

Jordi Lluch Lleixà

Estudi de la relació dels rendiments del
garrofer de secà amb el clima al Baix Ebre,
2009- 2022

Treball de fi de grau

Dirigit per la

Dra. Manola Brunet India

Grau en Geografia, Anàlisi Territorial i Sostenibilitat



FACULTAT DE TURISME
i GEOGRAFIA
Universitat Rovira i Virgili

Vila-seca

2024

Agraïments

En primer lloc, m'agradaria agrair al meva tutora, Manola Brunet India, per guiar-me des del primer moment fins l'últim amb tot el que comporta un Treball de fi de grau i tots els passos que he fet. Ha estat present en tots els meus dubtes i sempre disposada a fer totes les tutories i revisions necessàries. Sense la seva figura mai hagués estat possible aquest treball.

En segon lloc, vull donar les gràcies al personal del Meteocat per l'aportació de les dades requerides. Gràcies a ells s'ha pogut realitzar l'anàlisi del qual es partia la idea principal.

Finalment, vull agrair a la meva família i als meus amics per tot el suport rebut, ja que han aconseguit que aquest camí em sigui el més fàcil i senzill possible.

Resum

Aquest treball de fi de grau analitza la relació entre els rendiments de garrofer de secà i les condicions climàtiques a la comarca del Baix Ebre, situada a la província de Tarragona. Aquest cultiu és de gran rellevància econòmica i ecològica per a la regió, caracteritzada pel clima mediterrani.

Per dur a terme aquest estudi, s'han recopilat dades sobre els rendiments del garrofer de secà durant el període 2009- 2022. Així mateix, s'han obtingut dades climàtiques de dos estacions, incloent-hi variables com la temperatura mitjana, la precipitació anual, la humitat relativa i la irradiació solar. Aquestes dades han estat analitzades en les diferents etapes vegetatives del garrofer mitjançant tècniques estadístiques per identificar correlacions.

L'anàlisi de les dades ha revelat una correlació entre certs paràmetres climàtics i els rendiments del garrofer. Entre les troballes més destacades hi ha una relació positiva entre la quantitat de precipitació anual i el rendiment del garrofer, encara que amb un llindar òptim més enllà del qual l'excés d'aigua no contribueix a un augment significatiu en la producció. L'augment de la temperatura mitjana durant el període de floració i fructificació afecten positivament els rendiments, evidenciant la vulnerabilitat del garrofer a les onades de calor. Per últim, una humitat relativa baixa s'associa amb millors rendiments mentre que nivells molt alts d'humitat relativa perjudiquen la producció.

Els resultats obtinguts suggereixen que els efectes de les variables climàtiques poden tenir un impacte significatiu en la producció de garrofer a la comarca del Baix Ebre encara que la relació entre el clima i els rendiments del garrofer de secà és complexa.

Paraules clau: Garrofer, Rendiments, Clima

Abstract

This final degree thesis analyzes the relationship between rainfed carob yields and climatic conditions in the Baix Ebre region, located in the province of Tarragona. This crop is of great economic and ecological importance for the region, characterized by the Mediterranean climate.

To carry out this study, data has been collected on the yields of rainfed carob during the period 2009-2022. Likewise, climatic data from two meteorological stations have been gathered, including variables such as average temperature, annual precipitation, relative humidity and solar radiation. These data have been analyzed in the different vegetative stages of the carob tree using statistical techniques to identify correlations.

Data analysis has revealed a correlation between certain climatic parameters and carob yields. Among the most prominent findings is a positive relationship between the amount of annual precipitation and carob yield, although with an optimal threshold beyond which excess water does not contribute to a significant increase in production. The increase in average temperature during the period of flowering and fruiting positively affects the yields, evidencing the vulnerability of the carob to heat waves. Finally, low relative humidity is associated with better yields, while very high levels of relative humidity are detrimental to production.

The results reached suggest that the effects of climate variables can have a significant impact on carob production in the Baix Ebre region, although the relationship between climate and rainfed carob yields is complex.

Key words: Carob tree, Yields, Climate

Índex

1. Introducció.....	6
2. Àrea d'estudi.....	9
3. Dades i metodologia.....	11
4. Resultats	18
4.1. Relació del clima amb els rendiments.....	19
4.2. Anàlisi de l'etapa I.....	29
4.3. Anàlisi de l'etapa II.....	39
4.4. Anàlisi de l'etapa III.....	47
4.5. Anàlisi comparativa dels preus de la garrofa als molins de la comarca	56
5. Conclusions.....	58
Referències	62
Annex.....	64

1. Introducció

Aquest document és un treball de fi de grau elaborat per Jordi Lluch Lleixà, alumne del grau de Geografia, Anàlisi territorial i Sostenibilitat de la Universitat Rovira i Virgili i està dirigit per Manola Brunet India.

L'objecte d'estudi ha estat l'anàlisi de les relacions entre el clima i els rendiments dels camps de garrofer de secà al Baix Ebre, impulsat per la necessitat de comprendre com els canvis ambientals afecten l'agricultura local amb l'objectiu de determinar quins són les variables climàtiques que han condicionat la producció de la garrofa en el conjunt de la comarca. En segon lloc, també s'ha estudiat el mercat de la garrofa on s'ha comparat els diferents preus que ofereixen els molins de la comarca amb l'objectiu d'informar als agricultors del preu al qual es compra el producte mitjançant una pàgina web, per a que ells puguin concloure on poden obtenir la major rendibilitat econòmica per la seva producció.

La selecció del conreu del garrofer de secà, ha estat principalment perquè és un conreu que la seva producció està estretament relacionada amb les condicions climàtiques (*Mladen Todorović, 2016*).

En relació amb el primer objectiu, no hi ha estudis sobre la relació de la producció de la garrofa amb les variables climàtiques que influeixen però hi ha diversos articles que determinen quins són els factors que afavoreixen el seu cultiu. En relació al segon objectiu, tampoc hi ha cap web que compari preus dels diversos molins d'aquest producte i en aquest territori.

Batlle (1997) descriu detalladament el que és un garrofer i les condicions biològiques, edàfiques i climàtiques necessàries per al seu cultiu. El garrofer és un arbre perennifoli escleròfil·le que pot arribar fins als 10 m d'alçada i és l'únic arbre mediterrani amb la principal època de floració a la tardor. Les zones òptimes per al cultiu han de tenir un clima mediterrani subtropical amb hiverns frescos, primaveres suaus i càlides i estius secs de calor. Els arbres es poden danyar quan les temperatures baixen de -4 °C i només poden

suportar temperatures hivernals no inferiors a $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tanmateix, els arbres poden suportar temperatures estivals de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ i vents secs i calorosos.

Els garrofers poden adaptar-se a una àmplia gamma de tipus de sòls, des de sòls sorrencs pobres i vessants rocosos fins a sòls profunds. A les zones amb sòls rocosos poc profunds, la mida i la productivitat dels arbres es redueix. Els millors sòls són margues sorrenques i ben drenades, però també són adequats els sòls calcaris amb alt contingut de calç. Afegir que és un arbre que també sembla tolerar bé la salinitat, on s'han trobat conreus amb un 3% de contingut de sal al sòl.

L'arbre com a xeròfit, pot sobreviure a climes secs sense reg i s'adapta bé a ambients àrids amb precipitacions mitjanes anuals d'entre 250 i 500 mm anuals. Tot i així, no donen cultius comercials tret que rebin almenys 500-550 mm anuals, però 350 mm de pluja anual es considera suficients per a la fructificació.

Les fulles fan de 10 a 20 cm de llarg i els folíols són de 3-7 cm de llarg, ovats a el·líptics i de color verd fosc i brillant per damunt, verd pàl·lid per sota i finament nervats amb marges lleugerament ondulats.

Les flors són petites i nombroses i acostumen a mesurar de 6 a 12 mm de llarg i són inicialment bisexuals, però normalment un sexe es suprimeix durant el desenvolupament. A partir de l'estructura de la flor es poden reconèixer conreus masculins, femenins i hermafrodites. Els conreus femenins són els arbres més importants ja que són els que produeixen les beines per posteriorment comercialitzar-les. Els mascles i els hermafrodites s'utilitzen normalment com a pol·linitzadors, encara que els hermafrodites tenen un valor especial sempre que siguin autofèrtils, de manera que no cal malgastar espai per als arbres mascles improductius.

El desenvolupament de la beina de garrofa segueix una corba de creixement sigmoïdal com molts altres fruits i es pot dividir en tres etapes. Durant l'etapa I (creixement lent), després de la fecundació a l'octubre i durant la tardor i l'hivern, la beina no presenta gairebé cap augment de pes. En aquesta etapa, experimenten un període de dormància durant els mesos més freds de l'any. Durant aquest temps, el seu creixement s'alenteix considerablement i la seva activitat metabòlica es redueix, cosa que els permet sobreviure

en condicions menys favorables i conservar energia fins que les temperatures tornin a ser més càlides. Aquesta dormància és una estratègia adaptativa comuna a molts arbres de regions mediterrànies, on els hiverns, encara que suaus en comparació amb altres regions, encara poden ser prou freds per inhibir el creixement actiu.

L'etapa II (creixement ràpid) comença a principis de la primavera quan la beina entra en un període actiu de creixement (d'abril a juny). L'augment de les temperatures i la disponibilitat d'aigua, provoca que els garrofers surtin d'aquest estat de dormància i reprenen el creixement i el desenvolupament normal, incloent-hi la producció de flors i fruits. Aquesta capacitat d'entrar en dormància i després reactivar-se és crucial per a la supervivència dels garrofers en un clima mediterrani caracteritzat per una gran variabilitat estacional a les condicions ambientals.

En l'etapa III (maduració de juliol a agost), el fruit creix lentament, madura i comença a assecar-se al juny i canvia de color de verd a marró. Tot aquest procés fins que la beina madura, té una duració aproximada de 10 mesos. Les beines verdes a diferència de les madures pesen més perquè contenen al voltant del 70% d'aigua, mentre que el contingut d'aigua de les beines madures és del 12-18% (*Bengoechea, 2008*). Per últim, afegir que els dos components principals de la beina de garrofa són la polpa (90%) i les llavors (10%), on la polpa de la garrofa és alta en sucre (principalment sacarosa, glucosa, fructosa i maltosa).

Finalment, mencionar que Espanya és el país líder en producció de garrofes essent la província de Valencia la més productora seguit de Tarragona. Dintre de les diferents varietats que hi ha de cultiu, a la província de Tarragona predomina la Negra juntament amb la Rojal (*Batlle, 1985*).

L'interès sobre aquesta temàtica sorgeix d'un valor sentimental i cultural familiar, on aquesta l'han estat cultivant des de fa 5 generacions. Actualment, es continua cultivant i aquest treball, es en mostra d'agraïment al sacrifici i esforç dels meus avantpassats.

El treball s'estructura en aquesta introducció, on es mostra el que es realitzarà juntament amb la justificació de l'estudi. Seguidament, s'aborda l'àrea d'estudi, on s'identifica i descriu l'àrea on s'ha realitzat l'estudi juntament amb la metodologia, que explica els

passos que s'han seguit per obtenir els resultats. A continuació, es faciliten els resultats obtinguts, on s'exposa l'anàlisi global, juntament amb l'anàlisi de les etapes I, II i III i l'anàlisi comparativa dels preus de la garrofa als molins de la comarca juntament amb l'enllaç de la pàgina web creada. Finalment, es proporcionen les conclusions, les referències i l'annex, on és mostra el codi utilitzat per la creació de la pàgina web.

2. Àrea d'estudi

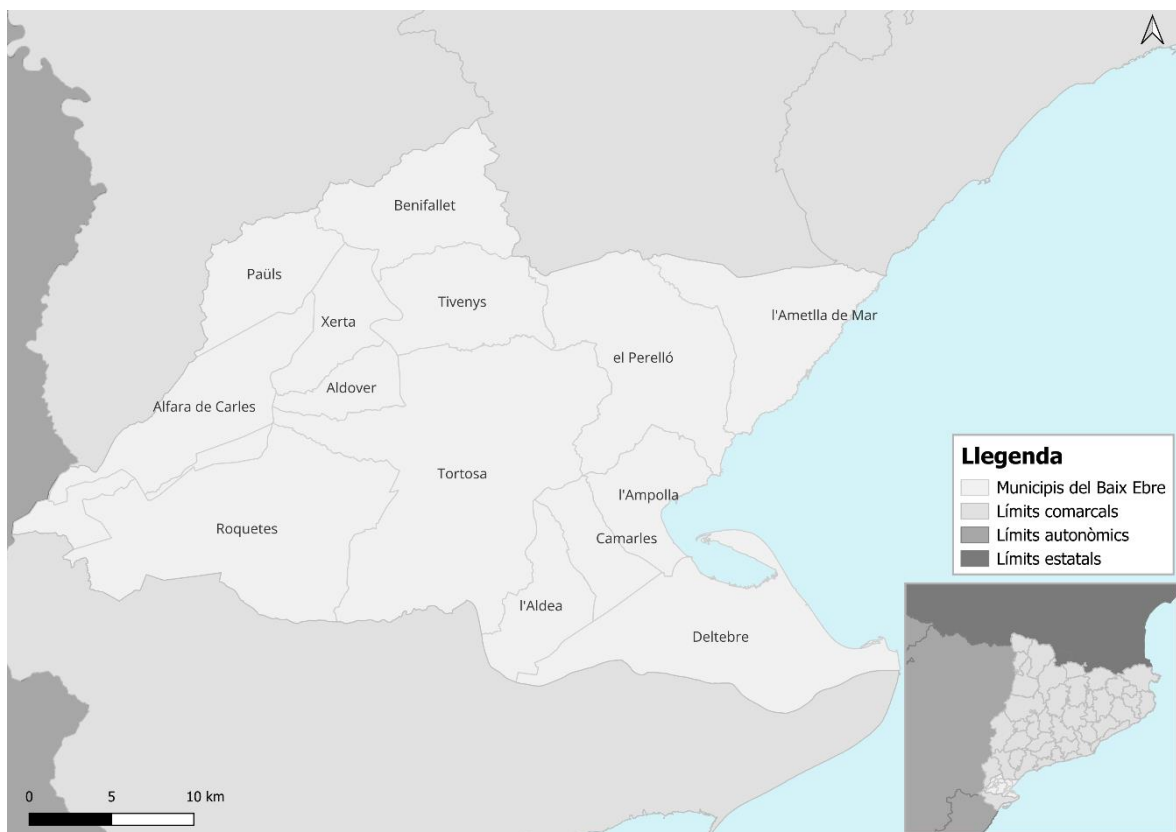
L'àrea d'estudi seleccionada ha estat el Baix Ebre que és una comarca de Catalunya que forma part de la província de Tarragona i de les Terres de l'Ebre. Limita al nord amb el Baix Camp, la Ribera d'Ebre i la Terra Alta, a l'est amb el Mar Mediterrani, al sud amb la comarca del Montsià i a l'oest amb la Terra Alta i el Matarranya. Té una extensió de 1.002,7 km² i està format per 14 municipis, on la seva capital és Tortosa i la població aproximada de la comarca és de 80.000 habitants.

El relleu està dominat per la vall del riu Ebre, que és una plana al·luvial. Aquesta vall ha estat modelada al llarg de millers d'anys per l'acció del riu, donant lloc a una regió de terres baixes amb sòls fèrtils ideals per a l'agricultura (*Bolos, 1961*). La topografia és relativament plana en comparació amb les àrees muntanyoses circumdants encara que la vall està envoltada per diverses formacions muntanyoses i colines, como les serres de Cardó que formen part de la serralada prelitoral o dels Ports. Per últim, trobem a la zona propera de la desembocadura del riu el Delta de l'Ebre, que és un àrea de maresmes i terres al·luvials formades per la sedimentació del riu al desembocar en el Mediterrani. El delta és una regió de gran importància ecològica amb hàbitats crucials per a una gran varietat de flora i fauna.

El clima es típicament mediterrani, caracteritzat per estius càlids i secs i hiverns suaus i humits. Les temperatures a l'estiu poden superar els 30 °C, mentre que a l'hivern poques vegades baixen dels 5 °C. Les precipitacions a la zona són moderades, amb una mitjana anual que varia entre 550 i 650 mm, on la majoria de les pluges es concentren a la tardor i primavera (*Clar, 1980*). L'estiu és l'estació més seca, amb períodes prolongats sense pluja. El vent que més caracteritza la comarca és el de mestral o serè, conegut per vent de dalt,

essent un vent sec que pot bufar amb força. També trobem la marinada o el vent de baix, del sud-est, que és humit i normalment poc intens i per últim, el vent de Llevant, de l'est o nord-est, que pot bufar amb violència i provocar tempestes intenses. Per últim, afegir que la proximitat al mar Mediterrani provoca que hi hagi alts nivells d'humitat, especialment a les zones més properes a la costa. En la figura 1 es pot observar la localització de la comarca a nivell autonòmic.

Figura 1. Localització del Baix Ebre.



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

3. Dades i metodologia

Les dades utilitzades en l'anàlisi han estat les variables climàtiques que afecten directament al cultiu juntament amb els rendiments i el preu de les collites. Aquestes han estat la temperatura mitjana diària, la humitat relativa mitjana diària, la precipitació acumulada diària i la irradiació solar global diària perquè d'acord amb Mladen Todorović (2016) son les que tenen més influència en els garrofers.

Del Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat) s'han obtingut les dades climàtiques a escala diària per a les dues estacions seleccionades pel període 2009- 2022, les quals formen part de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA). La taula 1 proporciona els noms de les estacions, la seva ubicació geogràfica (coordenades geogràfiques i elevació), les variables seleccionades i la longitud dels registres analitzats.

Taula 1. Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques del Baix Ebre, variables climàtiques i període.

Estacions meteorològiques seleccionades	Codi	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Variables climàtiques	Període
Aldover	U7	40,8594	0,50525	52	Temperatura mitjana diària, humitat relativa mitjana diària, precipitació acumulada diària i la irradiació solar global diària	2009-2022
El Perelló	U8	40,8729	0,71581	179		

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Les dades de les estacions meteorològiques seleccionades han passat el control de qualitat a la escala diària que aplica Meteocat a les dades enregistrades, el qual inclou proves de grans errors, de tolerància (dades excedint els seus llindars climàtics), de consistència interna (coherència entre variables, i.e. temperatura màxima < temperatura mínima), de coherència temporal (diferències grans entre valors consecutius) i de consistència espacial (coherència entre els valors enregistrats per estacions properes i climàticament similars).

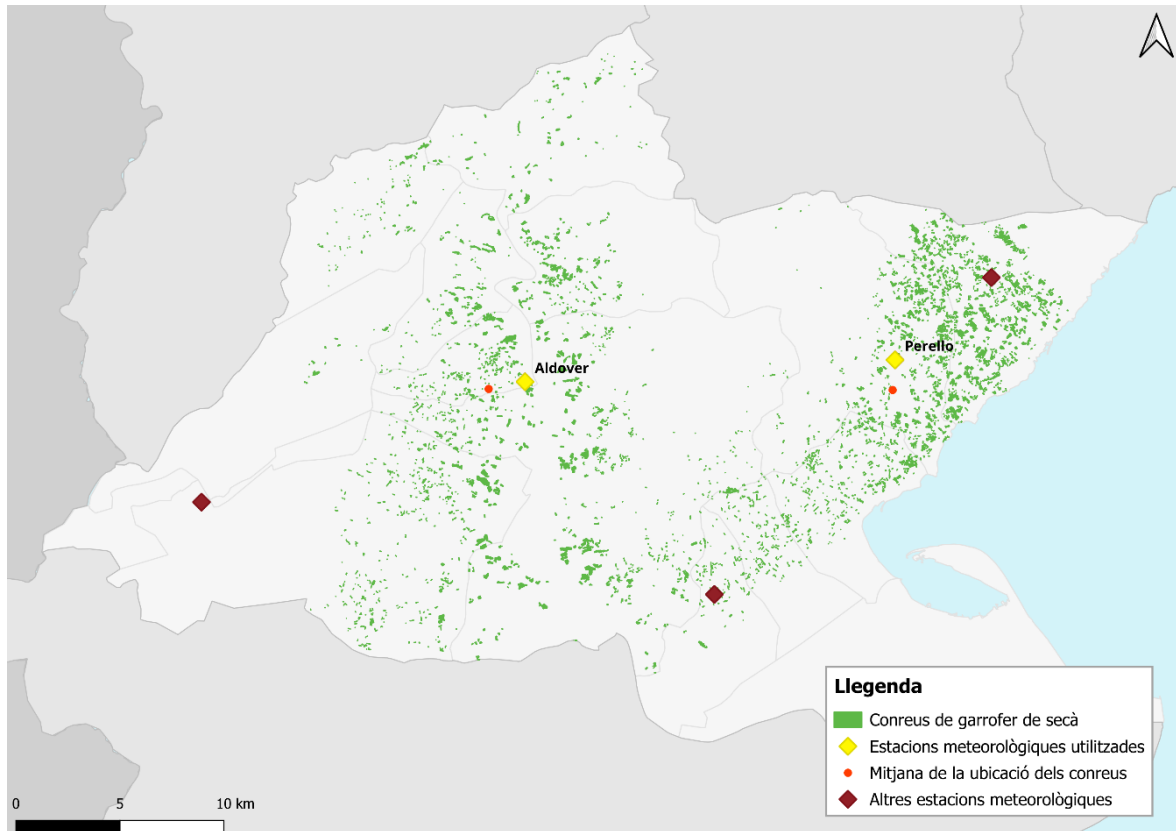
Amb les dades controlades de qualitat, s'han amitjanat els valors observats de les dos estacions i s'ha calculat la mitjana mensual de la temperatura mitjana diària, la humitat relativa mitjana diària, la precipitació acumulada diària i la irradiació solar global diària.

Un cop obtingudes les mitjanes mensuals, s'han calculat les mitjanes anuals que pertanyen al període vegetatiu del garrofer, és a dir, des de setembre fins a desembre de l'any anterior i de gener fins l'agost de l'any següent per estudiar la relació de les dades amb els rendiments del conreu. A partir del càlcul de les mitjanes anuals anualment pel període vegetatiu del garrofer, s'han produït taules i gràfics lineals per observar l'evolució temporal de les diferents variables i així poder estimar la tendència que han tingut les variables.

El preu de les collites dels garrofers o rendiments es refereix al valor monetari que s'obté per la venda de les beines del garrofer. Aquest preu pot variar significativament depenent de diversos factors com la qualitat del producte, la demanda del mercat, l'oferta disponible, i les condicions econòmiques generals (*Bas, 2018*).

Els rendiments del conreu expressats en kilograms per hectàrea, representen la quantitat de producció agrícola obtinguda per unitat de superfície. Aquest indicador és crucial per avaluar l'eficiència i la productivitat de la terra agrícola (*Doorenbos, 1979*). Aquests, s'han obtingut per al mateix període que les variables climàtiques (des de l'any 2009 fins al 2022) per a la comarca del Baix Ebre a partir de la informació obtinguda del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya i s'ha estudiat la distribució del cultiu arreu de la comarca amb el Geographic Information System Software (QGIS) a partir de la Declaració Agrària (DUN) de l'any 2022 proporcionada pel departament esmentat. Posteriorment, s'ha geolocalitzat a partir de les coordenades proporcionades pel Meteocat amb el QGIS les estacions meteorològiques de l'Aldea, Aldover, l'Ametlla de Mar, el Perelló i Roquetes ja que són les que hi ha ubicades a la comarca. Amb la funció Mean Center del ArcGIS (Geographic Information System Software), que és una eina d'anàlisi espacial utilitzada per calcular el centre d'una sèrie de distribució geogràfica, s'han calculat dos punts que mostren la ubicació mitjana dels conreus i s'han seleccionat les estacions més properes a aquests punts. En la figura 2, es pot observar la distribució del conreu i la localització de les diferents estacions juntament amb les seleccionades per la comarca del Baix Ebre.

Figura 2. Distribució dels camps de garrofer, mitjana de la ubicació dels conreus i localització de les estacions meteorològiques.



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes de la Declaració Agrària 2022.

Per estimar les tendències de les variables climàtiques s'ha utilitzat la Mitjana Mòbil Simple (SMA), que és una tècnica estadística utilitzada per suavitzar una sèrie temporal i destacar la seva tendència subjacent eliminant fluctuacions de curt termini. La SMA és valorada per la seva simplicitat i efectivitat, perquè és fàcil d'entendre i calcular, i ajuda a suavitzar el soroll a les dades, destacant tendències a llarg termini (Johnston, 1999).

L'anàlisi de dades climàtiques s'ha realitzat per als 3 períodes vegetatius del garrofer, on s'ha estimat la relació d'aquestes amb els rendiments en les diferents etapes vegetatives del garrofer, per tal d'esbrinar de quina manera afecten les variables climàtiques en cada etapa, ja que en cadascuna d'elles les condicions climàtiques òptimes són diferents (Mladen Todorović, 2016). La primera etapa, que és la que compren més mesos de l'any, des de setembre fins al març, correspon al creixement del garrofi. La segona etapa, que pertany al creixement de la beina, va des de l'abril fins al juny i la tercera etapa, que

compren bàsicament als mesos anteriors a la recol·lecció de la beina juntament amb els de recol·lecció; es a dir, els mesos de juliol i agost, com s'ha explicat a la introducció. Per determinar quins anys es consideren com a anys bons i dolents amb relació als rendiments, s'ha calculat la mitjana dels rendiments de tots els anys, on aquesta ha estat de 1609 kg/ha. Aleshores, s'ha determinat que un any amb el rendiment superior a la mitjana de 1609 kg/ha, és considerat com a bo o any de referència. Per últim, s'ha estimat la relació lineal de les variables climàtiques amb els rendiments de les diferents etapes vegetatives del garrofer mitjançant la utilització del full de càlcul d'Excel.

Per determinar la relació lineal entre les variables climàtiques i els rendiments, s'ha fet servir la correlació de Pearson. Aquesta tècnica estadística mesura la intensitat i la direcció de la relació lineal entre les variables i com ha resultat s'obté el valor de la correlació que oscil·la entre -1 i 1. Un valor proper a 1 indica una forta correlació positiva, un valor proper a -1 indica una forta correlació negativa, i un valor proper a 0 indica poca o cap correlació. També s'ha calculat el coeficient de determinació per avaluar la proporció de la variabilitat de la variable dependent que pot ser explicada per la variabilitat de la variable independent en un model de regressió.

Per explorar i modelar la relació entre les variables quan la relació lineal no ha estat adequada (entre 0,1 i -0,1), s'ha fet servir un model de regressió polinomial. Aquest tipus de regressió permet ajustar una corba a les dades i proporcionar una millor representació de relacions no lineals. Com a resultat s'obté un model que avalua l'ajust mitjançant el coeficient de determinació, on un coeficient de determinació proper a 1 indica un bon ajustament del model a les dades (*Bermúdez-Pirela, 2018*).

Els resultats obtinguts tant de la correlació de Pearson com del model de regressió polinomial, s'han representat en gràfics de dispersió elaborats amb Excel. Aquests, s'han integrat per proporcionar una visió comprensiva de la relació entre les dades climàtiques i els rendiments que s'han utilitzat en els dos models d'anàlisi, on el coeficient de determinació més alt ha determinat el model que descriu millor la relació entre les variables.

La cartografia que correspon a les figures 1 i 2, s'ha elaborat amb QGIS. Per elaborar la figura 1, s'han descarregat les capes vectorials dels límits municipals, comarcals, autonòmics i estatals de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Posteriorment, s'han retallat per l'àrea d'estudi, s'han afegit les etiquetes dels municipis i s'ha ajustat la simbologia amb l'ajuda de ColorBrewer. ColorBrewer és una eina en línia dissenyada per ajudar als cartògrafs i dissenyadors a seleccionar esquemes de colors efectius i visualment apropiats per a mapes i altres visualitzacions de dades. Després, s'ha procedit a elaborar la impressió cartogràfica on s'ha afegit la llegenda, el nord i l'escala.

Per elaborar la figura 2, s'han descarregat les capes vectorials dels límits municipals, comarcals i autonòmics de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya i la capa DUN de l'any 2022 obtinguda del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya. Posteriorment, s'han retallat les capes per l'àrea d'estudi i s'ha geolocalitzat les estacions meteorològiques de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques de l'Aldea, Aldover, l'Ametlla de Mar, el Perelló i Roquetes a partir de les coordenades proporcionades pel Meteocat, ja que són les que hi ha ubicades a la comarca. Més tard, s'ha filtrat la capa DUN de l'any 2022 per representar únicament el garrofer de secà, s'ha separat el polígon dels conreus en el sector est i oest, on les Serres de Cardó- el Boix ha estat la línia divisòria i amb la funció Mean Center del ArcGIS (Geographic Information System Software), que és una eina d'anàlisi espacial utilitzada per calcular el centre d'una distribució geogràfica, s'han calculat dos punts que mostren la ubicació mitjana dels conreus dels dos sectors. Finalment, s'han seleccionat una estació per a cada sector que han estat les més properes a aquests punts (Aldover i el Perelló), s'ha ajustat la simbologia amb l'ajuda de ColorBrewer i s'ha procedit a elaborar la impressió cartogràfica on s'ha afegit la llegenda, el nord i l'escala.

Per realitzar la pàgina web que mostra la ubicació dels diferents molins de la comarca juntament amb els preus de la garrofa de cadascun d'aquests, s'ha construït una pàgina web des de zero, on es pot consultar el codi al annex per transmetre el resultat als usuaris ja que una pàgina web es una bona eina de comunicació (*Grávalos Macho, 2013*). Aquesta mostra com a resultat un mapa on la informació dels molins representats s'ha recollit

mitjançant treball de camp, on s'ha consultat la ubicació d'aquests juntament amb el nom de l'empresa, el telèfon, l'horari i el preu de la garrofa per quilogram amb un rendiment d'un 11%, i s'ha creat una base de dades que correspon amb la informació desitjada.

La pàgina web està formada per diverses tecnologies que treballen juntes per crear l'estructura, el disseny i la funcionalitat interactiva (*Cabello, 2010*). Les tres tecnologies són HTML, CSS i JavaScript.

HTML (HyperText Markup Language) és el llenguatge de marcatge que s'utilitza per crear l'estructura i el contingut de la pàgina web. Defineix els elements bàsics de la pàgina, com ara capçaleres, paràgrafs, enllaços i altres components (*Equipo Vértice, 2009*).

CSS (Cascading Style Sheets) és el llenguatge utilitzat per descriure la presentació i el disseny de la pàgina web. Representa diferents estils com ara colors, fonts, marges i disposicions als elements HTML. CSS fa que la pàgina web sigui visualment atractiva i coherent (*Schulz, 2009*).

JavaScript és un llenguatge de programació que afegeix interactivitat i dinamisme a la pàgina web. JavaScript s'executa al navegador de l'usuari, cosa que permet respostes immediates a les accions de l'usuari sense necessitat de recarregar la pàgina (*Hernández, 2014*).

A més, la pàgina web inclou un mapa creat per QGIS2Web que mostra els límits municipals i de la comarca del Baix Ebre proporcionats per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, juntament amb la informació i ubicació dels molins que s'ha recollit mitjançant treball de camp i un mapa de fons de Google que s'ha incorporat amb el complement QuickMapServices de QGIS. QGIS2Web és una eina que permet exportar mapes creats a QGIS a formats web interactius utilitzant tecnologies com Leaflet o OpenLayers. Aquest mapa s'integra a la pàgina web mitjançant HTML, CSS i JavaScript, oferint una visualització geoespacial interactiva que els usuaris poden explorar i amb la qual poden interactuar. La inclusió del mapa QGIS2Web afegeix un element visual i funcional significatiu a la pàgina, proporcionant informació geogràfica precisa i accessible directament des del navegador web. QuickMapServices és un complement per a QGIS que permet als usuaris afegir ràpidament mapes base i serveis de mapes web als seus

projectes. Aquest complement és molt útil per als que necessiten accedir a mapes de fons o capes de dades en línia de manera ràpida i senzilla.

Finalment , la pàgina web s'ha publicat des de GitHub on s'ha creat un repositori, que actua com el contenidor de tots els fitxers de la pàgina web. Posteriorment, s'han afegit els fitxers HTML, CSS i JavaScript al repositori i s'ha configurat GitHub Pages per a què la pàgina web estigui disponible en línia. Després de configurar GitHub Pages, s'ha generat automàticament un URL per al lloc web on aquest es pot consultar a l'apartat "4.5. Anàlisi comparativa dels preus de la garrofa als molins de la comarca" ubicat als resultats .

4. Resultats

En primer lloc, la taula 2 mostra l'evolució dels rendiments juntament amb la superfície de seca i la producció des de l'any 2009 fins al 2022.

Taula 2. Evolució de la superfície, producció i rendiments dels conreus de garrofer al Baix Ebre (2009 - 2022).

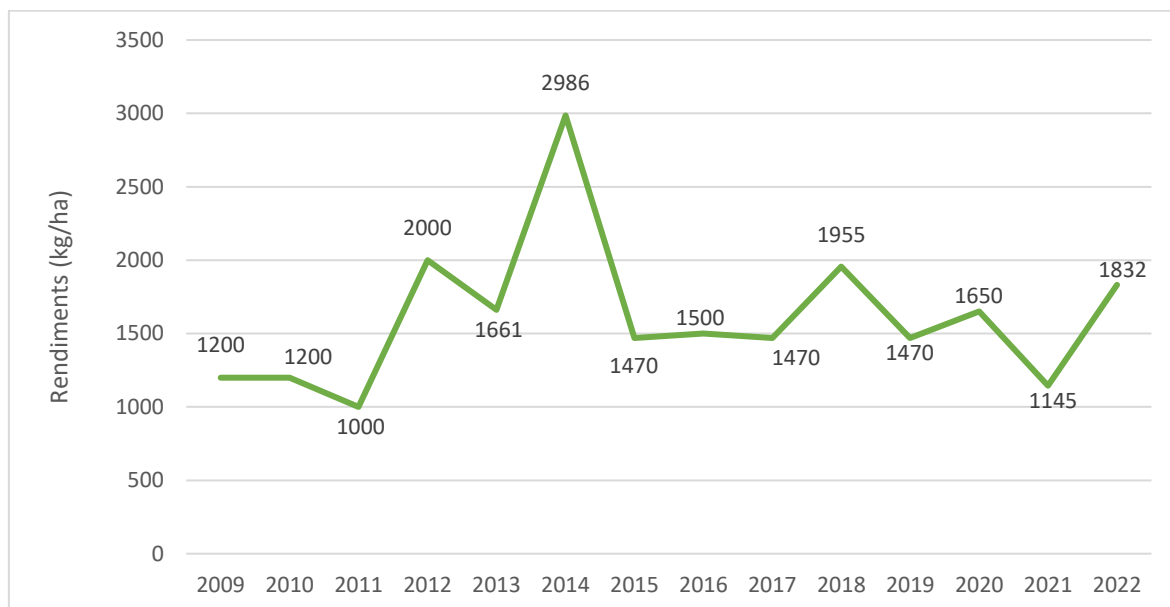
Any	Superfície seca (ha)	Producció total (kg)	Rendiment seca (kg/ha)
2009	3963	4755600	1200
2010	3954	4744800	1200
2011	3080	3080000	1000
2012	3034	6068000	2000
2013	2950,6	4900947	1661
2014	2915	8704190	2986
2015	2756	4051320	1470
2016	2600	3900000	1500
2017	2551	3749970	1470
2018	2532	4950060	1955
2019	1806	2654820	1470
2020	1814	2993100	1650
2021	1976	2262520	1145
2022	2122	3887504	1832

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Es pot observar que la superfície de seca ha anat reduint-se progressivament durant el transcurs dels anys, on la dificultat per trobar mà d'obra, juntament amb els baixos preus per les collites, entre altres factors, han provocat un abandonament dels camps de cultiu significant. La producció total també s'ha anat reduint progressivament on ha estat una conseqüència directa de la reducció de la superfície de seca però en canvi, els rendiments al inici del període eren lleugerament inferiors que al final i s'observa un petit augment durant el transcurs dels anys, on l'any amb el rendiment més elevat ha estat el 2014 amb un total de 2986 kg/ha. L'any amb menor rendiment ha sigut el 2011, on aquest ha estat de 1000 kg/ha i el canvi més significant d'un any a un altre s'ha produït entre els anys 2011 i 2012, on els rendiments han augmentat un 200%, passant de 1000 kg/ha a 2000 kg/ha. Si observem l'evolució dels rendiments, es pot veure que en els anys imparells, el rendiment sempre es igual o inferior que al pròxim any parell, és a dir, que si el rendiment

de l'any 2020 és de 1650 kg/ha, el de l'any 2019 és igual o menor. En la figura 3, es pot observar l'evolució dels rendiments.

Figura 3. Evolució dels rendiments del garrofer al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

4.1. Relació del clima amb els rendiments.

A continuació, es mostra l'anàlisi realitzat on es relacionen les variables climàtiques amb els rendiments. En primer lloc, es veurà la influència d'aquests en els rendiments pel conjunt de l'any i després, es compararan les diverses variables en les diferents etapes de creixement.

En la taula 3 es mostren les mitjanes anuals dels elements climàtics analitzats juntament amb els rendiments.

Taula 3. Variables climàtiques amitjanades anualment i rendiments del Baix Ebre (2009 - 2022).

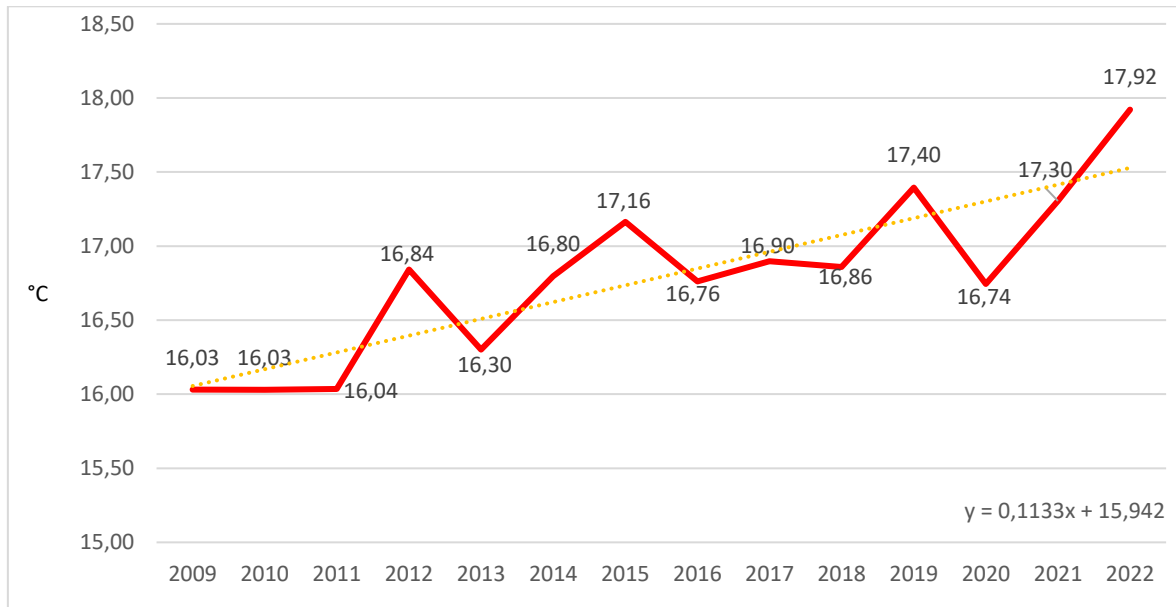
Any	Temperatura mitjana diària (°C)	Humitat relativa mitjana diària (%)	Precipitació acumulada diària (mm)	Irradiació solar global diària (MJ/m ²)	Rendiment (kg/ha)
2009	16,03	65,53	387,65	15,68	1200
2010	16,03	64,42	461,90	15,15	1200
2011	16,04	65,36	485,20	15,67	1000
2012	16,84	62,62	380,95	16,22	2000
2013	16,30	62,85	663,60	15,66	1661
2014	16,80	62,52	391,30	15,73	2986
2015	17,16	64,63	665,15	16,31	1470
2016	16,76	62,71	320,65	16,22	1500
2017	16,90	65,28	373,20	16,12	1470
2018	16,86	60,19	335,70	16,05	1955
2019	17,40	69,85	781,70	15,74	1470
2020	16,74	68,91	497,90	15,34	1650
2021	17,30	69,06	611,15	15,98	1145
2022	17,92	67,46	344,80	16,02	1832

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la temperatura mitjana diària a l'escala anual, es pot observar un augment progressiu d'aquesta en el transcurs dels anys, on hi ha hagut quasi dos °C més en el final del període en comparació al inici, essent l'any 2022 on la mitjana de la temperatura mitjana diària ha estat més elevada arribant a 17,92 °C. Tot i així, en els anys 2012, 2014 i 2018 que són els 3 anys on hi ha hagut un major nombre de rendiments, aquesta es trobava entre els 16,8 i 16,9 °C. En canvi, en els anys 2009, 2010 i 2011 que han estat els anys amb els rendiments més baixos, aquesta s'ha situat entre els 16 i 16,05 °C. Tot i així, trobem anys com el 2016 i 2017, que la temperatura mitjana ha estat propera als anys en els quals s'ha obtingut el major nombre de rendiments i els rendiments d'aquests anys, es situen per sota de la mitjana del total de rendiments. Aleshores, es pot deduir que durant el període analitzat una temperatura entre 16,8 i 16,9 °C és idònia per obtenir els majors rendiments, afegint que una temperatura mitjana diària major o menor, redueix significativament els rendiments. A tot això, trobem la excepció de l'any 2022, on la temperatura mitjana diària va estar en 17,92 °C, casi un grau per sobre de la temperatura idònia i els rendiments, van ser de 1832 kg/ha, corresponent al quart any amb major nombre de rendiments. A continuació, es pot observar la figura 4, que mostra l'evolució

de la temperatura mitjana diària a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022 mitjançant anualment d'acord amb el cicle vegetatiu del garrofer.

Figura 4. Evolució de la temperatura mitjana diària mitjançada anualment al Baix Ebre (2009 - 2022).

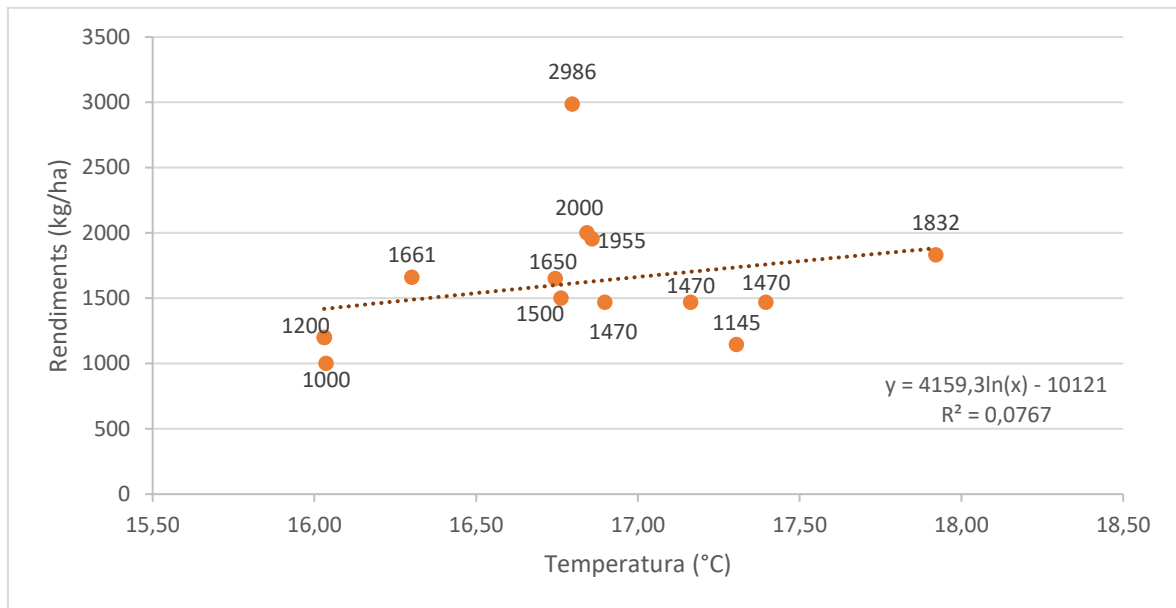


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la temperatura mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de 0,27 i ens indica que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments també. Tot i així, la correlació entre les dues variables és positiva baixa i el model no és força fiable ja que el coeficient de determinació és de 0,07. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,19. Això vol dir que només el 19% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per les temperatures observades. El 81% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model.

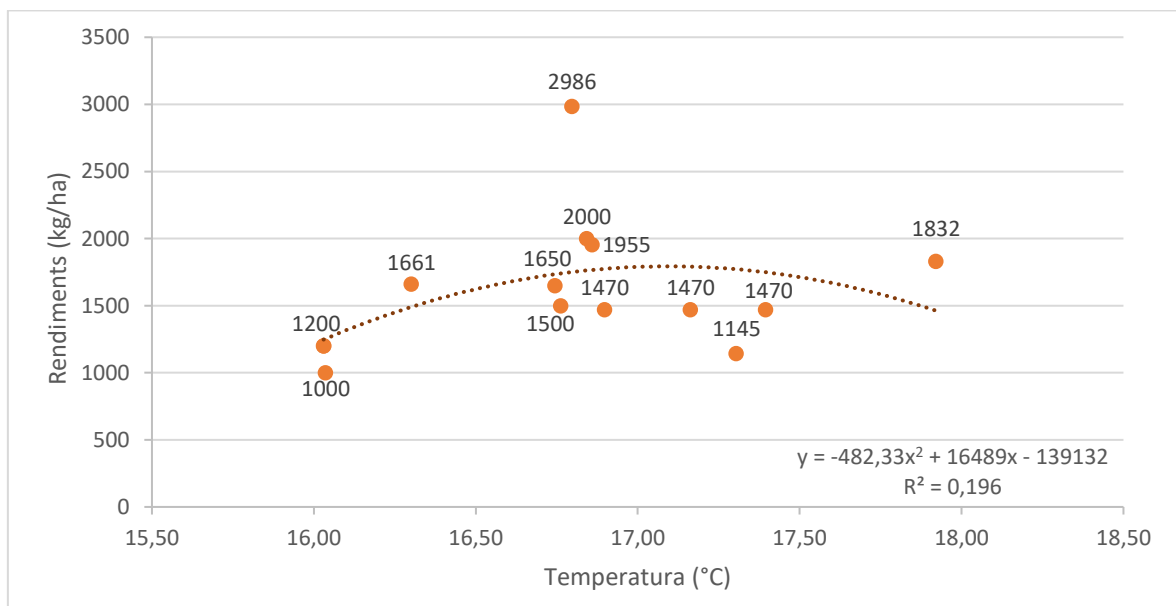
A continuació, la figura 5 mostra la correlació lineal entre la temperatura mitjana diària i els rendiments i la figura 6 el model de regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària i els rendiments.

Figura 5. Correlació lineal entre la temperatura mitjana diària amitjanada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

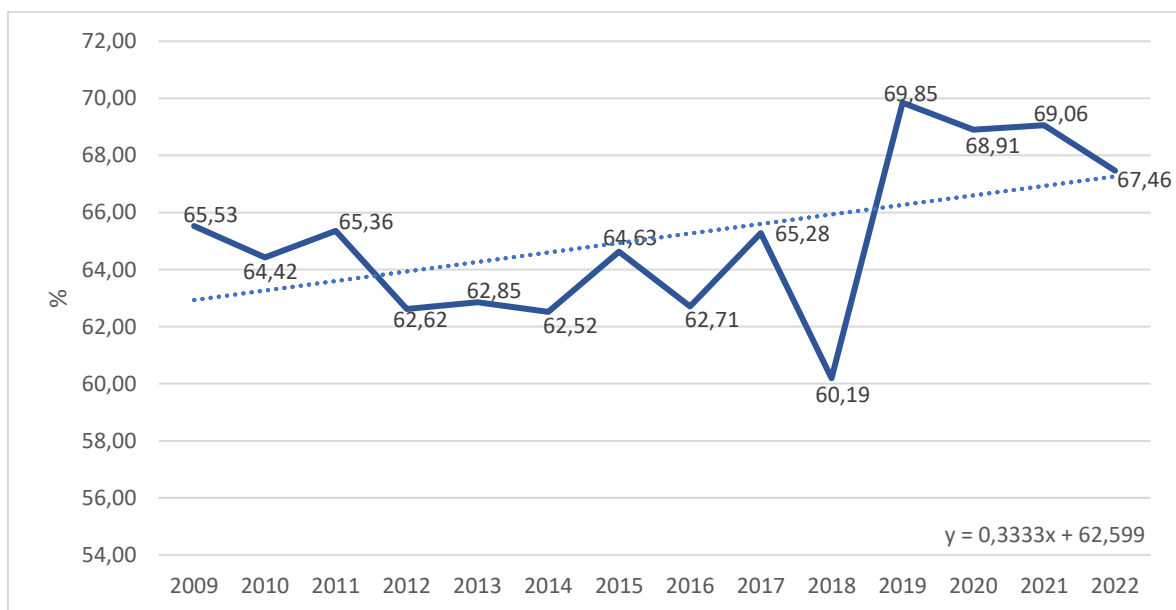
Figura 6. Regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària amitjanada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la humitat relativa mitjana diària a l'escala anual, es pot estimar una tendència ascendent, essent l'any 2019 pel que s'ha registrat una humitat relativa mitjana diària amb un 69,85% . Tot i així, si relacionem la humitat relativa mitjana diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) presenten un menor percentatge d'humitat en relació a la resta d'anys, essent aquests anys els anys amb menor humitat relativa mitjana diària situant-se aquesta entre el 60% i 62,65%. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la humitat ha estat de 65,36% i 69,06% i amb aquestes dades, únicament podem afirmar que els 3 anys amb major nombre de rendiments han presentat la menor humitat relativa mitjana diària. En aquest cas, trobem força anomalies ja que hi ha anys amb rendiments relativament bons que presenten una humitat alta com per exemple l'any 2022, on els rendiments van ser de 1832 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 67,46% o l'any 2016, on els rendiments van ser de 1500 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 62,71%, força propera a la dels anys amb més rendiments. A continuació, es pot observar la figura 7, que mostra l'evolució de la humitat relativa mitjana diària a la comarca del Baix Ebre entre els any 2009 i 2022.

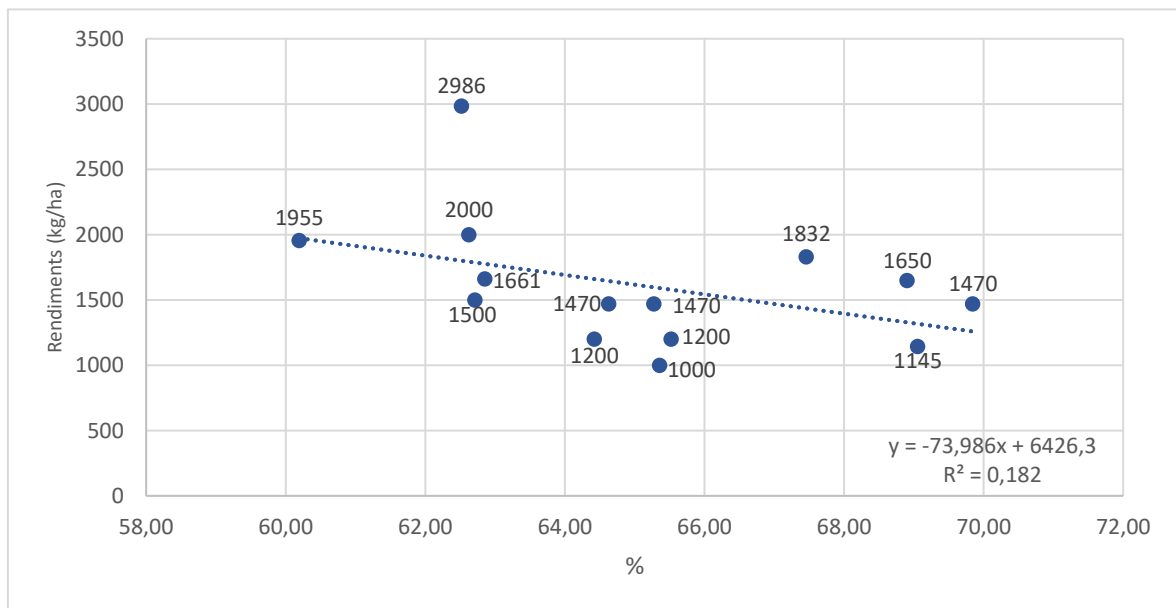
Figura 7. Evolució de la humitat relativa mitjana diària amitjanada anualment al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,43 i ens indica que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa baixa i el model no és força fiable ja que el coeficient de determinació és de 0,18, on el 82% de la variabilitat no és explicada pel model. A continuació, es pot observar la figura 8, que mostra la correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments.

Figura 8. Correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària mitjanada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).

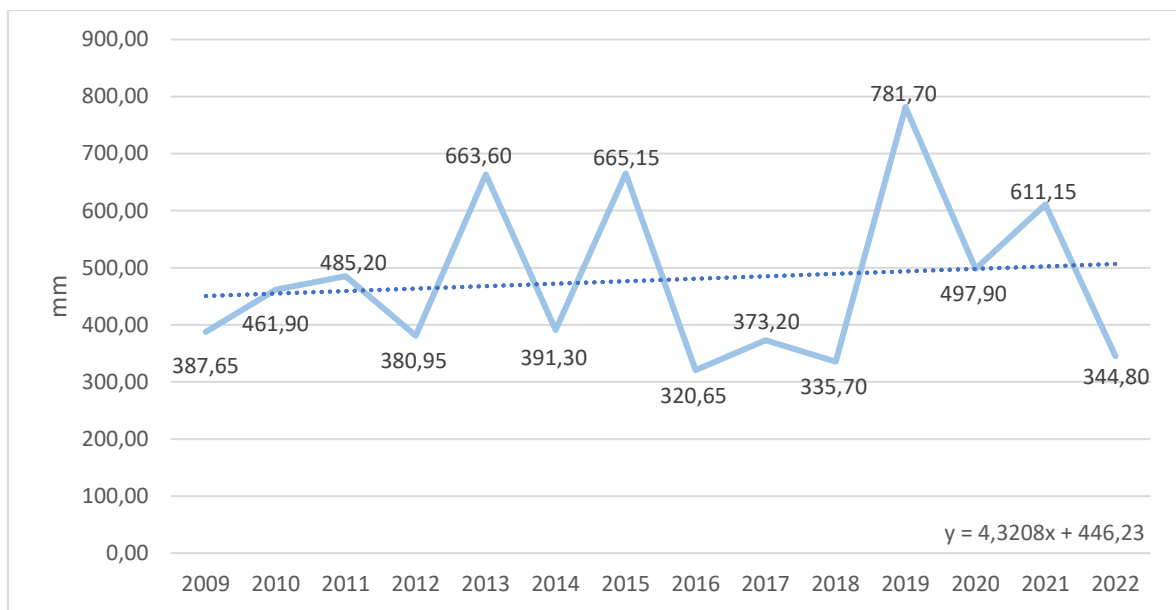


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la precipitació acumulada, es pot estimar una tendència lleugerament ascendent, essent l'any 2019 el que ha presentat una major precipitació acumulada amb un total de 781,7 mm. Tot i així, si relacionem la precipitació acumulada amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la precipitació acumulada ha estat entre 330 mm i 400mm. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la precipitació acumulada ha superat els 450 mm, on aparentment aquest augment de precipitació ha perjudicat als rendiments. En aquest cas, trobem força anomalies ja que trobem anys amb rendiments baixos que presenten una precipitació acumulada similar a la dels anys amb major nombre de rendiments com per exemple l'any 2009, on els rendiments van ser de 1200

kg/ha i la precipitació acumulada va ser del 387 mm o l'any 2017, on els rendiments van ser de 1470 kg/ha i la precipitació acumulada va ser de 373 mm. En aquest cas, costa trobar una relació entre la precipitació i els rendiments, ja que quan aquesta passa de 450 mm, els rendiments són més baixos en comparació a la resta d'anys. A continuació, es pot observar la figura 9, que mostra l'evolució de la precipitació acumulada a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 9. Evolució de la precipitació acumulada anualment al Baix Ebre (2009 - 2022).

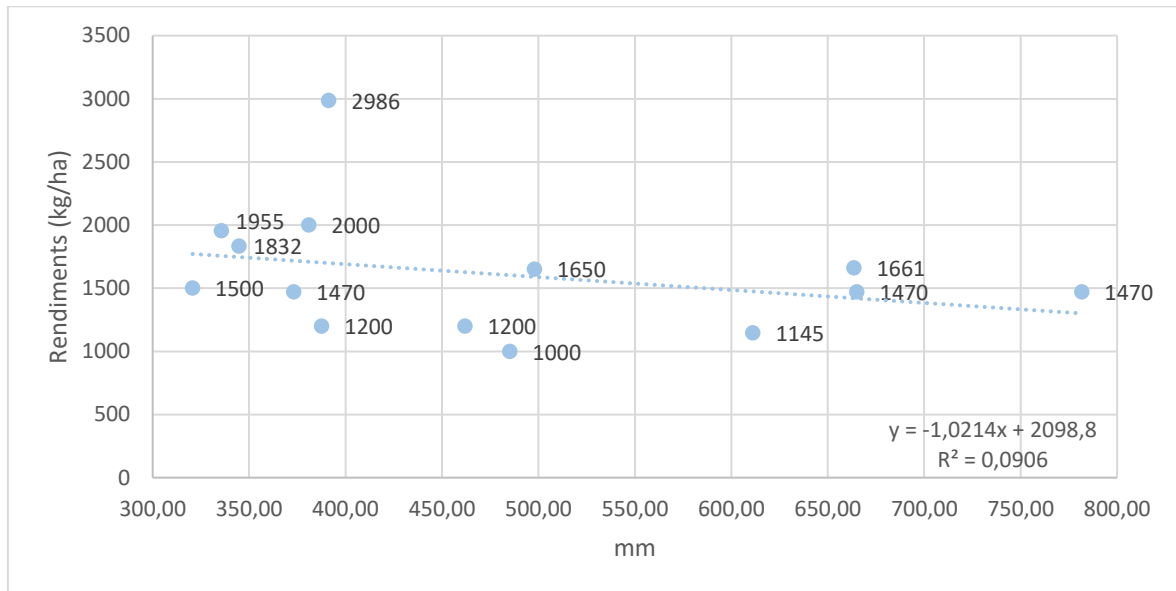


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la precipitació acumulada i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,30 i ens indica que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa baixa i el model no és força fiable ja que el coeficient de determinació és de 0,09, on el 91% de la variabilitat no és explicada pel model. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,14. Això vol dir que només el 14% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la precipitació acumulada. El 86% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model. A continuació, es pot observar la figura 10, que mostra la correlació

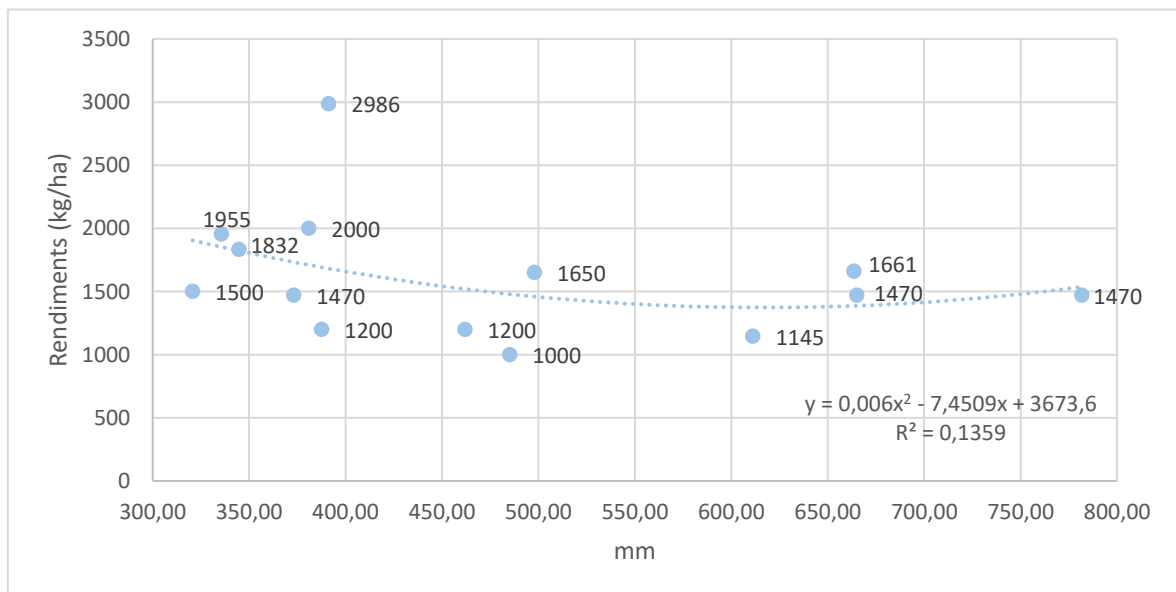
lineal entre la precipitació acumulada i els rendiments i la figura 11, que mostra el model de regressió polinomial entre la precipitació acumulada i els rendiments.

Figura 10. Correlació lineal entre la precipitació acumulada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

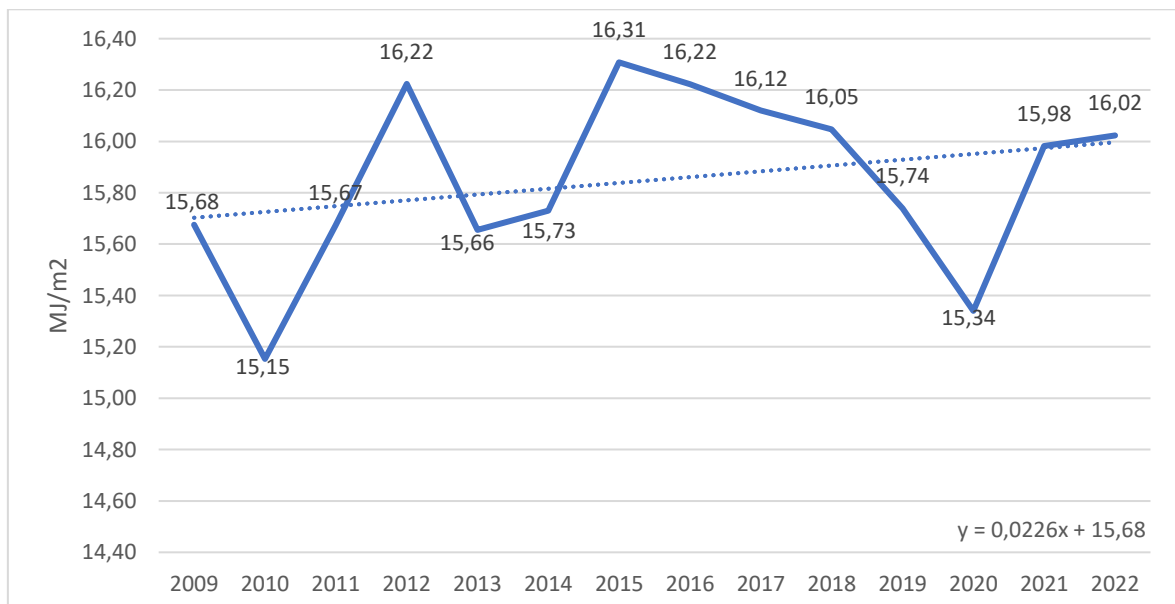
Figura 11. Regressió polinomial entre la precipitació acumulada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la mitjana de la irradiació solar global diària, es pot estimar una tendència lleugerament ascendent, essent l'any 2015 el que ha presentat la major mitjana de la irradiació solar global diària amb un total de 16,31 /m2. Tot i així, si relacionem la irradiació solar global diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la irradiació solar global diària ha estat entre 15,7 MJ/m2 i 16,25 MJ/m2. Els anys 2011 i 2009, que són anys on els rendiments han estat baixos, la irradiació solar global diària és situava per sota de 15,7 MJ/m2, on aparentment els rendiments s'han vist afectats per la baixa irradiació solar. En aquest cas, trobem anomalies ja que hi ha anys amb rendiments baixos que presenten una irradiació solar global diària similar a la dels anys amb major nombre de rendiments com per exemple l'any 2021, on els rendiments van ser de 1145 kg/ha i la irradiació solar global diària va ser de 15,98 MJ/m2. Per últim, afegir que s'observa que quan la irradiació solar és major, els rendiments augmenten. A continuació, es pot observar la figura 12, que mostra l'evolució de la irradiació solar global diària a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 12. Evolució de la irradiació solar global diària amitjanada anualment al Baix Ebre (2009 - 2022).

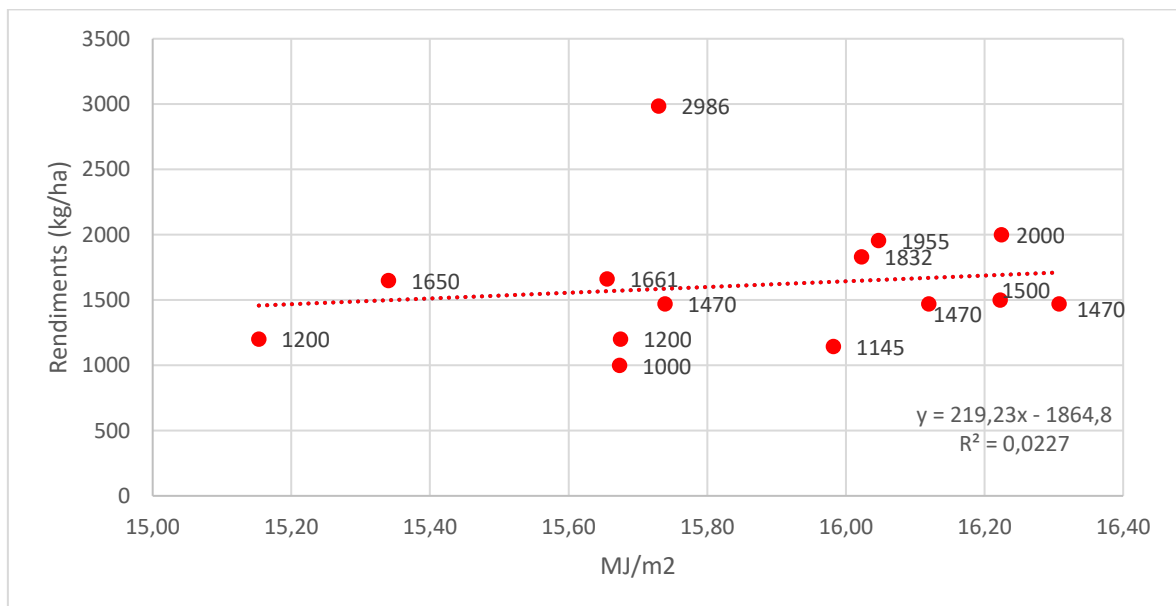


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments, s'observa que aquest és de 0,15 i ens indica que a mesura que la irradiació augmenta, els rendiments també. Tot i així, la correlació entre les dues variables es positiva molt baixa i el model no és força fiable ja que el coeficient de determinació és de 0,02. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,05. Això vol dir que només el 5% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la irradiació observada. El 95% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model. Tot i així, són models no força fiables i s'allunyen bastant de determinar els rendiments a partir d'aquesta variable.

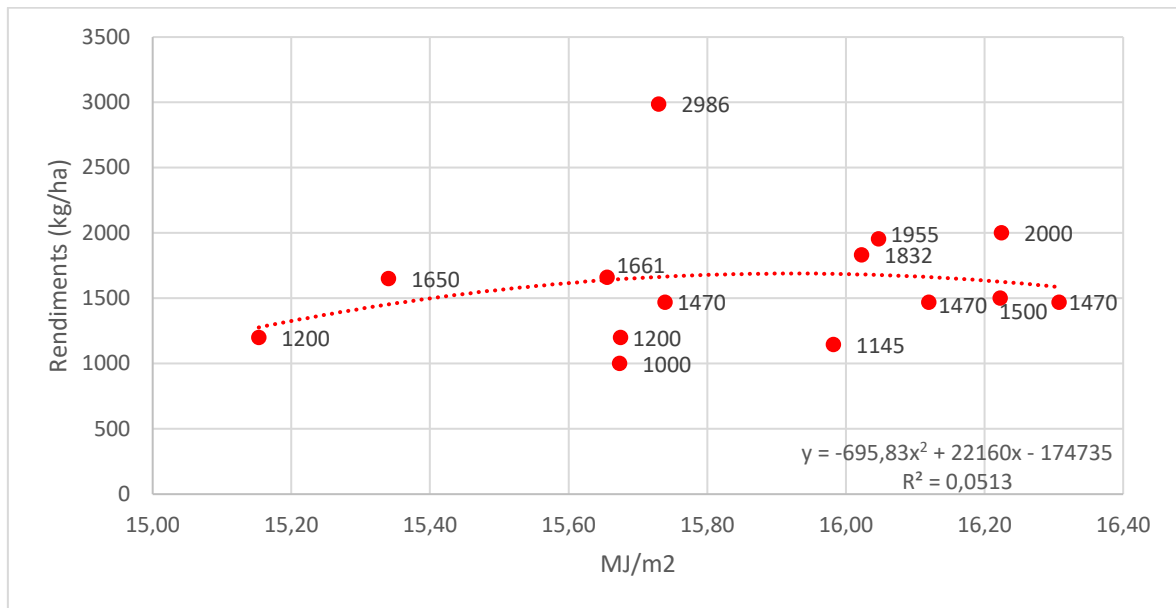
A continuació, es pot observar la figura 13, que mostra la correlació lineal entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments i la figura 14, que mostra el model de regressió polinomial entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments.

Figura 13. Correlació lineal entre la irradiació solar global diària amitanjana anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Figura 14. Regressió polinomial entre la irradiació solar global diària amitjanada anualment i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

4.2. Anàlisi de l'etapa I

A continuació es mostra un anàlisi de la etapa I, que compren els mesos de setembre a març, per observar la relació de les variables climàtiques en la fase de creixement del garrofi.

En la taula 4, es mostren les variables climàtiques de la etapa I analitzats juntament amb els rendiments.

Taula 4. Variables climàtiques mitjanades per als mesos de l'etapa I i rendiments dels camps de garrofers del Baix Ebre (2009 - 2022).

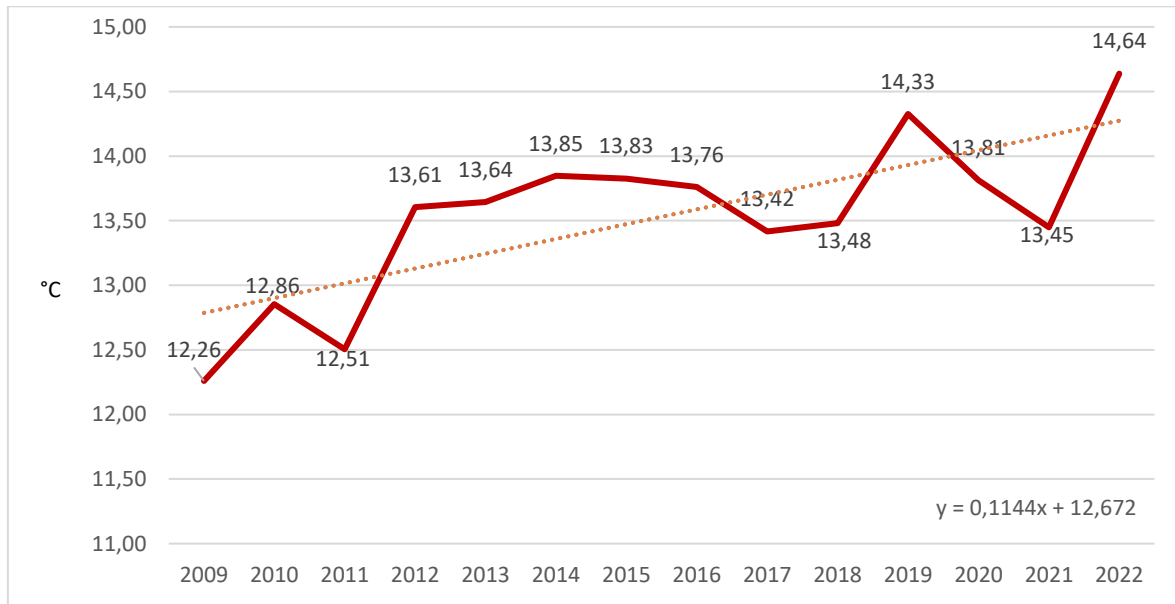
Any	Temperatura mitjana diària (°C)	Humitat relativa mitjana diària (%)	Precipitació acumulada diària (mm)	Irradiació solar global diària (MJ/m ²)	Rendiment (kg/ha)
2009	12,26	67,03	267,45	10,68	1200
2010	12,86	65,41	295,55	10,15	1200
2011	12,51	64,75	359,85	11,07	1000
2012	13,61	62,28	232,85	12,12	2000
2013	13,64	63,33	455,15	10,53	1661
2014	13,85	62,16	202,00	11,00	2986
2015	13,83	66,29	507,60	11,07	1470
2016	13,76	65,26	190,25	10,95	1500
2017	13,42	68,86	302,75	11,01	1470
2018	13,48	57,67	156,20	11,43	1955
2019	14,33	69,46	517,95	11,06	1470
2020	13,81	69,00	222,05	11,24	1650
2021	13,45	70,91	416,90	10,60	1145
2022	14,64	69,14	224,60	11,11	1832

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la temperatura mitjana diària d'aquesta primera etapa vegetativa, es pot observar un augment progressiu d'aquesta en el transcurs dels anys, on hi ha hagut poc més de dos °C més en el final del període en comparació al inici, essent l'any 2022 on la mitjana de la temperatura mitjana diària ha estat més elevada arribant a 14,64 °C. Tot i així, en els anys 2012, 2014 i 2018 que són els 3 anys on hi ha hagut un major nombre de rendiments, aquesta es trobava entre els 13,45 i 13,9 °C. En canvi, en els anys 2009, 2010 i 2011 que han estat els anys amb els rendiments més baixos, aquesta s'ha situat entre els 12,2 i 12,9 °C. Tot i així, trobem anys com el 2016 i 2017, que la temperatura mitjana ha estat propera als anys en els quals s'ha obtingut el major nombre de rendiments i els rendiments d'aquests anys, es situen per sota de la mitjana del total de rendiments. Aleshores, es pot deduir que una temperatura a l'etapa I entre 13,45 i 13,9 °C és idònia per obtenir el major nombre de rendiments, afegint que una temperatura mitjana diària major o menor, redueix significativament els rendiments. A tot això, trobem la excepció de l'any 2022, on la temperatura mitjana diària va estar en 14,64 °C, casi un grau per sobre de la temperatura idònia i els rendiments, van ser de 1832 kg/ha, corresponent al quart any amb major nombre de rendiments. A continuació, es pot observar la figura 15, que

mostra l'evolució de la temperatura mitjana diària de l'etapa I a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 15. Evolució de la temperatura mitjana anual de l'etapa I al Baix Ebre (2009 - 2022).

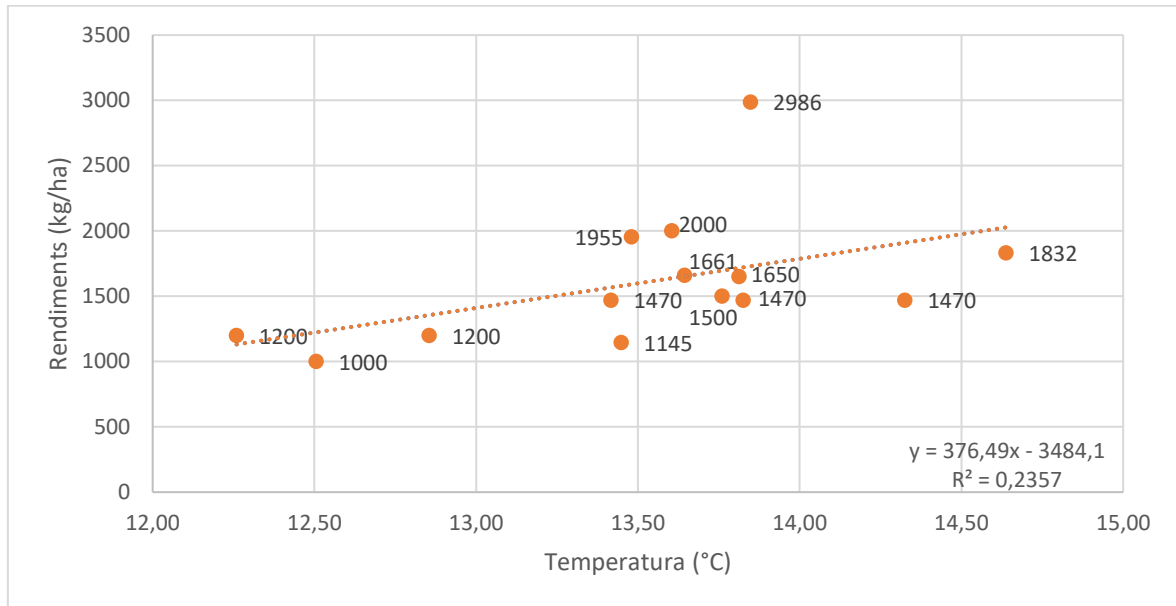


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la temperatura mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de 0,49 i ens indica que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments també. Tot i així, la correlació entre les dues variables és positiva moderada i el model suggereix que el model actual té un poder explicatiu baix a moderat, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de 0,24. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,27. Això vol dir que només el 27% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per les temperatures observades. El 73% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model.

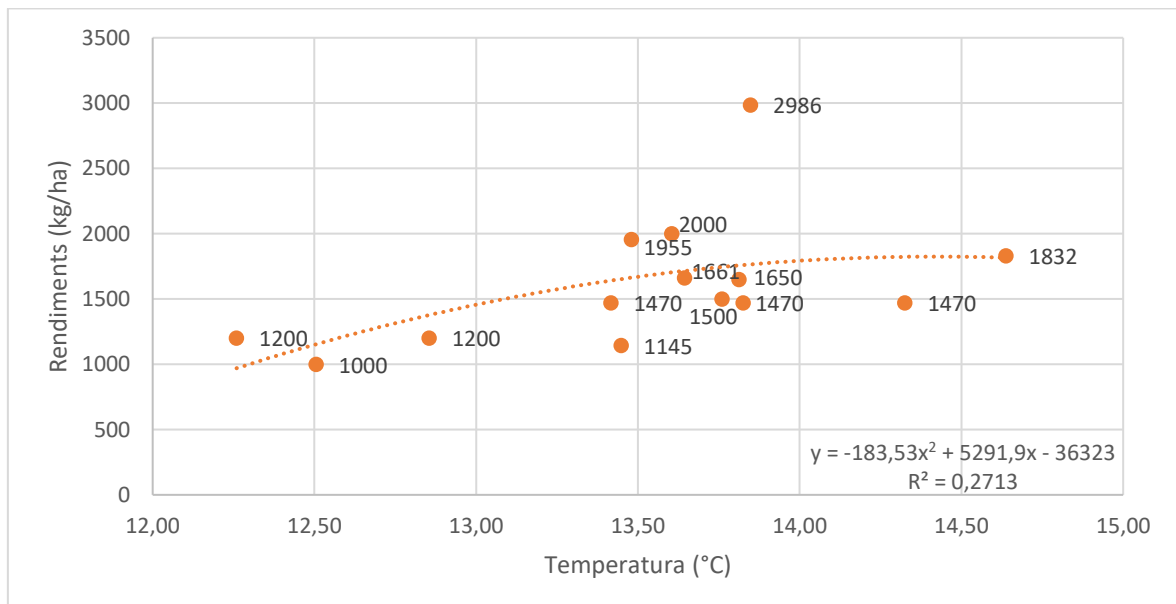
A continuació, es pot observar la figura 16, que mostra la correlació lineal entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments i la figura 17, que mostra el model de regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments.

Figura 16. Correlació lineal entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

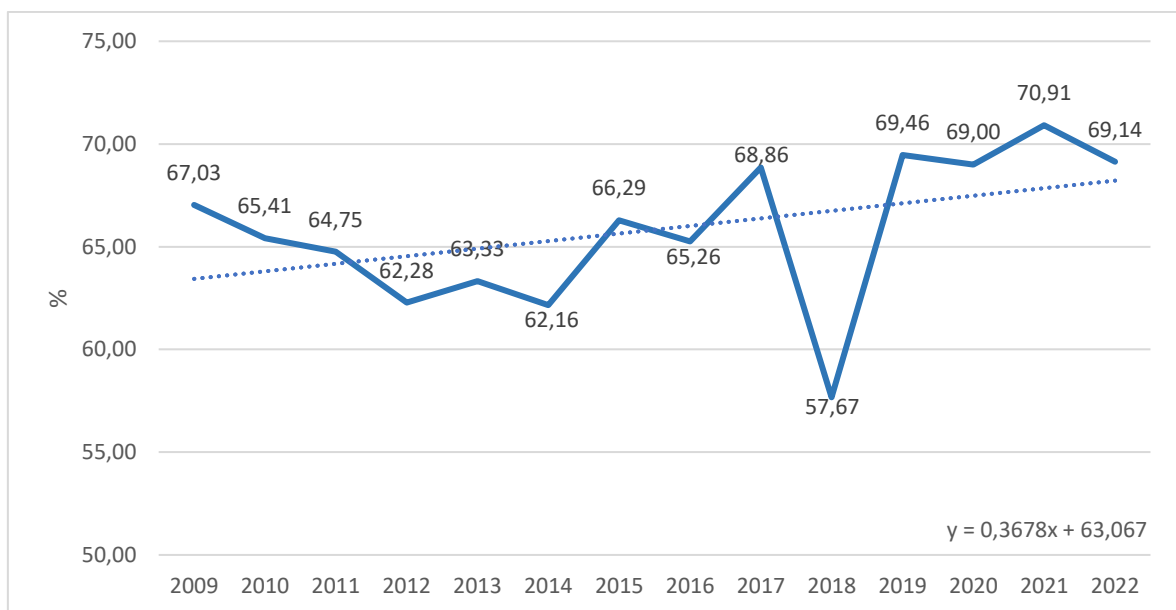
Figura 17. Regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la humitat relativa mitjana diària de l'etapa I, es pot estimar una tendència ascendent, essent l'any 2021 el que s'ha trobat una humitat relativa mitjana diària més alta, amb un 70,91% . Tot i així, si relacionem la humitat relativa mitjana diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) presenten un menor percentatge d'humitat en relació a la resta d'anys, essent aquests anys els anys amb menor humitat relativa mitjana diària situant-se aquesta entre el 57,5% i 62,3%. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la humitat ha estat de 64,75% i 70,91% i amb aquestes dades, únicament podem afirmar que els 3 anys amb major nombre de rendiments han presentat la menor humitat relativa mitjana diària. En aquest cas, trobem força anomalies ja que trobem anys amb rendiments relativament bons que presenten una humitat alta com per exemple l'any 2022, on els rendiments van ser de 1832 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 69,14% o l'any 2013, on els rendiments van ser de 1661 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 63,33%, força propera a la dels anys amb més rendiments. A continuació, es pot observar la figura 18, que mostra l'evolució de la humitat relativa mitjana diària en l'etapa I a la comarca del Baix Ebre entre els any 2009 i 2022.

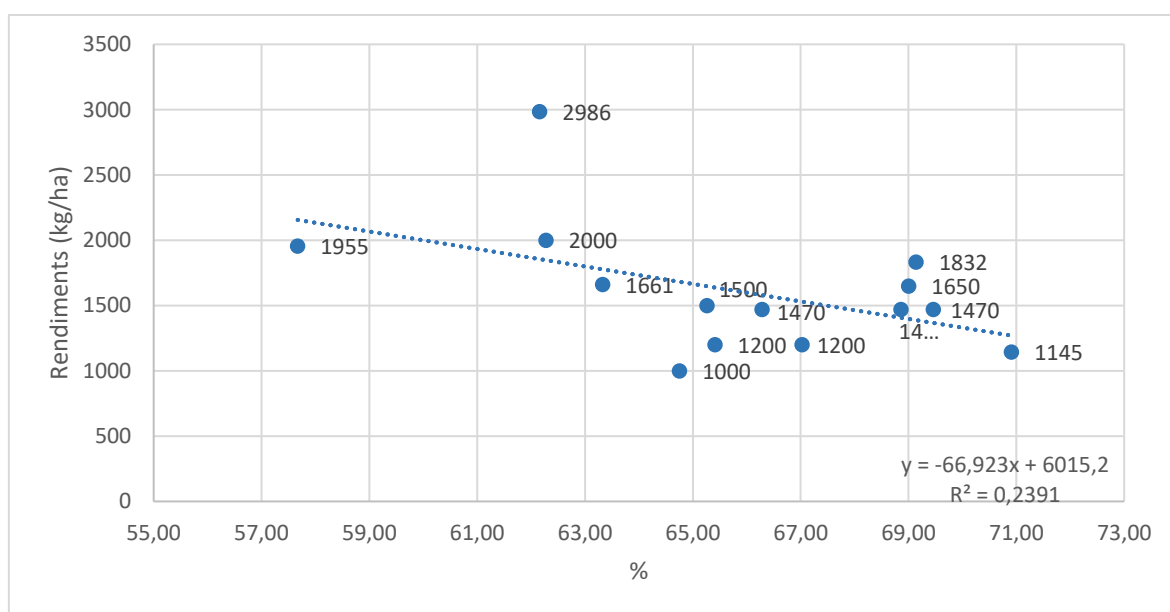
Figura 18. Evolució de la humitat relativa mitjana diària amitjanada per l'etapa I (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,49 i ens indica que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa moderada i el model suggereix que té un poder explicatiu de baix a moderat, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de 0,24, on el 76% de la variabilitat no és explicada pel model. A continuació, es pot observar la figura 19, que mostra la correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments.

Figura 19. Correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària amitjanada per l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).

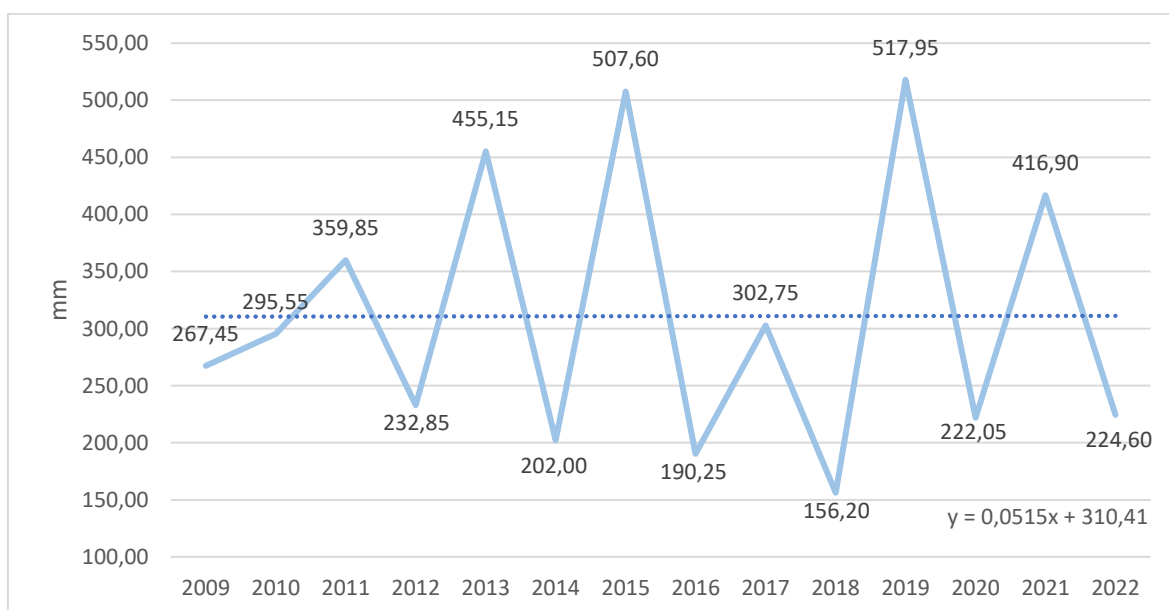


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la precipitació acumulada de l'etapa I, es pot estimar una tendència estacionària, essent l'any 2019 el que ha presentat una major precipitació acumulada amb un total de 517,95 mm. També s'observa que únicament en els 3 primers anys hi ha una evolució progressiva on la precipitació acumulada és major que l'any anterior on posteriorment, trobem un any inferior i l'altre superior i així successivament fins arribar al final del període, amb diferències de 200 mm aproximadament. Tot i així, si relacionem la precipitació acumulada amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments

han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la precipitació acumulada ha estat entre 150 mm i 240mm. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la precipitació acumulada ha superat els 350 mm, on aparentment aquest augment de precipitació ha perjudicat als rendiments. En aquest cas, trobem anomalies ja que trobem anys amb rendiments baixos que presenten una precipitació acumulada similar a la dels anys amb major nombre de rendiments com per exemple l'any 2016, on els rendiments van ser de 1500 kg/ha i la precipitació acumulada va ser del 190,25 mm. En aquest cas, costa trobar una relació entre la precipitació i els rendiments, ja que quan aquesta passa de 240 mm, els rendiments són més baixos en comparació a la resta d'anys. A continuació, es pot observar la figura 20, que mostra l'evolució de la precipitació acumulada a la comarca del Baix Ebre de l'etapa I entre els anys 2009 i 2022.

Figura 20. Evolució de la precipitació acumulada anualment al Baix Ebre de l'etapa I (2009 - 2022).

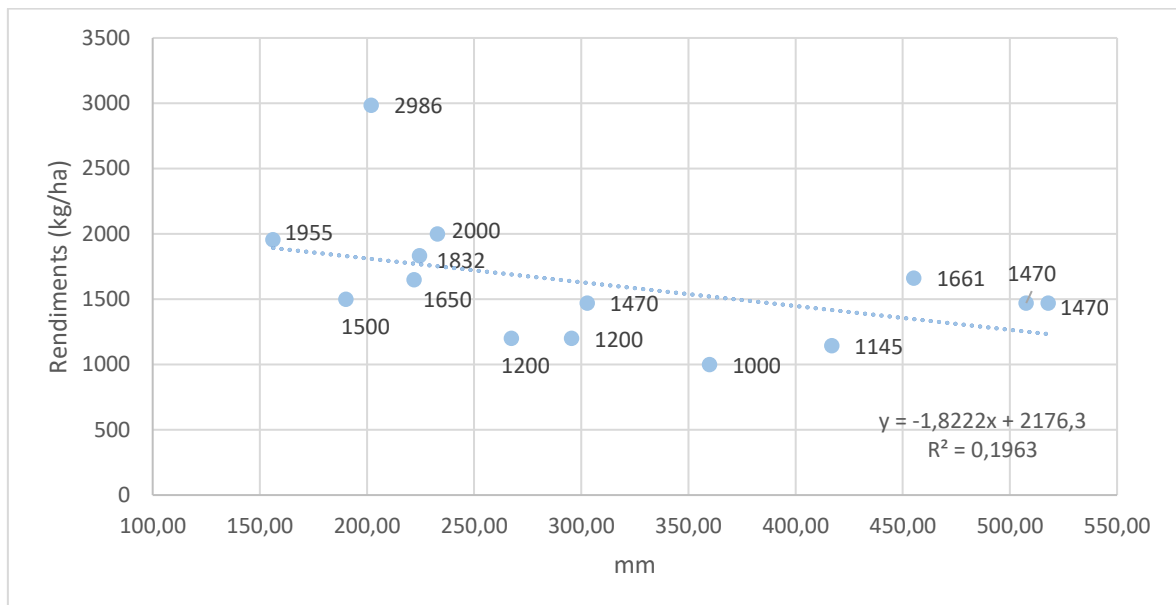


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la precipitació acumulada i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,44 i ens indica que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa moderada i el model suggereix que el model actual té un poder explicatiu baix a moderat, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el

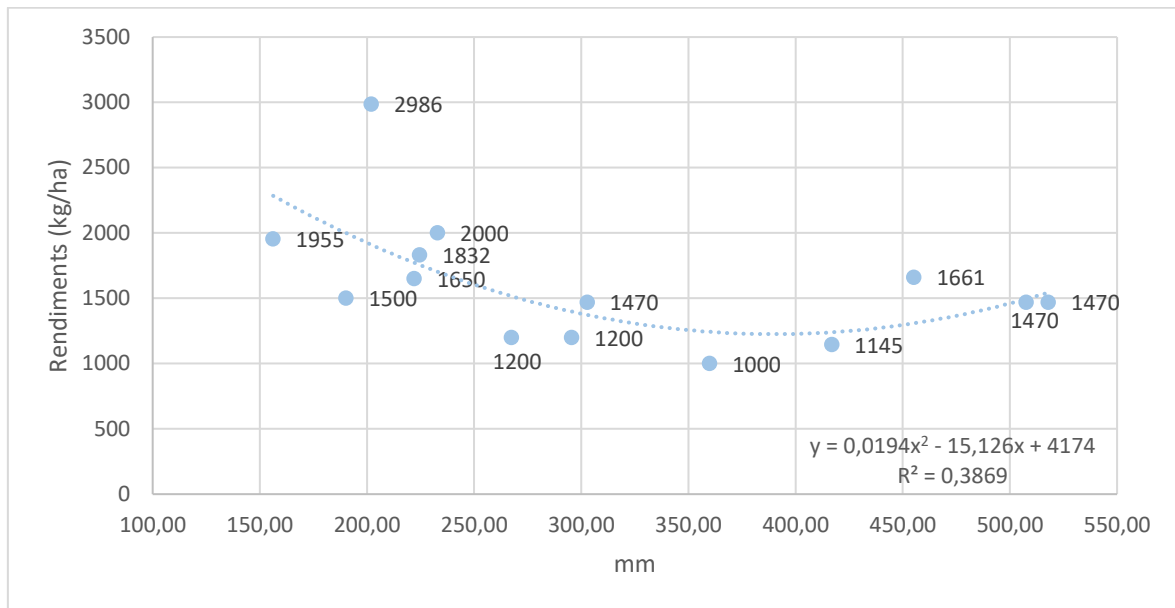
coeficient de determinació és de 0,20, on el 80% de la variabilitat no és explicada pel model. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,39. Això vol dir que només el 39% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la precipitació acumulada en l'etapa I. El 61% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model. A continuació, es pot observar la figura 21, que mostra la correlació lineal entre la precipitació acumulada i els rendiments i la figura 22, que mostra el model de regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa I i els rendiments.

Figura 21. Correlació lineal entre la precipitació acumulada amitanjada de l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

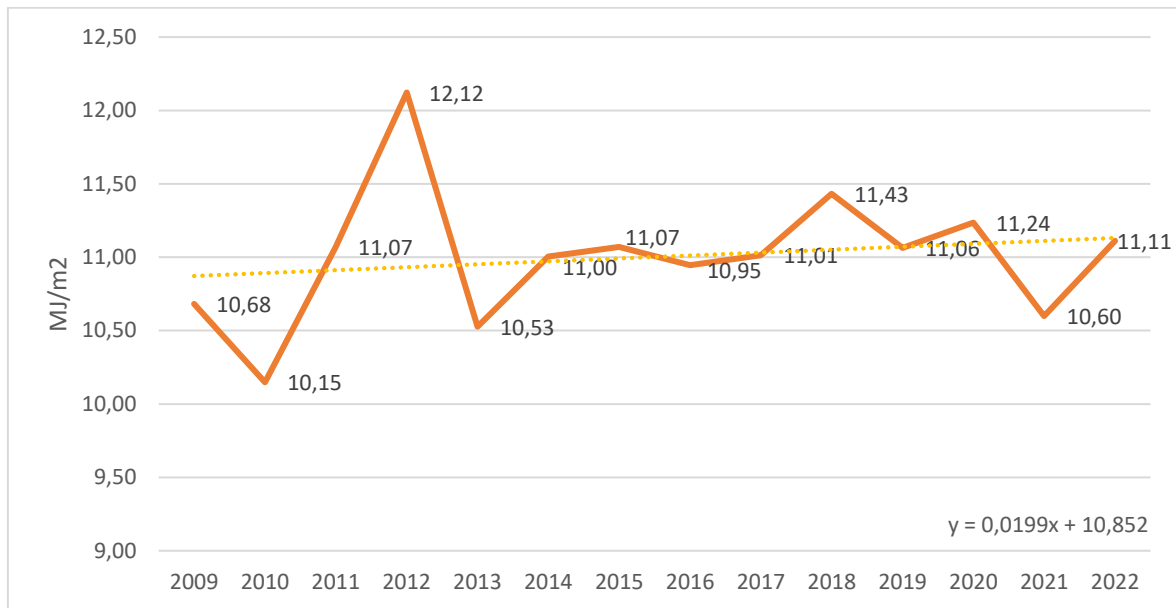
Figura 22. Regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la mitjana de la irradiació solar global diària, es pot estimar una tendència lleugerament ascendent, essent l'any 2012 el que ha presentat la major mitjana de la irradiació solar global diària amb un total de 12,12 MJ/m². Tot i així, si relacionem la irradiació solar global diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la irradiació solar global diària ha estat entre 11,0 MJ/m² i 12,12 MJ/m². Els anys 2009 i 2021, que són anys on els rendiments han estat baixos, la irradiació solar global diària és situava per sota de 10,7 MJ/m², on aparentment els rendiments s'han vist afectats per la baixa irradiació solar. En aquest cas, trobem anomalies ja que trobem anys amb rendiments baixos que presenten una irradiació solar global diària similar a la dels anys amb major nombre de rendiments com per exemple l'any 2011, on els rendiments van ser de 1000kg/ha i la irradiació solar global diària va ser de 11,07 MJ/m². Per últim, afegir que s'observa que quan la irradiació solar és major, els rendiments augmenten. A continuació, es pot observar la figura 23, que mostra l'evolució de la irradiació solar global diària a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 23. Evolució de la irradiació solar global diària amitjanada de l'etapa I al Baix Ebre (2009 - 2022).

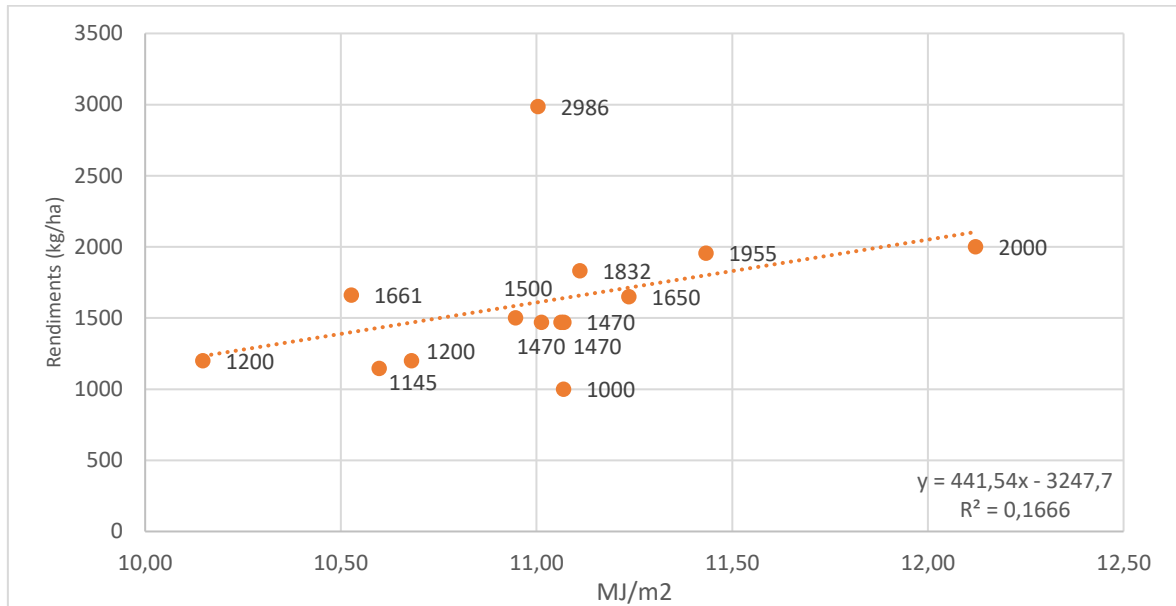


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments, s'observa que aquest és de 0,41 i ens indica que a mesura que la irradiació augmenta, els rendiments també. Tot i així, la correlació entre les dues variables es positiva moderada i el model suggereix que el model actual té un poder explicatiu baix a moderat, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de 0,17, on el 83% de la variabilitat no és explicada pel model.

A continuació, es pot observar la figura 24, que mostra la correlació lineal entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments.

Figura 24. Correlació lineal entre la irradiació solar global diària amitjanada de l'etapa I i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

4.3. Anàlisi de l'etapa II

A continuació es mostra un anàlisi de la etapa II, que compren els mesos de abril a juny, per observar la relació de les variables climàtiques amb el període actiu de creixement de la beina del garrofer.

En la taula 5, es mostren les variables climàtiques de la etapa II analitzats juntament amb els rendiments.

Taula 5. Variables climàtiques amitjanades per als mesos de l'etapa II i rendiments dels camps de garrofers del Baix Ebre (2009 - 2022).

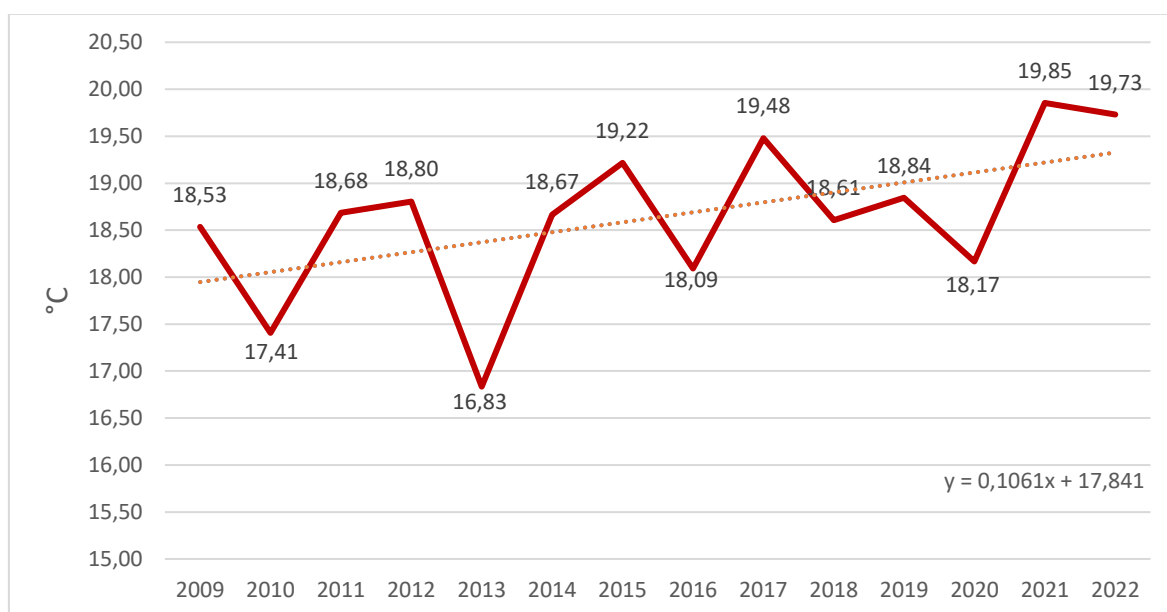
Any	Temperatura mitjana diària (°C)	Humitat relativa mitjana diària (%)	Precipitació acumulada diària (mm)	Irradiació solar global diària (MJ/m ²)	Rendiment (kg/ha)
2009	18,53	63,63	98,15	22,55	1200
2010	17,41	63,48	120,30	21,36	1200
2011	18,68	67,41	110,00	21,83	1000
2012	18,80	63,26	130,45	22,25	2000
2013	16,83	60,27	181,50	22,86	1661
2014	18,67	63,25	135,85	22,42	2986
2015	19,22	60,81	94,05	24,38	1470
2016	18,09	59,94	120,45	22,74	1500
2017	19,48	59,40	46,15	23,93	1470
2018	18,61	63,65	96,10	21,35	1955
2019	18,84	74,31	249,80	20,72	1470
2020	18,17	68,74	150,20	20,67	1650
2021	19,85	66,57	124,90	23,10	1145
2022	19,73	64,78	103,30	23,12	1832

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la temperatura mitjana diària, es pot observar un augment progressiu d'aquesta en el transcurs dels anys, on hi ha hagut poc més de un grau en el final del període en comparació al inici, essent l'any 2021 on la mitjana de la temperatura mitjana diària ha estat més elevada arribant a 19,85 °C. Tot i així, en els anys 2012, 2014 i 2018 que són els 3 anys on hi ha hagut un major nombre de rendiments, aquesta es trobava entre els 18,6 i 18,8 °C. En canvi, en els anys 2010 i 2021 que han estat anys amb els rendiments molt baixos, aquesta ha estat de 17,41 °C i 19,85 °C. Tot i així, trobem anys com el 2011 i 2019, que la temperatura mitjana ha estat propera als anys en els quals s'ha obtingut el major nombre de rendiments i els rendiments d'aquests anys, es situen per sota de la mitjana del total de rendiments. Aleshores, es pot deduir que una temperatura a l'etapa II entre 18,6 i 18,8 °C és idònia per obtenir el major nombre de rendiments encara que en la majoria d'anys la temperatura es similar a la de la temperatura idònia i els rendiments son menors. A tot això, trobem la excepció de l'any 2022, on la temperatura mitjana diària va estar en 19,73 °C, casi un grau per sobre de la temperatura idònia i els rendiments, van ser de 1832 kg/ha, corresponent al quart any amb major nombre de rendiments. En l'etapa II, no s'aprecia l'afectació de la temperatura en el cultiu

si ho relacionem amb els rendiments, essent la correlació nul·la. A continuació, es pot observar la figura 25, que mostra l'evolució de la temperatura mitjana diària de l'etapa I a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

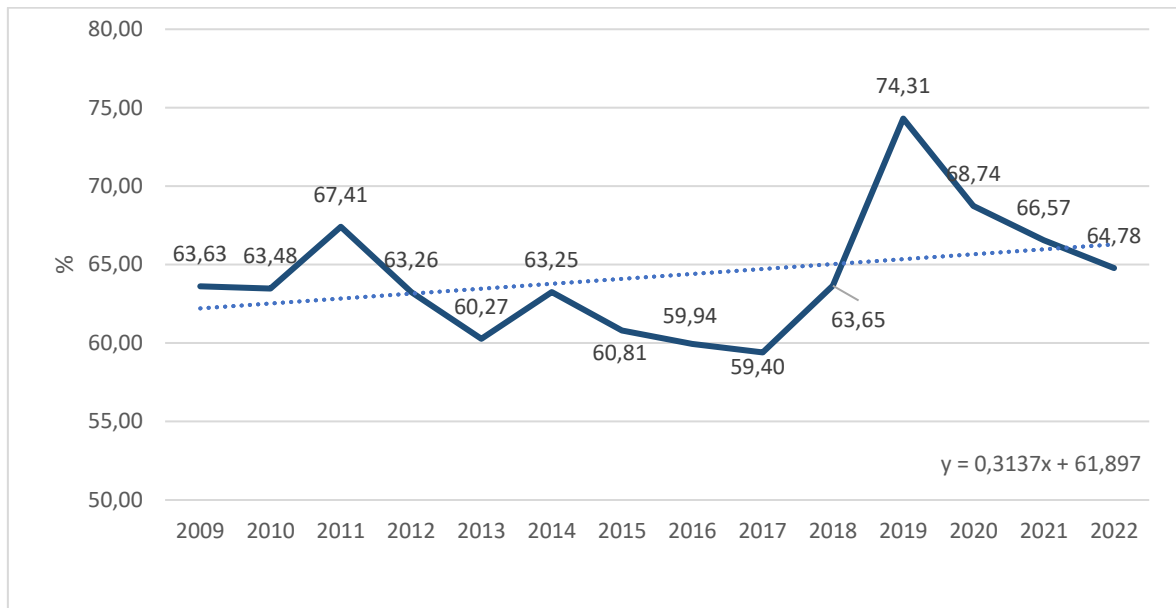
Figura 25. Evolució de la temperatura mitjana anualitzada de l'etapa II al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si analitzem la humitat relativa mitjana diària de l'etapa II, es pot estimar una tendència lleugerament alçada, essent l'any 2019 el que ha registrat una humitat relativa mitjana diària més alta amb un 74,31%. Tot i així, si relacionem la humitat relativa mitjana diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) presenten un percentatge entre el 63,2% i 63,7%, essent un terme mig en comparació a la resta de percentatges d'humitat entre els diferents anys. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la humitat ha estat de 67,41% i 66,57%, essent forçat superior en comparació amb els anys amb major nombre de rendiments. Per últim, també es troben anys on la humitat ha estat considerada com a idònia i els rendiments han estat baixos, com el 2009 o 2010 amb 1200 kg/ha. A continuació, es pot observar la figura 26, que mostra l'evolució de la humitat relativa mitjana diària en l'etapa II a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

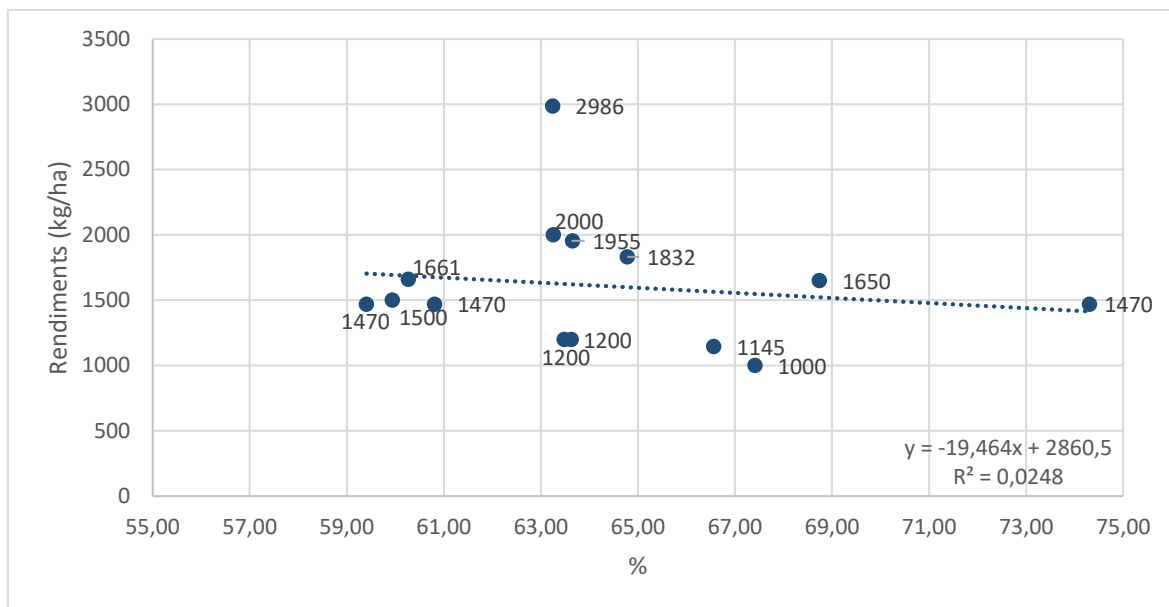
Figura 26. Evolució de la humitat relativa mitjana diària amitjanada per a l'etapa II (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,16 i ens indica que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa molt baixa i el model suggereix que el model actual té un poder explicatiu extremadament baix, explicant només una mínima part de la variabilitat a la variable dependent. El coeficient de determinació és de 0,02, on el 98% de la variabilitat no és explicada pel model. A continuació, es pot observar la figura 27, que mostra la correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments.

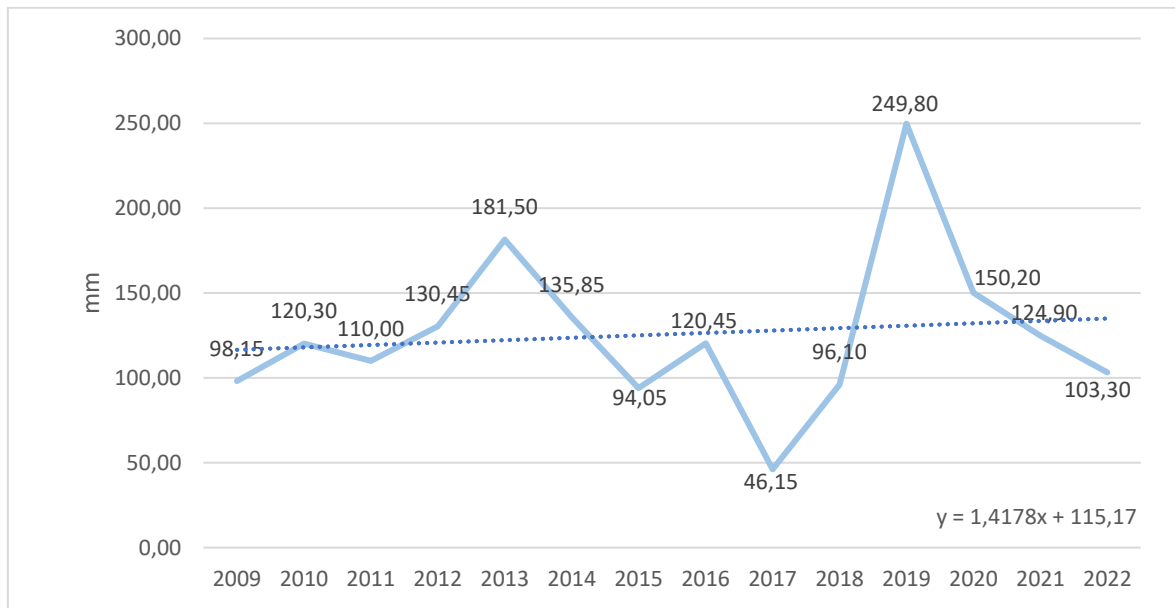
Figura 27. Correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària amitjanada per a l'etapa II i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si s'analitza la precipitació acumulada de l'etapa II, es pot estimar una tendència lleugerament ascendent, essent l'any 2019 el que ha presentat una major precipitació acumulada amb un total de 249,80 mm. Tot i així, si relacionem la precipitació acumulada amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la precipitació acumulada ha estat entre 95 mm i 140 mm. En canvi, en els anys 2011 i 2021 que han estat els anys amb els rendiments més baixos, aquesta ha estat de 110 mm i 124,90 mm, justificant així la poca relació de la precipitació acumulada amb els rendiments en l'etapa II. Per últim, també es trobem anys amb els mateixos rendiments com el 2017 i 2019, on la diferència de precipitació acumulada és de més de 200 mm. A continuació, es pot observar la figura 28, que mostra l'evolució de la precipitació acumulada a la comarca del Baix Ebre de l'etapa II entre els anys 2009 i 2022.

Figura 28. Evolució de la precipitació acumulada anualment al Baix Ebre a l'etapa II (2009 - 2022).

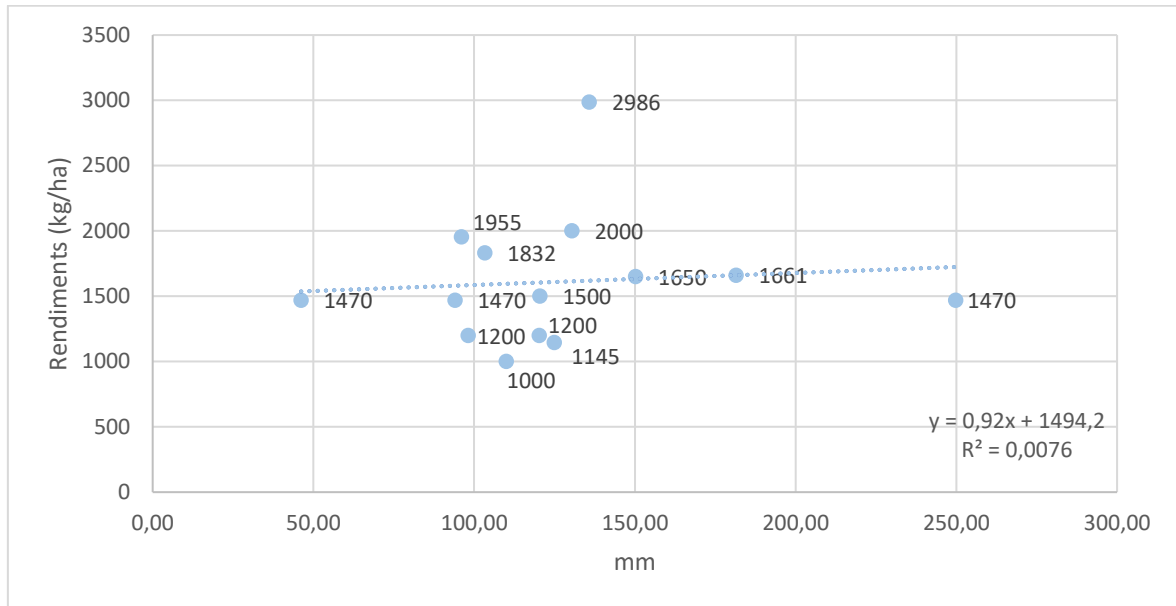


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la precipitació acumulada i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,09 i ens indica que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa molt baixa i el model actual no té cap poder explicatiu respecte a la variable dependent, cosa que suggereix que les variables independents incloses no tenen relació lineal amb la variable dependent, o que el model utilitzat no és adequat, ja que el coeficient de determinació és de 0. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,04. Tot i així, els models no són fiables i no es pot explicar la relació de les dos variables en l'etapa II.

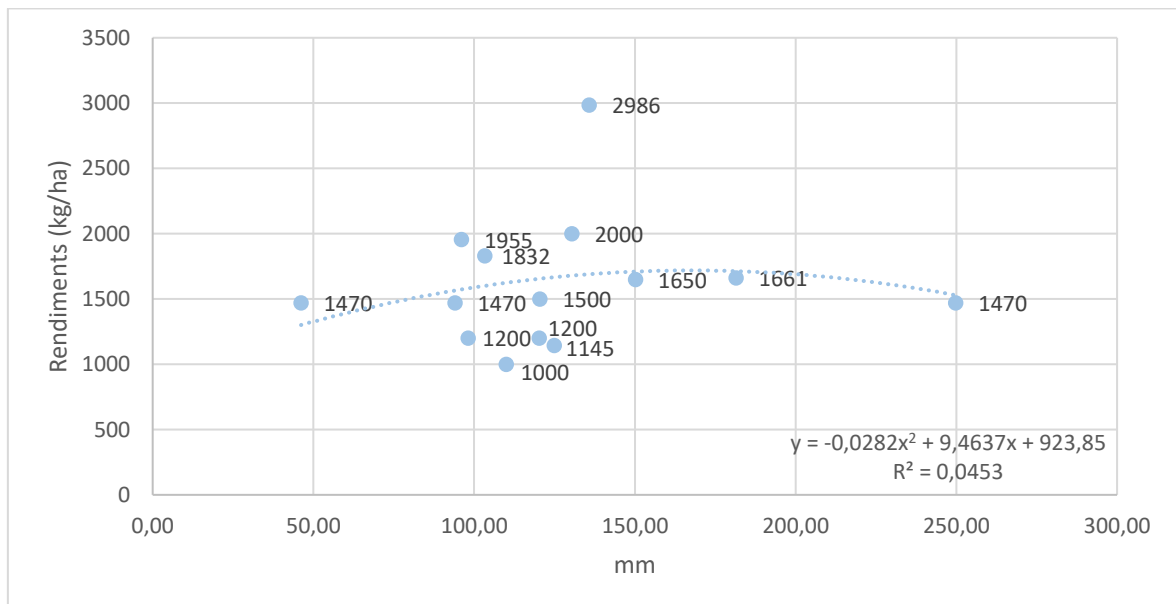
A continuació, es pot observar la figura 29, que mostra la correlació lineal entre la precipitació acumulada i els rendiments i la figura 30, que mostra el model de regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa II i els rendiments.

Figura 29. Correlació lineal entre la precipitació acumulada amitjanada de l'etapa II i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

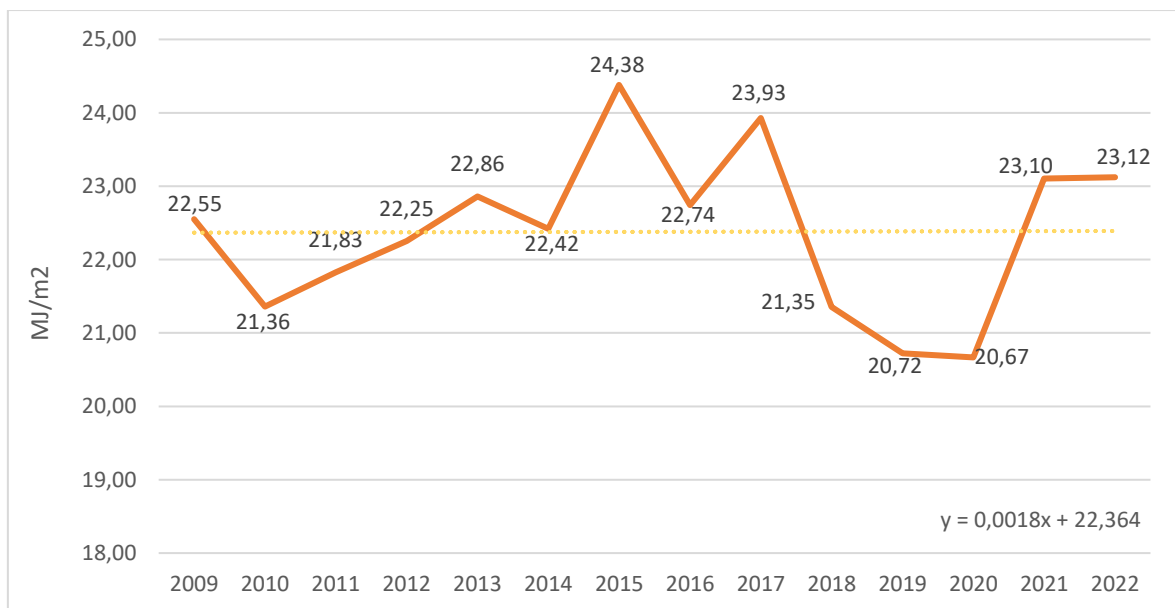
Figura 30. Regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa II i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la mitjana de la irradiació solar global diària, es pot estimar una tendència estacionària, essent l'any 2015 el que ha presentat la major mitjana de la irradiació solar global diària amb un total de 24,38 MJ/m². Tot i així, si relacionem la irradiació solar global diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la irradiació solar global diària ha estat entre 21,3 MJ/m² i 22,5 MJ/m². Els anys 2009 i 2011, que són anys on els rendiments han estat baixos, la irradiació solar global diària era similar a la dels anys on s'han obtingut el major nombre de rendiments. Aleshores, costa trobar una relació entre les dos variables ja que trobem anys amb la irradiació solar global diària similar on els rendiments són força diferents. La correlació entre els rendiments i la irradiació solar es de -0,02, insignificant per definir un model on hi hagi una relació entre aquestes variables. A continuació, es pot observar la figura 31, que mostra l'evolució de la irradiació solar global diària a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 31. Evolució de la irradiació solar global diària mitjanada per l'etapa II al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

4.4. Anàlisi de l'etapa III

A continuació es mostra un anàlisi de la etapa III, que compren els mesos de juliol a agost on el fruit creix lentament, madura i comença a assecat-se al juny i canvia de color de verd a marró, per observar la relació de les variables climàtiques en la fase de maduració.

En la taula 6 es mostren les variables climàtiques de la etapa III analitzats juntament amb els rendiments.

Taula 6. Variables climàtiques mitjanades per als mesos de l'etapa III i rendiments dels camps de garrofers del Baix Ebre (2009 - 2022).

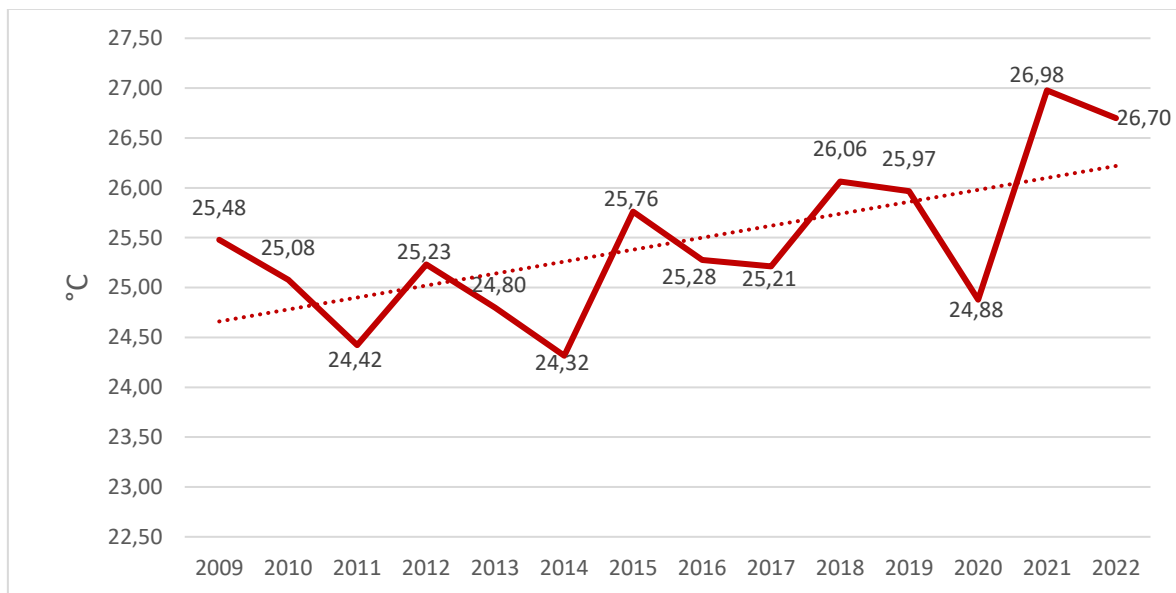
Any	Temperatura mitjana diària (°C)	Humitat relativa mitjana diària (%)	Precipitació acumulada diària (mm)	Irradiació solar global diària (MJ/m ²)	Rendiment (kg/ha)
2009	25,48	63,11	22,05	22,84	1200
2010	25,08	62,37	46,05	23,36	1200
2011	24,42	64,39	15,35	22,56	1000
2012	25,23	62,89	17,65	21,54	2000
2013	24,80	65,07	26,95	22,80	1661
2014	24,32	62,69	53,45	22,24	2986
2015	25,76	64,56	63,50	22,53	1470
2016	25,28	57,94	9,95	24,91	1500
2017	25,21	61,52	24,30	22,28	1470
2018	26,06	63,82	83,40	24,24	1955
2019	25,97	64,49	13,95	24,63	1470
2020	24,88	68,81	125,65	21,72	1650
2021	26,98	66,29	69,35	24,14	1145
2022	26,70	65,59	16,90	22,57	1832

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la temperatura mitjana diària, es pot estimar una tendència ascendent d'aquesta en el transcurs dels anys, on hi ha hagut poc més de d'un grau en el final del període en comparació al inici, essent l'any 2021 on la mitjana de la temperatura mitjana diària ha estat més elevada arribant a 26,98 °C. Tot i així, en els anys 2012 i 2014 que són els 2 anys on hi ha hagut un major nombre de rendiments, aquesta es trobava entre els 24,3 i 25,3 °C. En els anys 2010 i 2011 que han estat dos dels anys amb els rendiments més baixos, aquesta s'ha situat força propera a la dels anys amb els rendiments més alts. Aleshores, costa definir una relació entre la temperatura i els rendiments en la etapa III, encara que si que es pot observar que generalment, a mesura que els rendiments

disminueixen, la temperatura augmenta lleugerament. A continuació, es pot observar la figura 32, que mostra l'evolució de la temperatura mitjana diària de l'etapa III a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 32. Evolució de la temperatura mitjana anualitzada per l'etapa III al Baix Ebre (2009 - 2022).

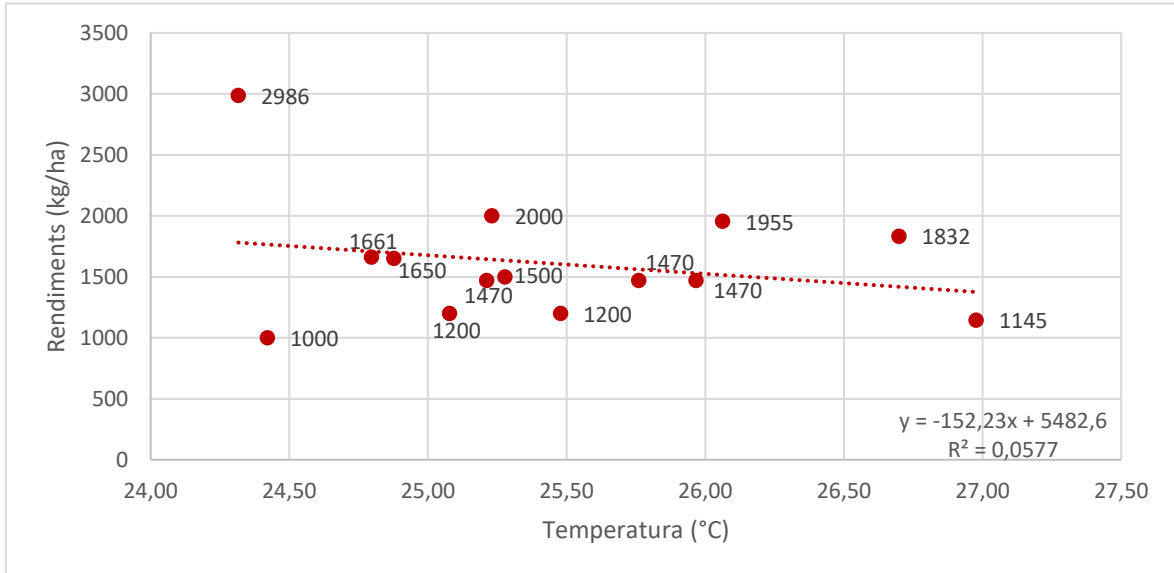


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la temperatura mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de $-0,24$ i ens indica que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments disminueixen. Tot i així, la correlació entre les dues variables és negativa baixa i el model suggereix que té un poder explicatiu molt baix, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de $0,06$. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de $0,10$. Això vol dir que només el 10% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per les temperatures observades. El 90% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model.

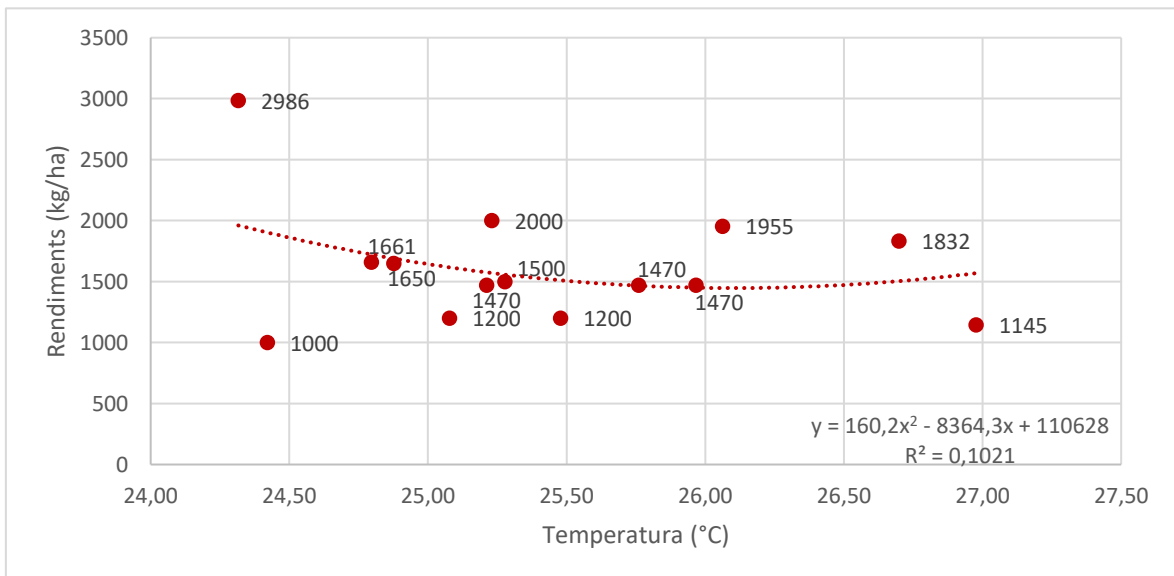
A continuació, es pot observar la figura 33, que mostra la correlació lineal entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments i la figura 34, que mostra el model de regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària de l'etapa I i els rendiments.

Figura 33. Correlació lineal entre la temperatura mitjana diària amitjanada per l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

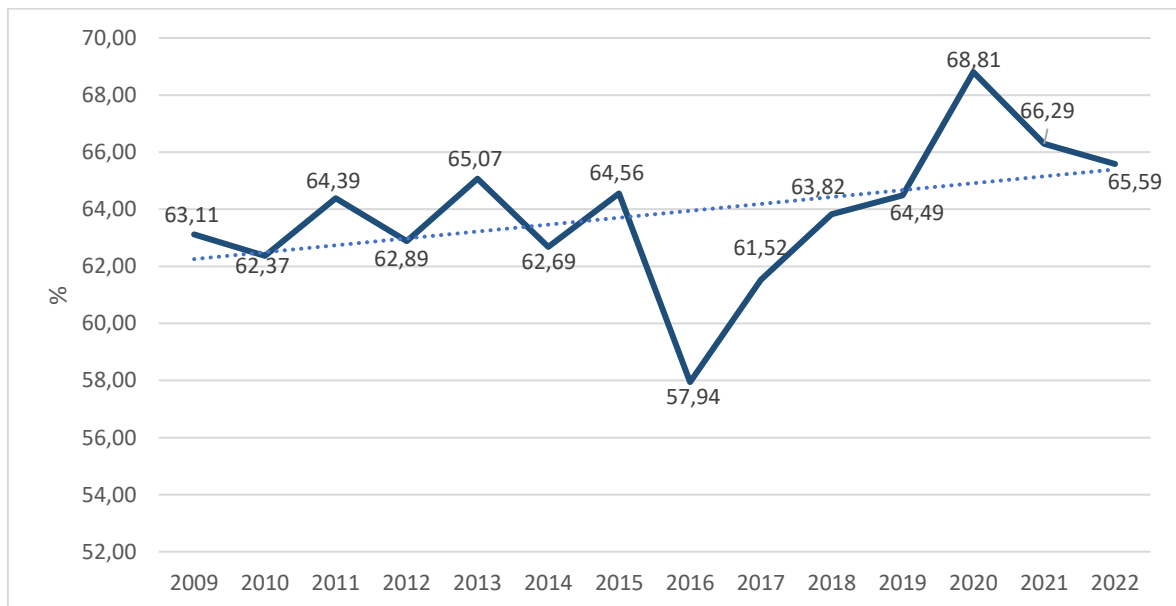
Figura 34. Regressió polinomial entre la temperatura mitjana diària amitjanada per l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la humitat relativa mitjana diària de l'etapa III, es pot estimar una tendència ascendent, essent l'any 2020 el que s'ha trobat una humitat relativa mitjana diària més alta amb un 68,81%. Tot i així, si relacionem la humitat relativa mitjana diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) presenten un rang entremig dels diversos percentatges en relació a la resta d'anys, situant-se entre 62,6% i 63,9%. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la humitat ha estat de 64,39% i 66,29%, essent lleugerament superior a la dels anys amb major nombre de rendiments. En aquest cas, trobem força anomalies ja que trobem anys amb rendiments relativament bons que presenten una humitat alta com per exemple l'any 2022, on els rendiments van ser de 1832 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 65,59% o l'any 2013, on els rendiments van ser de 1661 kg/ha i la humitat relativa mitjana diària va ser del 65,07%. A continuació, es pot observar la figura 35, que mostra l'evolució de la humitat relativa mitjana diària en l'etapa I a la comarca del Baix Ebre entre els anys 2009 i 2022.

Figura 35. Evolució de la humitat relativa mitjana diària amitjanada per l'etapa III (2009 - 2022).

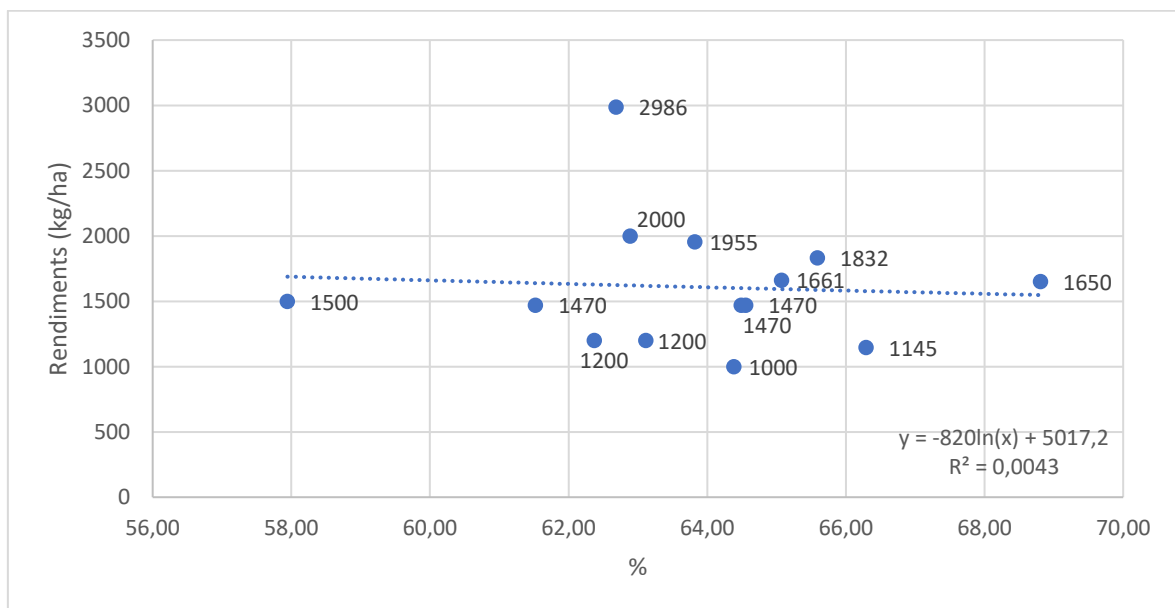


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,07 i ens indica que a mesura que la humitat

augmenta, els rendiments es redueixen. La correlació entre les dues variables es negativa molt baixa i el model indica que el model actual no té cap poder explicatiu respecte a la variable dependent, cosa que suggereix que les variables independents incloses no tenen relació lineal amb la variable dependent, o que el model utilitzat no és adequat, ja que el coeficient de determinació és de 0. A continuació, es pot observar la figura 36, que mostra la correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària i els rendiments.

Figura 36. Correlació lineal entre la humitat relativa mitjana diària amitjanada per l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).

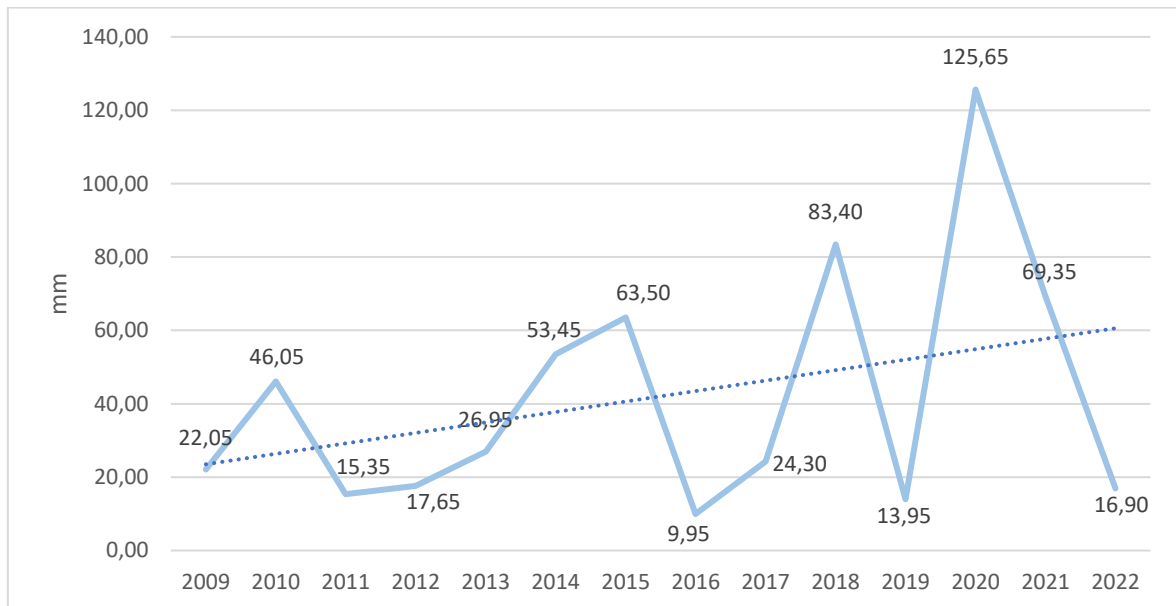


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la precipitació acumulada de l'etapa III, es pot estimar una tendència ascendent, essent l'any 2020 el que ha presentat una major precipitació acumulada amb un total de 125,65 mm. Tot i així, si relacionem la precipitació acumulada amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012, 2014 i 2018) la precipitació acumulada ha estat entre 15 mm i 85 mm. Els anys 2011 i 2021, que són els anys on els rendiments han estat més baixos, la precipitació acumulada s'ha situat en el rang que presenten els anys amb major nombre de rendiments. En aquest cas, costa trobar una relació entre la precipitació i els rendiments, ja que trobem que la precipitació acumulada dels diversos anys es força similar i els rendiments varien significativament,

encara que s'observa que els anys amb major nombre de rendiments tenen una precipitació acumulada lleugerament superior. A continuació, es pot observar la figura 37, que mostra l'evolució de la precipitació acumulada a la comarca del Baix Ebre de l'etapa III entre els anys 2009 i 2022.

Figura 37. Evolució de la precipitació acumulada anualment al Baix Ebre a l'etapa III (2009 - 2022).

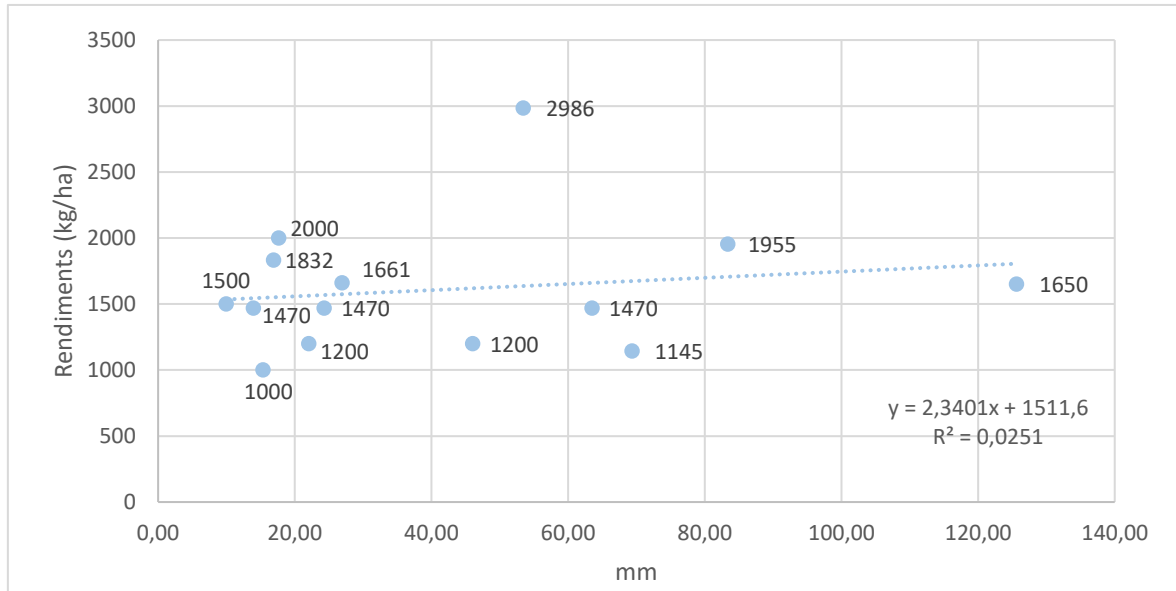


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la precipitació acumulada i els rendiments, s'observa que aquest és de 0,15 i ens indica que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments també. La correlació entre les dues variables és positiva molt baixa i el model suggereix que té un poder explicatiu molt baix, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de 0,02, on el 98% de la variabilitat no és explicada pel model. En canvi, si analitzem la relació de les dos variables amb un model de regressió polinomial, es troba un model més fiable que el lineal, on el coeficient de determinació és de 0,05. Això vol dir que només el 5% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la precipitació acumulada en l'etapa III, on el 95% restant de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser degut a altres factors no inclosos en el model. A continuació, es pot observar la figura 38, que mostra la correlació lineal entre la precipitació acumulada i els rendiments i la

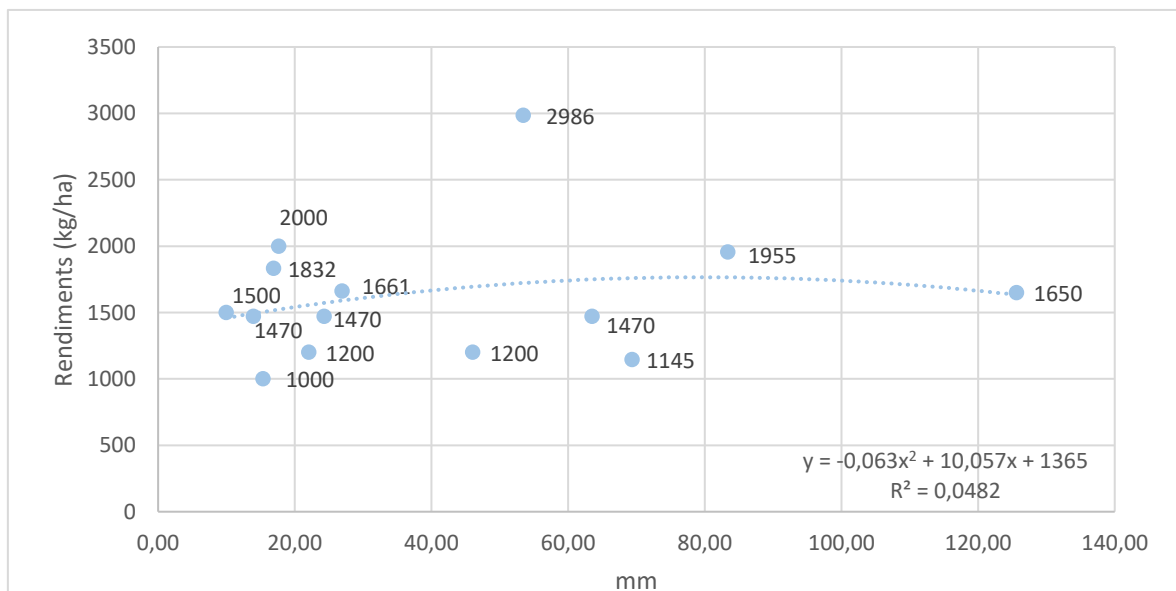
figura 39, que mostra el model de regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa III i els rendiments.

Figura 38. Correlació lineal entre la precipitació acumulada mitjanada de l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

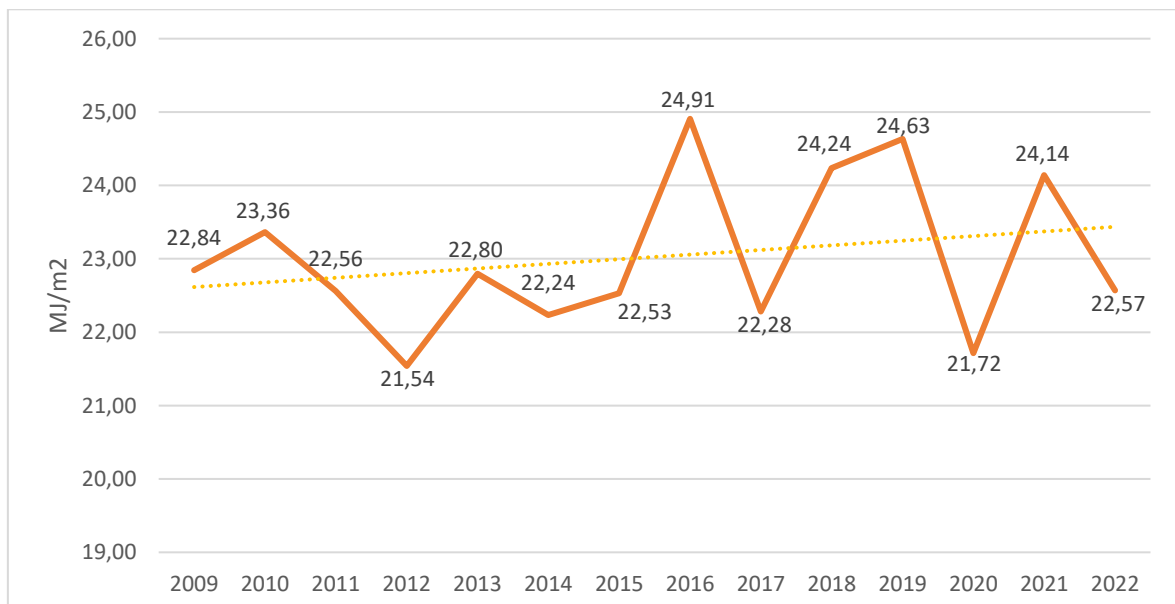
Figura 39. Regressió polinomial entre la precipitació acumulada de l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

Si analitzem la mitjana de la irradiació solar global diària, es pot estimar una tendència ascendent, essent l'any 2016 el que ha presentat la major mitjana de la irradiació solar global diària amb un total de 24,91 MJ/m². Tot i així, si relacionem la irradiació solar global diària amb els rendiments, s'observa que els anys on els rendiments han estat més elevats (2012 i 2014) la irradiació solar global diària ha estat entre 21,5 MJ/m² i 22,2 MJ/m². Els anys 2011 i 2021, que són anys on els rendiments han estat més baixos, la irradiació solar global diària és situava per sobre de 22,5 MJ/m², on aparentment els rendiments s'han vist afectats per la l'alta irradiació solar. En aquest cas, trobem anomalies ja que trobem anys amb rendiments baixos que presenten una irradiació solar global diària similar a la dels anys amb major nombre de rendiments com per exemple l'any 2009, on els rendiments van ser de 1200kg/ha i la irradiació solar global diària va ser de 22,84 MJ/m². Per últim, afegir que s'observa que quan la irradiació solar és major, els rendiments disminueixen. A continuació, es pot observar la figura 40, que mostra l'evolució de la irradiació solar global diària a la comarca del Baix Ebre en l'etapa III entre els any 2009 i 2022.

Figura 40. Evolució de la irradiació solar global diària amitjanada per l'etapa III (2009 - 2022).

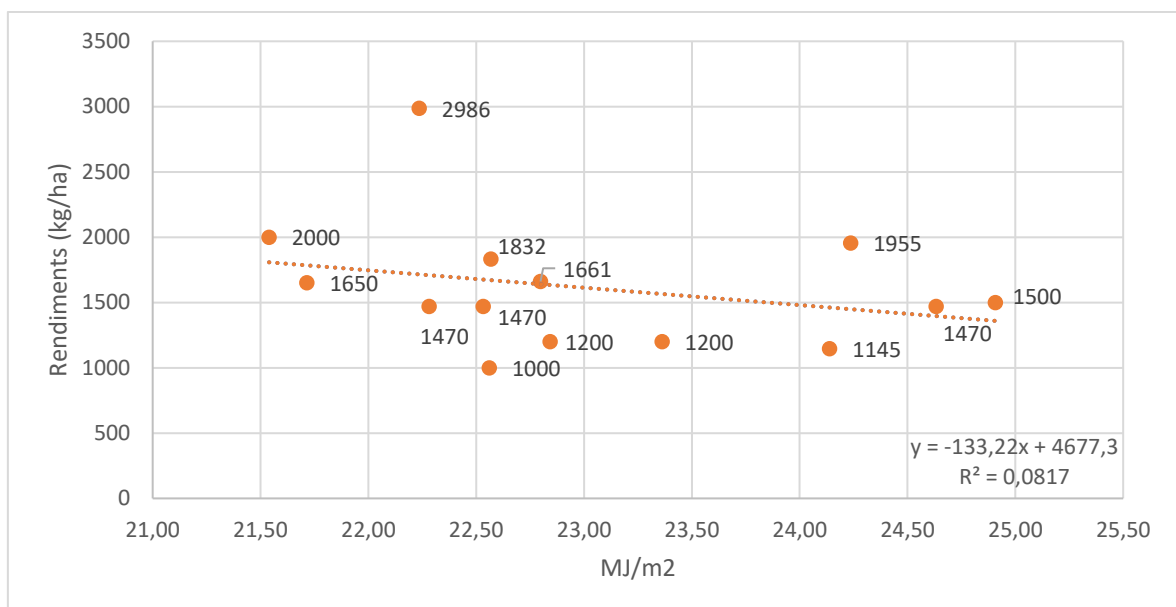


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat.

Si s'analitza el coeficient de correlació entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments, s'observa que aquest és de -0,29 i ens indica que a mesura que la irradiació augmenta, els rendiments disminueixen. Tot i així, la correlació entre les dues variables es negativa baixa i el model suggereix que el model actual té un poder explicatiu baix, explicant només una petita part de la variabilitat a la variable dependent ja que el coeficient de determinació és de 0,08, on el 92% de la variabilitat no és explicada pel model.

A continuació, es pot observar la figura 41, que mostra la correlació lineal entre la mitjana de la irradiació solar global diària i els rendiments.

Figura 41. Correlació lineal entre la irradiació solar global diària amitjanada per l'etapa III i els rendiments dels cultius de garrofers al Baix Ebre (2009 - 2022).



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes del Meteocat i del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

4.5. Anàlisi comparativa dels preus de la garrofa als molins de la comarca

En aquesta secció, es presenten els resultats obtinguts de l'anàlisi comparativa dels preus de les garrofes oferts pels set molins a la comarca que comercialitzen el producte. En la taula 7, es detallen els preus per quilogram de garrofes sense IVA de cadascun dels molins per actualitzat el dia 06/09/2024.

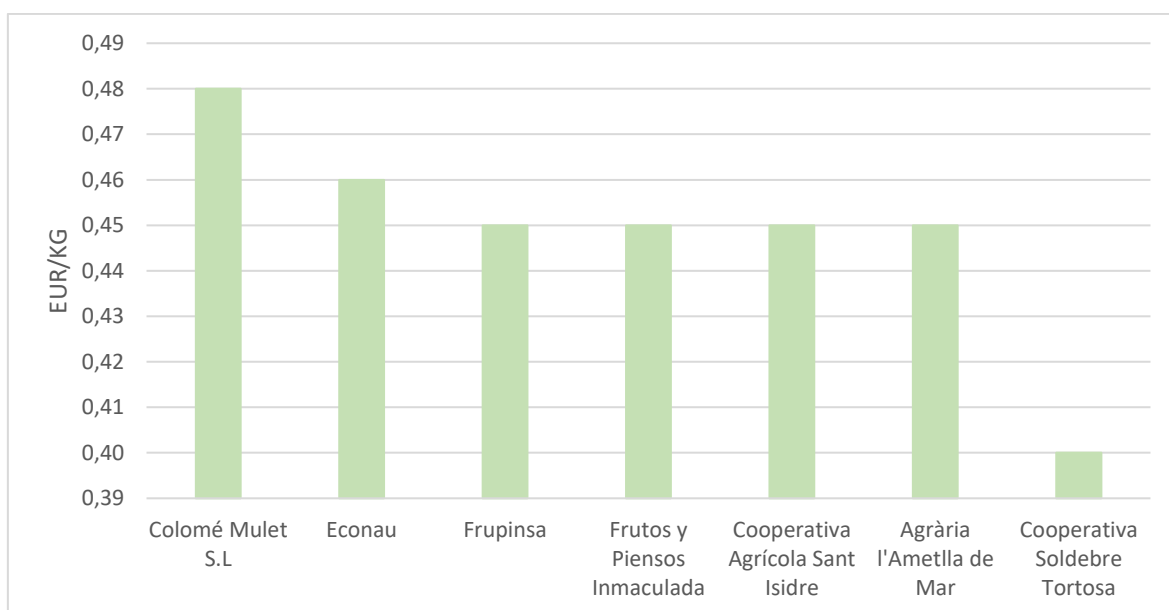
Taula 7. Preus per quilogram de garrofes dels molins del Baix Ebre (06/09/2024).

Nom	EUR/KG
Colomé Mulet S. L	0,48
Econau	0,46
Frupinsa	0,45
Frutos y Piensos Inmaculada	0,45
Cooperativa Agrícola Sant Isidre	0,45
Agrària l'Ametlla de Mar	0,45
Cooperativa Soldebre Tortosa	0,40 no socis; 0,44 socis

Font: elaboració pròpia.

Per facilitar-ne la comparació, s'ha generat la figura 42 que il·lustra les diferències de preus entre els molins.

Figura 42. Preus per quilogram de garrofes dels molins del Baix Ebre (06/09/2024).



Font: elaboració pròpia.

Els preus de compra de les garrofes varien entre els diferents molins, amb un rang que oscil·la entre 0,40 €/kg i 0,48 €/kg. Aquest rang reflecteix la diversitat d'estratègies comercials i costos operatius dels molins. La mitjana dels preus és de 0,45 €/kg on aquest valor proporciona una mesura central que resumeix el nivell general dels preus oferts pels molins a la comarca i la mitja, també de 0,45 €/kg, indica que la meitat dels molins ofereixen preus iguals o inferiors a aquest valor, mentre que l'altra meitat ofereix preus iguals o superiors. La coincidència entre la mitjana i la mediana suggereix una distribució relativament simètrica dels preus.

Aquests resultats proporcionen una base sòlida per entendre el panorama actual dels preus de les garrofes a la comarca del Baix Ebre, permetent als productors prendre decisions informades sobre on vendre els seus productes per maximitzar els seus ingressos. A més, l'anàlisi de les estadístiques descriptives ofereix una perspectiva clara i objectiva sobre la distribució dels preus a la regió. Per fer arribar els preus als agricultors, s'ha elaborat una pàgina web que té com a objecte principal un mapa que mostra la ubicació dels molins amb informació bàsica com els horaris, el telèfon i la pàgina web, juntament amb una simbologia que ens permet identificar ràpidament els molins que ofereixen un major preu. La pàgina web es pot consultar fent clic al següent enllaç:

[EBRESIG](#)

5. Conclusions

La evolució de les variables climàtiques durant el transcurs dels anys analitzats (2009-2022) ha presentat un augment progressiu de la temperatura mitjana diària en totes les etapes, on l'augment més s'ha donat a la etapa I amb poc més de 2 °C respecte la temperatura mitjana diària registrada a l'inici del període. La humitat relativa diària també ha augmentat respecte l'inici del període amb aproximadament un 2%, encara que aquesta ha sofert una regressió a partir del 2012 fins al 2014 en totes les etapes. En relació a la precipitació acumulada, l'etapa que comprèn major nombre de mm de pluja és l'etapa I, justificant que aquesta etapa és la que comprèn major nombre de mesos. No s'observa una clara evolució però es pot afirmar que en la etapa I, ha precipitat entre 200 i 400 mm, en l'etapa II entre 50 i 80 mm i en l'etapa III, entre 10 i 130 mm en el conjunt dels anys. Per últim, en la mitjana de la irradiació solar global diària no s'ha observat cap augment en les etapes durant el transcurs dels anys.

La etapa I, és la que ha presentat major relació amb els rendiments en comparació amb la resta d'etapes. En primer lloc, s'ha observat que la temperatura idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre 13,45 i 13,9 °C i s'ha observat una correlació positiva moderada, indicant que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments també. Tot i així, hi ha més factors que afecten als rendiments on només el 27% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per les temperatures observades. La humitat relativa mitjana diària idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre el 57,5% i 62,3% i s'ha observat una correlació negativa moderada, indicant que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. En aquest cas, només el 24% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la humitat relativa mitjana diària. La precipitació acumulada idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre 150 mm i 240mm i s'ha observat una correlació negativa moderada, indicant que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments disminueixen. La precipitació acumulada ha estat el factor més determinant en la etapa I, on aquesta ha explicat el 39% de la variabilitat en el rendiment del cultiu. Per últim, la irradiació solar global diària òptima ha estat entre 11,0 MJ/m² i 12,12 MJ/m²

i s'ha observat una correlació positiva moderada, indicant que a mesura que la irradiació solar global diària augmenta, els rendiments també. Aquesta variable ha estat la menys determinant en l'etapa I, on únicament ha explicat el 17% de la variabilitat en el rendiment del cultiu.

En la etapa II, la mitjana de la temperatura mitjana diària en el conjunt dels anys ha estat de 18,64 °C i en aquest cas, no s'ha pogut observar cap tipus de relació amb els rendiments. La humitat relativa mitjana diària que han presentat els anys amb major nombre de rendiments ha estat entre el 63,2% i 63,7%, essent un terme mig en comparació a la resta de percentatges d'humitat entre els diferents anys. S'ha observat una correlació negativa molt baixa, indicant que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. En aquest cas, només el 2% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per la humitat relativa mitjana diària. La precipitació acumulada que han presentat els anys amb major nombre de rendiments ha estat entre 95 mm i 140 mm i s'ha observat una correlació positiva molt baixa, indicant que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments també. Tot i així, la fiabilitat de l'afirmació anterior és molt baixa on únicament explica el 4% del model. Per últim, afegir que la relació de la irradiació solar global diària amb els rendiments no ha pogut esser explicada en l'etapa II, on s'ha determinat que la relació entre les dos variables ha estat pràcticament nul·la.

En la etapa III, s'ha observat que la temperatura idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre 24,3 i 25,3 °C i s'ha estimat una correlació negativa baixa, indicant que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments disminueixen. Tot i així, hi ha més factors que afecten als rendiments on només el 10% de la variabilitat en el rendiment del cultiu pot ser explicada per les temperatures observades. La humitat relativa mitjana diària idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre el 62,6% i 63,9% i s'ha observat una correlació negativa molt baixa, indicant que a mesura que la humitat augmenta, els rendiments es redueixen. La precipitació acumulada idònia per obtenir un major nombre de rendiments ha estat entre 15 mm i 85 mm i s'ha observat una correlació positiva molt baixa, indicant que a mesura que la precipitació acumulada augmenta, els rendiments també. La precipitació acumulada ha explicat el 2% de la

variabilitat en el rendiment del cultiu en l'etapa III, essent pràcticament una explicació insignificant. Per últim, la irradiació solar global diària òptima ha estat entre 21,5 MJ/m² i 22,2 MJ/m² i s'ha observat una correlació negativa baixa, indicant que a mesura que la temperatura augmenta, els rendiments disminueixen. Per últim, afegir que aquesta variable únicament ha explicat el 8% de la variabilitat en el rendiment del cultiu.

Finalment, si es compara l'afectació de les variables climàtiques als rendiments entre les diferents etapes, es pot observar que en la etapa I, l'augment de la temperatura mitjana provoca un augment dels rendiments a diferència de l'etapa II, on en aquesta és insignificant i l'etapa III, on en aquesta un augment de la temperatura mitjana provoca una disminució dels rendiments. En totes les etapes un augment de la humitat relativa provoca una disminució dels rendiments, principalment quan aquest augment es produeix en l'etapa I. En relació a la precipitació acumulada, es pot concloure que aquesta augmenta els rendiments quan augmenta en les etapes II i III. En canvi, quan la precipitació acumulada excedeix la precipitació acumulada idònia en l'etapa I, provoca una disminució dels rendiments. Per últim, la irradiació solar global provoca un augment dels rendiments a mesura que augmenta en la etapa I, però aquest augment els redueix quan es produeix en les etapes II i III.

Afegir que l'anàlisi s'ha realitzat a partir de les variables climàtiques i hi ha més factors que no han pogut ésser analitzats com la tipologia del sòl. Tot i així, s'ha pogut observar com afecta el clima als rendiments encara que el nombre d'anys analitzats ha sigut relativament petit.

En relació a l'anàlisi comparativa dels preus de les garrofes als nou molins de la comarca es pot observar que els preus varien notablement entre els diferents molins, amb un rang de 0,40€/kg a 0,48 €/kg. El preu mitjà de les garrofes a la comarca és de 0.45 €/kg, amb una mitjana que coincideix amb la mitja, la qual cosa indica una distribució força equilibrada dels preus al voltant del valor central. La Cooperativa Soldebre de Tortosa ofereix el preu més baix a 0,40 €/kg i el molí Colomé Mulet S.L té el preu més alt a 0,48 €/kg. Els productors han de considerar no només el preu per quilogram sinó també altres factors com la qualitat del servei, la proximitat del molí i possibles beneficis addicionals

que es puguin oferir. És aconsellable que realitzin una anàlisi cost-benefici per determinar quin molí s'ajusta millor a les necessitats específiques. Per últim, afegir que la variació en els preus pot tenir un impacte significatiu en els ingressos nets dels productors. Per tant, aquesta anàlisi pot servir com a guia útil per prendre decisions informades que optimitzin els resultats econòmics per als productors locals.

Referències

- Bas, A. G., Gallego, P. P. F., García, V. S., & Peris, J. B. (2018). El Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.), importancia paisajística, económica y perspectivas de futuro. *Chronica naturae*, (7), 45-54.
- BATLLE, I. (1985). El algarrobo en la provincia de Tarragona, estudio, situación y posibilidades. Beca Diputación de Tarragona. (unpublished).
- Batlle, I. (1997). Carob tree: *Ceratonia siliqua* L.-Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17 (Vol. 17). Bioversity International.
- Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millán, F., ... & Puppo, M. C. (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food chemistry*, 107(2), 675-683.
- Bermúdez-Pirela, V., Hernández-Lalinde, J., Espinosa-Castro, J. F., Penaloza-Tarazona, M. E., Díaz-Camargo, É., Bautista-Sandoval, M., ... & Álvarez, D. G. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: verificación de supuestos mediante un ejemplo aplicado a las ciencias de la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 552-561.
- Cabello, J. C. O. (2010). Diseño de páginas Web con XHTML, JavaScript y CSS. Ra-Ma Editorial.
- Clar, A. J. (1980). Meteorología y climatología mediterráneas. *Revista Tiempo y Clima*, 2(31).
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.
- Equipo Vértice. (2009). Diseño básico de páginas web en HTML. Editorial Vértice.

GENCAT. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Dades accessibles a

<https://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/agricultura/estadistiques-definitives-conreus/>

Grávalos Macho, D. (2013). La calidad de una página web como herramienta de comunicación.

Hernández, J. (2014). Análisis y desarrollo web.

ICGC. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Dades accessibles a <https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Dades-i-productes>

Johnston, FR, Boyland, JE, Meadows, M. i Shale, E. (1999). Algunes propietats d'una mitjana mòbil simple quan s'aplica a la previsió d'una sèrie temporal. *Journal of the Operational Research Society* , 50 (12), 1267-1271.

Mladen Todorović (2016). Climate Change and Mediterranean Agriculture: Impacts on Crop Growth and Development. *Agricultural and Forest Meteorology*

Schulz, R. G. (2009). Diseño web con CSS. Marcombo.

Annex

Codi HTML

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="es">

<head>

  <meta charset="UTF-8">

  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

  <title>EBRESIG</title>

  <link rel="stylesheet" href="/styles/styles.css">

</head>

<body>

  <header>

    <div class="container">

      <nav>

        <ul>

          <li><a href="#inicio">Inici</a></li>

          <li><a href="#mapa">Mapa</a></li>

          <li><a href="#contacto">Contacte</a></li>

        </ul>

      </nav>

    </div>

  </header>

  <section id="inicio" class="section">

    <div class="container">

      <h2>Benvinguts</h2>

      <p>A EbreSig, ens especialitzem en oferir solucions de comparació de preus per a molins que compren garrofes. Amb una vasta experiència al sector agroindustrial, la nostra missió és proporcionar als nostres usuaris la informació més precisa i actualitzada per optimitzar les seves decisions de venda.</p>

    </div>

  </section>

</body>

</html>
```

El nostre equip d'experts en anàlisi de mercat utilitza eines tecnològiques avançades i metodologies rigoroses per avaluar i comparar preus dels molins de la comarca. Entenem la importància de l'eficiència i la rendibilitat a la indústria de les garrofes, i treballem incansablement per assegurar que els nostres usuaris obtinguin el millor valor per la seva collita.

A EbreSig, ens comprometem a brindar un servei fiable amb l'objectiu de ser el soci de confiança per a tots aquells que busquen millorar la seva rendibilitat al mercat de les garrofes.</p>

<p class="ppp">A continuació, es pot observar un mapa que mostra els molins del Baix Ebre, on en verd indica els que paguen un preu per les garrofes més alt, en groc el que paguen un preu intermig i en vermell, els que paguen els preus més baixos. Es pot consultar el preu fent clic a les icones juntament amb informació dels molins.</p>

</div>

</section>

<section id="mapa" class="section">

<div class="container">

<h2>Els molins del Baix Ebre (Actualitzat el 06/09/2024)</h2>

<div> <!--HACER CLASE-->

<iframe width="100%" height="600px" frameborder="0" scrolling="no" marginheight="0" marginwidth="0" src="/Maps/Mapa/index.html">

</iframe>

<div id="map"></div>

</div>

</section>

<section id="contacto" class="section2">

<div class="container">

<h2>Contacte</h2>

<form id="contact-form">

<label for="name">Nom:</label>

<input type="text" id="name" name="name" required>

<label for="email">Email:</label>

<input type="email" id="email" name="email" required>

<label for="message">Missatge:</label>

```
<textarea id="message" name="message" required></textarea>

<button type="submit">Enviar</button>

</form>

</div>

</section>

<footer>

<div class="container">

<p>&copy; 2024 EBRESIG. Tots els drets reservats.</p>

</div>

</footer>

<script src="./scripts/scripts.js"></script>

<script async defer src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=TU_CLAVE_API&callback=initMap"></script>

</body>

</html>
```

Codi CSS

```
* {

margin: 0;

padding: 0;

box-sizing: border-box;

}

body {

font-family: Arial, sans-serif;

line-height: 1.6;

}
```

```
.container {  
    width: 80%;  
    margin: auto;  
    overflow: hidden;  
}
```

```
header {  
    background: #333;  
    color: #fff;  
    padding: 1em 0;  
}
```

```
header h1 {  
    float: left;  
}
```

```
header nav {  
    float: right;  
    margin-top: 10px;  
}
```

```
header nav ul {  
    list-style: none;  
}
```

```
header nav ul li {  
    display: inline;  
    margin-left: 20px;  
}
```

```
header nav ul li a {  
    color: #fff;  
    text-decoration: none;  
}
```

```
.section {  
    padding: 2em 0;  
}
```

```
#map {  
    height: 500px;  
    width: 100%;  
}
```

```
form label {  
    display: block;  
    margin: 0.5em 0 0.2em;  
}
```

```
form input, form textarea {  
    width: 100%;  
    padding: 0.5em;  
    margin-bottom: 1em;  
    border: 1px solid #ccc;  
    border-radius: 5px;  
}
```

```
form button {  
    padding: 0.7em 1.5em;  
    background: #333;
```

```
color: #fff;

border: none;

border-radius: 5px;

cursor: pointer;

}
```

```
form button:hover {

background: #555;

}
```

```
footer {

background-color: #333;

color: #fff;

padding: 20px 0;

text-align: center;

}
```

```
.section2 {

padding: 2em 0;

margin-top: -450px;

}
```

```
.ppp {margin-top: 2%;

}
```

Codi JS

```
document.getElementById('contact-form').addEventListener('submit', function(event) {

event.preventDefault();

alert('Formulari enviat. Gracies per contactarnos!');

})
```

