

El Canvi Climàtic a les Terres de l'Ebre

Data: gener de 2009

Dedico aquest estudi
a la gent de l'Ebre,
és feina de tots
tenir cura del nostre territori

Índex

	Pàgina
1. Objectius	7
2. Memòria	8
3. Introducció	10
3.1. Processos que afecten a la temperatura de la Terra. Balanç radiatiu terrestre.....	10
3.1.1. Radiació rebuda del Sol	11
3.1.2. Albedo	11
3.1.3. Efecte hivernacle	11
3.2. Causes del canvi climàtic	12
3.2.1. Variacions solars	12
3.2.2. Variacions orbitals	12
3.2.3. Impacte de meteorits	13
3.2.4. La deriva continental	13
3.2.5. La composició atmosfèrica	13
3.2.6. Les corrents oceàniques	13
3.2.7. El camp magnètic terrestre	13
3.2.8. Els efectes antropogènics	14
3.3. Canvis climàtics al passat	14
3.3.1. La paradoxa del Sol feble	14
3.3.2. L'efecte hivernacle en el passat	14
3.4. Canvi climàtic actual	15
3.4.1. Combustibles fòssils i escalfament global.....	15
3.4.2. L'evidència dels canvis	15
3.4.2.1. Augment del nivell del mar	16
3.4.2.2. Variació de la temperatura i precipitació	17
3.4.3. Gasos d'efecte hivernacle i activitat industrial	18
3.4.4. Protocol de Kioto	19
3.5. Conseqüències per a l'agricultura	19
3.5.1. Els cítrics	20
3.5.2. L'arròs	20
3.6 Regressions lineals	21
4. Pràctica	23
4.1. Estudi de temperatures i pluviometria	24
4.1.1 Temperatura mitjana mensual	24
4.1.2. Temperatura mitjana anual	24
4.1.3. Temperatura màxima mitjana mensual	25
4.1.4 Temperatura màxima mitjana anual	26
4.1.5. Temperatura mínima mitjana mensual	26
4.1.6 Temperatura mínima mitjana anual	27
4.1.7. Pluja acumulada mensualment	28
4.1.8. Pluja acumulada anualment	28
4.2 Previsions de temperatures i pluviometria en el futur	29
4.2.1 Previsió de temperatura mitjana anual	29
4.2.2 Previsió de temperatura màxima mitjana anual	30
4.2.3. previsió de temperatura mínimes mitjana anual	31
4.2.4. Previsió d'acumulació de pluges anualment	31

4.2.5. Estudi d'un possible canvi en l'augment de temperatura	32
4.2.5.1. Previsions de l'augment de la temperatura anual mensual.....	32
4.2.5.2. Previsions de l'augment de la temperatura mitjana anual	37
4.3. Estudi de les condicions climàtiques de les nostres plantes	39
4.3.1 Previsió dels cítrics.....	39
4.3.2 Previsions de l'arròs	42
4.3.2.1 Fase de germinació	42
4.3.2.2. Fase de plàntula	43
4.3.2.3. Fase d'afillat	44
4.3.2.4. Fase de floració	45
4.3.2.5. Fase de maduració	46
4.4. Estudi de l'augment del nivell del mar	47
5. Conclusions	57
6. Agraïments	61
7. Bibliografia i <i>webgrafia</i>	62
Annex 1	63

1. Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball de recerca és verificar si efectivament hi ha un canvi climàtic o no. Molts científics expliquen que les temperatures a la Terra pujaran dos o tres graus d'aquí cent anys, però la veritat es que no ho podem comprovar per nosaltres mateixos. Per això vull veure amb els meus propis ulls, vull fer un estudi de si les temperatures efectivament estan pujant al nivell que estan advertint els entesos en la matèria. I amb aquest estudi també faré una previsió de temperatures per a d'aquí uns 150 any.

Un cop feta aquesta previsió, l'altre objectiu principal és com pot afectar aquest augment de la temperatura a les nostres plantes. Com, sabem aquestes terres gaudeix de bones plantacions de cítrics, com les taronges, mandarines, i al delta de l'Ebre una extensa plantació d'arròs. Un augment de la temperatura pot significar un trastorn en aquestes plantes, una baixada o una parada total de la producció. Per això aquest segon objectiu es marca en estudiar fins quins anys podem tenir una producció normal d'aquests plantes o fins quin any encara podríem gaudir d'elles.

Finalment el tercer objectiu del meu treball de recerca és estudiar l'augment del nivell del mar. Amb un delta tan prop i amb moltes poblacions i infraestructures costaneres és molt possible que en un futur quedin baix l'aigua. Per això m'agradaria veure al llarg del temps com quedaran les nostres terres respecte al nivell del mar, veure fins quan les infraestructures que tenim avui en dia poden ser útils.

2. Memòria

A principis de 2008 la nostra tutora de classe ens començava a parlar del treball de recerca. Ens deia que ja havíem de començar a pensar quin seria el tema del treball ja que en poc temps havíem de triar-lo. La primera idea que vaig tenir va ser fer-lo sobre la física, els estudis que vull cursar després de batxillerat, però vaig veure que no tenia prou mitjans per a dur-lo a terme. Un altre tema que vaig pensar de fer-lo és sobre Eurovisió, ja que a mi m'agrada molt el tema i m'ho hagués passat molt bé realitzant-lo, però la tutora també ens va dir que havia de ser distret, interessant, i sé que aquest tema només interessa a un entre un milió, per tant també el vaig descartar. Mentrestant a les classes de tutoria, la tutora ens deia que amb aquest treball havíem de fer com una petita aportació, com un granet de sorra que contribuïm nosaltres a la societat i que a més d'interessant, havíem de treure unes conclusions que siguin de servei i que nosaltres quedéssim satisfets de la feina. A més a més, la tutora ens va passar el vídeo d'Al-Gore *Una veritat incòmoda* i després de veure'l vaig tenir clar de que volia realitzar el meu treball.

El canvi climàtic està a l'ordre del dia, és el tema més important de la societat, tot i que molts no percebin el greu problema que pot significar això. Per tant, volia un treball per a que la gent veiés com no només el canvi climàtic afecta a les grans ciutats industrialitzades, sinó que aquí, a les nostres terres, notarem i patirem els efectes del canvi climàtic de ple. Molta gent diu: El canvi climàtic, això només passa a les grans ciutats, com Pequín o Nova York, aquí això no és notarà. Per això vull demostrar que això no és així que a nosaltres tard o d'hora també ens afectarà.

Abans fins i tot que em comencés a preocupar pel meu treball de recerca, la meva professora de física, Paquita Cid, em va dir que a l'Expo-Ebre feien una conferència sobre el canvi climàtic a les Terres de l'Ebre. Quina coincidència, vaig pensar jo, i de seguida em vaig posar a la feina i hi vaig assistir. Dos científics van parlar del canvi climàtic i van explicar una sèrie de coses que he aprofitat per al meu treball. A més, llavors ja sabia qui seria el meu tutor d'aquest treball i ja varem començar a posar en marxa la maquinaria. A més, Paquita, també em va recomanar un llibre d'Enric Llebot d'on vaig treure moltíssima informació que trobareu en aquest treball.

Raül Curto em va anar passant informació de revistes seves d'*Investigación y Ciencia*, d'on vaig aprendre moltes coses del canvi climàtic. La gran embranzida del treball va ser quan vaig anar a l'observatori de l'Ebre a demanar dades de temperatures i pluviometria, llavors ja tenia l'essencial per al meu treball. Vaig estar pràcticament tot l'estiu treballant només amb la part teòrica i les dades de l'Observatori per a fer les previsions que són el gruix important d'aquest treball. A més, a la biblioteca de Tortosa també vaig trobar un altre llibre d'Enric Llebot d'on també he extret molta informació.

Raül Curto m'anava dient que havia de passar per l'IRTA per a aconseguir les condicions climàtiques de les plantes que volia estudiar. Finalment a principis d'octubre hi vaig anar. Joaquim Pastor i Maite Martínez em van donar una sèrie de dades sobre les condicions dels cítrics i de l'arròs. Bàsicament he triat

aquestes dos plantes perquè són les més característiques de la zona, i perquè a l'IRTA hi havia aquest dos especialistes. A més a més d'aquest dia a l'IRTA, ambdós especialistes em van facilitar el seu correu electrònic els quals els vaig anar preguntant dubtes que em van sorgir al llarg del treball. Fins i tot, a mitjans del novembre vaig haver de passar una altra vegada per l'IRTA ja que necessitava més informació essencial.

Cada vegada el treball estava més enllestit i la data d'entrega també estava més prop. Una vegada vaig acabar tota la part teòrica i tota la pràctica em vaig posar a redactar els objectius i aquesta pròpia memòria.

3. Introducció

En aquest treball parlarem de les conseqüències del canvi climàtic, però abans d'això hauríem de definir bé el significat de canvi climàtic. Trobem diferents definicions o explicacions d'aquest concepte.

“Per canvi climàtic s'entén un canvi de clima atribuït directa o indirectament a l'activitat humana que altera la composició de l'atmosfera mundial i que se suma a la variabilitat natural del clima observat durant períodes de temps comparables.” (Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic)

Es denomina canvi climàtic a la modificació del clima amb respecte a l'historial climàtic a una escala global o regional. Tals canvis es produeixen a molt diverses escales de temps i sobre tot als paràmetres climàtics com la temperatura, precipitacions, nuvolositat. Són deguts a causes naturals, i últimament a causes de l'activitat humana.

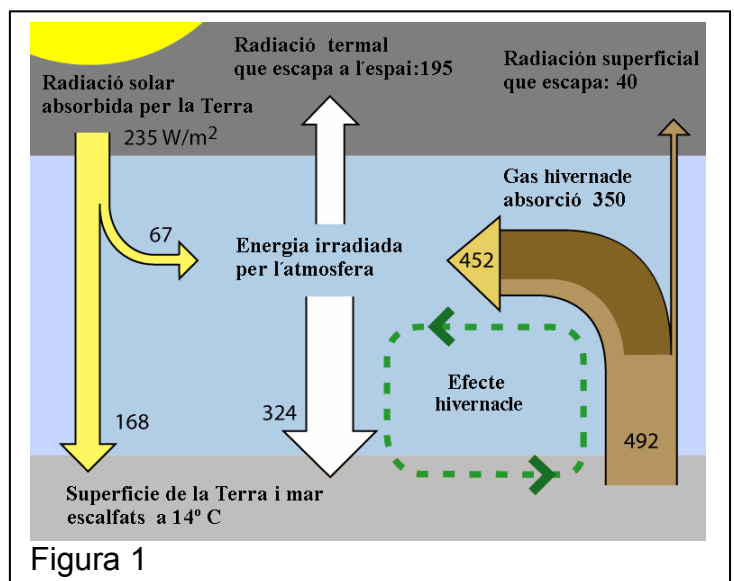
Si un canvi climàtic es produeix a causa de l'activitat natural es denomina **variabilitat natural del clima**. Però si es deu a l'activitat humana es denomina **canvi climàtic antropogènic**. En tot aquest treball, quan parlarem de canvi climàtic ens referirem sempre a aquest canvi climàtic antropogènic.

A més a més de l'escalfament global, el canvi climàtic provoca canvis en altres variables, com les pluges globals, la cobertura de núvols i tots els altres elements del sistema atmosfèric.

3.1. Processos que afecten a la temperatura de la Terra. Balanç radiatiu terrestre

La **Figura 1** mostra com els fluxos d'energia es combinen per mantenir la superfície terrestre calenta creant l'efecte hivernacle. Si la calor total rebuda a la superfície fora de 235 W/m^2 , llavors la temperatura mitjana de la superfície terrestre seria de -22°C . En canvi, la nostra atmosfera recicla aquest calor i afegeix 324 W/m^2 arribant a la temperatura mitjana de 14°C .

L'efecte hivernacle és un factor essencial del clima de la Terra. Si hi ha equilibri en l'efecte hivernacle terrestre, la quantitat total d'energia que entra al sistema per la radiació solar és compensarà exactament amb la quantitat d'energia irradiada a l'espai, permetent a la Terra mantenir una temperatura mitjana constant en el temps.



3.1.1. Radiació rebuda del Sol

El Sol és el responsable de quasi tota l'energia rebuda des de l'exterior a la superfície de la Terra. El Sol emet radiació que es considera d'ona curta, a la que són sensibles els ulls, i que anomenem llum visible. A més a més, la llum solar també porta bona part de radiació ultraviolada, de longitud d'ona menor que la visible. La part ultraviolada és absorbida, en bona part, per l'ozó i altres gasos de l'atmosfera, contribuint al seu escalfament, mentre que la llum visible traspasa l'atmosfera sense cap problema. La Terra intercepta una energia del Sol que a la superfície de l'atmosfera val 1366 W/m^2 . No obstant, només intercepta l'energia de la secció de la Terra orientada al Sol, quedant-se amb només una quarta part, per tant 342 W/m^2 .

3.1.2. Albedo

De la radiació que arriba a la terra, principalment en forma de llum visible, una part es reflexada immediatament. Aquesta fracció d'energia que és tornada immediatament a l'espai s'anomena albedo, i significa el 31.3%. Dels 342 W/m^2 al final arriben a la superfície terrestre 235 W/m^2 .

$$0.313 \times 342 \text{ W/m}^2 = 107 \text{ W/m}^2 ; 342 \text{ W/m}^2 - 107 \text{ W/m}^2 = \mathbf{235 \text{ W/m}^2}$$

És freqüent confondre els efectes del albedo amb els de l'efecte hivernacle, però els de l'albedo es refereix a l'energia tornada directament a l'espai en radiació electromagnètiques de llum visible, mentre que els de l'efecte hivernacle es refereix a l'energia absorbida per la Terra i després emesa en forma de radiacions electromagnètiques de llum infraroja. En el primer cas es tracta dels mateixos fotons solars, en el segon es tracta de l'energia que emet la Terra, precisament per no haver reflexat tota la radiació solar.

3.1.3. Efecte hivernacle

La Terra, com tot cos calent, emet radiació, però al tenir una temperatura molt menor que la solar, emet radiació infraroja d'una longitud d'ona molt més llarga de la que rep. No obstant, no tota d'aquesta radiació infraroja torna a l'espai, ja que els gasos d'efecte hivernacle absorbeixen la major part.

L'atmosfera transfereix l'energia rebuda tan cap a l'espai (el 37.5%) com a la superfície de la Terra (el 62.5%). Això representa 324 W/m^2 . La importància dels efectes d'absorció i de radiació a l'atmosfera són essencials per al desenvolupament de la vida tal i com la coneixem. De fet, si no hi hagués aquest efecte la temperatura mitjana a la terra rondaria els -22°C , i gràcies a l'efecte hivernacle és de 14°C .

D'acord amb l'actual consens científic, l'efecte hivernacle s'està agreujant a la Terra per l'emissió de certs gasos, com el diòxid de carboni i el metà, degut a l'activitat econòmica humana.

Aquest fenomen evita que l'energia solar rebuda constantment per la Terra torni a l'espai, produint a una escala planetària el que s'observa en un hivernacle.

3.2. Causes del canvi climàtic

Sobre el clima influeixen molts fenòmens, i com a conseqüència dels canvis d'aquests es produeixen els canvis climàtics. Un canvi en l'emissió del Sol, en la composició de l'atmosfera, en la disposició de les corrents marines o en l'òrbita de la Terra pot modificar la distribució d'energia i el balanç radiatiu terrestre, alterant profundament el clima del planeta.

Aquestes influències es poden classificar en externes o internes a la Terra. La influència humana sobre el clima es considera externa ja que la seva influència és més sistemàtica que caòtica, però també, és cert que l'Homo Sapiens pertany a la pròpia biosfera de la Terra, per tant l'acció humana també es podria considerar interna.

3.2.1. Variacions solars

La temperatura a la Terra depèn en molta quantitat del flux de radiació solar que arriba a la Terra. No obstant, degut a que aquesta energia que rebem quasi no canvia en el temps, no es considera una contribució important a la variabilitat climàtica. A més a més, el flux de radiació és el motor de grans fenòmens terrestres, ja que aporta l'energia necessària a l'atmosfera per a que aquests es produeixin. En canvi, a llarg termini, el Sol augmenta un 10% la seva lluminositat cada mil milions d'anys.

Les variacions en el camp magnètic solar, i en les emissions de vent solar, també són importants ja que la interacció de l'alta atmosfera terrestre amb les partícules solars pot generar reaccions químiques, en un sentit o en l'altre, modificant la composició de l'aire i dels núvols.

3.2.2. Variacions orbitals

L'òrbita terrestre oscil·la periòdicament fent que la quantitat mitjana de radiació que rep cada hemisferi fluctuï al llarg del temps, i aquestes variacions provoquen les pulsacions glacials, com els estius o els hiverns a llarg període. Hi ha tres factors que contribueixen a modificar les característiques orbitals fent que la insolació mitjana en un i altre hemisferi variï tot i que no ho faci el flux de radiació global. Es tracta de la precessió dels equinoccis, la excentricitat orbital i la obliqüetat de l'òrbita o inclinació de l'eix terrestre.

3.2.3. Impacte de meteorits

En rares ocasions solen passar aquests esdeveniments de tipus catastròfic que canvia la faç de la Terra per a sempre. L'últim va ser fa 65 milions d'anys.

3.2.4. La deriva continental

La Terra ha sofert molts canvis des de els seus orígens fa 4600 milions d'anys. Fa 225 milions tots els continents estaven units, formant un sol gran tros de terra, conegut com a Pangea, i només hi havia un gran oceà, anomenat Panthalassa. Aquesta disposició va afavorir l'augment de corrents oceàniques provocant que la diferència entre l'equador i els Pols sigui molt menys a l'actualitat.

3.2.5. La composició atmosfèrica

L'atmosfera primitiva va perdre els seus components més lleugers per a ser substituïts per gasos procedents de les emissions volcàniques del planeta, especialment el diòxid de carboni, donant a lloc a una atmosfera de segona generació. Per altra banda, els òxids de sofre i altres aerosols emesos pels volcans contribueixen al refredament de l'atmosfera. De l'equilibri en resulta un balanç determinat.

Amb l'aparició de la vida a la Terra es va sumar com a agent incident el total d'organismes a la biosfera. Primer varen ser els autòtrofs, que van capturar la major part del CO₂. L'aparició de la fotosíntesi va donar lloc a l'aparició massiva d'oxigen.

D'aquesta manera es va arribar a l'atmosfera de tercera generació: un equilibri entre l'oxigen i el diòxid de carboni.

3.2.6. Les corrents oceàniques

Les corrents oceàniques són un factor regulador del clima que actua com a moderador, suavitzant les temperatures de regions com Europa.

3.2.7. El camp magnètic terrestre

Les variacions en el camp magnètic terrestre poden afectar de manera indirecta al clima de la Terra, ja que segons el seu estat poden aturar partícules emeses pel Sol. S'ha comprovat que en èpoques passades hi van haver inversions de polaritat i grans variacions en la seva intensitat.

3.2.8. Els efectes antropogènics

L'ésser humà és avui un dels agents climàtics d'importància, des de fa un temps relativament curt a la història de la Terra. La seva influència va començar en al desforestació dels boscos per a convertir-ho en terra de cultius i de pastar, però ja més en l'actualitat la seva influència és molt major al produir l'emissió abundant de gasos que produeixen l'efecte hivernacle: el CO₂ a les fàbriques i en els mitjans de transport, el metà a les grans granges de ramaderia intensiva i els arrossars. Actualment tant les emissions de gasos com la desforestació ha augmentat a tal nivell que pareix difícil que es redueixin a curt o a mitjà termini de temps, per les implicacions tècniques i econòmiques de les activitats involucrades.

Segons el ministeri ambiental espanyol, les reduccions de la intensitat energètica als vehicles lleugers poden disminuir les emissions específiques entre un 10 i un 25% per a l'any 2020. A més a més, si s'utilitza dièsel, gas natural o propà en lloc de gasolina, es poden reduir les emissions entre un 10 i un 30% que podrien arribar a aconseguir el 80% si els combustibles fossin de fonts renovables. El control dels refrigerants podria significar un altre 10% de reducció.

3.3. Canvis climàtics al passat

Els estudis climàtics del passat, es realitzen estudiant els registres fòssils, les acumulacions de sediments en els llits marins, les bombolles d'aire capturades a les glaceres, les marques erosives en les roques i les marques de creixement dels arbres. Amb base de totes aquestes dades s'ha pogut confeccionar una història climàtica relativament precisa.

3.3.1. La paradoxa del Sol feble

El Sol, als seus primers moments d'existència, sols emetia el 70% de l'energia actual, i la temperatura a la terra era de -41°C. No obstant, hi ha constància de la vida que hi havia als oceans fa 3800 milions d'anys, per això, la paradoxa del Sol feble només pot ser possible amb una molt més gran quantitat de CO₂ que l'actual, amb un gran efecte hivernacle molt major al d'ara.

3.3.2. L'efecte hivernacle en el passat

L'atmosfera influeix fonamentalment al clima. La temperatura sense atmosfera seria de -20°C, però l'atmosfera té un comportament diferent segons la longitud d'ona de les radiacions solars. El Sol emet radiacions de 0,48 micròmetres, i l'atmosfera deixa passar aquesta radiació. La Terra té una temperatura molt més baixa i remet la radiació absorbida a una longitud d'ona molt més llarga, a uns 10-15 micròmetres, per la qual cosa l'atmosfera ja no és transparent. El CO₂ que està a l'atmosfera absorbeix aquesta radiació. El resultat és que

l'atmosfera s'escalfa i torna a la Terra part de l'energia, pel que la temperatura superficial és d'uns 15°C. A aquest fenomen se'l anomena efecte hivernacle, i el CO₂ i l'H₂O en són els principals responsables.

La concentració al passat de diòxid de carboni o metà s'ha pogut mesurar a partir de les bombolles d'aire a les glaceres i mostres de sediments marins. Es desconeixen les causes exactes per les quals es produïrien aquestes disminucions i augments tot i que hi ha varies hipòtesis en estudi.

Es coneixen bastant casos en el que el diòxid de carboni ha jugat un paper molt important en la història del clima terrestre. Per exemple, unes baixades importants de CO₂ atmosfèric en l'època Proterozoica va conduir a la Terra a episodis anomenats *bola de neu*. I també una gran quantitat de diòxid de carboni va portar a la Terra a un període d'extinció massiva del Pèrmic-Triàsic a un escalfament excessiu de l'aigua marina el que va portar a un escalfament fins al límit i va portar a la Terra a la pitjor extinció de massa que ha sofert mai.

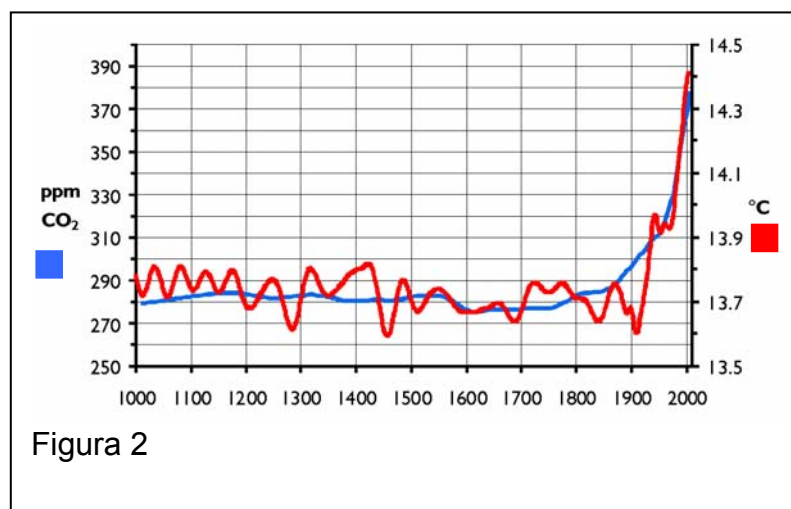
3.4. Canvi climàtic actual

3.4.1. Combustibles fòssils i escalfament global

A finals del segle XVII l'home va començar a utilitzar combustibles fòssils que la terra havia acumulat al subsòl durant milions d'anys. La crema de petroli, carbó i gas natural ha causat un augment del CO₂ en l'atmosfera que és d'1,4 ppm a l'any i produeix un augment de la temperatura. S'estima que des de que l'home va començar a mesurar la temperatura fa uns 150 anys, aquesta ha augmentat uns 0,5 °C i es preveu un augment d'1°C per al 2020 i de 2°C per al 2050.

3.4.2. L'evidència dels canvis

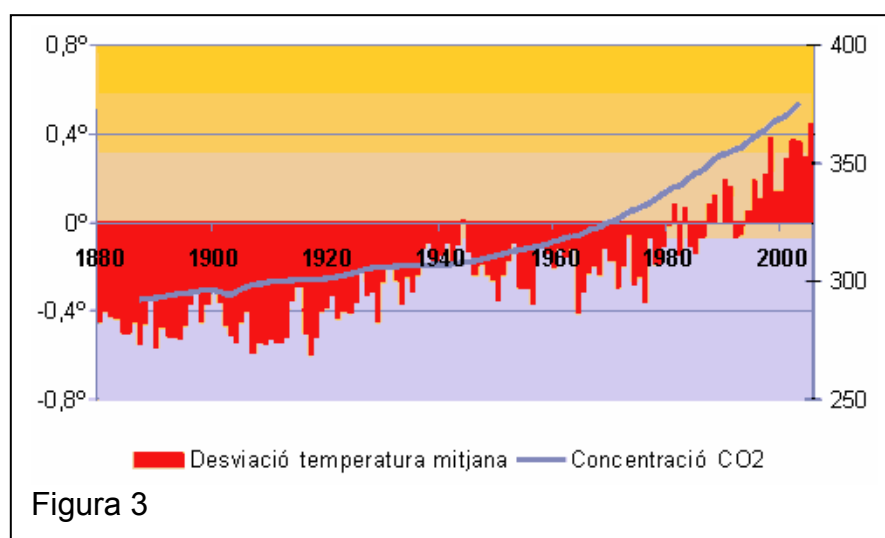
El nivell de CO₂ a l'atmosfera augmenta. Aquest canvi es deu a les activitats humanes, com el consum de combustibles fòssils, la modificació dels usos del sòl i a la producció de ciment.



Si la concentració de CO₂ puja a l'atmosfera, també puja la temperatura, ja que el CO₂ atrapa dintre seu més calor procedent del Sol.

La concentració de metà a l'atmosfera també està creixent com a resultat de les activitats humanes, com l'agricultura i la destrucció de residus i l'ús i la producció de combustibles fòssils. L'òxid nitrós també augmenta com a conseqüència de les activitats anteriors.

I els halocarburs i altres halurs també augmenten la seva presència, degut a l'activitat humana. Aquests gasos són els que deterioren la capa d'ozó. L'ozó a l'estratosfera disminueix, mentre que a la troposfera augmenta, per l'oxidació del metà i diversos gasos com el monòxid de carboni, alguns òxids de nitrogen i alguns hidrocarburs.



Un dels fenòmens que té més impacte sobre el clima i que és més imprevisible són les erupcions volcàniques. Un recent anàlisi de l'any 1991 mostra com l'erupció del volcà Pinatubo, després d'uns mesos, la radiació solar es va reduir un 3%. Després d'un temps de l'erupció la temperatura global de l'atmosfera va tornar a recuperar la seva tendència a créixer.

3.4.2.1. Augment del nivell del mar

Pel que fa al nivell del mar, les previsions ens diuen que per al 2100 haurà augment uns 50 cm. La predicció és de 5 mm cada any.

Suposant un augment de la temperatura mitjana de 2.5°C, l'augment del nivell del mar vindria donat per aquestes causes:

- Expansió tèrmica:	2.8 mm/any
- Geleres i casquets de gel:	1.6 mm/any
- Camps de gel a Groenlàndia i a l'Antàrtida:	0.5 mm/any
- Sobreexplotació d'aigües subterrànies:	0.022 mm/any
- Reservoiris superficials i llacs:	-0.031 mm/any
- Desforestació:	0 mm/any
- Pèrdua de zones humides:	0.01 mm/any
- Fusió del glaç del sòl:	0.1 mm/any
- Total:	5.001 mm/any

3.4.2.2. Variació de la temperatura i precipitació

A continuació explico les variacions de temperatura que es preveuen que hi hagi a la Terra:

- A la superfície i durant l'hivern, generalment, un major escalfament per sobre dels continents que a sobre dels mars.
- Escalfament mínim al voltant de les zones de l'Antàrtida i de l'Atlàntic nord on es produeix la barreja amb les aigües profundes.
- Escalfament màxim a les latituds altes a finals de la tardor i començament de l'hivern associat a la reducció de gel i neu.
- Poc escalfament a l'Antàrtida durant l'estiu.
- Poca variació estacional de l'escalfament als llocs de latituds baixes i a l'oceà circumpolar antàrtic.
- Es preveuen canvis de freqüència d'esdeveniments extrems: increments d'episodis de temperatura molt alta i disminució dels episodis de temperatura molt baixa.

I ara, les variacions de precipitacions:

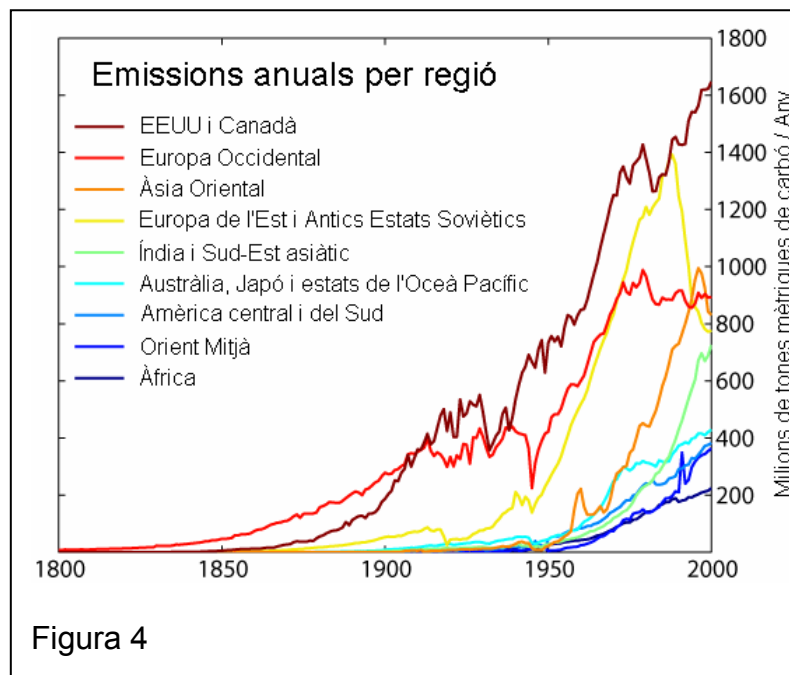
- Increment global de la precipitació.
- Precipitacions més grans a el hivern a les zones de latitud alta, a causa de la major quantitat de vapor d'aigua a l'atmosfera, del major transport vers els pols i major precipitació.
- Increment de la precipitació intensa.
- Disminució en algunes zones del règim de precipitacions, augment de la probabilitat de sequeres perllongades.
- En conclusió, plourà més torrencialment, i hi hauran més períodes de sequera.

3.4.3. Gasos d'efecte hivernacle i activitat industrial

Els principals gasos que contribueixen a l'efecte hivernacle són:

- Vapor d'aigua (H₂O)
- Diòxid de carboni (CO₂)
- Metà (CH₄)
- Òxids de nitrogen (NO_x)
- Ozó (O₃)
- Clorofluorocarburs (artificials)

Tots aquests gasos són naturals (excepte els CFC's), el que fa que ja existissin a l'atmosfera abans de l'aparició de l'home. Però des de la Revolució Industrial i degut principalment a l'ús intensiu dels combustibles fòssils en les activitats industrials i el transport, s'han produït increments en les quantitats d'òxids de nitrogen emeses a l'atmosfera. A més a més han coincidit amb les activitats humanes com la desforestació i això ha limitat la capacitat regenerativa de l'atmosfera per a eliminar el diòxid de carboni, el principal responsable de l'efecte hivernacle.



Aquests canvis causen un lent increment de la temperatura terrestre, el canvi climàtic o escalfament global que és origen d'altres problemes ambientals com:

- Desertització i sequies.
- Desforestació, que augmenta encara més el canvi
- Inundacions
- Fusió dels casquets polars i altres glaçares que causen un ascens del nivell del mar, submergint zones costaneres. Sols influeix en aquesta

variació el gel que esta a sòl ferm, ja que el que sura al mar, no afecta a l'augment del nivell del mar.

- Destrucció dels ecosistemes.
- A més, l'efecte hivernacle és un dels principals factors que provoquen l'escalfament global de la Terra, degut a l'acumulació dels gasos hivernacle a l'atmosfera.

3.4.4. Protocol de Kioto

El protocol de Kioto és un conveni internacional que intenta limitar globalment les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Els gasos que té el protocol com a objectiu reduir són el Diòxid de Carboni (CO₂), el metà (CH₄) i l'òxid nitrós (N₂O), a més a més també vol reduir les emissions de tres gasos industrials fluorats: els hidrofluorocarbons (HFC), els perfluorocarbons (PFC) i l'hexafluorur de sofre (SF₆). L'objectiu és reduir aquests gasos un 5% dintre del període dels anys del 2008 al 2012, en comparació de l'any 1990. Això no vol dir que cada país hagi de reduir un 5% les seves emissions dels gasos esmentats, sinó que cada país té els seus propis percentatges de reducció de gasos.

El protocol sorgeix de la preocupació internacional per l'escalfament global que podria incrementar les emissions descontrolades d'aquests gasos.

De tots els planetes del Sistema Solar, Venus és el que té un efecte hivernacle més intents degut a la densitat i composició de la seva atmosfera. La superfície de Venus pot arribar als 460 °C. Quan es va començar a estudiar l'atmosfera de Venus als anys 60 i 70, van sorgir les primeres senyals d'alarma sobre el nostre efecte hivernacle provocat per l'augment de diòxid de carboni a l'atmosfera. Per això va ser quan es van començar a mobilitzar totes les plataformes activistes per a que la temperatura del nostre planeta no arribi als extrems de Venus.

3.5. Conseqüències per a l'agricultura

Ja que estem estudiant el canvi climàtic a les Terres de l'Ebre, i aquestes es caracteritzen pel cultiu de cítrics i arròs, que millor que analitzar la naturalesa d'aquests arbres, centrant-nos amb les temperatures que necessiten per a sobreviure aquests arbres.

En general, totes les plantes s'adeqüen al clima que hi ha, per tant, si la temperatura puja, les plantes s'hi poden adaptar, sempre i quan les variacions del clima no siguin brusques. En aquest canvi climàtic que estem estudiant, els canvis són més ràpids que si es tractés d'una variabilitat natural del clima. Per tant, les plantes s'adapten al clima, si els canvis són lents i progressius, però probablement tindrien problemes per adaptar-se al canvi climàtic actual.

3.5.1. Els cítrics

El gènere *Citrus* el qual denomina el terme comú de cítric, designa les espècies de grans arbustos o arbres perennes, els seus fruits o fruites, de la família de les Ruteàcies, posseeixen un alt contingut de vitamina C i àcid cítric. Oriünd de l'Àsia tropical i subtropical, aquest gènere conté tres espècies i nombrosos híbrids cultivats com la llima, la taronja i la mandarina, amb diverses varietats segons on es cultiven.

Els cítrics per a viure necessiten una temperatura d'entre 0 i 50 °C. Si es superen aquests límits, l'arbre pot sofrir gelades importants, o cremades. La temperatura òptima per a la proliferació del fruit o fruita dels cítrics és entre 23 i 34°C. Tot i aquesta temperatura, l'arbre començarà a fer fruit quan la temperatura sobrepassi els 13°C, normalment ho sol fer al febrer o març, amb l'augment de la temperatura. Però si a l'hivern anterior no s'assolís una temperatura inferior a 13°C, l'arbre no faria la parada anual que li toca, i al següent any, tindriem una mala producció.

Pel contrari si la temperatura passa els 39°C, l'arbre pot sofrir cremades i si la temperatura continua augmentant hi pot haver una baixada de producció a la següent collita. Aquesta temperatura pot ser perillosa als mesos més càlids de l'estiu.

La pluja no afecta directament a les condicions dels cítrics, ja que una baixa pluviometria es pot complementar amb més reg. Però una alta pluviometria, i amb un sòl impermeable podria causar que la planta s'ofegés.

De les espècies o gèneres, l'orde d'arbres que aguanta més be la temperatura és aquest (ordenat de més resistent al fred, a més resistent a la calor):

Llimoner – Aranja – Taronger – Mandarinier

En canvi l'ordre del fruit que més resistència té a la temperatura és quest:

Aranja – Taronja – Mandarina – Llima

3.5.2. L'arròs

L'arròs (*Oryza sativa*) és una planta que pertany a la família de les Poàcies, la qual el seu fruit és comestible i constitueix la dieta bàsica a Àsia i a Amèrica Llatina. El seu nutrient principal són els hidrats de carboni, algunes proteïnes (7%), minerals i vitamines.

L'arròs necessita unes certes temperatures per a sobreviure segons la fase en que es trobi.

Etapas i temperatures necessàries per a sobreviure de l'arròs			
Fase	Etaapa de l'any	Temperatures òptimes (°C)	Temperatures crítiques (°C)
Germinació	Finals d'abril, principis de maig	28 – 30	Inferiors a 11, superiors a 45
Plàntula	Principis, mitjans de maig	25 - 32	Les baixes temperatura, ja que alenteixen el seu creixement, i les superiors a 35-38
Afillat	Juny	25 - 32	Inferiors de 12 i superiors a 40
Floració	Finals de juny, principis d'agost	20 - 26	Inferiors a 8, afecten a la fecundació, i superiors a 40
Maduració	Finals d'agost, i setembre	20 - 28	Superiors a 35

L'arròs és més vulnerable a les temperatures baixes que a les altes, ja que hi ha més risc de congelació de la planta. A més l'arròs es troba envoltat d'aigua, un medi regulador de temperatura, i si la temperatura és alta, l'aigua pot ajudar a que la planta no es cremi.

En aquest treball s'estudia l'augment de la temperatura, per tant l'arròs estaria sortint del perill de congelació.

Segons aquestes dades, a l'igual que els cítrics, podem fer una previsió fins quan tindran una temperatura ideal per a la producció. El que cal plantejar és, que passarà primer, si la temperatura pujarà tant que l'arròs no podrà viure, o que l'aigua salada del mar inundarà tots els conreus de l'arròs.

3.6 Regressions lineals

En estadística les regressions lineals són un mètode matemàtic que modelitza la relació entre una variable dependent i una altra d'independent. Un cop feta la recta que agrupa aquests punts es pot extrapolar per a obtenir una previsió. D'aquesta manera he fet les previsions al meu treball de recerca.

Per a arribar a obtenir una recta de regressió abans s'han d'anar obtenint diferents dades. La primera dada és la mitjana aritmètica. És calcula a partir del sumatori de totes les variables dividit pel nombre de variables:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{n}$$

A partir de la mitjana podem obtenir la desviació típica, calculada a partir de l'arrel quadrada del sumatori al quadrat de la resta de les components x menys la mitjana de x, dividit pel nombre de variables.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

La covariància és una altra xifra que s'utilitza per a obtenir la recta de regressió i s'obté a partir del producte sumatori de les variables x i y, dividit pel nombre de variables i tot això restat pel producte de les mitjanes de x i y.

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{n} - \bar{X} \cdot \bar{Y}$$

A partir de la covariància podem treure el coeficient de correlació, també útil per al meu treball, que mesura la relació entre els punts. Si els punts estan alineats, i formant una recta el resultat és proper a 1 o a -1 (si ascendeixen o descendeixen); si pel contrari no hi ha relació entre els punts, i no formen cap recta el resultat és proper a 0.

$$R = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

I ara ja tenim els coneixements suficients per a saber com s'ha d'elaborar una recta de regressió de y sobre x:

$$y - \bar{Y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2} (x - \bar{X})$$

I aquí acaba la part de la introducció del meu treball de recerca. Tots aquests són els continguts bàsics per entendre amb perfecció aquest treball.

4. Pràctica

La pràctica del meu treball de recerca es divideix en tres parts clarament diferenciades. La primera part és l'estudi de les temperatures que em van donar l'Observatori de l'Ebre, i fer una predicció. La segona part constitueix en aplicar aquestes dades a les condicions climàtiques dels principals conreus que tenim en aquestes terres, arròs i cítrics. I la tercera part consisteix l'estudi de la pujada del nivell del mar.

Per a comprovar si efectivament hi ha canvi climàtic, i més centrant-nos en les nostres terres, vaig anar a l'Observatori de l'Ebre a preguntar si em podien facilitar algunes dades.

A l'Observatori em van donar les següents dades:

- Temperatura mitjana mensual
- Temperatura màxima mitjana mensual
- Temperatura mínima mitjana mensual
- Pluja acumulada mensual

Totes les dades són del 1905 fins al 2007, exceptuant dos períodes a les temperatures. L'un és del juny del 1905 fins al desembre del mateix any, i l'altre és des de l'any 1938 fins al 1941 (ambdós inclosos) degut a la Guerra Civil Espanyola.

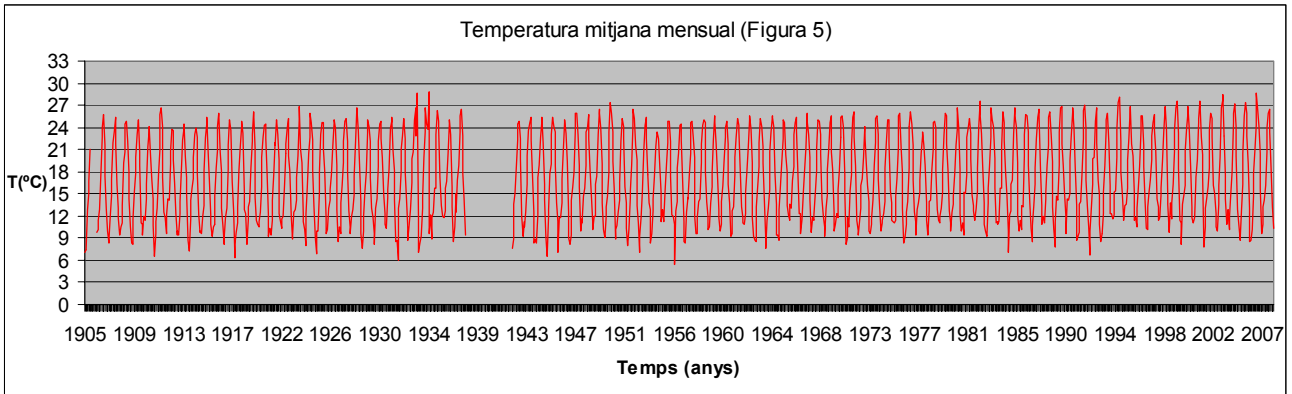
Per a que els resultats es vegin més clars, amb les dades facilitades per l'observatori he fet les dades anuals, com ja veurem a cada apartat com ha estat aconseguida. I amb les dades anuals he fet una previsió per a d'aquí uns anys com ja veurem més endavant.

Tant per fer l'estudi de la variació de temperatura, com per fer l'estudi de la variació de les pluges (punts 4.2 i 4.3 del treball), suposarem que aquestes varien linealment amb el temps, suposició que podria no ser encertada, però com el model de canvi que experimentaran aquestes variables amb el temps és gairebé impossible de predir, en aquest treball hem suposat un canvi lineal, ja que és el model que té un tractament matemàtic més senzill.

4.1. Estudi de temperatures i pluviometria

4.1.1 Temperatura mitjana mensual

És la semisuma de la temperatura màxima i mínima mensual.



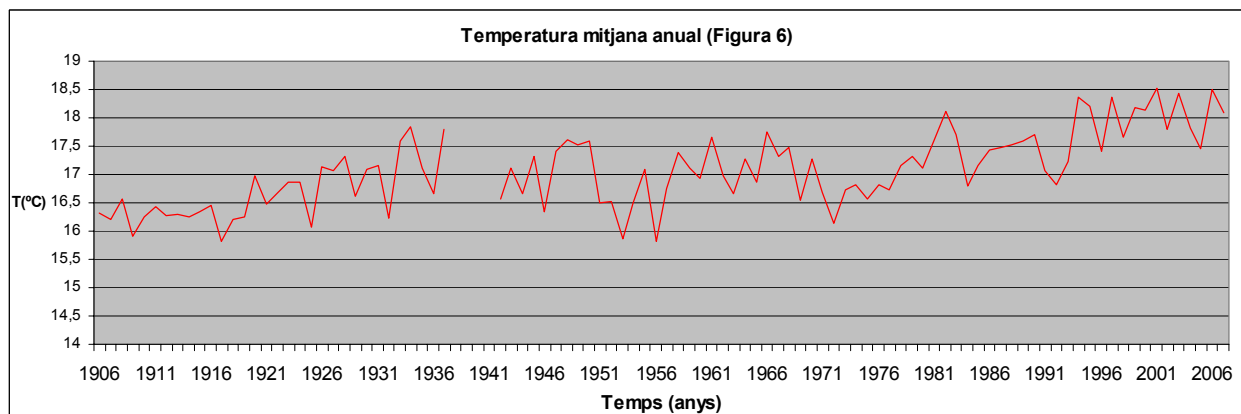
Amb aquesta **Figura 5**, tot i ser molt difícil apreciar l'increment de la temperatura, ens podem fixar com a principis del segle XX, les temperatures de l'estiu no sobrepassaven la línia dels 27°C, en canvi, després de l'any 2000, totes les temperatures passen els 27°C. A l'hivern, quasi totes les temperatures es mantenen als 9°C, i ara sols algunes toquen la línia dels 9°C.

Tot i aquests detalls, és difícil veure a simple vista l'increment de temperatura, per això, és més clar veure les temperatures anualment.

4.1.2. Temperatura mitjana anual

Aquesta temperatura no me la va donar l'Observatori sinó que l'he calculada jo a partir de la suma de les temperatures mitjanes mensuals agrupades per anys i dividides per 12.

$$T^{\circ}\text{C mitjana anual} = \frac{\sum T^{\circ}\text{C mitjanes mensuals agrupades cada 12 mesos}}{12}$$



A la **Figura 6** tenim les temperatures mitjanes anuals, i aquí sí que podem veure clarament com ha incrementat la temperatura al llarg del segle XX. Sobretot a partir del 1970 hi ha una forta pujada de la temperatura la qual no para d'ascendir fins avui en dia.

Això ens indica, que en un període bastant curt de temps la temperatura ha augmentat, mes o menys, 1.5°C, i això és improbable que sigui degut a cap variabilitat natural del clima.

4.1.3. Temperatura màxima mitjana mensual

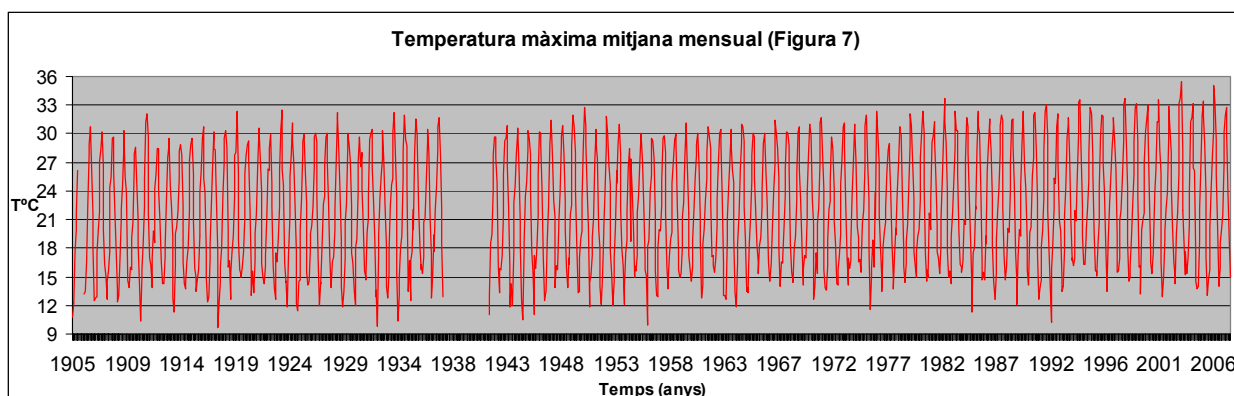
Les primeres temperatures estan calculades com la temperatura màxima diària més alta de tot el mes més la temperatura màxima diària més baixa de tot el mes i dividit per dos.

$$T^{\circ}\text{C màxima mitjana mensual}(1\text{rs}) = \frac{T^{\circ}\text{C màx més alta} + T^{\circ}\text{C màx més baixa}}{2}$$

Més tard ja van calcular les temperatures màximes com la suma de totes les màximes de tot el mes dividit pel nombre de dies del mes.

$$T^{\circ}\text{C màxima mitjana mensual (últims anys)} = \frac{\sum T^{\circ}\text{C màximes diàries}}{\text{n}^{\circ} \text{ de dies del mes}}$$

Aquest primer mètode, no tant exacte, és va usar els primers anys a l'Observatori ja que no gaudien d'uns aparells com els d'avui en dia que els faciliten els càlculs de les temperatures i a l'hora de fer les temperatures màximes, i mínimes, mitjanes els era més fàcil usar aquest primer mètode. A més quasi no hi ha diferència entre els dos mètodes. Totes aquestes dades han estat facilitades per l'observatori, jo només reproduïxo la fórmula que ells van emprar per a calcular les dades que m'han facilitat. A l'apartat de les temperatures mínimes mitjanes mensuals (4.1.5) torna a passar el mateix, i els mètodes usats són els mateixos.



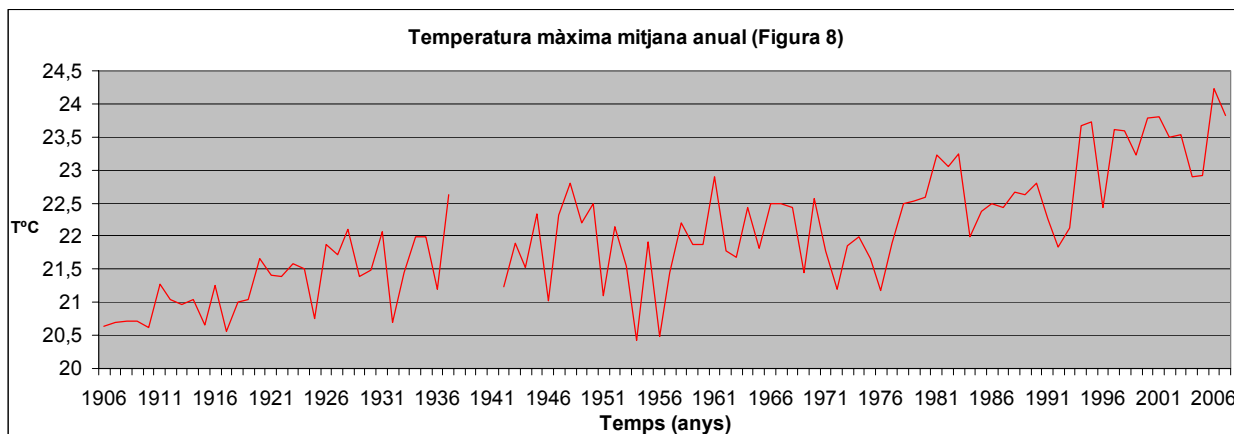
A l'igual que a la **Figura 5**, aquí a la **Figura 7** ens tenim que fixar molt per a apreciar l'augment de temperatures mitjanes mensualment, amb les màximes passa el mateix, ens hem de fixar-hi molt bé per a poder veure un augment de

la temperatura, tot i que a principis del segle XX poques temperatures toquen la línia dels 30°C, i ara, totes les temperatures ja els sobrepassen.

4.1.4 Temperatura màxima mitjana anual

Calculada a partir de la suma de les màximes mensuals agrupades per anys i dividides per 12.

$$T^{\circ}\text{C màxima anual mitjana} = \frac{\sum T^{\circ}\text{C màximes mensuals agrupades cada any}}{12}$$



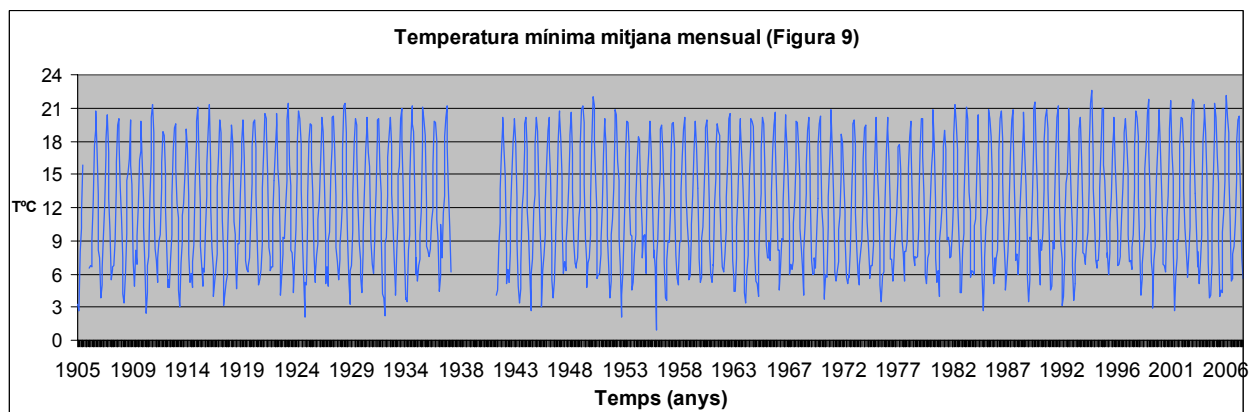
Per a una millor interpretació de la **Figura 7**, tenim la **Figura 8**, la qual ens mostra les mateixes temperatures però agrupades anualment. Ara podem veure un fort increment de la temperatura, no només dels últims anys, sinó que la temperatura ja comença a pujar des de principis del segle XX.

4.1.5. Temperatura mínima mitjana mensual

Calculades exactament igual que les màximes, però amb les temperatures mínimes.

$$T^{\circ}\text{C mínima mitjana mensual (1rs)} = \frac{T^{\circ}\text{C mín més alta} + T^{\circ}\text{C mín més baixa}}{2}$$

$$T^{\circ}\text{C mínima mitjana mensual (últims anys)} = \frac{\sum T^{\circ}\text{C mínimes diàries}}{\text{n}^{\circ} \text{ de dies del mes}}$$

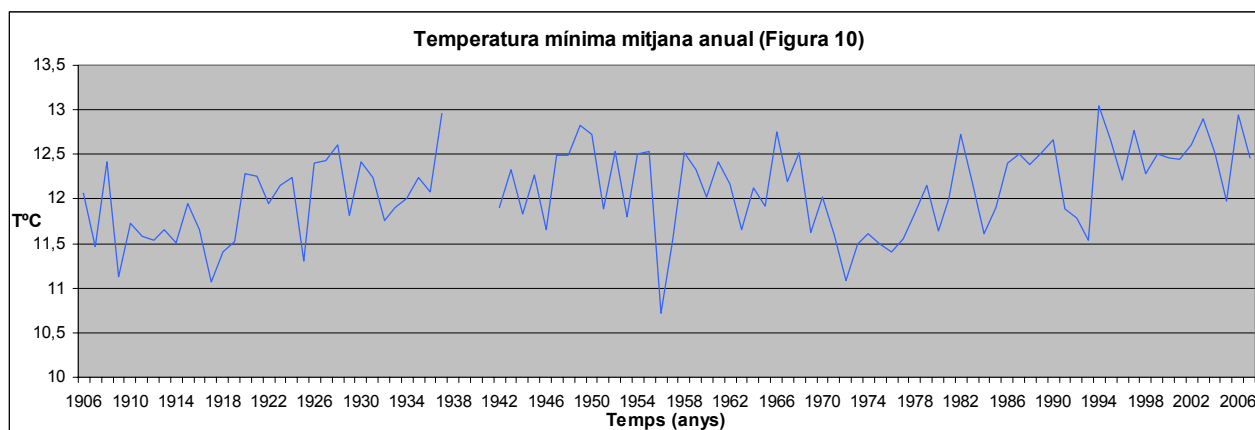


Les temperatures mínimes mitjanes són les dades que més poc han incrementat al llarg del temps, per això es fa difícil, i a més amb les gràfic de les mensuals (**Figura 9**), es fa molt difícil poder veure si han tingut una tendència a pujar o a baixar.

4.1.6 Temperatura mínima mitjana anual

També calculada a partir de la suma de les mínimes mensuals agrupades per anys i dividides per 12.

$$T^{\circ}\text{C} \text{ mínima anual mitjana} = \frac{\sum T^{\circ}\text{C} \text{ mínimes mensuals agrupades cada any}}{12}$$



Amb les temperatures mínimes passa el mateix que amb les màximes, que la millor via per apreciar l'increment de temperatura es veure el gràfic de les mitjanes anuals (**Figura 10**).

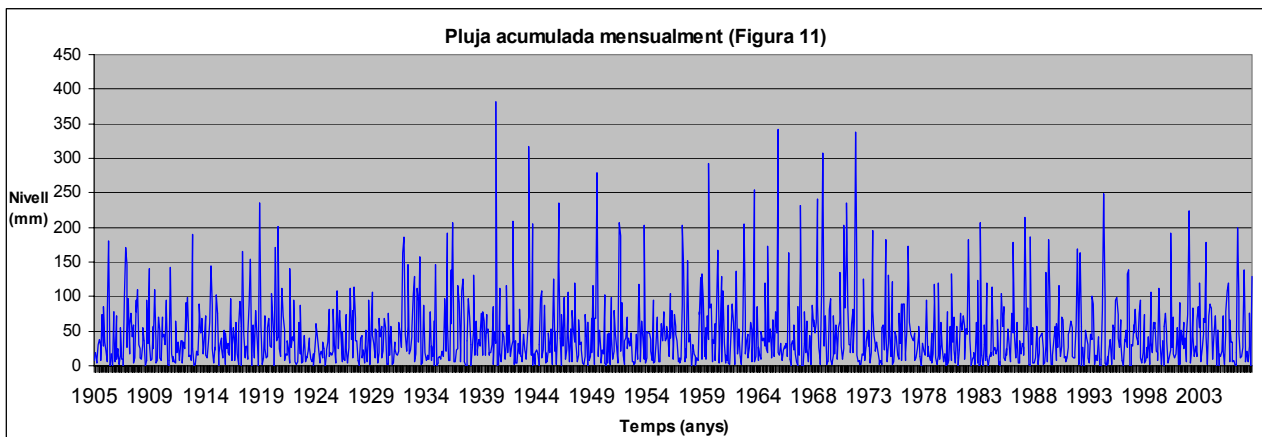
Tot i que amb les temperatures màximes l'increment era més perceptible, amb les mínimes també s'hi pot apreciar un lleu augment: abans la temperatura es mantenia per sota la línia dels 12°C, i ara ja la sobrepasa.

4.1.7. Pluja acumulada mensualment

És la suma de tota la pluja recollida mensualment.

Pel que fa a les unitats de la pluviometria, usem els mil·límetres (mm), que és la distància que pujaria l'aigua quan plou a un recipient de parets verticals. Els mm de pluja són unitats equivalents als l/m^2 . Amb els següents factors de conversió es pot veure l'equivalència entre l/m^2 i mm.

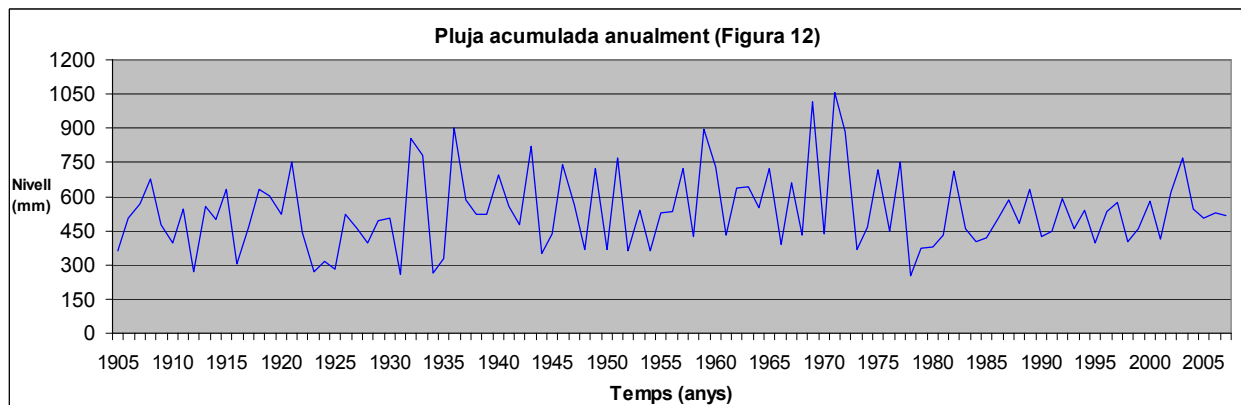
$$\frac{1l}{m^2} = \frac{1dm^3}{m^2} = \frac{dm \cdot dm \cdot dm}{10dm \cdot 10dm} = \frac{dm}{100} = mm$$



Amb la pluviometria (**Figura 11**) de l'Observatori de l'Ebre, no pareix que hi hagi cap relació entre la pluja i el temps. Es nota que els anys més plujosos van se les dècades dels 40, 50 i 60, però no es veu cap tendència clara ni a pujar ni a baixar.

4.1.8. Pluja acumulada anualment

La pluja acumulada anualment és el resultat de la suma de la pluja dels 12 mesos de l'any.



Amb la pluviometria anual (**Figura 12**), es pot veure com una regularitat de la pluja. Per a veure quina tendència segueix la pluja, haurem d'agregar-li una línia de tendència per a veure si hi ha un augment o una disminució de la pluviometria.

4.2 Previsions de temperatures i pluviometria en el futur

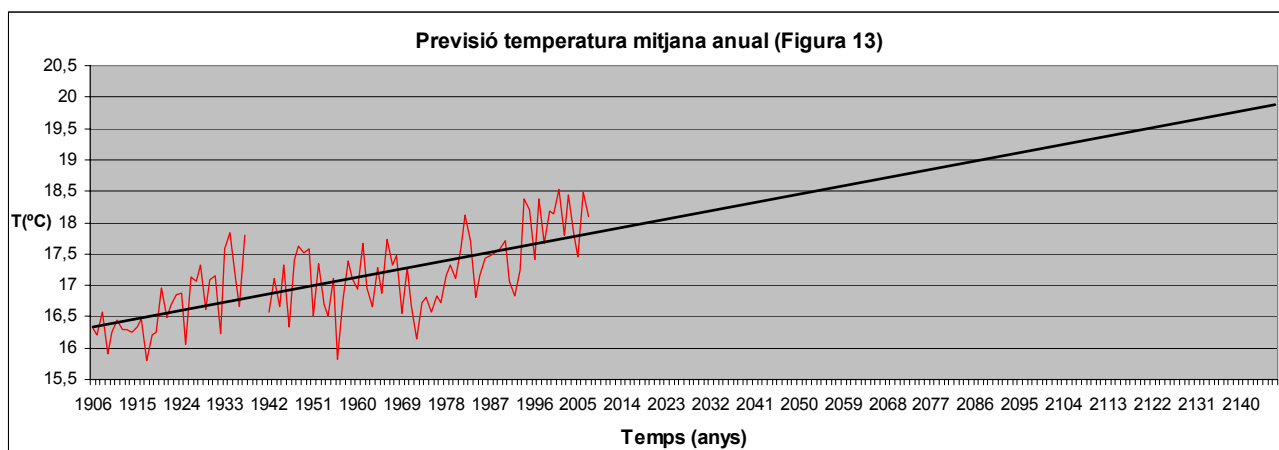
Els següents gràfics corresponen a previsions que he fet amb les dades dels gràfics anteriors. Totes les previsions són meves i per tan no estan tretes de cap estudi ni signifiquen una previsió molt fiable.

Totes les previsions estan fetes agregant una línia de tendència als corresponents gràfics de dades amb el programa *Microsoft Office Excel 2003*.

Les regressions lineals han estat extrapolades fins a l'any 2150. I han estat elaborades amb els gràfics anuals de l'apartat anterior, per a una millor visió dels resultats.

Després de cada gràfic adjuntaré una taula amb els valors de les temperatures previstes fins al 2140, amb intervals cada 20 anys, el coeficient de correlació i l'equació de la recta de regressió.

4.2.1 Previsió de temperatura mitjana anual



Aquesta **Figura 13** ha estat construïda a partir de la **Figura 6**, i agregant-li una línia de tendència fins a l'any 2150. Es pot veure que dels 16,5°C que teníem a principis del XX, a mitjans del XXII la temperatura mitjana ja serà de 20°C, un increment de 3,5°C en 250, aproximadament. Aquestes temperatures pugen un grau cada 60 anys, aproximadament.

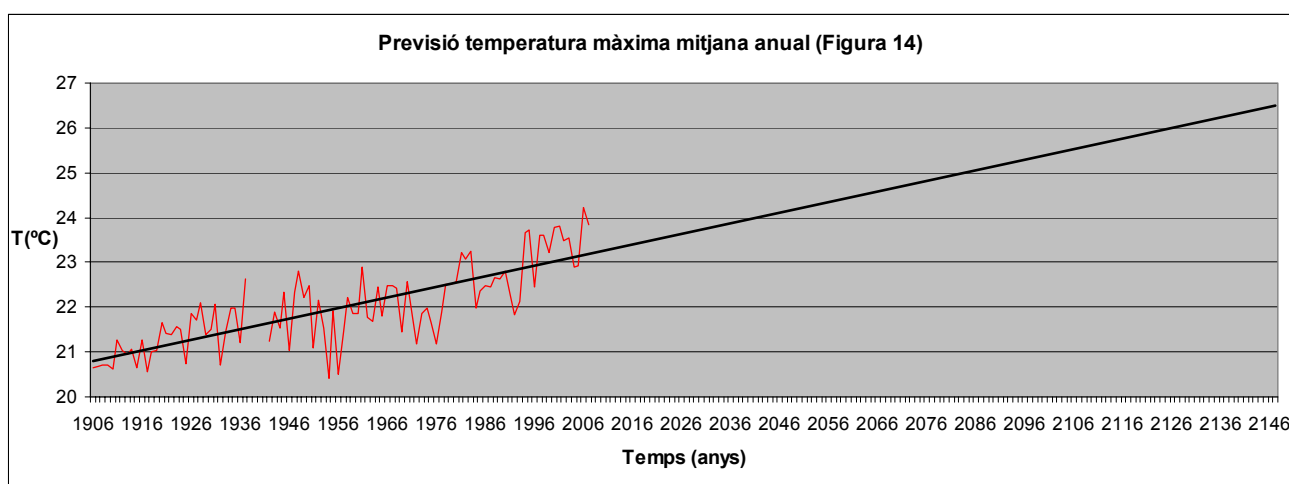
El coeficient de correlació del gràfic i la fórmula són els següents:

$$R^2 = 0.461$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0147 \cdot \text{any} - 11,596$$

Previsió de temperatures mitjanes	
Temps (anys)	T (°C)
2020	18.1
2040	18.4
2060	18.7
2080	19
2100	19.3
2120	19.6
2140	19.9

4.2.2 Previsió de temperatura màxima mitjana anual



La **Figura 14** ha estat feta a partir de les dades de la **Figura 8**. Amb les temperatures màximes es nota molt l'increment de temperatura. De fet, les temperatures màximes són les que tenen una tendència més clara a pujar (tenen una pendent més gran a la fórmula), això vol dir que tindrem estius i hiverns més càlids que els d'ara. Més o menys, pugem 1.5 °C cada 60 anys.

El coeficient de correlació i la fórmula del gràfic són els següents:

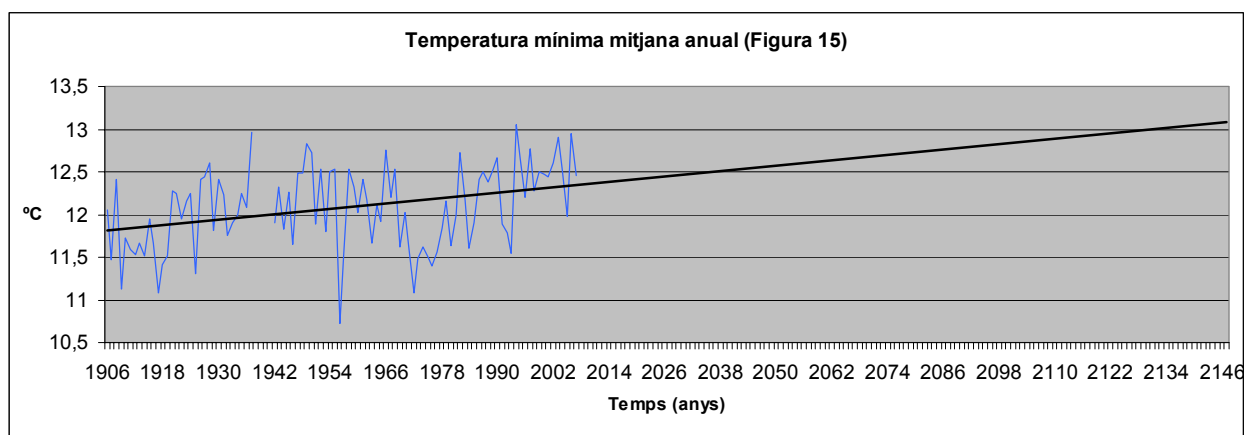
$$R^2 = 0.6176$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0237 \cdot \text{any} - 24,325$$

Previsió de temperatures màximes mitjanes	
Temps (anys)	T (°C)
2020	23.5
2040	24
2060	24.5
2080	25
2100	25.4
2120	25.9
2140	26.4

Si amb la temperatura mitjana pujaven 1°C en 60 anys, i amb la màxima 1.5°C amb el mateix període de temps, vol dir que la temperatura que puja poc és la mínima, com ara veurem a continuació.

4.2.3. previsió de temperatura mínimes mitjana anual



Tot i que tenen una tendència a pujar, les temperatures mínimes mitjanes no s'incrementen tan ràpid en el temps com les màximes. Les temperatures mínimes mitjanes només pugen 0,3°C cada 60 anys, aproximadament. Aquesta **Figura 15** ha estat elaborada a partir de les dades de la **Figura 10**.

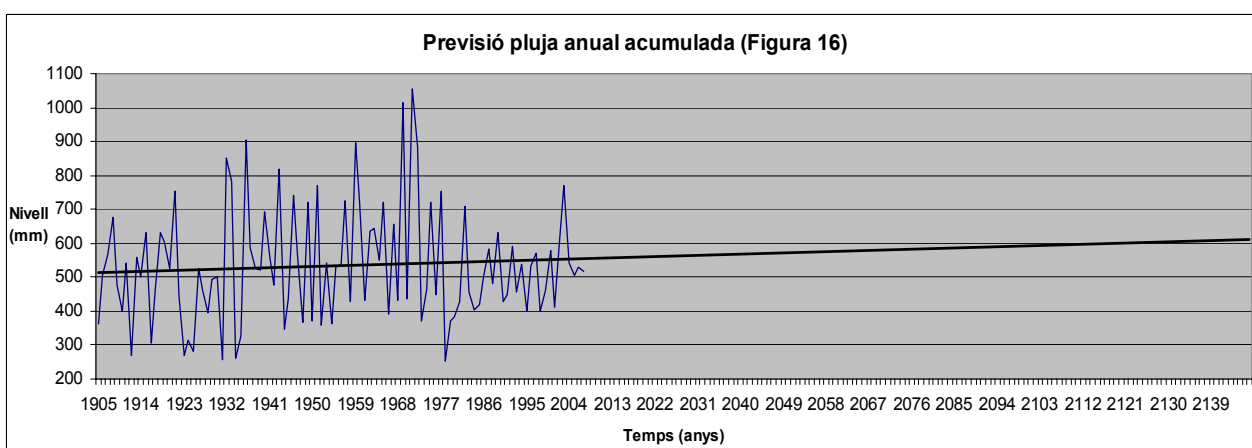
$$R^2 = 0,1078$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0053 \cdot \text{any} + 1,7868$$

Previsió de temperatures mínimes mitjanes	
Temps (anys)	T (°C)
2020	12.5
2040	12.6
2060	12.7
2080	12.8
2100	12.9
2120	13
2140	13.1

Com ara ja hem vist les màximes i les mínimes podem veure que les temperatures màximes tenen la tendència més forta a incrementar en el temps.

4.2.4. Previsió d'acumulació de pluges anualment



En aquesta **Figura 16**, feta a partir de la **Figura 12**, quasi no hi ha relació amb les dades, i per tant ens surt una R molt propera a 0. De la pluviometria no faré una previsió ja que els punts d'aquest gràfic no tenen relació entre ells i no es pot fer cap predicció. Per tant en aquest treball no hi haurà previsió de pluviometria.

$$R^2 = 0,0055$$

Tot i això, es pot observar un petit augment de la pluja, tal i com sortia al documental "Una veritat incòmoda" d'Al-Gore; en un mapa que sortia al seu documental, tot just dalt de Catalunya hi havia una gota d'aigua, que significava que les pluges serien més irregulars i més abundants.

4.2.5. Estudi d'un possible canvi en l'augment de temperatura

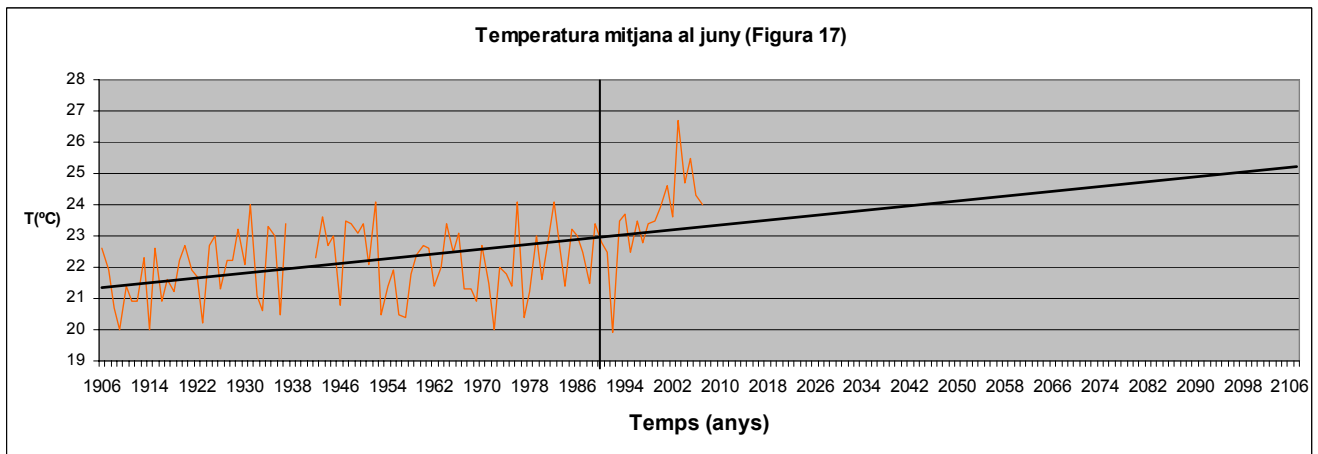
Aquest estudi que es plantejarà a continuació només és una previsió de com podria augmentar la temperatura si continua fent-ho com els últims 20 anys, però pot ser que torni al seu estat normal com els últims 100 anys.

Amb les previsions anteriors compreses entre el 1905 i el 2007 hem pogut veure com l'augment de temperatura era notable, però si ens fixem, podem veure que a partir del 1990 hi ha un augment de temperatura més fort. Per això podríem estar davant d'un canvi climàtic accelerat. Per aquest motiu faré també previsions d'aquestes pujades de temperatures més fortes, però no ho inclouré a l'apartat de l'*Estudi de les condicions climàtiques de les nostres plantes*, ja que he preferit fer la previsió amb totes les dades del segle passat.

L'estudi que es planteja a continuació es menys fiable que els anteriors ja que només ho farem amb vint anys enrere, en canvi, l'estudi anterior es fa amb més de cent dades, per això prefereixo fer l'estudi de les plantes amb totes les dades.

4.2.5.1. Previsions de l'augment de la temperatura anual mensual

Al llarg d'aquests 100 anys que l'observatori recull dades de temperatura a partir del 1975 o 1990 hi ha un augment més clar de la temperatura. Aquest augment és més notable en els mesos de l'estiu, per això ara mostrarem aquestes previsions més catastròfiques als mesos de l'estiu.

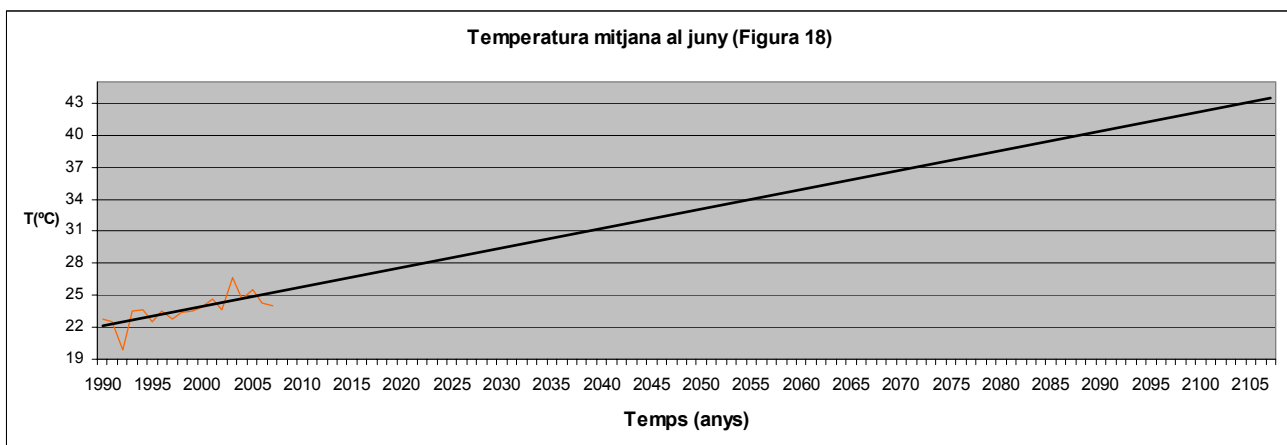


En aquesta **Figura 17** es pot veure la previsió de com augmentarien les temperatures al mes de juny. La línia de tendència està feta a partir dels 100 anys anteriors. L'equació del gràfic i el coeficient de correlació són els següents:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0192 \cdot \text{any} - 15,254$$

$$R^2 = 0,198$$

No obstant, a partir del 1990 es pot veure una gran pujada de la temperatura.



Aquesta **Figura 18** correspon a les temperatures mitjanes del juny acotades a partir del 1990. Es tracta del mateix gràfic que la **Figura 17**, però està tallada per aquest any. Aquest fort augment en els últims vint anys és un augment fictici ja que són temperatures que han estat molt altes però que segurament tindran una tendència a baixar en els pròxims anys.

L'equació de la recta i el coeficient de regressió són les següents:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,1827 \cdot \text{any} - 341,42$$

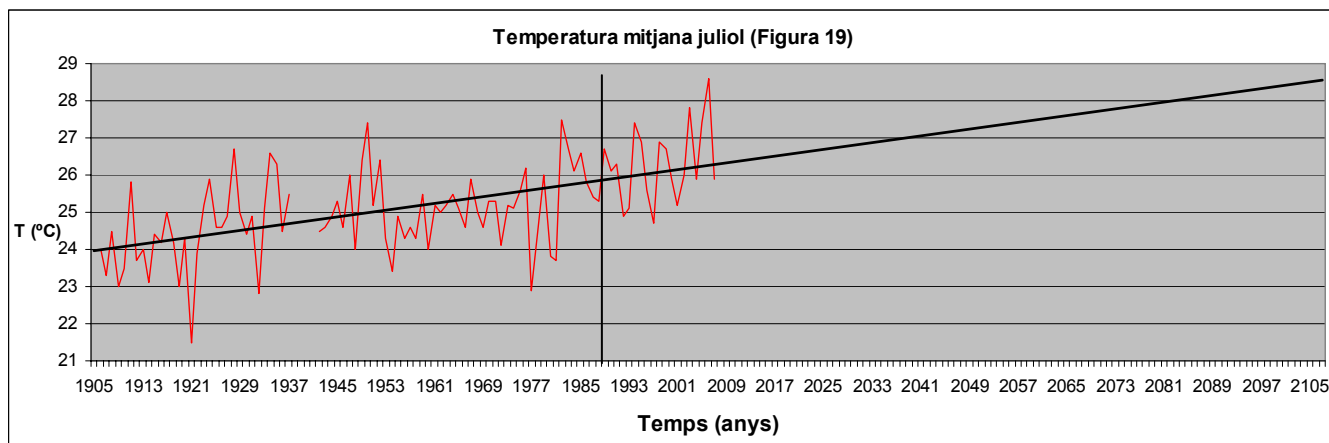
$$R^2 = 0,4808$$

Previsió de temperatures mitjanes al juny		
Temps (anys)	T (°C) (últims 100 anys)	T(°C) (últims 20 anys)
2020	23.5	27.6
2040	23.9	31.3
2060	24.3	34.9
2080	24.7	38.6
2100	25.1	42.2
2120	25.4	45.9
2140	25.8	49.6

Tot i que el coeficient de regressió sigui més alt per l'anàlisi dels darrers 17 anys que per l'anàlisi dels darrers 100 anys, les conseqüències d'aquest darrer anàlisi no són massa fiables.

Evidentment és poc probable que al mes de juny la temperatura mitjana toqui els 50°C d'aquí 140 any, com passaria amb aquest fort augment de la temperatura dels últims 17 anys. Per això, a les previsions de l'agricultura que faig en l'apartat 4.3.2 utilitzo la previsió de temperatures dels últims 100 anys.

El mateix passa amb les temperatures al juliol, que tenen un fort augment en els últims 17 anys.

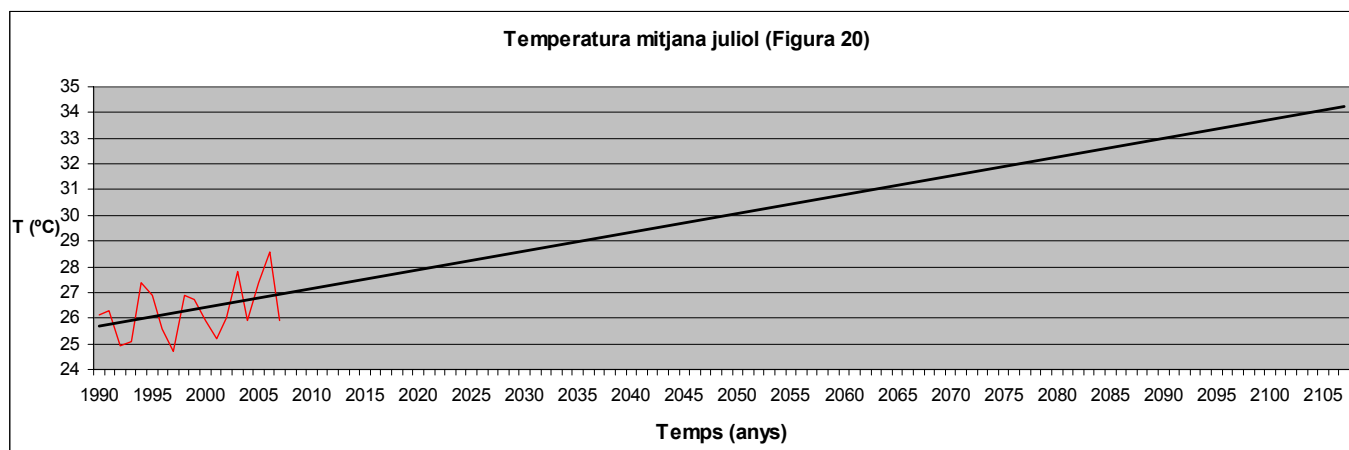


Si seguim l'esquema de les previsions utilitzant una recta que englobi l'últim segle, com mostra la **Figura 19**, obtenim aquesta recta i aquest coeficient de regressió:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,02293 \cdot \text{any} - 19,63$$

$$R^2 = 0,3133$$

Però si d'aquesta **Figura 19** agafem les dades dels últims 17 anys obtenim el següent gràfic.



La **Figura 20** ens mostra com en els últims 17 anys la temperatura mitjana al juliol ha augmentat amb més força. Això fa que si seguís aquesta tendència la temperatura mitjana al juliol sigui de 34°C a l'any 2100, aproximadament.

El coeficient de correlació del gràfic i la recta de regressió són les següents:

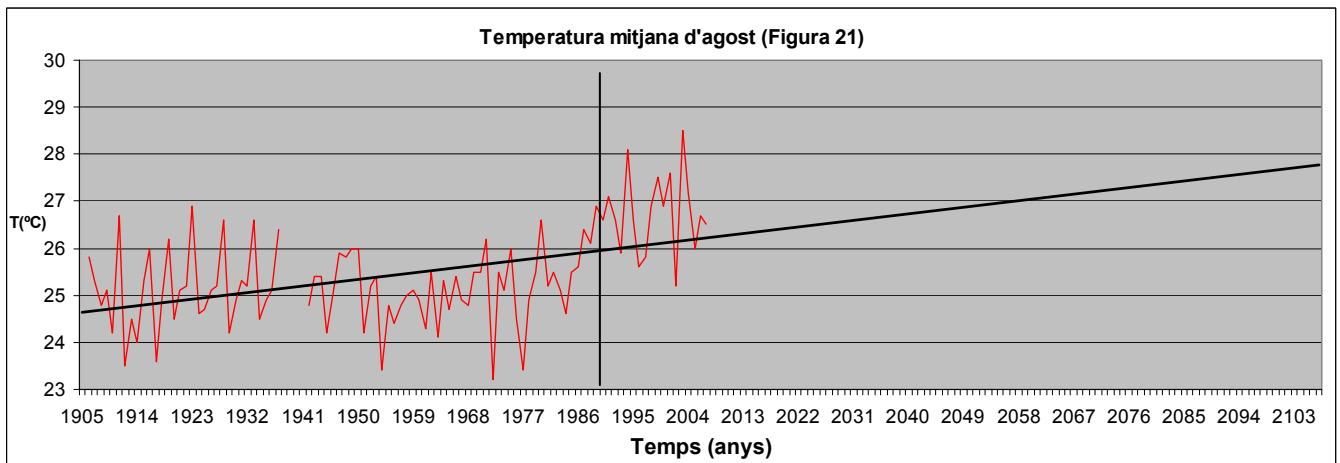
$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0734 \cdot \text{any} - 120,34$$

$$R^2 = 0,1365$$

Si ens fixem en el mes de juliol, a diferència del juny, el coeficient de correlació és més baix per l'anàlisi dels darrera 17 anys que per l'anàlisi dels darrers 100 anys.

Previsió de temperatures mitjanes al juliol		
Temps (anys)	T (°C) (últims 100 anys)	T(°C) (últims 20 anys)
2020	26.7	27.9
2040	27.1	29.4
2060	27.6	30.8
2080	28	32.3
2100	28.5	33.8
2120	29	35.3
2140	29.4	36.7

I per acabar els mesos calorosos de l'estiu, que són els que tenen una tendència més forta els últims 10 o 20 anys a augmentar la temperatura, tenim l'agost.

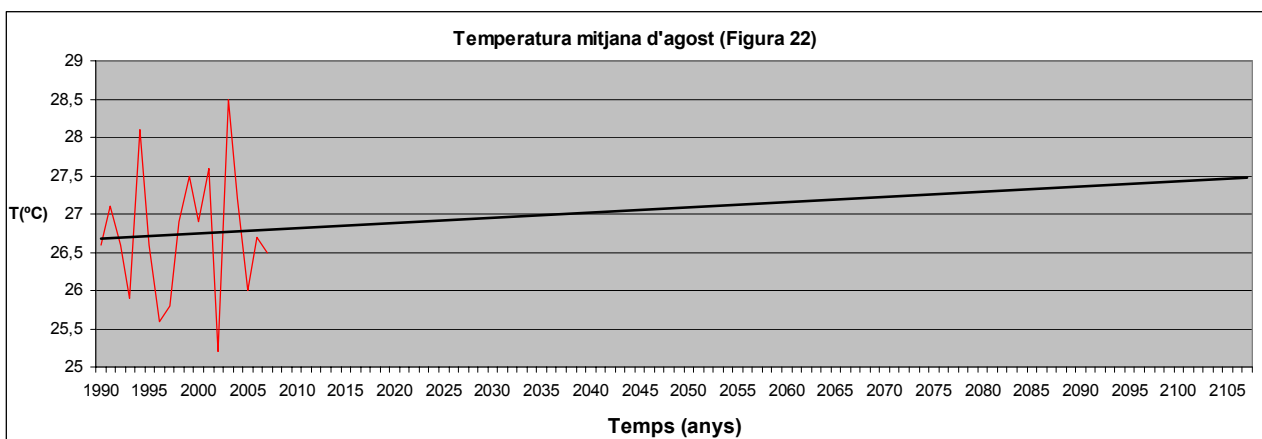


Aquesta **Figura 21** ens mostra l'augment de la temperatura de l'agost all llarg de tot el segle XX. L'equació de la recta i el coeficient de regressió són els següents:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0154 \cdot \text{any} - 4,7805$$

$$R^2 = 0,2034$$

I ara els mostrarem la temperatura com ha augmentat a partir del 1990. En aquest mes l'augment de temperatura és inapreciable, ja que és dels mesos que la temperatura ha augmentat menys en els últims 17 anys. En canvi, l'agost ha tingut un fort increment cap a la dècada dels 70, i ara s'ha mantingut més estable, per tant, el més segur, és que aquestes previsions anteriors no es complexin ja que hi haurà un moment que deixaran d'augment d'aquesta manera.



Com podem observar a la **Figura 22**, no hi ha cap relació entre les temperatures de l'agost dels últims 20 anys, i tenen una tendència més baixa a augmentar que respecte la recta del mateix mes al llarg del segle XX. Les dades estadístiques d'aquest gràfic són les següents:

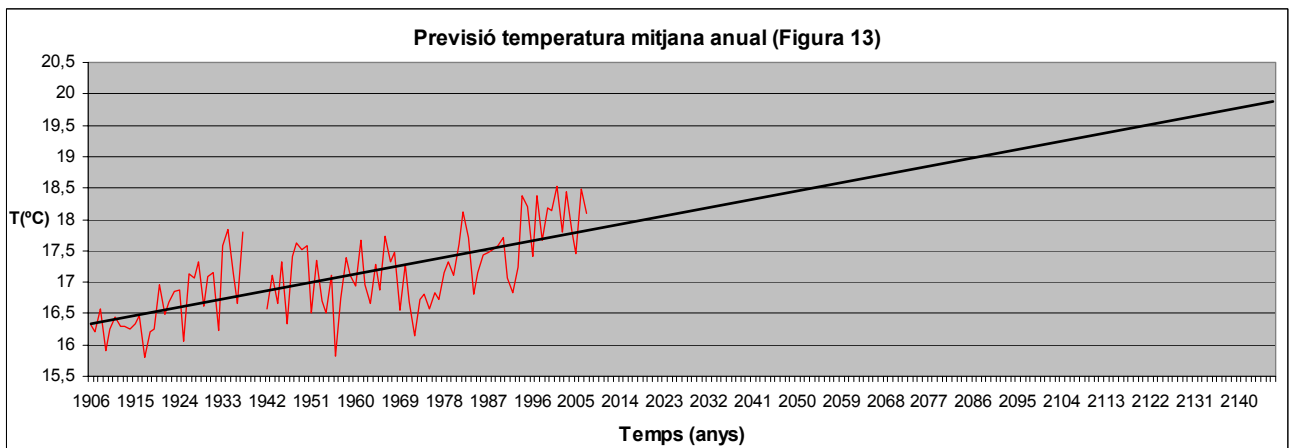
$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0067 \cdot \text{any} + 13,333$$

$$R^2 = 0,0017$$

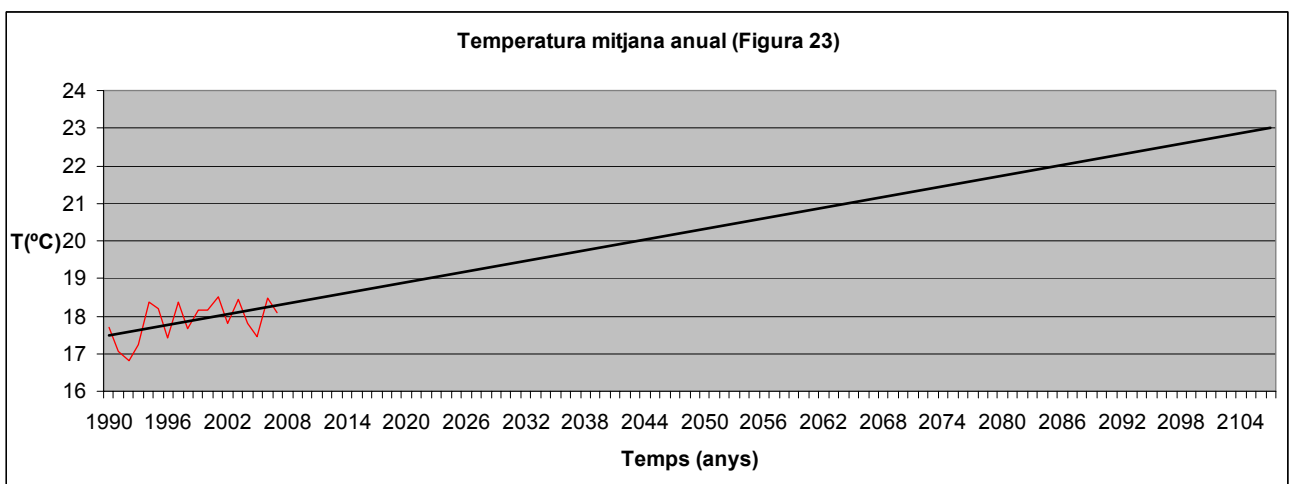
Previsió de temperatures mitjanes a l'agost		
Temps (anys)	T (°C) (últims 100 anys)	T(°C) (últims 20 anys)
2020	26.3	26.8
2040	26.6	26.9
2060	26.9	27.1
2080	27.2	27.3
2100	27.6	27.4
2120	27.9	27.5
2140	28.2	27.6

4.2.5.2. Previsions de l'augment de la temperatura mitjana anual

En aquest apartat es mostrarà el mateix que en els casos anteriors, però amb la temperatura mitjana anual.



Amb aquesta **Figura 13**, com ja hem vist anteriorment, podem veure clarament com a partir del 1975 o 1980 la temperatura augmenta més de pressa que els anys anteriors.



En aquesta **Figura 23** es mostra la temperatura mitjana anual entre el 1990 i el 2007, i la tendència en aquest últims anys és augmentar amb més força que amb tota la línia de tendència de tot el segle. Aquest gràfic presenta un pendent de 0.0473 en comparació amb l'altre (**Figura 13**) de 0,0147 . Tot i haver un augment no hi ha molt de canvi entre un gràfic i l'altre. La línia del gràfic és aquesta:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0473 \cdot \text{any} - 76,618$$

$$R^2 = 0,2377$$

Per a fer-nos una idea de com canviarien les coses, al 2100, la temperatura amb aquesta nova gràfica seria de **22.7 °C**, en canvi amb l'anterior seria de 19.3 °C.

Previsió de temperatures mitjanes		
Temps (anys)	T (°C) (últims 100 anys)	T(°C) (últims 20 anys)
2020	18.1	18.9
2040	18.4	19.8
2060	18.7	20.8
2080	19	21.8
2100	19.3	22.7
2120	19.6	23.6
2140	19.9	24.6

Clar que a la llarga la diferència de temperatura entre un gràfic i l'altre seria molt catastròfic, però com ja he dit, és una previsió amb menys de 20 punts i no és tant fiable com l'altra.

I aquí acaba l'apartat de l'estudi d'un possible canvi en l'augment de temperatura. Com hem pogut observar, als mesos d'estiu, en els darrers vint anys, hi ha un clar augment de la temperatura per sobre de l'augment dels anys anteriors (pujada que no es nota tant en els mesos d'hivern). Aquest fort augment es pot deure a que en aquests anys passat la utilització de combustibles fòssils sigui més gran que en els últims anys, però això podria ser una hipòtesi que s'hauria d'estudiar en un altre treball de recerca, ja que no era cap dels objectius d'aquest treball.

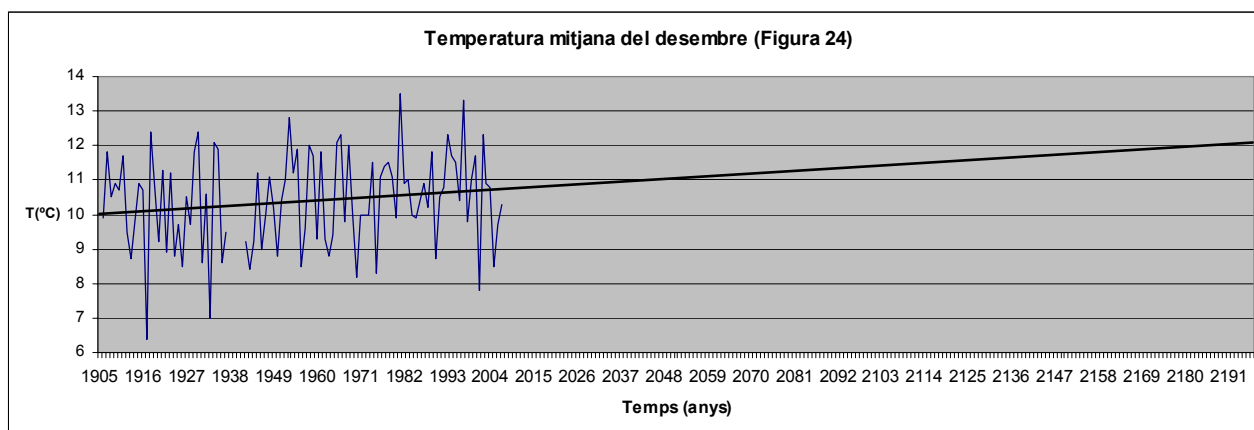
4.3. Estudi de les condicions climàtiques de les nostres plantes

Després d'anar a l'IRTA (Institut de Recerca i tecnologia agroalimentària) i que em donessin les característiques bàsiques dels cítrics i de l'arròs en aquestes terres, amb les dades que ja tenia de l'Observatori he fet una previsió climàtica per a les nostres plantes.

4.3.1 Previsió dels cítrics

Segons les condicions climàtiques dels cítrics, als 13°C comencen la seva activitat, per tant si la temperatura dels mesos freds (desembre, gener i febrer) no baixa dels 13°C no hi haurà parada hivernal i per tant es pot alterar el cicle de la planta.

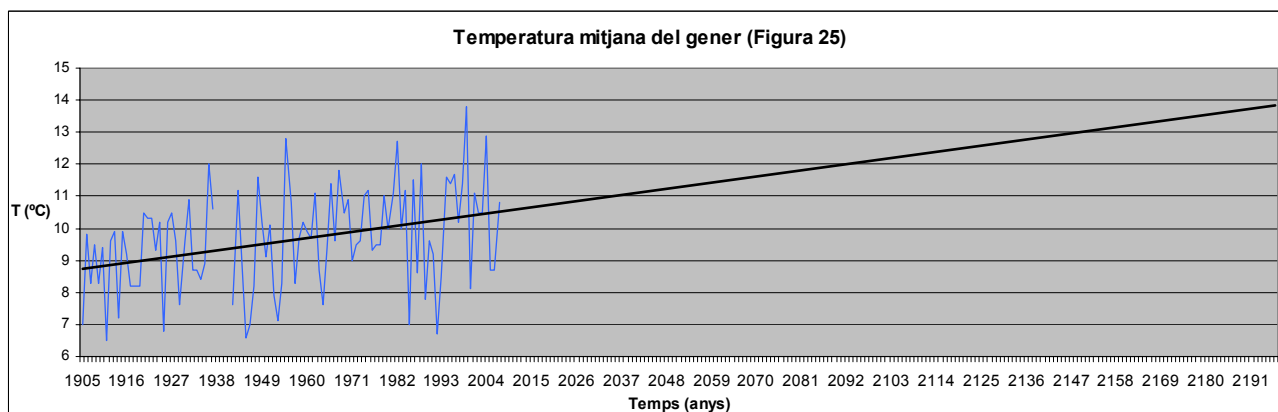
A continuació es mostraran tres gràfics corresponents als tres mesos més freds de l'any, i el mes que sigui més fred l'utilitzarem per a les nostres previsions



Segons aquest gràfic (**Figura 24**), i fent un estudi estadístic, obtenim la següent equació de la recta, relacionada amb l'augment de la temperatura:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,007 \cdot \text{any} - 3,3726$$

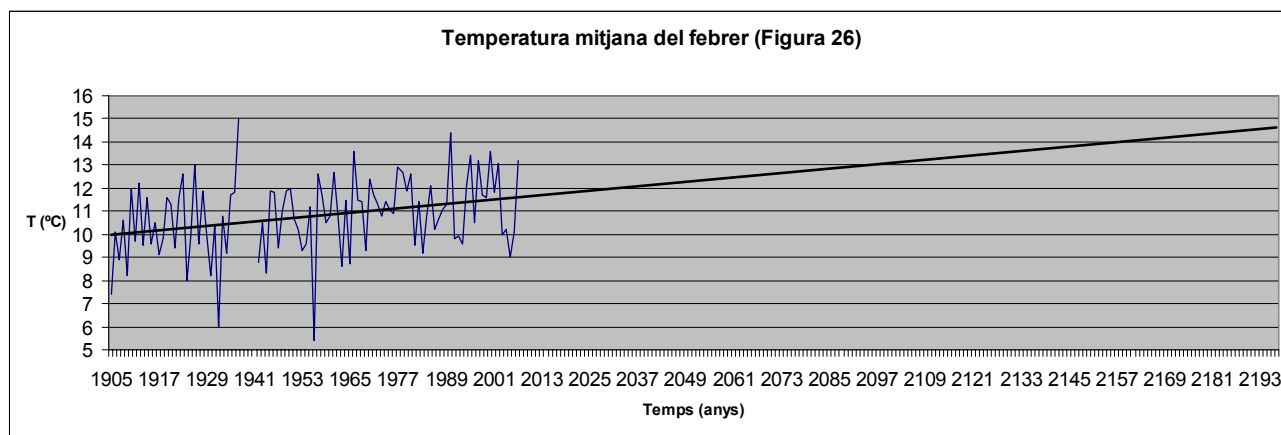
Aquí la temperatura de 13°C s'assoliria a l'any 2339.



Amb aquesta **Figura 25** i fent un estudi estadístic, podem treure la següent equació de la recta:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0175 \cdot \text{any} - 24,499$$

En aquest gràfic la temperatura dels 13°C s'assoliria a l'any 2142.



A **Figura 26** podem veure les temperatures mitjanes de mes de febrer. Podem treure la següent equació del gràfic:

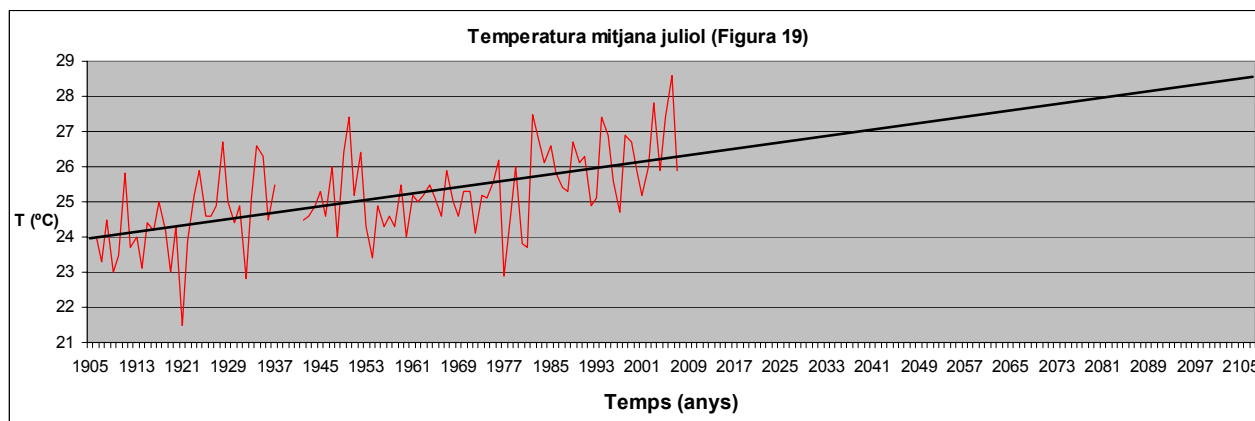
$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,016 \cdot \text{any} - 20,432$$

Per tant la temperatura de 13°C s'assoliria a l'any 2090.

Així agafem el desembre com el mes en que els cítrics faran la seva parada hivernal. En aquesta **Figura 24** es pot veure com la temperatura ha anat augmentant amb el temps, per tant, hi haurà un moment, que la temperatura no baixarà dels 13°C, la temperatura necessària dels nostres cítrics per a parar la seva activitat. Segons aquest gràfic, la temperatura dels 13°C s'assolirà a l'any **2339**. Això no vol dir que a partir d'aquest any no tinguem cítrics, sinó, que als voltants d'aquest any, els cítrics començaran a no gaudir de la seva parada hivernal, el que pot provocar una baixada de la producció al cap de l'any.

Per contrapartida, si la temperatura sobrepassa els 39°C, es poden trobar cremades als fruits, i una baixada de la producció. Aquesta temperatura és molt difícil d'assolir en aquestes terres, hi ha pocs dies de l'estiu que la temperatura ronda aquesta xifra, pel que fa que aquest fet, el de les cremades, sigui una mica inusual, però nosaltres l'estudiarem igualment.

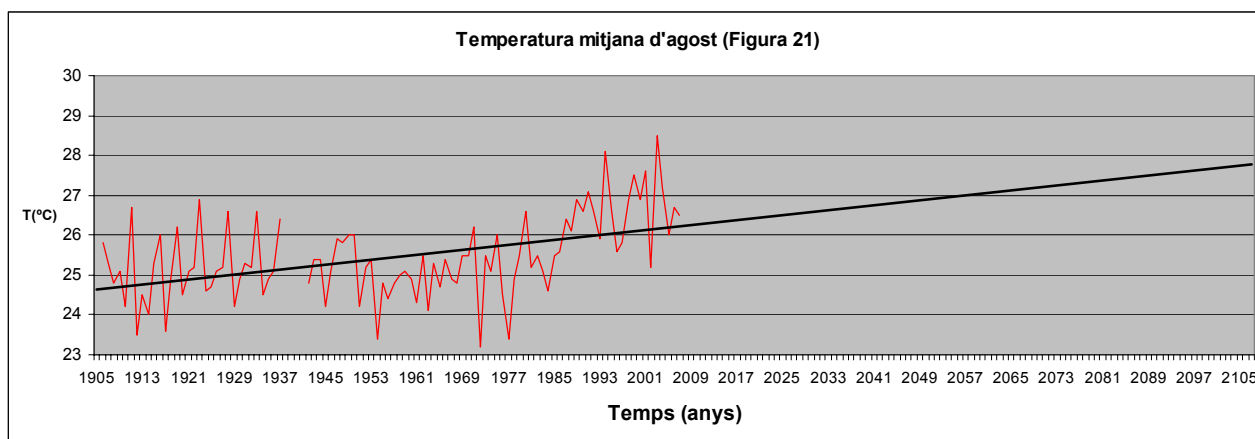
Els dos mesos més càlids de l'any són el juliol i l'agost, per tant agafarem aquests dos mesos i veurem quin és el que superaria primer la temperatura de 39 °C.



Fent un estudi estadístic en aquest gràfic (**Figura 19**) podem treure la següent regressió lineal:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0229 \cdot \text{any} - 19,63$$

Aquí la temperatura de 39°C s'assolirà a l'any 2560



A la **Figura 21** es mostren les temperatures mitjanes de l'agost, i amb un estudi estadístic ens dóna la següent regressió lineal:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0154 \cdot \text{any} - 4,7805$$

Aquí la temperatura de 39°C s'assoliria a l'any 2842.

Com es pot veure en ambdues figures anteriors (**Figura 19** i **Figura 21**), la temperatura de 39°C no s'assoleix dintre del període dels anys compresos entre 1906 i 2200, però si seguim la recta dels gràfics hi podem arribar. El juliol és el mes que hi assoliríem abans aquesta temperatura, per tant és quan notaríem una baixada de la producció. Aquest anys és pels voltants del **2560**. Aquesta data està molt lluny per a poder dir que els cítrics es cremarien en aquest any, ja que al ser una pujada menys forta que l'anterior, les plantes es podrien adequar al clima.

Anys destacats per als cítrics	T(°C)	13 (parada hivernal)	39 (temperatura màxima)
	Any (aproximat)	2339	2560

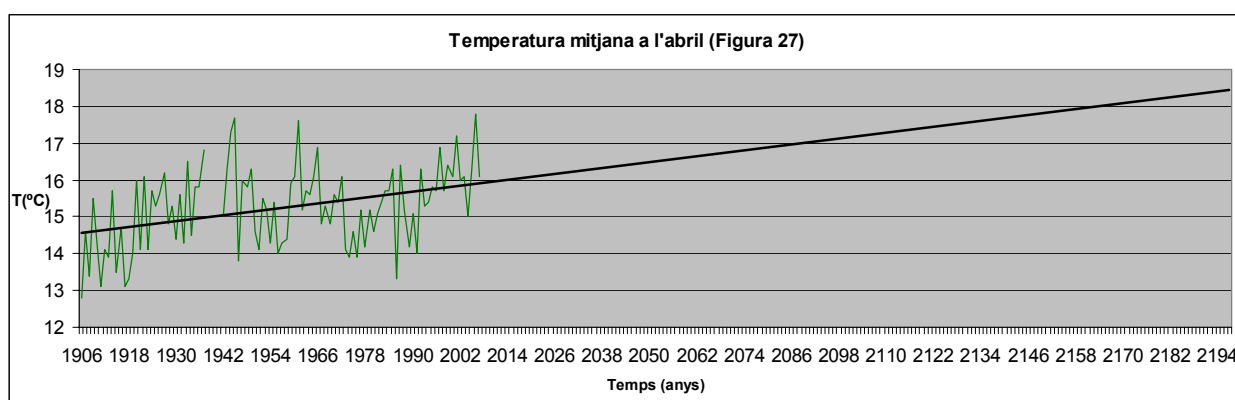
Per tant, als voltants de l'any 2339 els cítrics començarien a tenir problemes per a efectuar la seva parada hivernal, i als estius dels voltants de 2560 podríem començar a trobar cremades als fruits.

Aquí acaba l'estudi dels cítrics de les nostres terres. Com hem pogut observar, el més preocupant és l'augment de la temperatura al hivern, i que les plantes no puguin fer la seva parada anual.

4.3.2 Previsions de l'arròs

Per a estudiar les condicions climàtiques de l'arròs, he dividit les diferents etapes l'arròs amb els mesos que ho fa. La germinació l'he relacionada amb les temperatures de l'abril; la plàntula, amb el maig; l'afillat amb el juny; la floració amb la temperatura mitjana del juliol i agost, i la maduració amb el setembre. Per tant, amb les temperatures mensuals de l'observatori, es poden treure previsions per als mesos, i veure si l'arròs sobreviurà al canvi climàtic.

4.3.2.1 Fase de germinació



Amb aquesta gràfic (**Figura 27**) podem fer una regressió lineal corresponent a la següent equació:

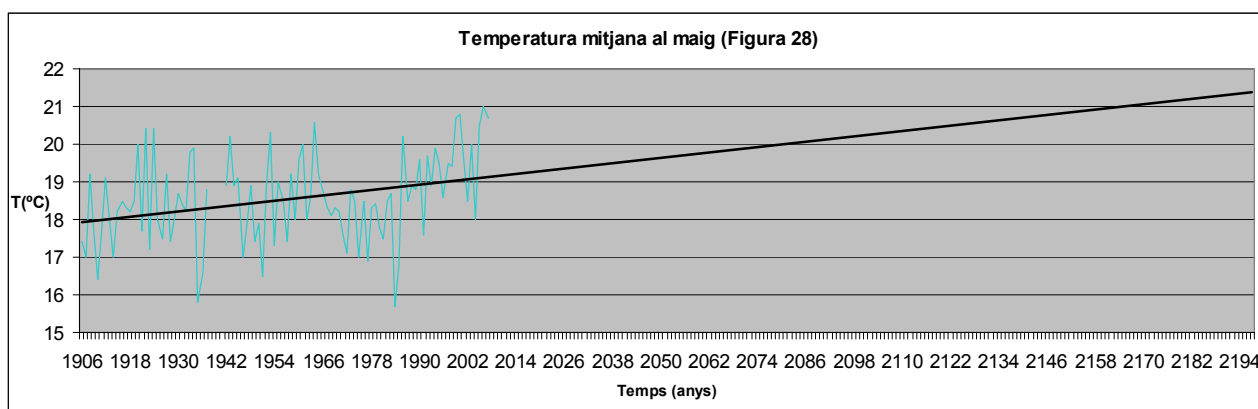
$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0134 \cdot \text{any} - 10,896$$

Aquesta **Figura 27** la relacionem amb la germinació de l'arròs. La temperatura òptima en aquesta fase és entre els 28°C i les 30 °C, cosa bastant improbable

en aquestes dates a les nostres terres, però l'arròs ha proliferat ja que la temperatura mitjana es troba per dalt dels 11°C i per baix dels 45°C. La temperatura de 28°C s'assoliria a l'any 2902, i la de 30, uns 150 anys després. La temperatura mínima per a aquesta fase és entre 11 i 14 °C, i aquesta temperatura no s'assolirà ja que té una tendència a l'augment. La temperatura màxima és de 40-45°C, que s'assoliria a l'any **4171**, una temperatura que no s'ha arribat mai ni als mesos més càlids. Per tant podem afirmar que la fase de germinació de l'arròs està molt segura, i és bastant improbable que sigui alterada per la temperatura.

Anys destacats per a l'arròs (fase de germinació)	T(°C)	11 (temperatura mínima)	28 (principi temperatura òptima)	28 (fi temperatura òptima)	45 (temperatura màxima)
	Any (aproximat)	No s'arribarà	2902	3052	4171

4.3.2.2. Fase de plàntula



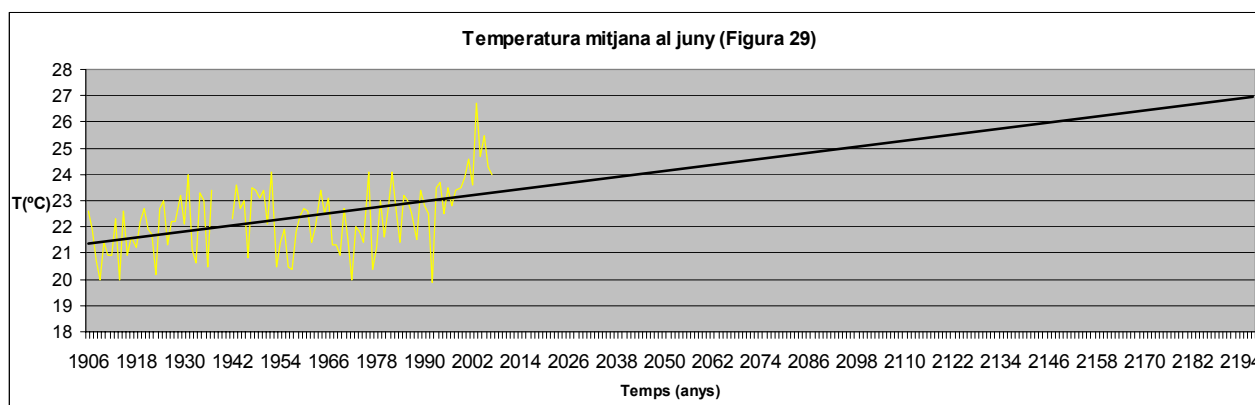
Amb les temperatures mitjanes del maig podem treure aquest gràfic (**Figura 28**) i fer una regressió lineal amb la següent equació:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0118 \cdot \text{any} - 4,6505$$

En aquest gràfic, de la **Figura 23**, es mostra la temperatura mitjana al maig, i la relacionem amb la fase de la plàntula de l'arròs. El perill de la plàntula està quan la temperatura és baixa, per tant aquest motiu ja el podem descartar, ja que aquest gràfic també, té una tendència a l'augment. La temperatura òptima en aquest període està entre els 25 °C i els 32 °C. Aquesta temperatura es començaria a assolir al **2512**, i acabaria a l'any **3106**. Com es pot veure, són anys que estan molt lluny encara, i són temperatures molt elevades per al mes de maig, per tant la plàntula tampoc estaria en perill.

Anys destacats per a l'arròs (fase de plàntula)	T(°C)	25 (començament temperatura òptima)	28 (fi temperatura òptima)
	Any (aproximat)	2512	3106

4.3.2.3. Fase d'afillat



Amb aquest gràfic (**Figura 29**) podem treure la següent equació corresponent a la regressió lineal:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0192 \cdot \text{any} - 15,254$$

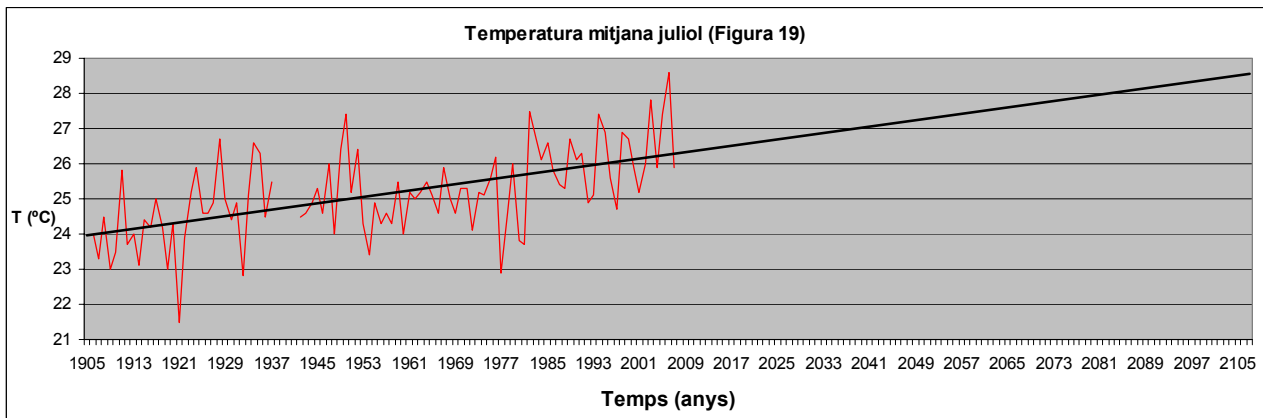
En aquesta **Figura 29** es mostra la temperatura mitjana al juny, i la relacionem amb la fase d'afillat de l'arròs. En aquesta fase, l'arròs necessita una temperatura d'entre 25 i 32°C, que s'assolirien entre el **2096** i el **2461**. Entre aquests anys la temperatura seria millor inclús que l'actual, ja que ens trobaríem en les temperatures òptimes en aquesta fase. La temperatura mínima és de 12 °C, bastant improbable assolir-la al mes de juny. Per tant per aquesta fase tampoc es pot preveure cap risc pel cultiu de l'arròs tot i continuar amb molts anys de canvi climàtic.

Anys destacats per a l'arròs (fase d'afillat)	T(°C)	12 (temperatura mínima)	28 (començament temperatura òptima)	32 (fi temperatura òptima)	40 (temperatura màxima)
	Any (aproximat)	No s'assolirà	2069	2461	2877

4.3.2.4. Fase de floració

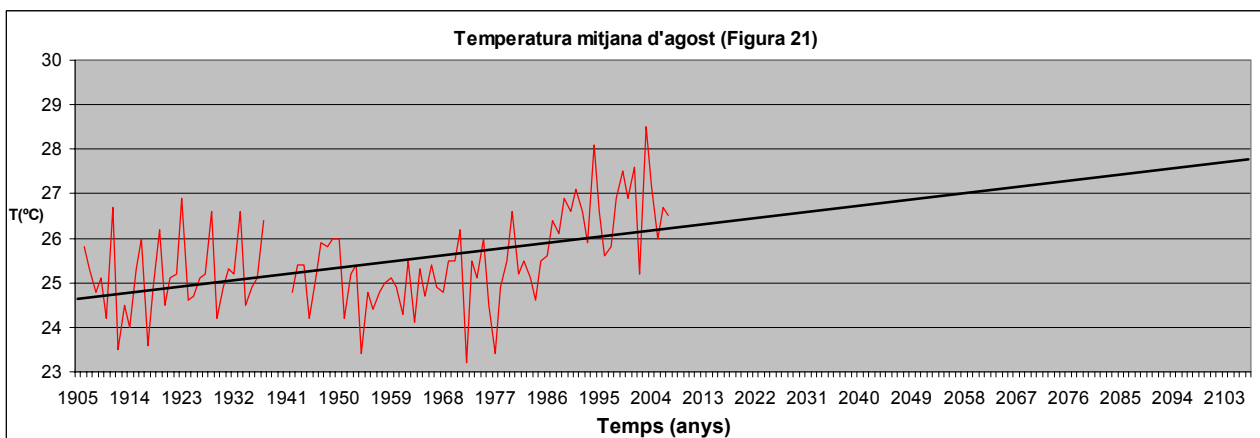
Aquesta fase es correspon entre els mesos del juliol i l'agost, per tant agafarem el gràfic que millor ens convingui per a les nostres previsions.

Els gràfics són els mateixos que per als cítrics. Es tracta de les temperatures mitjanes al juliol i a l'agost.



Com ja hem vist, l'equació de la recta per a les temperatures mitjanes al juliol (**Figura 19**) és aquesta:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0229 \cdot \text{any} - 19,63$$



I amb aquest altre gràfic (**Figura 21**) corresponent a la temperatura mitjana de l'agost, podem treure aquesta altra equació:

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0154 \cdot \text{any} - 4,7805$$

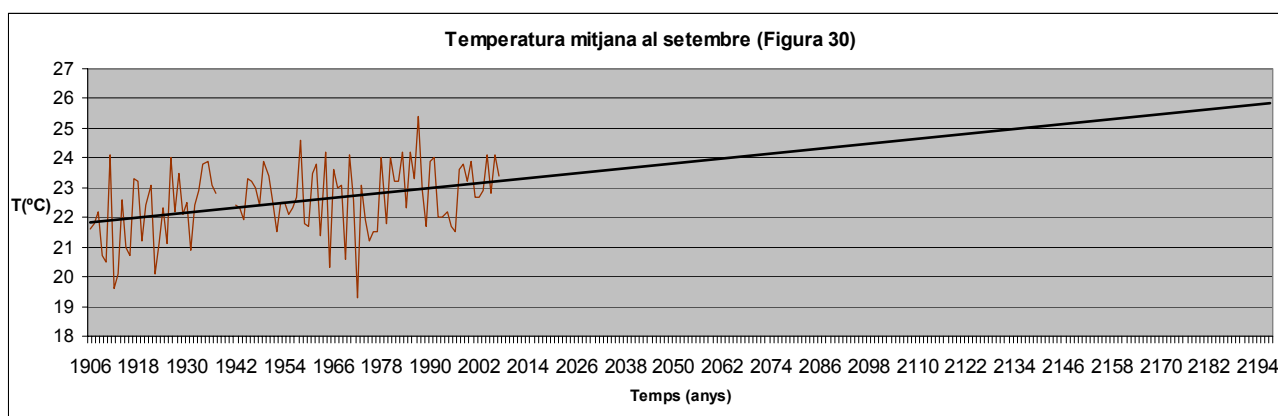
Per tant, el més que augmenta més ràpid la temperatura i vol dir que faria malbé l'arròs abans és el juliol, la **Figura 19**

En aquesta fase, la temperatura òptima és entre 20 i 26 °C, que ja fa temps que es va assolir, per tant, ara estem en una temperatura més alta que la òptima. A l'IRTA no recorden cap baixada de producció per aquest fet, per la qual cosa, si les temperatures sobrepassen els límits de les temperatures òptimes no vol dir que notem una forta baixada de la producció, sols estarem en una fase en que la planta no estarà del tot adequada.

Anys destacats per a l'arròs (fase de floració)	T(°C)	26 (fi temperatura òptima)	40 (temperatura màxima)
	Any(aproximat)	No assolida	2604

Per tant, en aquests moments estem a una temperatura més alta que la òptima per a realitzar correctament la floració de l'arròs, i assolirem els màxims per a aquesta fase l'any 2604.

4.3.2.5. Fase de maduració



I per acabar, la última regressió lineal corresponent a aquest gràfic (**Figura 30**):

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,0137 \cdot \text{any} - 4,2922$$

La **Figura 30** correspon a la temperatura mitjana al setembre, que la relacionem amb la fase de maduració de l'arròs. Aquesta fase té com a temperatures òptimes entre els 20 i 28°C. En aquests moments estem dintre d'aquest període, però assolirem els 28 al **2357**. Les temperatures superiors a 35°C són perjudicials per a la planta, però aquesta temperatura no la tindrem en aquesta època fins al **2868**. La fi de la temperatura òptima pot ser que afecte a la producció de l'arròs, però la temperatura màxima encara està molt lluny per a que puguem dir que li afecte.

Anys destacats per a l'arròs (fase de maduració)	T(°C)	28 (fi temperatura òptima)	32 (principi temperatura crítica)	35 (temperatura crítica)
	Any (aproximat)	2357	2649	2868

I fins aquí l'estudi de les condicions climàtiques de l'arròs. Hem vist com en un futur, l'arròs no podrà sobreviure a causa de l'alta temperatura. Però la única amenaça del canvi climàtic sobre l'arròs no són les altes temperatures, sinó l'augment del nivell del mar, ja que si l'aigua salada inunda els camps d'arròs, aquests ja no tindran futur. A l'apartat de les conclusions veurem que passarà primer, l'augment de la temperatura fins a arribar a ser crítiques o l'augment del nivell del mar.

Sigui com sigui, les dades que s'han recollit a l'Observatori de l'Ebre tractades estadísticament per regressió lineal semblen indicar que a molt llarg termini el cultiu d'arròs al Delta de l'Ebre es pot veure perjudicat per l'augment de temperatura.

4.4. Estudi de l'augment del nivell del mar

Un dels temes que preocupen més a l'hora de parlar de canvi climàtic és l'augment de nivell del mar, i sobretot a la gent d'aquestes terres ja que estem molt a prop de la costa, i tenim un delta que podria quedar sota l'aigua en els pròxims anys.

De les dades que he trobat, he fet un estudi de la pujada del nivell del mar i com quedarien les principals infraestructures d'aquestes terres. He fet un estudi de fins quan podrem utilitzar les principals vies.

Com tots els estudis, hi ha científics que són més optimistes i n'hi ha que són més pessimistes, per això he trobat diferents dades, i per al meu estudi utilitzaré la més optimista i la més pessimista, per a fer un contrast amb el temps de com podrien quedar amb el pitjor cas, o amb el millor cas.

Tot aquest estudi ha estat realitzat amb el **Google Earth**, anant-li superposant una capa blava, que fa de mar, a diferents alçades.

Les dades que tinc, referent a l'augment del nivell del mar són: 5 mm/any (estudis de l'IPCC), 2.4 mm/any (estudis de l'IPCC) i 10 mm/any (Conferència Expo-Ebre).

Per tant, utilitzaré les dades de 2.4 mm/any com a millor cas, i les dades de 10 mm/any com a pitjor cas.

A continuació es mostra una taula amb els anys i els metres pujats de nivell de mar corresponents a les dades anteriors

Augment del nivell del mar					
Any	Augment a 2.4 mm/any (cm)	Augment a 10 mm/any (cm)	Augment (cm)	Any a 2.4 mm/any	Any a 10 mm/any
2050	9.6	40	50	2216	2058
2100	21.6	90	100	2424	2108
2150	33.6	140	150	2633	2158
2200	45.6	190	200	2841	2208
2250	57.6	240	250	3050	2258
2300	69.9	290	300	3258	2308
2350	81.6	340	350	3466	2358
2400	93.6	390	400	3674	2408
3560	105.6	440	450	3883	2458
2500	117.6	490	500	4091	2508
2550	129.6	540	550	4300	2558
2600	141.6	590	600	4508	2608
2650	153.6	640	650	4716	2658
2700	165.6	690	700	4925	2708

I ara es mostraran les imatges (adjuntades) fetes pel **Google Earth** corresponent a diferents zones de Catalunya (més vulnerables a l'augment del nivell del mar) i amb una explicació de com quedarien afectades les principals infraestructures i poblacions de la zona.

- 1 metre: s'assoliria aquest nivell al 2108, com a el pitjor dels cassos, o pel contrari al 2424, si mirem l'estudi més optimista.
El delta de l'Ebre comença a patir la pujada. Diverses zones es queden per sota del nivell del mar.
L'AP-7 es veu afectada per aquest augment del nivell del mar passada l'Ampolla, a l'igual que la via de ferrocarrils.
La zona de l'Aeroport del Prat també notaria notablement la pujada, i algunes pistes quedarien inútils per l'augment del nivell del mar. El delta de l'Ebre i el del Llobregat noten la pujada amb la mateixa intensitat ja que tenen la mateixa altura respecte el mar.

- 2 metres: s'assoliria aquest nivell a l'any 2841 o pel contrari a l'any 2208, si les prediccions són més optimistes o pessimistes. El delta de l'Ebre ja està completament inundat i l'aigua puja per la conca de l'Ebre, inundant les poblacions i infraestructures més properes al riu, i arriba fins Tortosa. El Prat nota de ple la pujada del nivell del mar, i per aquests temps l'aeroport quedaria totalment inutilitzable. I pel que fa a Tarragona, l'aigua marina inundaria tota la zona del port i una gran zona del Polígon del Francolí.

- 3 metres: seria assolit a l'any 3258 si mirem l'augment a 2.4 mm/any, o a l'any 2308 si mirem la de 10 mm/any. La Zona Franca comença a estar inundada, a l'igual que tot el litoral del Port de Barcelona. L'aigua, a la zona de l'Aeroport inunda ja l'Autopista Pau Casals. Pel que fa a les Terres de l'Ebre, es comencen troben zones inundades a les poblacions de Roquetes i Tortosa, les més properes a la conca del riu. I pel que fa a una població més meridional, Sant Carles de la Ràpita també notaria la pujada i en aquests temps l'aigua es situaria per la part més propera al port i les primeres cases de la línia de mar.

- 4 metres: Aquest nivell seria assolit al 2408, segons les previsions més catastrofistes o al 3674 amb les més benèvols.
Les zones més properes a la inundació (Amposta, L'Ampolla, Sant Carles de la Ràpita), a partir d'aquest moment ja no noten tantes devastacions com en els primers moments ja que a partir d'aquesta altura moltes zones ja són sota el nivell del mar. L'augment del nivell ara es comença a notar a les poblacions més altes com Tortosa i Roquetes. Barris de Tortosa queden totalment inundats.
Tarragona també nota la pujada, sobretot a la perifèria de la ciutat, ja que el centre de la ciutat té més altura que el terreny que l'envolta.
Exactament el mateix passa a la ciutat de Barcelona, la part més antiga de la ciutat no nota tant la pujada, en canvi, nota la pujada per la part

més est de la ciutat. Tot això, Barcelona és una ciutat amb molta altura que no notarà la pujada del nivell del mar fins ben entrats els 6 metres.

- 5 metres: arribaríem a aquest nivell entre el 2508 i el 4091, seguint la taula de l'augment del nivell del mar.
Tant com l'Aeroport com la Zona Franca en aquest nivell estan totalment inundats, només es salven algunes zones puntuals, però que farien impossible l'accés ja que tota la resta estaria envoltat d'aigua.
I pel que fa a la costa catalana, en concret a la Catalunya sud, tot el litoral quedaria inundat, i l'aigua arribaria fins a l'Autopista AP-7, fent-la quedar inútil en alguns trams.
- 6 metres: si mirem la taula de l'augment del nivell del mar, veurem que aquest nivell l'aconsegurem al 2608, si seguim les previsions de 10 mm/any o al 4508 si mirem l'augment de 2.4 mm/any.
Amb aquest nivell la majoria de la zona nord-est de Barcelona estaria inundada. La inundació arribaria fins la torre Agbar, i comprendria tota la zona de la Diagonal-Nord.
A Tarragona, l'aigua inundaria la conca del Francolí, i les zones més baixes que l'envolten.
I a Tortosa i Amposta, la inundació seguiria el curs del riu Ebre, inundant les zones més properes a la riba del riu, i les zones amb menys altura de la zona.

Donat que el nivell de 6 metres per sobre del nivell actual s'assoliria com a molt aviat l'any 2600, creiem innecessari fer prediccions d'una pujada superior ja que en 600 anys hi ha temps suficient perquè la humanitat hagi canviat el model de vida i d'economia. Quan això succeeixi, potser no es cremaran combustibles fòssils per subministrar energia a la humanitat i per tant les temperatures globals deixarien de pujar linealment i el nivell de mar també.

És molt difícil predir quan la humanitat deixarà d'aprofitar combustibles fòssils, però el que és segur és que no els utilitzarà indefinidament i per tant l'augment de temperatura, així com el nivell de mar, tampoc augmentaran linealment amb el temps per sempre.

I aquí finalitza l'apartat de l'estudi del nivell del mar. Com podem apreciar, les conseqüències d'aquest augment poden ser catastròfiques per a la nostra zona ja que estem a la conca d'un riu i tenim zones molt baixes. Això fa que en una poca pujada hi hagin més zones inundades. L'altura màxima que pot assolir el nivell del mar és de 64 metres, però no crec que arribéssim a tal nivell; si en 6 metres les conseqüències són molt desastroses, en 64 metres hi hauria una autèntica catàstrofe, però per a això s'hauria de fondre tot el gel dels pols.

5. Conclusions

Ja que en el meu treball he buscat diferents conseqüències del canvi climàtic, he arribat a més d'una sola conclusió, per això ara les trobarem enumerades pel mateix ordre que les trobaríem al treball.

Al principi de la part pràctica podem observar un clar augment de les temperatures. Sense haver fet cap modificació de les dades que hem va facilitar l'Observatori podem veure com la temperatura té una tendència clara a pujar en el temps.

A l'any 1906 la temperatura mitjana va ser de 16.32°C, i a l'any 2007 ha estat de 18.1°C. A més, en els anys més calorosos dels últims 100 hi figuren els últims 10 anys.

TOP 10 de temperatures mitjanes anuals		
	Temperatura (°C)	Any
1	18,517	2001
2	18,492	2006
3	18,442	2003
4	18,367	1997
5	18,367	1994
6	18,2	1995
7	18,175	1999
8	18,142	2000
9	18,117	1982
10	18,092	2007

En negreta trobem els últims 10 anys.

En aquesta taula podem veure com la majoria de temperatures altes es troben dintre del període dels últims 10 anys. El 70% de temperatures d'aquest TOP 10 són temperatures d'aquest període. Un 20% són temperatures que no s'escapen més de 5 anys d'aquest període de 10 anys. I un 10%, per tant, un any que no està dintre d'aquest període.

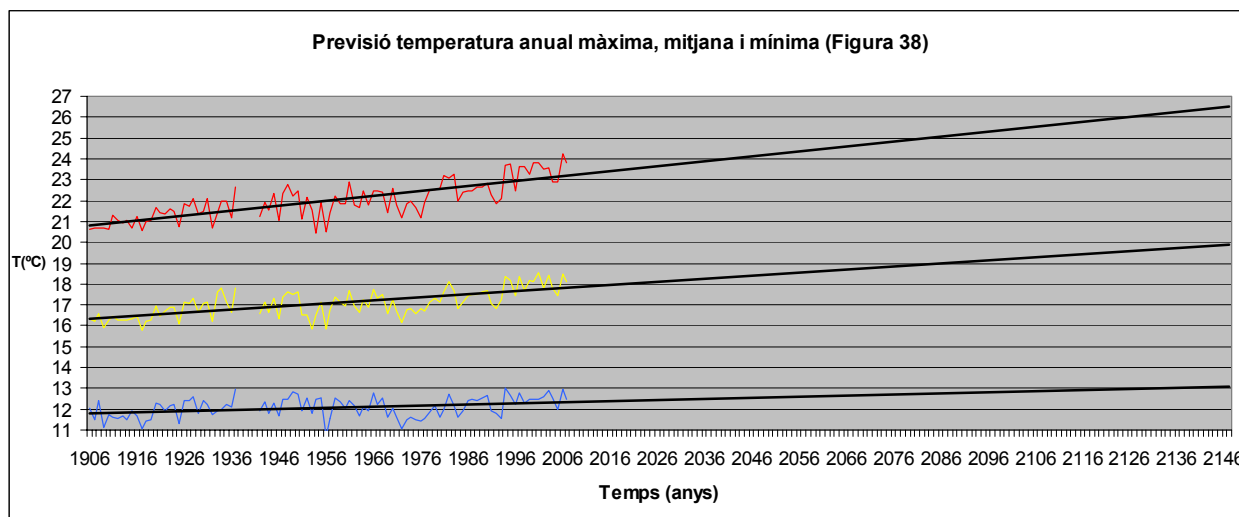
Això demostra que les temperatures altes han estat les últimes, i vol dir que la temperatura està augmentant.

Amb la previsió realitzada de l'augment de temperatures mitjanes hem pogut observar que al final d'aquest segle la temperatura seria de 19.3°C. I alguns científics encara són més catastròfics que les meves previsions, ja que afirmen que al final d'aquest segle la temperatura pot augmentar fins a 3°C, això significaria rondar els 21°C de temperatura mitjana durant un any (científics de la conferència de l'Expo-Ebre).

En aquest cas, si observem les previsions de l'augment de la pujada de temperatura (apartat 4.2.5), al final del segle XXI les meves conclusions són que arribarem a una temperatura de 22.7°C, sobrepasant les prediccions dels científics.

Una altra conclusió és que, a més d'augmentar, les temperatures tenen una tendència més forta a l'alça aquest últims 17 anys, aproximadament.

Un cop ja ha quedat patent i més que demostrat que les temperatures estan augmentat s'ha de fer esment a les temperatures màximes i mínimes. Les temperatures màximes tenen una tendència més clara a l'augment com es demostra en aquest gràfic.



Llegenda de la Figura 38:

- Temperatures màximes mitjanes anuals
- Temperatures mitjanes anuals
- Temperatures mínimes mitjanes anuals

En aquesta **Figura 38** es veu clar com les temperatures màximes tenen una tendència més clara a pujar que les mínimes. Per tant en el futur és possible assolir dies més calorosos, que no pas menys dies freds.

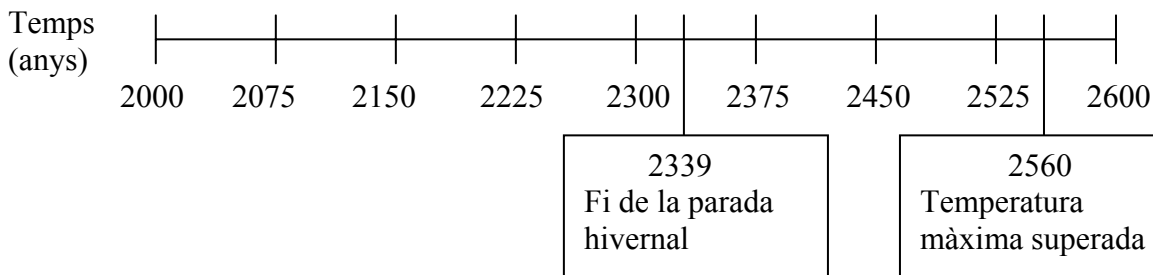
Si continuem el meu treball, el següent apartat que trobem és l'estudi de les plantes.

Com ja havia dit la parada hivernal dels cítrics es veurà afectada per l'augment de la temperatura al 2339. I es veuran afectats per possibles cremades als fruits a l'any 2560.

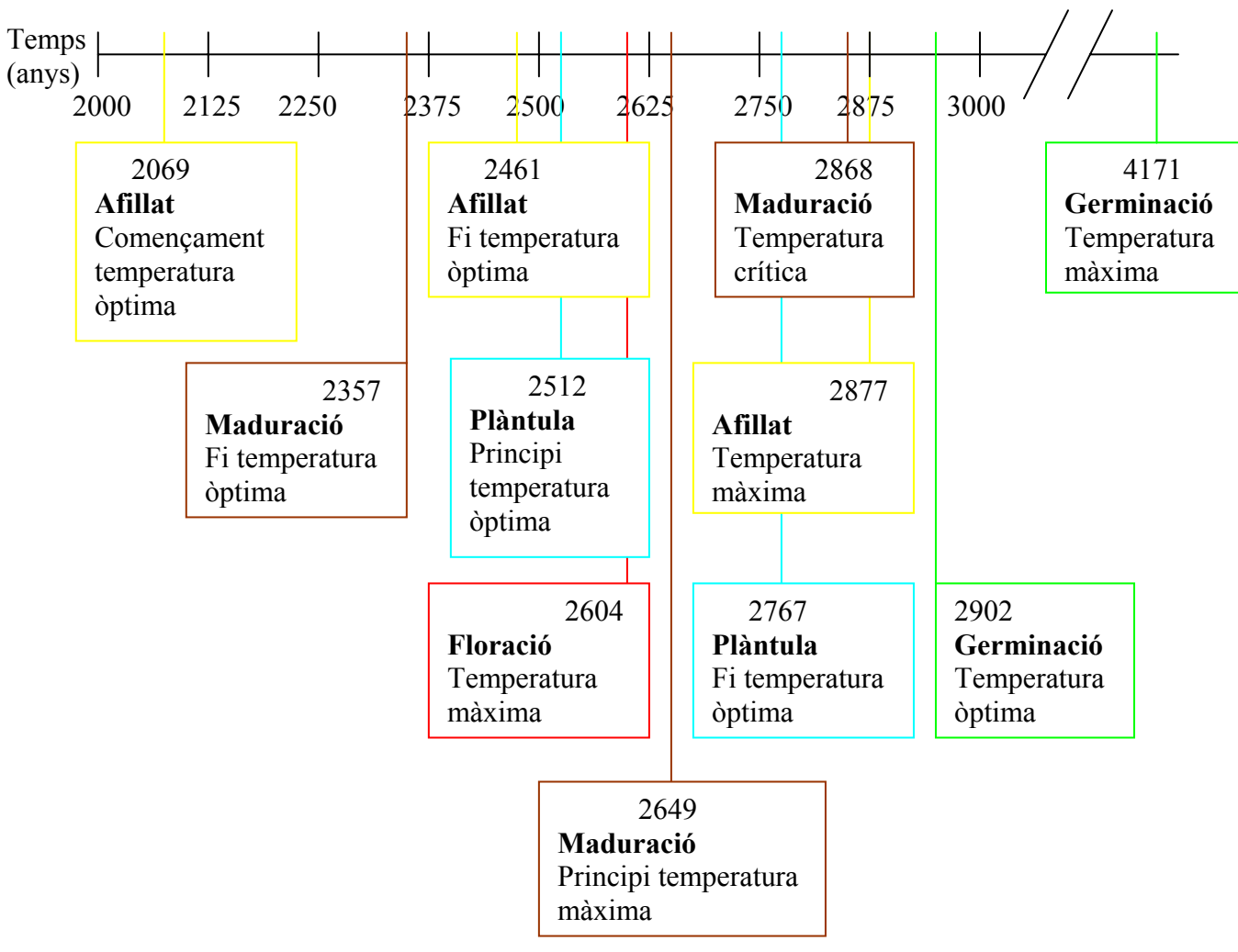
Pel que fa a l'arròs i les diferents fases que té, l'augment de temperatura l'afectarà d'aquesta manera: al 2902 es veurà optimitzada la fase de

germinació, i al 4171, si l'augment de temperatura és constant, aquesta fase es veurà afectada. Durant la fase de plàntula, al 2512 entrarem en la seva temperatura òptima, i al 3106, hi sortiríem. Durant la fase d'afillat, els riscos serien a partir del 2461, i al 2877, podrien començar a sofrir cremades importants. Durant la floració, a partir del 2604 podria començar a baixar la producció. I Per acabar, la fase de maduració gaudiria al 2357 un inici de la temperatura òptima, i a partir del 2868 la fase podria sofrir alteracions.

Temperatures importants per als cítrics (Figura 39)



Temperatures importants per al l'arròs (Figura 40)



Els cítrics, com podem veure a la **Figura 39**, començarien a disminuir la seva producció pels voltants del 2339, i al 2560, notaríem de ple la baixada de la producció. El 2339 és un any que està relativament prop, i per tant aquesta sí que és una dada bastant crítica.

En canvi, l'arròs (**Figura 40**) no començaria a notar una baixada de la producció fins a l'any 2604, ja que totes les dades anteriors són relatives a les òptimes. Avui en dia, hi ha fases que proliferen sense estar dintre de les seves temperatures òptimes, això vol dir que si dintre d'uns anys sortim d'aquests paràmetres les conseqüències tampoc serien tan catastròfiques. On sí notaríem les conseqüències és a partir de les temperatures màximes i crítiques. Al 2604 entrem en una temperatura màxima d'una fase i al 2649 a una altra. Entre aquest període segurament la producció baixaria. Al 2868 i al 2877 també entrariem dintre d'una altra període on superaríem les temperatures màximes de dues fases. Aquests valors ja són més improbables d'assolir, ja que estan molt lluny d'avui en dia. I el que és quasi impossible és assolir la temperatura màxima de la germinació, al 4171, ja que durant aquests dos mil anys, segur que la temperatura deixarà de pujar com està pujant avui en dia, ja que els humans hauran trobat alguna altra font d'energia que no provingui de combustibles fòssils, llavors el CO₂ haurà disminuït de l'atmosfera, i amb ell, la temperatura.

Tot i que la temperatura no afectarà l'arròs fins d'aquí un període molt gran, almenys 600 anys, el mar sí que pot fer que les nostres plantacions d'arròs desapareguin, ja que l'aigua salada mataria les plantes.

El delta de l'Ebre estaria completament inundat al 2841, segons les prediccions més optimistes. Aquesta data també li passa el mateix que les xifres anteriors de l'arròs, que està molt lluny i el més segur és que no arribéssim. Però segons les previsions catastrofistes al 2208 el delta estaria tot inundat, i això si que faria que, en menys de dos-cents anys, tot el delta desaparegués.

Es provable que al voltant del 2300, no fem cas ni a les previsions més catastrofistes ni a les més optimistes, el delta desaparegués baix l'aigua, i amb ell, tota la producció d'arròs, i municipis com Deltebre i Sant Jaume d'Enveja. Entre aquests dos municipis sumen uns 15.000 habitants que haurien de ser desallotjats de les seves cases ja que quedarien inundades.

I avui en dia, també ens hauríem de plantejar totes les millores i ampliacions de l'Aeroport del Prat, ja que es probable que en 200 o 300 anys, l'aigua inundi per complet la zona de l'actual aeroport. Totes les inversions que s'estan fent actualment és possible que quedin obsoletes dintre del període de 200 anys, per tant, trobo que tots els projectes que es facin prop de la costa s'hauria de plantejar la possibilitat que el nivell del mar pugés i inundés totes aquestes zones.

Per tant, al meu parer, a partir d'ara totes les construccions que es facin prop del mar haurien de plantejar-se aquest problema, que el nivell del mar obligui a abandonar aquests llocs.

6. Agraïments

Aquest treball no hagués pogut ser possible sobretot sense la col·laboració de dos institucions de les Terres de l'Ebre. La primera és l'Observatori de l'Ebre, als quals estic molt agraït ja que m'han facilitat amb molta rapidesa les dades de les temperatures i pluja. La segona institució és l'IRTA, els quals m'han facilitat les condicions climàtiques de les plantes. Sense aquestes dos institucions res d'aquest treball hagués pogut ser possible ja que és la base del treball.

Després, ja a nivell més personal, li he de donar les gràcies a Paquita Cid, la meva professora de física, ja que em va recomanar un llibre que m'ha estat molt útil, i em va dir que es realitzava la conferència sobre el canvi climàtic durant les jornades de l'Expo-Ebre. Gràcies Paquita.

Dintre de l'IRTA, en especial hi va haver dos científics que em van ajudar molt també a nivell personal, ja que em facilitaren el seu correu personal i el seu telèfon, i vaig estar bastant en contacte amb ells dos. Ells són en Joaquim Pastor, i la Maite Martínez, als quals també estic molt agraït.

El meu tiet, Màxim Barrachina, ha estat el que em va portar ambdues vegades a l'IRTA, i la seva filla, Míriam, la que em va ajudar a realitzar l'abstract, per això també els hi estic molt agraït.

A més a més, també vull agrair aquest treball als meus pares, amb tot el suport que m'han anat donant durant la realització d'aquest.

I per acabar, la persona més important, a la qual li estic més agraït, que m'anava corregint cada trosset que anava fent del meu treball, que segurament hi va dedicar hores i hores llegint tot el que jo anava escrivint, és, evidentment, el meu tutor del treball, Raül Curto. Totes les hores de l'esbarjo que hem quedat, i m'anava explicant les coses que havia de millorar del meu treball són motiu d'agraïment ja que era dels únics tutors que dedicaven tan de temps a l'atenció amb el seu alumne. Per això i molts més motius, li estic enormement agraït.

7. Bibliografia i webgrafia

La bibliografia i referències d'aquest treball consten bàsicament d'informacions de pàgines d'Internet i llibres:

AGUILAR PORTERO, Manuel. *Cultivo del arroz en el sur de España*. Sevilla: Centro de Investigación y Formación Agraria "Las Torres-Tomejil", 2001.

LLEBOT, Josep Enric. *El canvi climàtic*. Barcelona: Rubes Editorial, 1998.

LLEBOT, Josep Enric. *El temps és boig? i 74 preguntes més sobre el canvi climàtic*. Barcelona: Rubes Editorial, 2005.

TINARELLI, Antonio. *El Arroz*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1988.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Arroz>

L'arròs a la Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_clim%C3%A1tico

Canvi Climàtic a la Wikipedia

<http://es.wikipedia.org/wiki/Citrus>

Els cítrics a la Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero

Efecte hivernacle a la Wikiedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Media_aritmética

Mitjana Aritmètica a la Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kioto

Protocol de Kioto a la Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Regresión_lineal

Regressions lineals a la Wikipedia

A més, vaig rebre informació oral per part de Joaquim Pastor i Maite Martínez.

Annex 1

A continuació adjunto les fotografies corresponents al nivell del mar (apartat 4.4) i les dades facilitades per l'Observatori de l'Ebre (CD adjunt).

Nota informativa: Aquest treball ha estat imprès en paper lliure de clor, ja que aquest és un dels productes més tòxics que s'usen en la producció del paper.