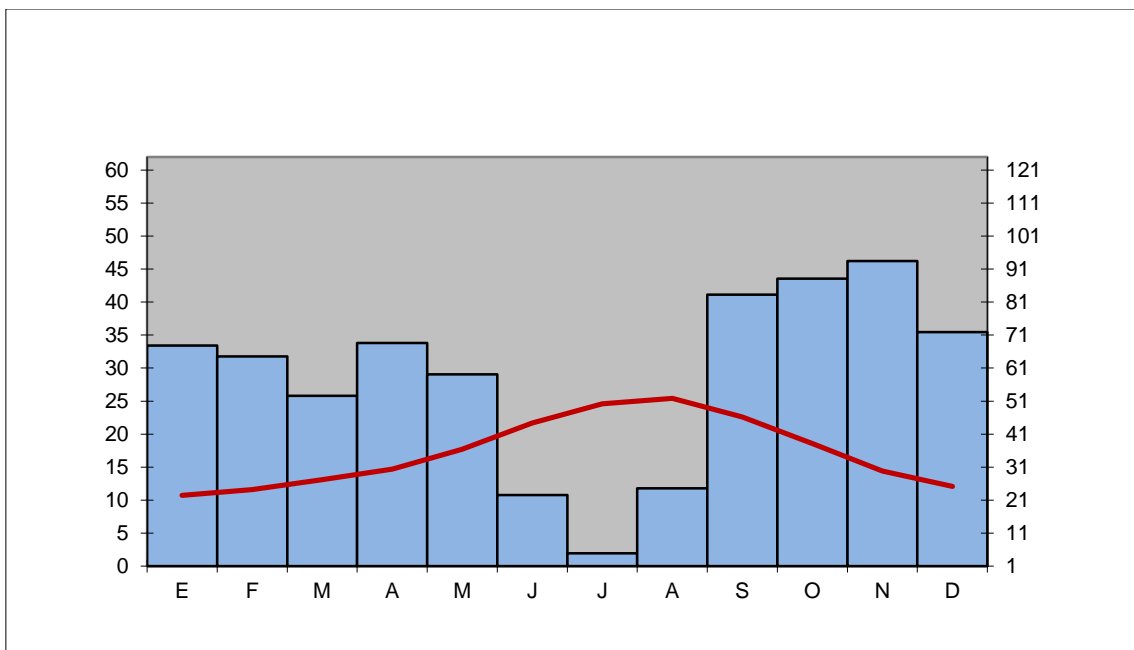
Años útiles: 1982 - 2012 (20) Altitud: 241 m.

	Ti	Mi	M'i	mi	m'i	Pi	ETPi
Enero	14,30	19,50	22,00	7,80	-1,00	29,00	34,49
Febrero	14,60	20,20	24,20	9,10	-0,30	19,00	34,50
Marzo	16,20	21,4	27,30	11,10	1,40	18,00	50,82
Abril	18,00	22,90	29,10	13,20	3,20	15,00	65,54
Mayo	19,60	24,00	31,60	15,30	7,40	4,00	85,57
Junio	20,90	25,00	34,80	16,80	11,20	2,00	96,98
Julio	24,80	29,10	37,30	20,60	14,60	1,00	140,57
Agosto	25,30	29,50	37,30	21,20	15,40	1,00	139,87
Septiembre	23,10	27,40	34,10	18,90	11,80	5,00	105,23
Octubre	21,60	26,50	29,70	16,80	7,30	12,00	88,01
Noviembre	16,70	21,70	25,70	11,70	2,30	26,00	46,95
Diciembre	14,90	20,10	22,70	9,70	-0,10	29,00	36,90
Anual	19,17					161,00	925,43

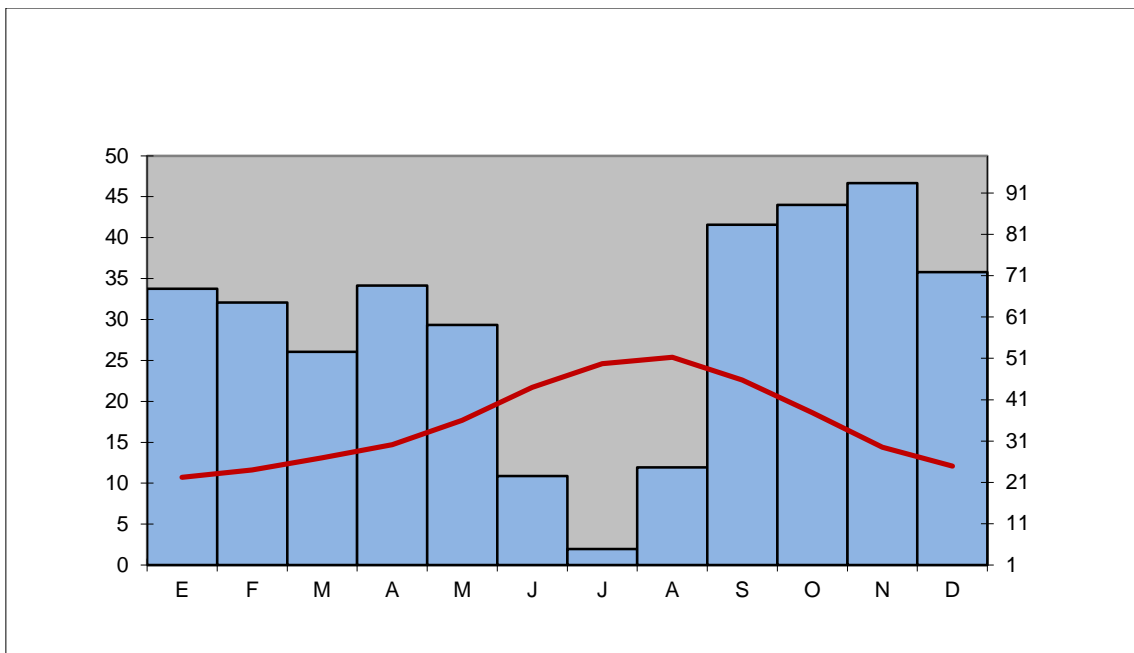
CLIMODIAGRAMA PEGO



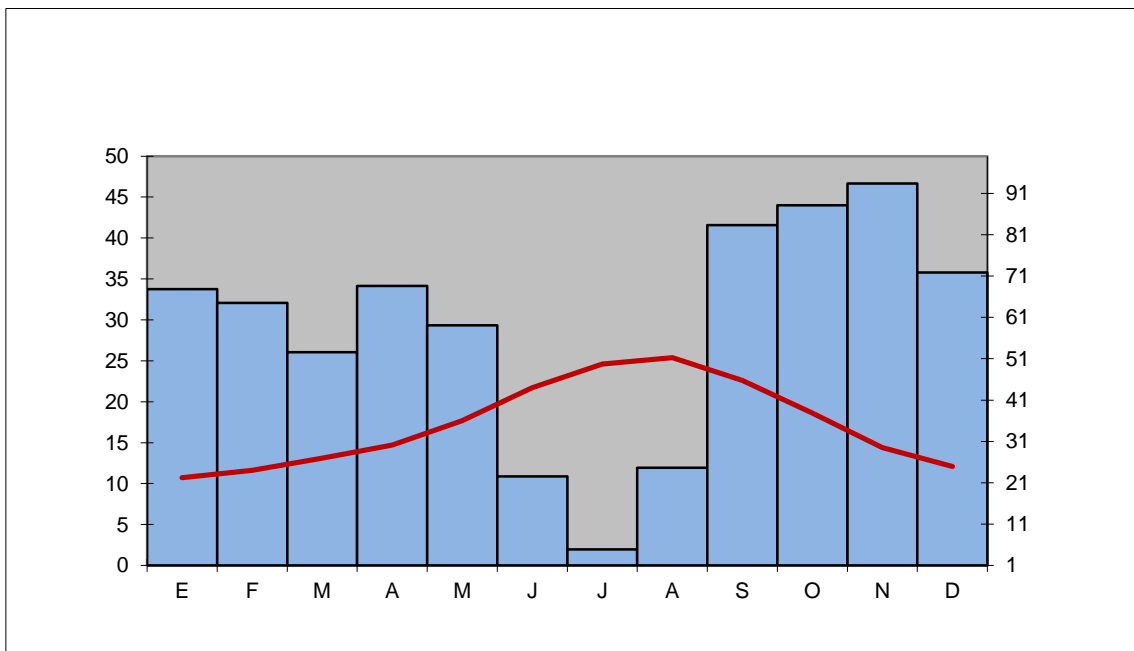
CLIMODIAGRAMA BENIFAIRO



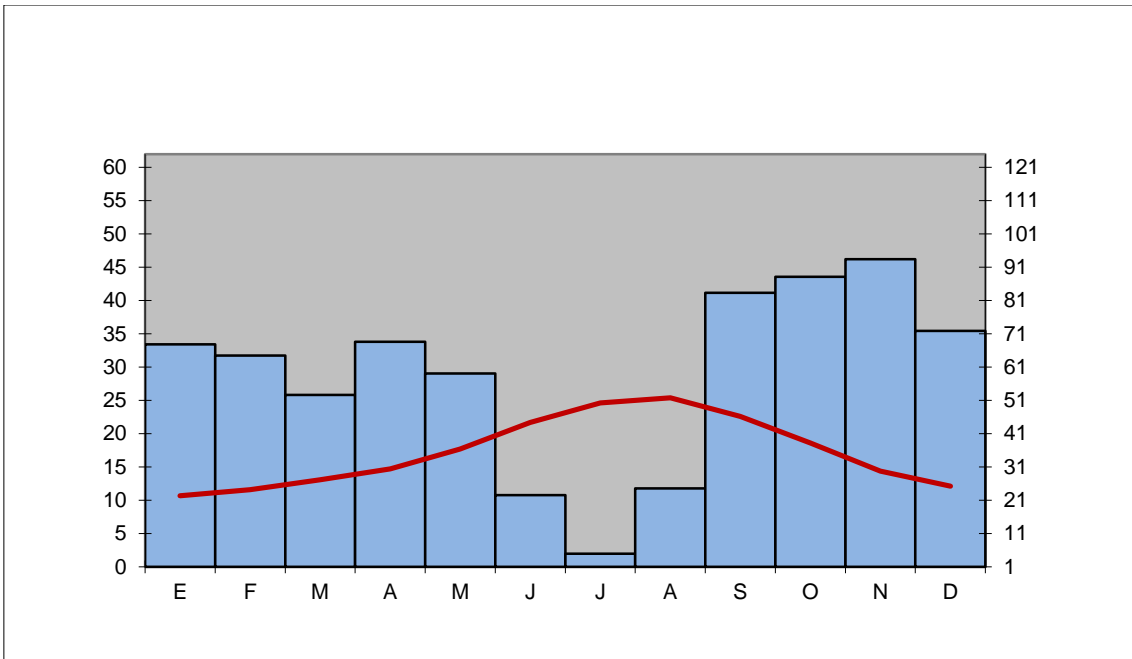
CLIMODIAGRAMA BENISSA



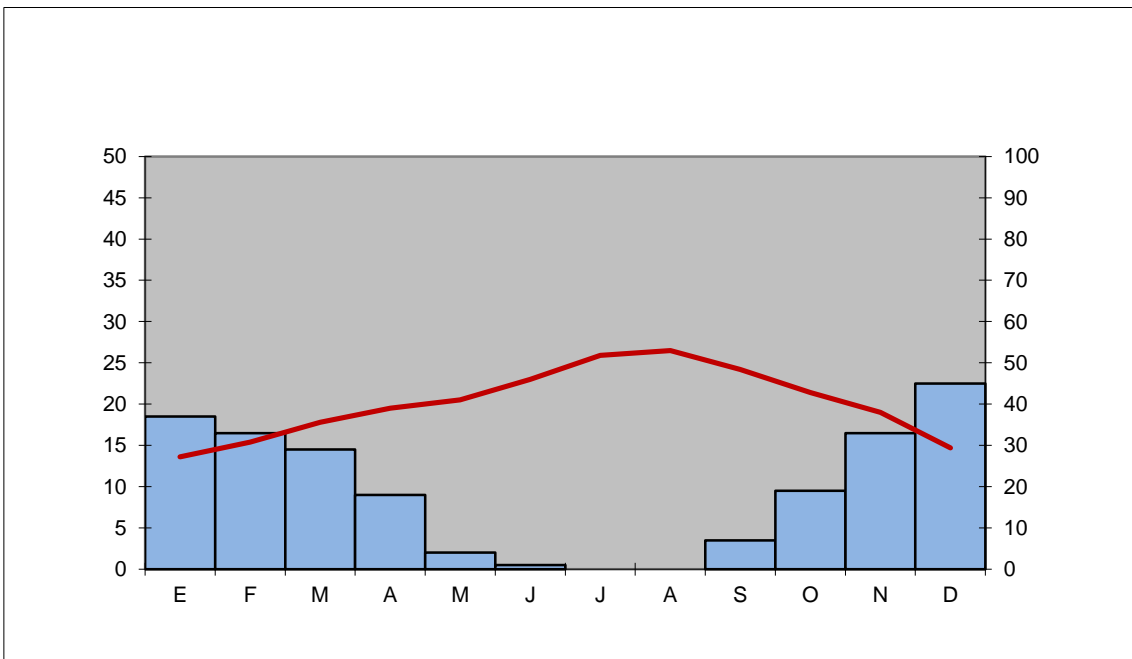
CLIMODIAGRAMA GATA DE GORGOS



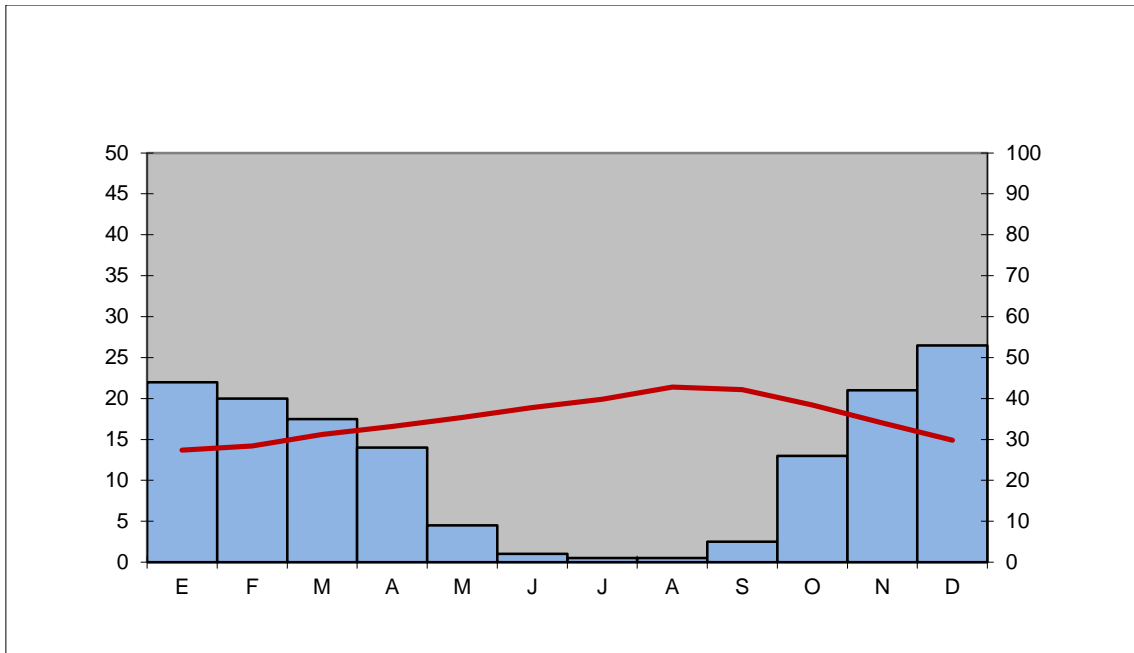
CLIMODIAGRAMA PEDREGUER



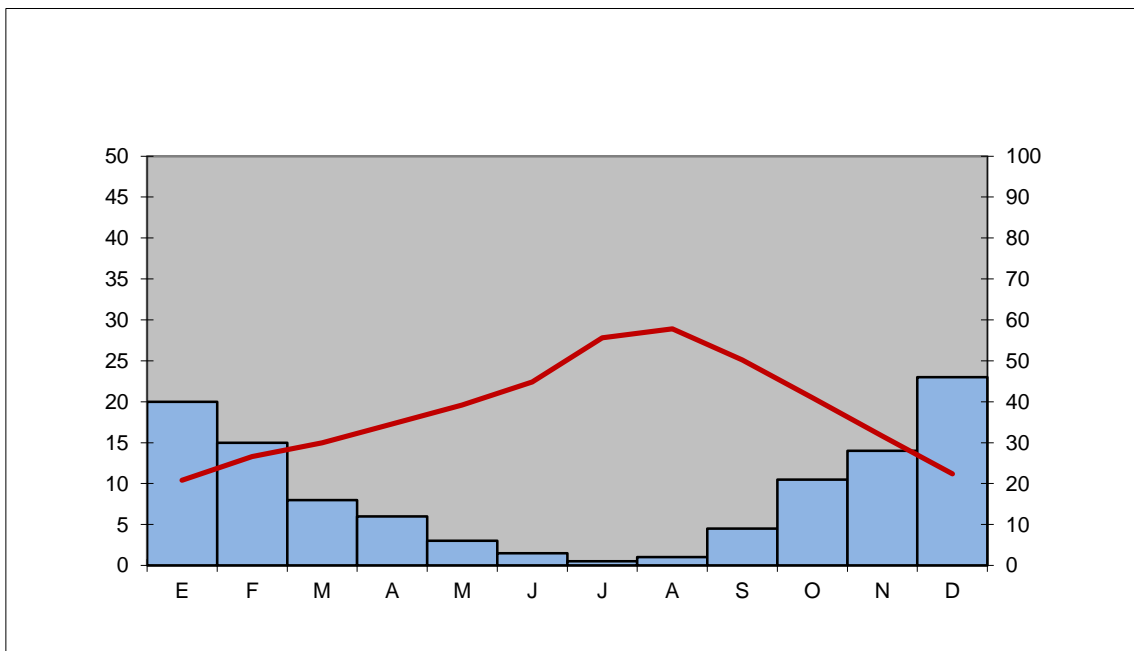
CLIMODIAGRAMA TAROUNDANT



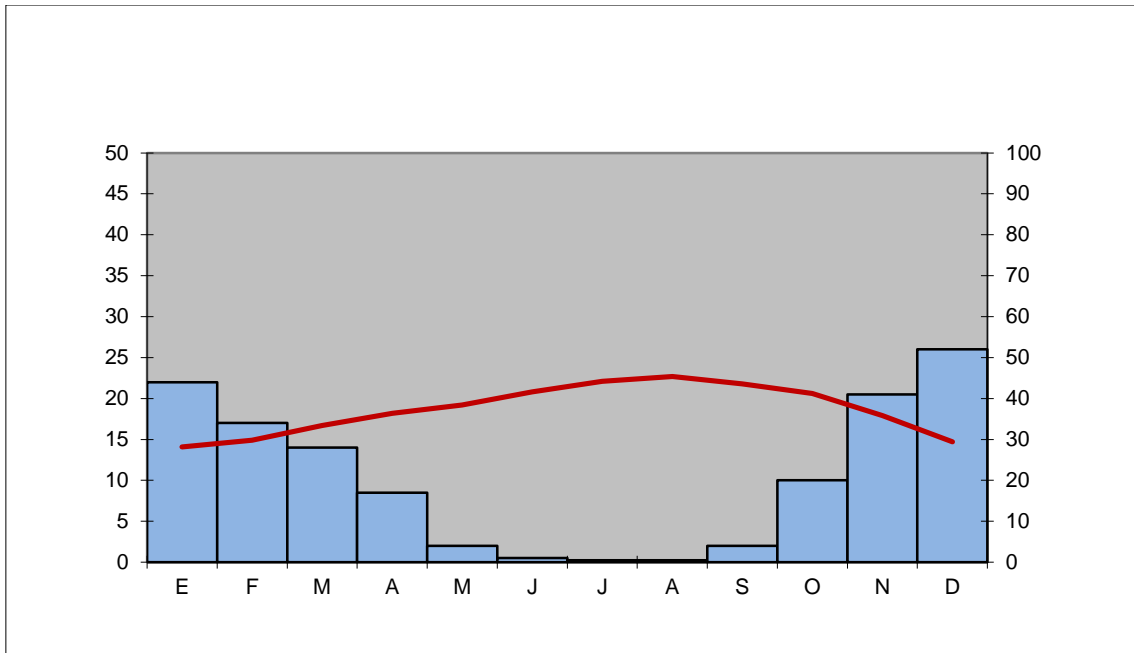
CLIMODIAGRAMA ESSAOUIRA



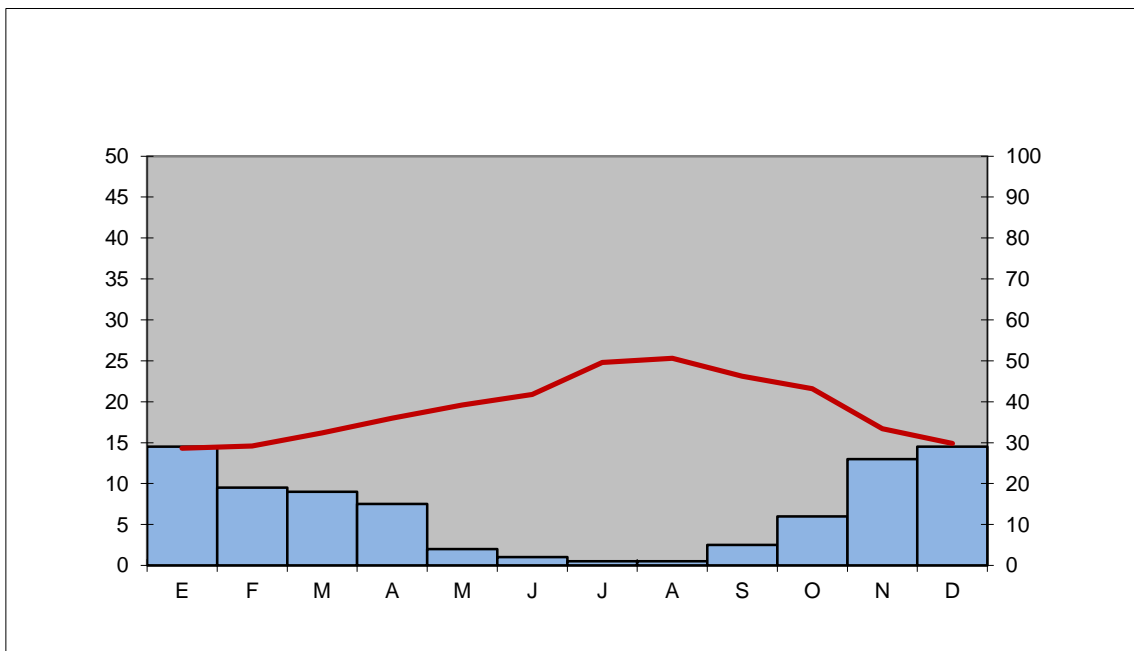
CLIMODIAGRAMA ARGANA



CLIMODIAGRAMA AGADIR



CLIMODIAGRAMA TIZNIT



BALANCE HIDRICO DEL SUELO. PEGO

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	87,6	120,5	113,1	90,1	70,8	72,1	77,6	73,0	61,3	31,4	9,8	28,2
ETP	115,5	89,9	62,9	51,2	53,1	63,6	94,0	118,0	136,2	144,3	147,4	134,7
P-ETP	-27,9	30,6	50,2	38,9	17,7	8,5	-16,4	-45,0	-74,9	-112,9	-137,6	-106,5
R	0,0	30,6	80,8	100,0	100,0	100,0	83,6	38,6	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	30,6	50,2	19,2	0,0	0,0	-16,4	-45,0	-38,6	0,0	0,0	0,0
ETR	87,6	89,9	62,9	51,2	53,1	63,6	94,0	118,0	99,9	31,4	9,8	28,2
F	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	112,9	137,6	106,5
Ex	0,0	0,0	0,0	19,7	17,7	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-17,08

BALANCE HIDRICO DEL SUELO. BENIFAIRO

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	89,3	107,5	99,8	97,8	67,9	52,3	58,4	60,1	58,7	30,3	10,7	23,1
ETP	112,4	86,3	58,4	46,8	48,3	59,4	90,1	113,5	134,3	141,9	143,7	130,7
P-ETP	-23,1	21,2	41,4	51,0	19,6	-7,1	-31,7	-53,4	-75,6	-111,6	-133,0	-107,6
R	0,0	21,2	62,5	100,0	100,0	92,9	61,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	21,2	41,4	37,5	0,0	-7,1	-31,7	-53,4	-7,8	0,0	0,0	0,0
ETR	89,3	86,3	58,4	46,8	48,3	59,4	90,1	113,5	66,5	30,3	10,7	23,1
F	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,8	111,6	133,0	107,6
Ex	0,0	0,0	0,0	13,6	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-19,95

BALANCE HIDRICO DEL SUELO. BENISSA

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	57,4	92,6	71,3	68,0	51,2	55,5	49,4	52,9	54,3	20,8	8,6	18,9
ETP	112,1	87,3	60,1	48,6	49,0	59,2	88,2	111,1	130,2	139,1	142,7	130,5
P-ETP	-54,7	5,3	11,2	19,4	2,2	-3,7	-38,8	-58,2	-75,9	-118,3	-134,1	-111,6
R	0,0	5,3	16,5	35,8	38,0	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	5,3	11,2	19,4	2,2	-3,7	-34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	57,4	87,3	60,1	48,6	49,0	59,2	88,2	52,9	54,3	20,8	8,6	18,9
F	54,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,2	75,9	118,3	134,1	111,6
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-28,63

BALANCE HÍDRICO DEL SUELO. GATA DE GORGOS

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	83,3	88,1	93,4	71,9	67,8	64,5	52,6	68,6	59,1	22,5	4,9	24,6
ETP	113,6	88,6	61,2	50,3	50,4	61,3	90,4	113,5	131,9	140,7	143,8	132,1
P-ETP	-30,3	-0,5	32,2	21,6	17,4	3,2	-37,8	-44,9	-72,8	-118,2	-138,9	-107,5
R	0,0	0,0	32,2	53,8	71,1	74,3	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	32,2	21,6	17,4	3,2	-37,8	-36,5	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	83,3	88,1	61,2	50,3	50,4	61,3	90,4	105,1	59,1	22,5	4,9	24,6
F	30,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	72,8	118,2	138,9	107,5
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-24,27

BALANCE HÍDRICO DEL SUELO. PEDREGUER

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	83,3	88,1	93,4	71,9	67,8	64,5	52,6	68,6	59,1	22,5	4,9	24,6
ETP	113,6	88,6	61,2	50,3	50,4	61,3	90,4	113,5	131,9	140,7	143,8	132,1
P-ETP	-30,3	-0,5	32,2	21,6	17,4	3,2	-37,8	-44,9	-72,8	-118,2	-138,9	-107,5
R	0,0	0,0	32,2	53,8	71,1	74,3	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	32,2	21,6	17,4	3,2	-37,8	-36,5	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	83,3	88,1	61,2	50,3	50,4	61,3	90,4	105,1	59,1	22,5	4,9	24,6
F	30,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	72,8	118,2	138,9	107,5
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-24,28

BALANCE HÍDRICO DEL SUELO. TAROUNDANT

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	7,0	19,0	33,0	45,0	37,0	33,0	29,0	18,0	4,0	3,0	2,0	1,0
ETP	126,2	106,7	82,3	68,4	69,1	81,6	115,3	136,3	145,4	148,3	150,1	140,3
P-ETP	-119	-87	-49,3	-23,4	-32,1	-48,6	-86,3	-118	-141	-145	-148	-139
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	7,0	19,0	33,0	45,0	37,0	33,0	29,0	18,0	4,0	3,0	2,0	1,0
F	119,2	87,7	49,3	23,4	32,1	48,6	86,3	118,3	141,4	145,3	148,1	139,3
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Índice de humedad global												-0,49

ALANCE HIDRICO DEL SUELO. ESSAOUIRA

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	5,0	26,0	42,0	53,0	44,0	40,0	35,0	28,0	9,0	2,0	1,0	1,0
ETP	117,9	100,2	76,5	67,0	67,6	76,9	107,1	126,0	136,1	135,5	136,0	128,8
P-ETP	-112,9	-74,2	-34,5	-14,0	-23,6	-36,9	-72,1	-98,0	-127	-133,5	-135,0	-127,8
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	5,0	26,0	42,0	53,0	44,0	40,0	35,0	28,0	9,0	2,0	1,0	1,0
F	112,9	74,2	34,5	14,0	23,6	36,9	72,1	98,0	127,1	133,5	135,0	127,8
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Índice de humedad global											-0,46

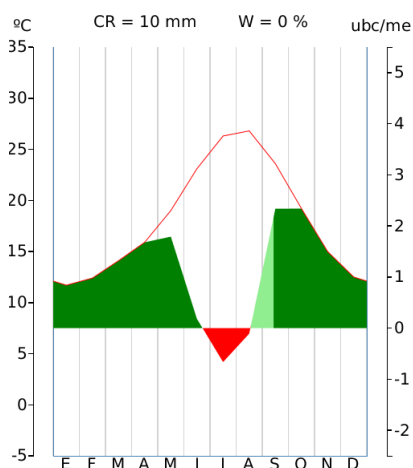
BALANCE HIDRICO DEL SUELO. ARGANA

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	10,0	26,0	50,0	34,0	44,0	41,0	35,0	28,0	16,0	7,0	1,0	1,0
ETP	117,5	96,9	70,9	56,9	55,6	67,0	98,6	120,2	132,3	137,5	140,1	131,1
P-ETP	-107,5	-70,9	-20,9	-22,9	-11,6	-26,0	-63,6	-92,2	-116,3	-130,5	-139,1	-130,1
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	10,0	26,0	50,0	34,0	44,0	41,0	35,0	28,0	16,0	7,0	1,0	1,0
F	107,5	70,9	20,9	22,9	11,6	26,0	63,6	92,2	116,3	130,5	139,1	130,1
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Índice de humedad global											-0,45

BALANCE HIDRICO DEL SUELO. AGADIR

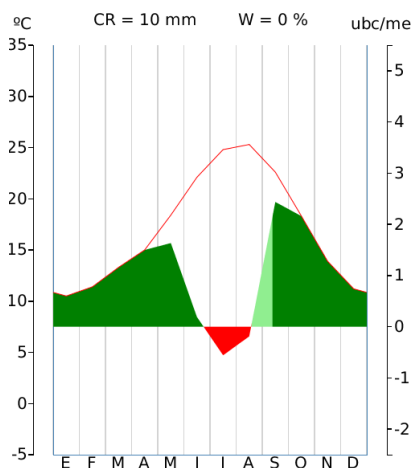
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
P	4,0	20,0	41,0	52,0	44,0	34,0	28,0	17,0	4,0	3,0	4,0	0,5
ETP	121,1	105,	80,2	68,4	70,4	80,2	111	132	141	142	141,2	132
P-ETP	-117,1	-85,0	-39,2	-16,4	-26,4	-46,2	-83,9	-115,2	-137,3	-139,3	-137,2	-131,8
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	4,0	20,0	41,0	52,0	44,0	34,0	28,0	17,0	4,0	3,0	4,0	0,5
F	117,1	85,0	39,2	16,4	26,4	46,2	83,9	115,2	137,3	139,3	137,2	131,8
Ex	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Índice de humedad global											-0,49

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. PEGO



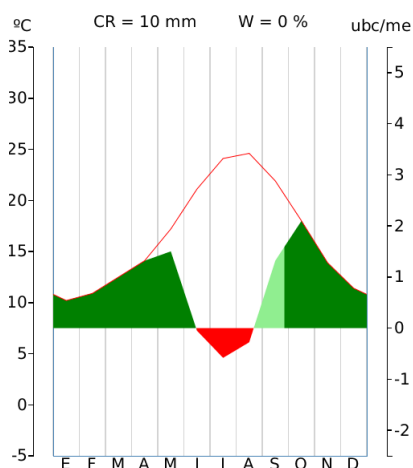
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	25,92	0,00	13,97	0,00	12,99	0,00	0,97	0,00	0,77	0,00	11,95	0,00
T.B.	20,88	NO	17,22	NO	16,74	NO	23,60	NO	26,37	NO	25,16	NO
PER:	12,00	NO	10,00	NO	9,58	NO	0,42	NO	2,00	NO	5,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. BENIFAIRO



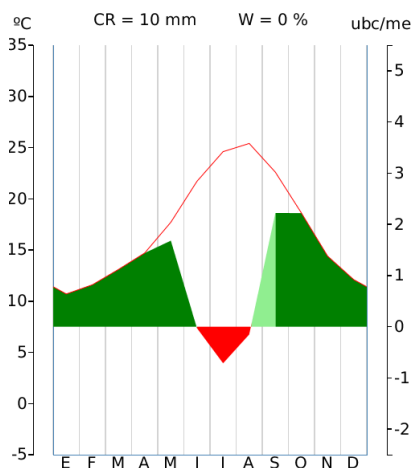
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	23,36	0,00	12,48	0,00	11,57	0,00	0,92	0,00	0,75	0,00	10,88	0,00
T.B.	20,01	NO	16,67	NO	16,20	NO	22,60	NO	24,93	NO	23,85	NO
PER:	12,00	NO	10,00	NO	9,62	NO	0,38	NO	2,00	NO	5,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. BENISSA



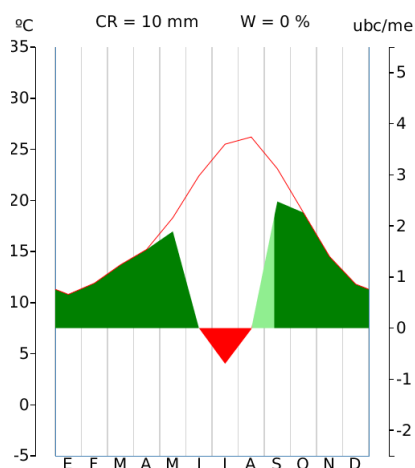
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	21,98	0,00	10,53	0,00	9,43	0,00	1,10	0,00	0,91	0,00	11,45	0,00
T.B.	19,40	NO	15,52	NO	14,77	NO	21,90	NO	24,09	NO	22,97	NO
PER:	12,00	NO	9,00	NO	8,17	NO	0,83	NO	3,00	NO	5,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. GATA DE GORGOS



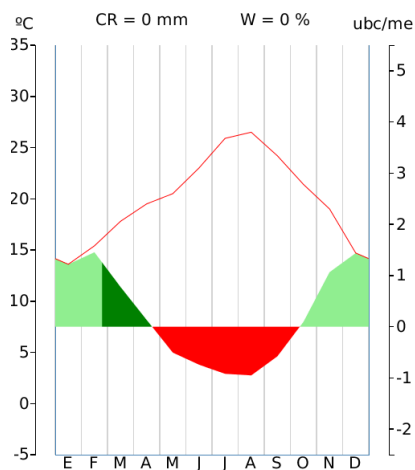
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	23,44	0,00	12,44	0,00	11,34	0,00	1,10	0,00	0,89	0,00	11,00	0,00
T.B.	19,86	NO	16,43	NO	15,83	NO	22,60	NO	24,65	NO	23,74	NO
PER:	12,00	NO	9,00	NO	8,50	NO	0,50	NO	3,00	NO	5,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. PEDREGUER



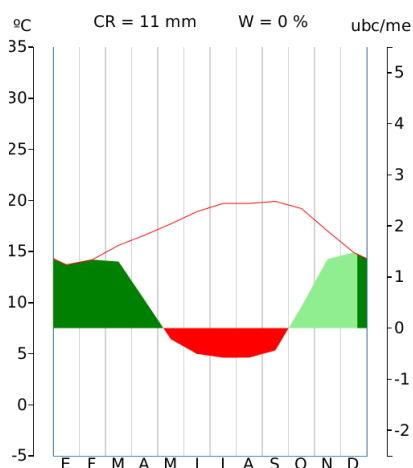
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	24,44	0,00	13,21	0,00	12,30	0,00	0,91	0,00	0,72	0,00	11,23	0,00
T.B.	20,42	NO	16,87	NO	16,41	NO	23,10	NO	25,52	NO	24,60	NO
PER:	12,00	NO	9,00	NO	8,63	NO	0,37	NO	3,00	NO	5,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. TAROUNDANT



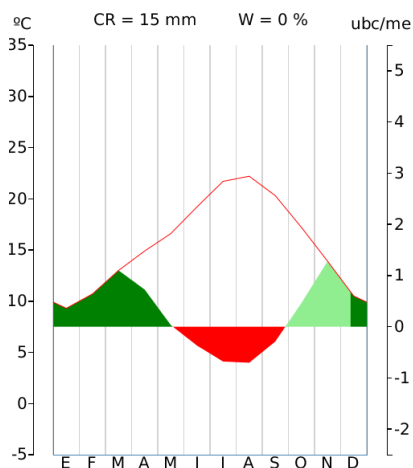
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	30,30	0,00	6,19	0,00	1,23	0,00	4,95	0,00	3,70	0,00	24,11	0,00
T.B.	21,46	NO	15,98	NO	17,35	NO	15,64	NO	24,47	NO	22,86	NO
PER:	12,00	NO	7,00	NO	2,22	NO	4,78	NO	5,00	NO	10,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. ESSAOUIRA



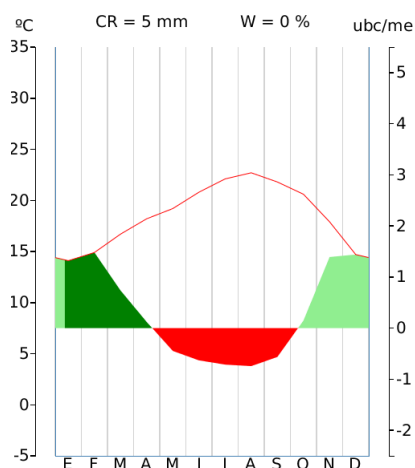
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	23,42	0,00	7,68	0,00	4,99	0,00	2,70	0,00	2,31	0,00	15,74	0,00
T.B.	17,74	NO	15,43	NO	14,78	NO	16,63	NO	19,38	NO	18,87	NO
PER:	12,00	NO	7,00	NO	4,38	NO	2,62	NO	5,00	NO	9,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. ARGANA



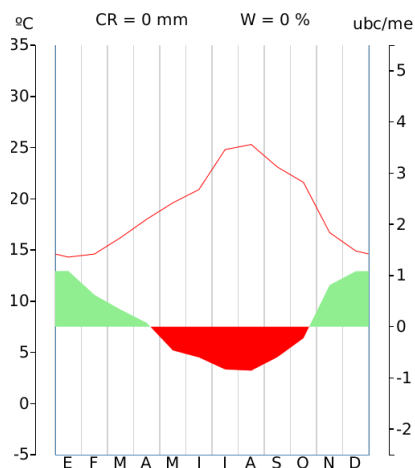
	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	19,90	0,00	5,20	0,00	3,24	0,00	1,96	0,00	2,04	0,00	14,70	0,00
T.B.	17,99	NO	13,06	NO	12,30	NO	14,30	NO	21,22	NO	19,74	NO
PER:	12,00	NO	8,00	NO	5,64	NO	2,36	NO	4,00	NO	7,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. AGADIR



	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	26,74	0,00	6,64	0,00	3,19	0,00	3,45	0,00	3,10	0,00	20,10	0,00
T.B.	19,40	NO	15,71	NO	15,23	NO	16,17	NO	21,51	NO	20,62	NO
PER:	12,00	NO	7,00	NO	3,65	NO	3,35	NO	5,00	NO	9,00	NO

DIAGRAMA BIOCLIMATICO. TIZNIT



	Potencial		Real		Libre		Condicionada		Seca		Subseca	
	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO	CALIDO	FRIO
I.B.	28,00	0,00	4,02	0,00	0,00	0,00	4,02	0,00	3,58	0,00	23,98	0,00
T.B.	20,40	NO	15,22	NO	NO	NO	15,22	NO	23,11	NO	21,27	NO
PER:	12,00	NO	6,00	NO	NO	NO	6,00	NO	6,00	NO	12,00	NO

ANEXO II:

CALCULO DEL INDICE DE POTENCIALIDAD AGRICOLA DE TURC

Estación termopluiométrica de TIZNIT

Latitud 29° 41' N Longitud 09° 43' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	23,10	21,60	16,70	14,90	14,30	14,60	16,20	18,00	19,60	20,90	24,80	25,30	
t	18,90	16,80	11,70	9,70	7,80	9,10	11,10	13,20	15,30	16,80	20,60	21,20	
Ft	0,852	0,829	0,723	0,672	0,654	0,663	0,710	0,756	0,792	0,817	0,873	0,878	9,21
N	12,40	11,30	10,80	10,30	10,60	11,20	12,00	12,80	13,60	13,90	13,80	13,10	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	793,00	668,00	541,00	483,00	521,00	635,00	771,00	882,00	948,00	968,00	952,00	892,00	
Rs	463,91	409,79	324,10	302,09	319,28	392,00	485,34	560,35	581,21	562,83	543,47	502,52	
Fh1	9,77	8,67	8,17	7,67	7,97	8,57	9,37	10,17	10,97	11,27	11,17	10,47	
Fh2	10,92	9,29	6,72	6,06	6,58	8,76	11,56	13,81	14,44	13,88	13,30	12,08	
Fh	9,772	8,672	6,723	6,063	6,579	8,572	9,372	10,172	10,972	11,272	11,172	10,472	109,81
P	5,00	12,00	26,00	29,00	29,00	19,00	18,00	15,00	4,00	2,00	1,00	1,00	161,00
ETPturc	124,63	108,54	78,83	70,18	72,09	80,66	111,19	133,17	143,03	142,71	147,92	138,75	1351,70
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-119,63	-96,54	-52,83	-41,18	-43,09	-61,66	-93,19	-118,17	-139,03	-140,71	-146,92	-137,75	
0,3ETP+50	87,39	82,56	73,65	71,05	71,63	74,20	83,36	89,95	92,91	92,81	94,38	91,62	
F	119,63	96,54	52,83	41,18	43,09	61,66	93,19	118,17	139,03	140,71	146,92	137,75	
X	87,39	82,56	73,65	70,18	71,63	74,20	83,36	89,95	92,91	92,81	94,38	91,62	
(X-F)/X	-0,37	-0,17	0,28	0,41	0,40	0,17	-0,12	-0,31	-0,50	-0,52	-0,56	-0,50	
Rep	-1,00	-1,00	-1,00	-0,72	-0,31	0,00	0,00	-0,12	-0,43	-0,93	-1,00	-1,00	
(X-F/X)+rep	-1,37	-1,17	-0,72	-0,31	0,09	0,17	-0,12	-0,43	-0,93	-1,45	-1,56	-1,50	
Fs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,26
C.A. secano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,387	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,353
C.A. regadío	8,33	7,19	4,86	4,07	4,30	5,68	6,65	7,69	8,69	9,21	9,75	9,19	85,62

Estación termopluviométrica de AGADIR

Latitud 30° 25' N

Longitud 09° 35' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	21,80	20,60	17,90	14,70	14,10	14,90	16,70	18,20	19,20	20,80	22,10	22,70	
t	17,30	15,20	12,30	8,50	7,90	9,40	10,90	12,00	14,20	16,40	18,00	18,20	
Ft	0,833	0,812	0,754	0,666	0,647	0,672	0,723	0,761	0,783	0,815	0,838	0,847	9,15
N	12,40	11,30	10,70	10,20	10,50	11,20	12,00	13,00	13,70	14,00	13,90	13,20	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	788,00	658,00	528,00	469,00	508,00	624,00	764,00	880,00	950,00	972,00	955,00	891,00	
Rs	460,98	403,65	318,38	295,38	313,41	385,21	480,94	552,91	579,43	562,37	542,49	499,37	
Fh1	9,59	8,49	7,89	7,39	7,69	8,39	9,19	10,19	10,89	11,19	11,09	10,39	
Fh2	10,83	9,11	6,55	5,86	6,40	8,56	11,43	13,59	14,38	13,87	13,27	11,98	
Fh	9,59	8,49	6,55	5,86	6,40	8,39	9,19	10,19	10,89	11,19	11,09	10,39	107,8
P	4,00	20,00	41,00	52,00	44,00	34,00	28,00	17,00	4,00	3,00	4,00	0,50	251,50
ETPturc	121,08	105,00	80,17	68,38	70,43	80,24	111,88	132,20	141,35	142,32	141,18	132,31	1326,55
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-117,08	-85,00	-39,17	-16,38	-26,43	-46,24	-83,88	-115,20	-137,35	-139,32	-137,18	-131,81	
0,3ETP+50	86,32	81,50	74,05	70,51	71,13	74,07	83,56	89,66	92,40	92,69	92,35	89,69	
F	117,08	85,00	39,17	16,38	26,43	46,24	83,88	115,20	137,35	139,32	137,18	131,81	
X	86,32	81,50	74,05	68,38	70,43	74,07	83,56	89,66	92,40	92,69	92,35	89,69	
(X-F)/X	-0,36	-0,04	0,47	0,76	0,62	0,38	0,00	-0,28	-0,49	-0,50	-0,49	-0,47	
Rep	-1,00	-1,00	-1,00	-0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,28	-0,77	-1,00	-1,00	
(X-F/X)+rep	-1,36	-1,04	-0,53	0,23	0,62	0,38	0,00	-0,28	-0,77	-1,27	-1,49	-1,47	
Fs	0,00	0,00	0,00	0,23	0,62	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23
C.A. secano	0,000	0,000	0,000	0,898	2,569	2,142	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,609
C.A. regadío	7,984	6,889	4,937	3,903	4,144	5,636	6,644	7,750	8,529	9,122	9,287	8,795	83,619

Estación termopluiométrica de ARGANA

Latitud 30° 47' N

Longitud 09° 38' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	20,30	17,20	13,90	10,50	9,30	10,70	13,00	14,90	16,60	19,20	21,70	22,20	
t	14,60	11,60	8,40	4,70	3,00	4,60	7,20	9,10	11,00	13,50	15,60	16,30	
Ft	0,806	0,736	0,641	0,481	0,236	0,475	0,611	0,672	0,720	0,783	0,831	0,839	7,83
N	12,40	11,30	10,70	10,20	10,50	11,20	12,00	13,00	13,70	14,00	13,90	13,20	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	788,00	658,00	528,00	469,00	508,00	624,00	764,00	880,00	950,00	972,00	955,00	891,00	
Rs	460,98	403,65	318,38	295,38	313,41	385,21	480,94	552,91	579,43	562,37	542,49	499,37	
Fh1	9,59	8,49	7,89	7,39	7,69	8,39	9,19	10,19	10,89	11,19	11,09	10,39	
Fh2	10,83	9,11	6,55	5,86	6,40	8,56	11,43	13,59	14,38	13,87	13,27	11,98	
Fh	9,588	8,488	6,551	5,861	6,402	8,388	9,188	10,188	10,888	11,188	11,088	10,388	108,20
P	10,00	26,00	50,00	34,00	44,00	41,00	35,00	28,00	16,00	7,00	1,00	1,00	293,00
ETPturc	117,54	96,93	70,87	56,89	55,63	67,04	98,60	120,18	132,26	137,51	140,13	131,14	1224,73
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-107,54	-70,93	-20,87	-22,89	-11,63	-26,04	-63,60	-92,18	-116,26	-130,51	-139,13	-130,14	
0,3ETP+50	85,26	79,08	71,26	67,07	66,69	70,11	79,58	86,05	89,68	91,25	92,04	89,34	
F	107,54	70,93	20,87	22,89	11,63	26,04	63,60	92,18	116,26	130,51	139,13	130,14	
X	85,26	79,08	70,87	56,89	55,63	67,04	79,58	86,05	89,68	91,25	92,04	89,34	
(X-F)/X	-0,26	0,10	0,71	0,60	0,79	0,61	0,20	-0,07	-0,30	-0,43	-0,51	-0,46	
Rep	-1,00	-1,00	-0,90	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,07	-0,37	-0,80	-1,00	
(X-F/X)+rep	-1,26	-0,90	-0,19	0,41	0,79	0,61	0,20	-0,07	-0,37	-0,80	-1,31	-1,46	
Fs	0,000	0,000	0,000	0,410	0,790	0,610	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,01
C.A. secano	0,000	0,000	0,000	1,155	1,192	2,429	1,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,900
C.A. regadío	7,727	6,248	4,198	2,818	1,509	3,982	5,614	6,846	7,844	8,764	9,215	8,717	73,481

Estación termopluiométrica de ESSAOUIRA

Latitud 30° 30' N

Longitud 09° 45' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	20,90	19,20	17,00	14,90	13,70	14,20	15,60	16,60	17,70	18,90	20,20	21,40	
t	17,40	16,20	13,50	11,30	10,20	10,70	12,40	13,70	15,10	16,90	17,50	17,50	
Ft	0,817	0,783	0,731	0,672	0,634	0,650	0,693	0,720	0,749	0,777	0,804	0,826	8,85
N	12,40	11,30	10,70	10,20	10,50	11,20	12,00	13,00	13,70	14,20	13,90	13,20	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	780,00	646,00	514,00	454,00	493,00	611,00	755,00	875,00	949,00	973,00	955,00	888,00	
Rs	456,30	396,29	309,94	285,93	304,16	377,18	475,27	549,77	578,82	557,49	542,49	497,68	
Fh1	9,40	8,30	7,70	7,20	7,50	8,20	9,00	10,00	10,70	11,20	10,90	10,20	
Fh2	10,69	8,89	6,30	5,58	6,12	8,32	11,26	13,49	14,36	13,72	13,27	11,93	
Fh	9,397	8,297	6,298	5,578	6,125	8,197	8,997	9,997	10,697	11,197	10,897	10,197	105,90
P	5,00	26,00	42,00	53,00	44,00	40,00	35,00	28,00	9,00	2,00	1,00	1,00	286,00
ETPturc	117,90	100,22	76,49	66,96	67,62	76,86	107,11	126,03	136,15	135,48	136,00	128,80	1275,62
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-112,90	-74,22	-34,49	-13,96	-23,62	-36,86	-72,11	-98,03	-127,15	-133,48	-135,00	-127,80	
0,3ETP+50	85,37	80,07	72,95	70,09	70,29	73,06	82,13	87,81	90,84	90,64	90,80	88,64	
F	112,90	74,22	34,49	13,96	23,62	36,86	72,11	98,03	127,15	133,48	135,00	127,80	
X	85,37	80,07	72,95	66,96	67,62	73,06	82,13	87,81	90,84	90,64	90,80	88,64	
(X-F)/X	-0,32	0,07	0,53	0,79	0,65	0,50	0,12	-0,12	-0,40	-0,47	-0,49	-0,44	
Rep	-1,00	-1,00	-0,93	-0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,12	-0,52	-0,99	-1,00	
(X-F/X)+rep	-1,32	-0,93	-0,40	0,39	0,65	0,50	0,12	-0,12	-0,52	-0,99	-1,48	-1,44	
Fs	0,000	0,000	0,000	0,390	0,650	0,500	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,66
C.A. secano	0,000	0,000	0,000	1,462	2,525	2,665	0,748	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,400
C.A. regadío	7,679	6,499	4,604	3,748	3,885	5,331	6,232	7,202	8,009	8,698	8,761	8,423	79,071

Estación termopluviométrica de TAROUNDANT

Latitud 30° 28' N

Longitud 08° 52' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	24,20	21,40	19,00	14,70	13,60	15,40	17,80	19,50	20,50	23,00	25,90	26,50	
t	18,50	15,50	13,10	8,50	6,80	8,70	11,60	13,40	14,70	17,20	19,80	20,60	
Ft	0,866	0,826	0,779	0,666	0,631	0,687	0,751	0,790	0,810	0,851	0,883	0,888	9,43
N	12,40	11,30	10,70	10,20	10,50	11,20	12,00	13,00	13,70	14,00	13,90	13,20	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	788,00	658,00	528,00	469,00	508,00	624,00	764,00	880,00	950,00	972,00	955,00	891,00	
Rs	460,98	403,65	318,38	295,38	313,41	385,21	480,94	552,91	579,43	562,37	542,49	499,37	
Fh1	9,59	8,49	7,89	7,39	7,69	8,39	9,19	10,19	10,89	11,19	11,09	10,39	
Fh2	10,83	9,11	6,55	5,86	6,40	8,56	11,43	13,59	14,38	13,87	13,27	11,98	
Fh	9,588	8,488	6,551	5,861	6,402	8,388	9,188	10,188	10,888	11,188	11,088	10,388	108,20
P	7,00	19,00	33,00	45,00	37,00	33,00	29,00	18,00	4,00	3,00	2,00	1,00	231,00
ETPturc	126,18	106,68	82,34	68,38	69,12	81,57	115,25	136,31	145,39	148,26	150,08	140,32	1369,89
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-119,18	-87,68	-49,34	-23,38	-32,12	-48,57	-86,25	-118,31	-141,39	-145,26	-148,08	-139,32	
0,3ETP+50	87,85	82,00	74,70	70,51	70,74	74,47	84,58	90,89	93,62	94,48	95,02	92,10	
F	119,18	87,68	49,34	23,38	32,12	48,57	86,25	118,31	141,39	145,26	148,08	139,32	
X	87,85	82,00	74,70	68,38	69,12	74,47	84,58	90,89	93,62	94,48	95,02	92,10	
(X-F)/X	-0,36	-0,07	0,34	0,66	0,54	0,35	-0,02	-0,30	-0,51	-0,54	-0,56	-0,51	
Rep	-1,00	-1,00	-1,00	-0,66	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,32	-0,83	-1,00	-1,00	
(X-F/X)+rep	-1,36	-1,07	-0,66	0,00	0,54	0,35	-0,02	-0,32	-0,83	-1,37	-1,56	-1,51	
Fs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,540	0,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,89
C.A. secano	0,000	0,000	0,000	0,000	2,182	2,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,198
C.A. regadio	8,306	7,011	5,104	3,903	4,040	5,761	6,901	8,046	8,816	9,521	9,792	9,222	86,422

Estación termopluviométrica de PEDREGUER

Latitud 38° 48' N

Longitud 00° 01' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	22,60	18,60	14,40	12,10	10,70	11,60	13,10	14,70	17,70	21,70	24,60	25,40	
t	17,20	13,20	8,90	6,20	5,80	6,40	7,10	9,10	12,20	15,90	19,20	19,60	
Ft	0,845	0,770	0,657	0,580	0,528	0,561	0,614	0,666	0,749	0,831	0,871	0,879	8,55
N	12,50	11,00	10,10	9,60	9,90	10,80	12,00	13,20	14,30	14,90	14,50	13,60	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	726,00	560,00	418,00	352,00	393,00	521,00	691,00	842,00	945,00	983,00	958,00	865,00	
Rs	422,36	350,15	262,55	231,59	252,87	330,06	434,98	523,32	559,33	545,07	528,82	475,11	
Fh1	7,99	6,49	5,59	5,09	5,39	6,29	7,49	8,69	9,79	10,39	9,99	9,09	
Fh2	9,67	7,50	4,88	3,95	4,59	6,90	10,05	12,70	13,78	13,35	12,86	11,25	
Fh	7,988	6,488	4,877	3,948	4,586	6,288	7,488	8,688	9,788	10,388	9,988	9,088	89,60
P	83,30	88,10	93,40	71,90	67,80	64,50	52,60	68,60	59,10	22,50	4,90	24,60	701,30
ETPturc	113,57	88,61	61,24	50,29	50,44	61,32	90,44	113,50	131,93	140,74	143,83	132,06	1177,96
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-30,27	-0,51	32,16	21,61	17,36	3,18	-37,84	-44,90	-72,83	-118,24	-138,93	-107,46	
0,3ETP+50	84,07	76,58	68,37	65,09	65,13	68,40	77,13	84,05	89,58	92,22	93,15	89,62	
F	30,27	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,44	72,83	118,24	138,93	107,46	
X	84,07	76,58	61,24	50,29	50,44	61,32	77,13	84,05	89,58	92,22	93,15	89,62	
(X-F)/X	0,64	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,19	-0,28	-0,49	-0,20	
Rep	-0,78	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	-0,09	-0,58	
(X-F/X)+rep	-0,14	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,19	-0,09	-0,58	-0,78	
Fs	0,000	0,850	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,190	0,000	0,000	0,000	6,94
C.A. secano	0,000	4,246	3,202	2,288	2,419	3,530	4,600	5,207	1,392	0,000	0,000	0,000	26,885
C.A. regadío	6,751	4,996	3,202	2,288	2,419	3,530	4,600	5,785	7,328	8,633	8,698	7,986	66,217

Estación termopluviométrica de BENISSA

Latitud 38° 43' N

Longitud 00° 02' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	21,90	18,00	13,90	11,40	10,20	10,90	12,50	14,10	17,20	21,10	24,10	24,60	
t	17,10	14,30	10,30	7,80	7,20	7,40	8,60	10,10	13,20	16,90	20,10	20,10	
Ft	0,834	0,756	0,641	0,554	0,508	0,535	0,594	0,647	0,736	0,821	0,865	0,871	8,42
N	12,50	11,00	10,10	9,60	9,90	10,80	12,00	13,20	14,30	14,90	14,50	13,60	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	726,00	560,00	418,00	352,00	393,00	521,00	691,00	842,00	945,00	983,00	958,00	865,00	
Rs	422,36	350,15	262,55	231,59	252,87	330,06	434,98	523,32	559,33	545,07	528,82	475,11	
Fh1	7,99	6,49	5,59	5,09	5,39	6,29	7,49	8,69	9,79	10,39	9,99	9,09	
Fh2	9,67	7,50	4,88	3,95	4,59	6,90	10,05	12,70	13,78	13,35	12,86	11,25	
Fh	7,99	6,49	4,88	3,95	4,59	6,29	7,49	8,69	9,79	10,39	9,99	9,09	89,60
P	57,40	92,60	71,30	68,00	51,20	55,50	49,40	52,90	54,30	20,80	8,60	18,90	600,90
ETPturc	112,14	87,31	60,13	48,64	49,04	59,18	88,18	111,12	130,19	139,12	142,71	130,48	1158,23
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-54,74	5,29	11,17	19,36	2,16	-3,68	-38,78	-58,22	-75,89	-118,32	-134,11	-111,58	
0,3ETP+50	83,64	76,19	68,04	64,59	64,71	67,75	76,45	83,34	89,06	91,74	92,81	89,14	
F	54,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,22	75,89	118,32	134,11	111,58	
X	83,64	76,19	60,13	48,64	49,04	59,18	76,45	83,34	89,06	91,74	92,81	89,14	
(X-F)/X	0,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,15	-0,29	-0,44	-0,25	
Rep	-0,79	-0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	-0,10	-0,54	
(X-F/X)+rep	-0,44	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,15	-0,10	-0,54	-0,79	
Fs	0	0,56	1	1	1	1	1	0,3	0,15	0	0	0	6,02
C.A. secano	0,000	2,747	3,125	2,187	2,330	3,365	4,446	1,687	1,081	0,000	0,000	0,000	20,966
C.A. regadío	6,665	4,905	3,125	2,187	2,330	3,365	4,446	5,622	7,205	8,526	8,641	7,914	64,930

Estación termopluviométrica de PEGO

Latitud 38° 50' N

Longitud 00° 07' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	23,60	19,20	15,20	12,50	11,70	12,40	14,10	15,90	19,00	23,10	26,30	26,80	
t	18,20	14,40	10,60	7,90	7,40	7,60	8,30	10,10	13,10	16,80	20,00	20,50	
Ft	0,859	0,783	0,681	0,594	0,565	0,590	0,647	0,701	0,779	0,852	0,886	0,890	8,20
N	12,50	11,00	10,10	9,60	9,90	10,80	12,00	13,20	14,30	14,90	14,50	13,60	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	726,00	560,00	418,00	352,00	393,00	521,00	691,00	842,00	945,00	983,00	958,00	865,00	
Rs	422,36	350,15	262,55	231,59	252,87	330,06	434,98	523,32	559,33	545,07	528,82	475,11	
Fh1	7,99	6,49	5,59	5,09	5,39	6,29	7,49	8,69	9,79	10,39	9,99	9,09	
Fh2	9,67	7,50	4,88	3,95	4,59	6,90	10,05	12,70	13,78	13,35	12,86	11,25	
Fh	7,988	6,488	4,877	3,948	4,586	6,288	7,488	8,688	9,788	10,388	9,988	9,088	89,60
P	87,60	120,50	113,10	90,10	70,80	72,10	77,60	73,00	61,30	31,40	9,80	28,20	835,50
ETPturc	115,52	89,86	62,92	51,20	53,09	63,64	94,00	118,00	136,20	144,32	147,44	134,67	1210,86
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-27,92	30,64	50,18	38,90	17,71	8,46	-16,40	-45,00	-74,90	-112,92	-137,64	-106,47	
0,3ETP+50	84,66	76,96	68,88	65,36	65,93	69,09	78,20	85,40	90,86	93,29	94,23	90,40	
F	27,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,30	112,92	137,64	106,47	
X	84,66	76,96	62,92	51,20	53,09	63,64	78,20	85,40	90,86	93,29	94,23	90,40	
(X-F)/X	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	-0,21	-0,46	-0,18	
Rep	-0,85	-0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,21	-0,67	
(X-F/X)+rep	-0,18	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	-0,21	-0,67	-0,85	
Fs	0,000	0,820	1,000	1,000	0,790	0,610	0,200	1,000	0,600	0,000	0,000	0,000	6,02
C.A. secano	0,000	4,167	3,321	2,344	2,047	2,264	0,969	6,092	4,575	0,000	0,000	0,000	25,779
C.A. regadío	6,862	5,082	3,321	2,344	2,592	3,711	4,846	6,092	7,624	8,854	8,852	8,086	68,265

Estación termoplúviométrica de BENIFAIRO

Latitud 39° 02' N Longitud 00° 17' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	22,60	18,30	13,90	11,20	10,50	11,40	13,30	15,00	18,40	22,10	24,80	25,30	
t	16,50	12,40	7,90	5,10	4,50	4,80	6,00	7,60	11,40	15,30	18,50	18,90	
Ft	0,845	0,763	0,641	0,547	0,455	0,526	0,621	0,675	0,765	0,838	0,873	0,878	8,43
N	12,50	11,00	10,10	9,50	9,90	10,80	12,00	13,30	14,30	14,90	14,60	13,70	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	90,00	8,70	8,10	
Ra	718,00	548,00	404,00	337,00	378,00	508,00	682,00	837,00	945,00	984,00	958,00	861,00	
Rs	417,70	342,65	253,76	223,41	243,22	321,83	429,32	517,43	559,33	545,62	526,38	470,60	
Fh1	7,75	6,25	5,35	4,75	5,15	6,05	7,25	8,55	9,55	10,15	9,85	8,95	
Fh2	9,53	7,28	4,61	3,70	4,30	6,65	9,88	12,52	13,78	13,37	12,79	11,12	
Fh	7,75	6,25	4,61	3,70	4,30	6,05	7,25	8,55	9,55	10,15	9,85	8,95	86,93
P	89,30	107,50	99,80	97,80	67,90	52,30	58,40	60,10	58,70	30,30	10,70	23,10	755,90
ETP_{turc}	112,45	86,31	58,44	46,75	48,29	59,41	90,11	113,49	134,27	141,92	143,66	130,73	1165,83
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETP_{turc}	-23,15	21,19	41,36	51,05	19,61	-7,11	-31,71	-53,39	-75,57	-111,62	-132,96	-107,63	
0,3ETP+50	83,73	75,89	67,53	64,03	64,49	67,82	77,03	84,05	90,28	92,58	93,10	89,22	
F	23,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,77	111,62	132,96	107,63	
X	83,73	75,89	58,44	46,75	48,29	59,41	77,03	84,05	90,28	92,58	93,10	89,22	
(X-F)/X	0,72	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	-0,21	-0,43	-0,21	
Rep	-0,85	-0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,21	-0,64	
(X-F/X)+rep	-0,13	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	-0,21	-0,64	-0,85	
Fs	0,000	0,87,	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,250	0,000	0,000	0,000	7,12
C.A. secano	0,000	4,147	2,956	2,024	1,954	3,183	4,501	5,769	1,827	0,000	0,000	0,000	26,361
C.A. regadío	6,548	4,767	2,956	2,024	1,954	3,183	4,501	5,769	7,308	8,499	8,596	7,855	63,958

Estación termopluviométrica de GATA DE GORGOS

Latitud 38° 46' N

Longitud 00° 05' W

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Tm	22,60	18,60	14,40	12,10	10,70	11,60	13,10	14,70	17,70	21,70	24,60	25,40	
t	17,20	13,20	8,90	6,20	5,80	6,40	7,10	9,10	12,20	15,90	19,20	19,60	
Ft	0,845	0,770	0,657	0,580	0,528	0,561	0,614	0,666	0,749	0,831	0,871	0,879	8,55
N	12,50	11,00	10,10	9,60	9,90	10,80	12,00	13,20	14,30	14,90	14,50	13,60	
n	8,10	7,90	7,30	7,40	7,40	7,90	8,70	9,40	9,50	9,00	8,70	8,10	
Ra	726,00	560,00	418,00	352,00	393,00	521,00	691,00	842,00	945,00	983,00	958,00	865,00	
Rs	422,36	350,15	262,55	231,59	252,87	330,06	434,98	523,32	559,33	545,07	528,82	475,11	
Fh1	7,99	6,49	5,59	5,09	5,39	6,29	7,49	8,69	9,79	10,39	9,99	9,09	
Fh2	9,67	7,50	4,88	3,95	4,59	6,90	10,05	12,70	13,78	13,35	12,86	11,25	
Fh	7,988	6,488	4,877	3,948	4,586	6,288	7,488	8,688	9,788	10,388	9,988	9,088	89,60
P	83,30	88,10	93,40	71,90	67,80	64,50	52,60	68,60	59,10	22,50	4,90	24,60	701,30
ETPturc	113,57	88,61	61,24	50,29	50,44	61,32	90,44	113,50	131,93	140,74	143,83	132,06	1177,96
fi	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
HR	77,00	78,00	78,00	77,00	78,00	80,00	82,00	81,00	79,00	79,00	79,00	79,00	
ci	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
P-ETPturc	-30,27	-0,51	32,16	21,61	17,36	3,18	-37,84	-44,90	-72,83	-118,24	-138,93	-107,46	
0,3ETP+50	84,07	76,58	68,37	65,09	65,13	68,40	77,13	84,05	89,58	92,22	93,15	89,62	
F	30,27	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,43	72,83	118,24	138,93	107,46	
X	84,07	76,58	61,24	50,29	50,44	61,32	77,13	84,05	89,58	92,22	93,15	89,62	
(X-F)/X	0,64	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,19	-0,28	-0,49	-0,20	
Rep	-0,97	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,28	-0,77	
(X-F/X)+rep	-0,33	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,19	-0,28	-0,77	-0,97	
Fs	0,000	0,660	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,190	0,000	0,000	0,000	6,75
C.A. secano	0,000	3,297	3,202	2,288	2,419	3,530	4,600	5,207	1,392	0,000	0,000	0,000	25,936
C.A. regadío	6,751	4,996	3,202	2,288	2,419	3,530	4,600	5,785	7,328	8,633	8,698	7,986	66,217

ANEXO III:
CRONOGRAMA DE GASTOS DE UNA
PLANTACION TIPO DE ARGANIA
SPINOSA

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

AÑO	Roza	Replanteo	Laboreo	Casillas	Plantones	Distrib. planta	Distrib. mallas	Distrib. tutores	Plantación	Entutorado	Mallas	Colocación mallas	Alcorques	Repo. marras	Poda	Retirada tut/mall.	Recolección	Transporte	Imprevistos	Coste anual
0	649,38	120,00	174,32	652,44	386,28	25,22	16,82	8,27	430,44	286,38	399,60	334,21	291,33						150	3924,69
1			174,32										291,33	75,40	86,51				150	777,56
2			174,32										291,33	75,40	86,51				150	777,56
3			174,32										291,33	75,40	86,51	461,96			150	1239,52
4			174,32										291,33		86,51	504,88			150	1207,04
5			174,32												86,51				150	410,83
6			174,32												86,51		979,73	125	150	1515,56
7			174,32												86,51		1112,14	125	150	1647,97
8			174,32												44,00		1244,56	125	150	1737,88
9			174,32												142,59		1376,97	125	150	1968,88
10			174,32												44,00		1509,39	125	150	2002,71
11			174,32												152,59		1641,80	125	150	2243,71
12			174,32												44,00		1774,22	125	150	2267,54
13			174,32												152,59		1906,64	125	150	2508,55
14			174,32												44,00		2039,05	125	150	2532,37
15			174,32												152,59		2171,47	125	150	2773,38
16			174,32												44,00		2303,88	125	150	2797,20
17			174,32												142,59		2436,30	125	150	3028,21
18			174,32												44,00		2568,71	125	150	3062,03
19			174,32												152,59		2701,13	125	150	3303,04
20			174,32												44,00		2833,55	125	150	3326,87

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

21	174,32	152,59	2965,96	125	150	3567,87
22	174,32	44,00	3098,38	125	150	3591,70
23	174,32	152,59	3230,79	125	150	3832,70
24	174,32	44,00	3363,21	125	150	3856,53
25	174,32	142,59	3495,62	125	150	4087,53
26	174,32	44,00	3628,04	250	150	4246,36
27	174,32	152,59	3760,46	250	150	4487,37
28	174,32	44,00	3892,87	250	150	4511,19
29	174,32	152,59	4025,29	250	150	4752,20
30	174,32	44,00	4157,70	250	150	4776,02
31	174,32	152,59	4290,12	250	150	5017,03
32		44,00	4422,53	250	150	4866,53
33	174,32	142,59	4554,95	250	150	5271,86
34		44,00	4687,37	250	150	5131,37
35	174,32	152,59	4819,78	250	150	5546,69
36		44,00	4952,20	250	150	5396,20
37	174,32	152,59	5084,61	250	150	5811,52
38		44,00	5217,03	250	150	5661,03
39	174,32	152,59	5349,45	250	150	6076,36
40		44,00	5481,86	250	150	5925,86
41	174,32	142,59	5614,28	250	150	6331,19
42		44,00	5746,69	250	150	6190,69
43	174,32	152,59	5879,11	250	150	6606,02
44		44,00	6011,52	250	150	6455,52
45	174,32	152,59	6143,94	250	150	6870,85
46		44,00	6276,36	250	150	6720,36
47	174,32	152,59	6408,77	250	150	7135,68
48		44,00	6541,19	250	150	6985,19

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

49	174,32	142,59	6673,60	250	150	7390,51
50	174,32	44,00	6806,02	250	150	7424,34
51		152,59	6938,43	250	150	7491,02
52	174,32	44,00	7070,85	250	150	7689,17
53		152,59	7203,27	375	150	7880,86
54	174,32	44,00	7335,68	375	150	8079,00
55		152,59	7468,10	375	150	8145,69
56	174,32	44,00	7600,51	375	150	8343,83
57		142,59	7732,93	375	150	8400,52
58	174,32	44,00	7865,34	375	150	8608,66
59		152,59	7997,76	375	150	8675,35
60	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
61		152,59	7997,76	375	150	8675,35
62	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
63		152,59	7997,76	375	150	8675,35
64	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
65		142,59	7997,76	375	150	8665,35
66	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
67		152,59	7997,76	375	150	8675,35
68	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
69		152,59	7997,76	375	150	8675,35
70	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
71		152,59	7997,76	375	150	8675,35
72	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
73		142,59	7997,76	375	150	8665,35
74	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
75		152,59	7997,76	375	150	8675,35
76	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

77		152,59	7997,76	375	150	8675,35
78	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
79		152,59	7997,76	375	150	8675,35
80	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
81		142,59	7997,76	375	150	8665,35
82	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
83		152,59	7997,76	375	150	8675,35
84	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
85		152,59	7997,76	375	150	8675,35
86	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
87		152,59	7997,76	375	150	8675,35
88	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
89		142,59	7997,76	375	150	8665,35
90	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
91		152,59	7997,76	375	150	8675,35
92	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
93		152,59	7997,76	375	150	8675,35
94	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
95		152,59	7997,76	375	150	8675,35
96	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
97		142,59	7997,76	375	150	8665,35
98	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
99		152,59	7997,76	375	150	8675,35
100	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
101		152,59	7997,76	375	150	8675,35
102	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
103		152,59	7997,76	375	150	8675,35
104	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

105		152,59	7997,76	375	150	8675,35
106	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
107		152,59	7997,76	375	150	8675,35
108	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
109		142,59	7997,76	375	150	8665,35
110	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
111		152,59	7997,76	375	150	8675,35
112	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
113		152,59	7997,76	375	150	8675,35
114	174,32	44,00	7997,76	375	150	8741,08
115		152,59	7865,34	375	150	8542,93
116	174,32	44,00	7732,93	375	150	8476,25
117		142,59	7600,51	375	150	8268,10
118	174,32	44,00	7468,10	375	150	8211,42
119		152,59	7335,68	375	150	8013,27
120	174,32	44,00	7203,27	375	150	7946,59
121		152,59	7070,85	250	150	7623,44
122	174,32	44,00	6938,43	250	150	7556,75
123		152,59	6806,02	250	150	7358,61
124	174,32	44,00	6673,60	250	150	7291,92
125		142,59	6541,19	250	150	7083,78
126	174,32	44,00	6408,77	250	150	7027,09
127		152,59	6276,36	250	150	6828,95
128	174,32	44,00	6143,94	250	150	6762,26
129		152,59	6011,52	250	150	6564,11
130	174,32	44,00	5879,11	250	150	6497,43
131		152,59	5746,69	250	150	6299,28
132	174,32	44,00	5614,28	250	150	6232,60

ANEXO III: CRONOGRAMA DE GASTOS

133		152,59	5481,86	250	150	6034,45
134	174,32	44,00	5349,45	250	150	5967,77
135		142,59	5217,03	250	150	5759,62
136	174,32	44,00	5084,61	250	150	5702,93
137		152,59	4952,20	250	150	5504,79
138	174,32	44,00	4819,78	250	150	5438,10
139		152,59	4687,37	250	150	5239,96
140	174,32	44,00	4554,95	250	150	5173,27
141		152,59	4422,53	250	150	4975,12
142	174,32	44,00	4290,12	250	150	4908,44
143		152,59	4157,70	250	150	4710,29
144	174,32	44,00	4025,29	250	150	4643,61
145		142,59	3892,87	250	150	4435,46
146	174,32	44,00	3760,46	250	150	4378,78
147		152,59	3628,04	250	150	4180,63
148	174,32	44,00	3495,62	125	150	3988,94
149		152,59	3363,21	125	150	3790,80
150	174,32	44,00	0,00	125	150	493,32

