FUNDACIÓN FORO AGRARIO

con el apoyo

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Memoria de ejecución y resultados del Proyecto nº1. Caracterización agro-edafoclimática y de los recursos naturales de las áreas de huertos urbanos y periurbanos en las ciudades que integran la "Red por la agroecología", con vistas a la conservación “in situ” de las variedades tradicionales de frutales de hueso y su cultivo, para la comercialización de sus producciones en las redes de proximidad de cada ciudad.

1. INTRODUCCIÓN. CIUDAD Y ALIMENTACIÓN. UNA NUEVA VINCULACIÓN

Las circunstancias por las que atraviesa la vida en el planeta en lo social (demografía creciente), en lo económico (globalización) y en lo ambiental (cambio climático, al que hay que mitigar) están generando una creciente preocupación a nivel nacional, regional e internacional sobre como alimentar mejor a una población cada vez más numerosa haciendo un uso más respetuoso de todos los recursos disponibles.

Alimentar mejor, a cada vez más población, requiere hacerlo de otro modo, con los recursos que podríamos llamar convencionales, y utilizar, además, recursos urbanos o periurbanos, hasta ahora no considerados útiles a estos fines, en nuestras condiciones.

El caso es que esta “desconsideración” no se compadece con la historia de la alimentación de la humanidad.

Porque, conforme se señala en la interesante Introducción al libro de Carolyn Steel “Ciudades hambrientas” -- del que son autores el sociólogo José Luis Fernández, y la arquitecta Nerea Morán -- en su origen, y salvo singularidades como el Imperio romano o el Imperio azteca, que articulaban complejas redes de abastecimiento de miles de kilómetros, todas las ciudades se adaptaron a su geografía, clima y recursos locales, siguiendo un modelo orgánico y evolucionado en un proceso de crecimiento lento que dio lugar a las tramas urbanas funcionales y estéticamente cautivadoras de la mayor parte de los cascos históricos

conocidos. Y es que—continúan diciendo—como afirma Lewis Mumford, no hubo más Romas hasta el siglo XIX.

Un siglo en el que la revolución de los medios de transporte, terrestres y marítimos[1], favoreció el movimiento de alimentos, y que ha continuado y se ha visto atenuado o reforzado en los siglos posteriores, a través del empleo de regulaciones arancelarias, cuya liberalización, desde los años 90 de pasado siglo, ha conducido a un proceso de globalización, de intercambio comercial en lo alimentario, que puede considerarse espectacular.

No obstante esta circunstancia, sucede que hoy el aprovechamiento de estos recursos urbanos y periurbanos, desde la producción hasta la comercialización, en su caso, está reforzando de manera muy relevante los vínculos entre ciudad y alimentación.

Una, podríamos llamar, "revinculación" que lejos de ser una moda resulta ser el síntoma más visible de una propuesta cultural, política y urbanística que se manifiesta en fenómenos como la protección de los espacios agrarios periurbanos; el crecimiento exponencial de la agricultura urbana, bajo el formato de huertos, principalmente; la proliferación de cooperativas de consumo agroecológicas; el aumento de los mercados de productos locales en espacios públicos o la revalorización de los mercados de abastos, entre otras facetas.

En definitiva, una corriente de carácter global que ha ido ganando reconocimiento y legitimidad hasta inspirar una oleada de políticas públicas alimentarias urbanas cuyo hito simbólico sería el "Pacto de política alimentaria urbana" o "Pacto de Milán", de 2015, promovido y apoyado por la FAO, y que tiene por objeto garantizar alimentos saludables para todos, impulsar la sostenibilidad en el sistema alimentario, educar a la ciudadanía sobre las dietas saludables y reducir el desperdicio de alimentos.

[1] Al que se ha incorporado el transporte aéreo, en los siglos posteriores.

Se trata del primer protocolo internacional en materia alimentaria que se realiza a nivel municipal, firmado por 122 alcaldes y alcaldesas de todo el mundo y al que se siguen sumando ciudades (ya superan las 200).

El Pacto arranca asumiendo que la alimentación será uno de los grandes retos globales, en el medio plazo, ante el cual las ciudades deben asumir su responsabilidad como actores centrales, a la hora de ordenar la transición hacia sistemas agroalimentarios más sostenibles, saludables, socialmente justos y resilientes.

Una tarea que exige una mirada sistémica, capaz de fomentar las sinergias y la articulación entre los programas de acceso a la alimentación para las poblaciones más vulnerables, la dinamización de la economía local o la sostenibilidad urbana en relación con el sistema agroalimentario.

Y en ella juegan un papel determinante los huertos urbanos y periurbanos.

2. LA AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA EN EL MUNDO.

La FAO define la agricultura urbana y periurbana (AUP) como “el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades”.

Aunque no de forma exclusiva, la agricultura urbana se realiza principalmente para la producción de alimentos, y si bien su extensión espacial es limitada, no así el número de practicantes que crece cada año, y que puede contribuir en pequeña escala a la soberanía alimentaria y a la seguridad en la producción de alimentos de dos maneras: incrementando la cantidad de alimentos disponibles para los habitantes de las ciudades, y en segundo lugar ofertándoles alimentos de calidad frescos obtenidos a muy corta distancia.

Además, se está produciendo un fenómeno más allá del autoconsumo y los canales cortos de comercialización. Así lo que se denomina hortofruticultura de proximidad está fomentando una restauración muy especializada y cuya estrategia consiste en diferenciar su oferta basándose en el uso de vegetales muy frescos obtenidos en su entorno próximo.

La AUP destinada al consumo de la propia ciudad es un fenómeno emergente en muchas partes del mundo.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo ha estimado en 800 millones de personas los que la practican y que las ciudades producen ya la tercera parte de ellos alimentos consumidos por sus habitantes, fracción que probablemente aumentará en las próximas décadas, y puede que las previsiones demográficas mundiales la hagan más necesaria que nunca.

Así en algunas áreas metropolitanas de primer nivel, políticos, urbanistas y empresas están considerando la AUP como una herramienta para enfrentarse a los distintos desafíos alimentarios, sociales o ecológicos, pues sacar provecho de la tierra en el interior y alrededores de las ciudades es algo muy evidente.

La motivación para la práctica de la agricultura urbana y periurbana es muy variada.

En unos casos es la simple necesidad de medios de subsistencia para las personas inmersas en corrientes migratorias del medio rural al urbano.

En otros, y es el caso de los países desarrollados, es la necesidad de ocupar el ocio de personas mayores, o de cualquier edad, que vuelven a sentir la necesidad de retomar las prácticas agrarias, como modo de mantener la actividad física y sentir el placer del contacto con las plantas y obtener sus frutos.

Otro aspecto es la motivación relacionada con la educación, acercando la agricultura a los escolares e incluso creando vínculos intergeneracionales.

Otra de las razones que se arguyen para el fomento de la AUP, en los países desarrollados, es el ahorro energético, tanto en el transporte agroalimentario del mundo rural al mundo urbano, como en el propio proceso productivo, dado que las pequeñas dimensiones de tierra empleada como su ubicación impiden una mecanización tan elevada como en la producción convencional.

Igualmente, la posibilidad de utilización de aguas de uso urbano regeneradas y la reutilización de los residuos producidos en las ciudades, pueden ser factores que confieran aspectos de sostenibilidad ambiental a esta agricultura.

Además de las razones de sostenibilidad medioambiental y sociales existen otras de índole educativas que hacen que este tipo de agricultura se utilice cada vez más en programas pedagógicos para jóvenes y también para la reinserción de adultos con problemas, como es el caso de las drogadicciones o los trastornos psicológicos.

El desarrollo de la agricultura urbana y periurbana, como cualquier actividad humana, presenta oportunidades para las colectividades que puedan y deseen practicarla y parar las economías que se creen en su entorno; y, también, desafíos tecnológicos, de regulación para garantizar su seguridad y su gobernanza. Requiere, además, de un tipo de gestión que va más allá de lo agronómico o incluso de los social, pues pasa a ser un aspecto relacionado intrínsecamente con la ordenación urbanística.

Su desarrollo y práctica pueden contribuir a una mejor empatía y entendimiento de la población urbana sobre el papel fundamental que la agricultura tiene y debe seguir teniendo en relación con el bienestar de una humanidad que alcanzará los 9.000 millones de personas en la mitad del presente siglo y a las cuales habrá que seguir alimentando de manera segura y, tal como se señalaba en la Introducción, con la mayor eficiencia en la utilización de todos los recursos disponibles[2].

3. SU REFLEJO EN ESPAÑA: LA RED DE CIUDADES POR LA AGROECOLOGÍA Y SU INTERÉS PARA LA CONSERVACIÓN "IN SITU" DE VARIEDADES DE FRUTALES DE HUESO.

En Milán ciudades española (Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Málaga) suscribieron el Pacto, pero ya, anteriormente, en muchas ciudades el desarrollo de la agricultura urbana y periurbana, a través de huertos, era una realidad.

De hecho, con objeto de compartir experiencias y coordinar actuaciones se ha configurado una "Red de Ciudades por la Agroecología", interesante iniciativa en la que se integran más de 20

[2] Tomado del libro "Agricultura Urbana Integral" editado y coordinado por Julián Briz e Isabel de Felipe.

ciudades[3], muchas de ellas con una antigua y/o renovada estructura de huertos urbanos y/o de cercanía.

Estas estructuras son muy apropiadas para la conservación de un gran patrimonio de recursos fitogenéticos, constituido por las variedades tradicionales de frutales de hueso la mayoría de las cuales están confinadas en colecciones de instituciones conservadoras *"ex situ ",* expuestas a los albures presupuestarios que, en ocasiones, afectan a muchas de ellas o a catástrofes de todo tipo que pueden afectar a su función conservadora.

De hecho, existe un gran consenso sobre que la mejor forma de conservación de estos recursos fitogenéticos es hacerlo en huertos privados, "on farm", donde la multiplicidad de ubicaciones impida su extinción por episodios incontrolables de tipo climático, de plagas o enfermedades o de falta de cuidado por parte de sus tenedores.

Ello no significa en absoluto que las instituciones dedicadas a la mejora o a la conservación de recursos *"ex situ"* dejen de hacer sus funciones; funciones que son absolutamente necesarias y que, además, pueden jugar un papel importante en la difusión de las variedades que conservan en los huertos de las ciudades y de las zonas periurbanas.

Cuando la Fundación Foro Agrario, con el apoyo técnico del Centro para la innovación en tecnología para el Desarrollo Humano (itd-UPM) y el económico del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico, realizó la caracterización de variedades de frutales de hueso (albaricoquero, melocotón y ciruelo), proponiendo una serie de ellas, se pensó que deberían conservarse en huertos urbanos o periurbanos, con las siguientes ventajas:

a) Era una forma de producción cercana al consumo y con ello se contribuía a mejorar la huella de carbono del transporte de alimentos. Uno de los objetivos de los ODS de la Agenda 2030.

b) Se ayudaba a que los ciudadanos volviesen a recordar los sabores y olores (flavores) de la fruta de estas variedades, con lo que se abría la expectativa de demanda

[3] cuyas referencias y actividades se acompañan en el Anexo nº 1 de esta Memoria

para una oferta más diferenciada, tanto entre nuestro consumo interno como para la exportación.

c) Se reforzaba la naturación de las ciudades y de su entorno, favoreciendo la biodiversidad de especies polinizadoras y de otras asociadas a estos cultivos.

d) Se mejoraba la alimentación para la fauna de estas áreas.

Por todo ello nos propusimos realizar un proyecto para estudiar, parcialmente, las diferentes ubicaciones que ofrecían los huertos de la Red de Ciudades por la Agroecología, que lógicamente eran más proactivas a esta iniciativa "recolonizadora" de los antiguos espacios donde, en muchos casos, habían permanecido en el pasado, sin perjuicio de llevar a cabo una encuesta entre los responsables de la Red en sus respectivos municipios[4].

El método del estudio consistía en caracterizar ahora el área de las ciudades a estudiar, y ajustar a esas condiciones, fundamentalmente de clima, la posibilidad de cada variedad de las especies de albaricoquero, melocotón y ciruelo, a las que ya se ha hecho referencia.

La tarea de caracterización de la foto fija actual ha consistido en levantar acta de lo que ha ocurrido, desde la primera década de este siglo con los factores agrometeorológicos, y cotejarlo con los mismos factores en las zonas de creación y desarrollo de las variedades que queremos introducir:

Albaricoqueros. Prunus Armeniaca L.

Nº	Variedad /población	Interés agroecológico	Otras características
1	Antón	Color de la piel y carne. Pocas necesidades de frío	Sinonimia: Colorado de Cieza
2	Búlida	Pocas necesidades de frío. Poca sensible a PPV.	Doble o triple actitud. Todavía se cultiva comercialmente
3	Canino	Pocas necesidades de frio	

[4] Cuyo contenido figura en el Anejo nº 2 de esta Memoria.

4	Currot	Mínimas necesidades de frio. Maduración temprana	
5	Galta Rocha	Pocas necesidades de frio	Color de fruto muy atractivo
6	Galta Bermella	Pocas necesidades de frio. Variedad Balear	Color del fruto
7	Gitanos	Necesita unas 700-800 h de frio invernal. Madura de dentro a fuera. Árbol de gran vigor. Polinización asistida por abejas	Fruto grande con chapa roja muy atractiva y de muy buen sabor
8	Mauricios	Rusticidad. Adaptación a zonas muy áridas. Escasa necesidad de frío. No alternante	Muy productiva
9	Mitger	Rusticidad. Adaptación a zonas muy áridas. Escasa necesidad de frío. No alternante	
10	Moniquí	Adaptación a condiciones diversas. Necesidad insectos polinizadores	Calidad Organoléptica
11	Ojaicos	Fruto mediano de color rojo de excelente sabor, madura de fuera a dentro. Árbol muy productivo	Pocas necesidades de frío
12	Palabras	Floración y maduración muy temprana. Pocas necesidades de frio invernal. Adaptación a otras áreas de mayor altitud (Plasticidad)	Color del fruto y de la carne, atractivos.
13	Paviot	Variedad aragonesa con antecedentes franceses. Piel anaranjada y Carne amarilla. Frutos grandes de buena calidad. Maduración julio-agosto. Necesidades de frío altas	
14	Pepito del Rubio	Floración y madurez más tardías que el Moniquí. Menos necesidades de frio que el Moniquí. Rusticidad y Plasticidad	Buena calidad organoléptica. Color atractivo del fruto.
15	Real fino	Por la calidad de los patrones francos procedentes del hueso de esta variedad poco sensibles a Meleydogine	Se sigue cultivando
16	Velázquez	Pocas necesidades de frio 500 a 800 h. Árbol muy productivo. Sin problemas de cuajado.	Fruto grueso sin golpe de sol. Madura una semana después del Búlida. Carne blanca amarillenta de muy buen sabor

Melocotoneros. Prunus Pérsica

Nº	Variedad/Población	Interés agroecológico	Otras características
1	Calanda y sus clones selectos.	Varios clones seleccionados por sus cualidades agrologicas y de calidad organoléptica. Plasticidad para adaptarse a otras zonas	Se siguen cultivando
2	Almagreño	Carne dura, amarilla, muy teñida de rojo alrededor del hueso. De muy buen sabor y aromática. De media estación	Se siguen cultivando en Huelva
3	Amarillo 559	Carne dura, amarilla, sin coloración junto al hueso. Muy jugosa, suave, astringente, dulce y muy aromática. Sabor, Muy bueno: Selección de Aula Dei	Muy apto para zonas de inviernos fríos.
4	Campiel amarillo	Melocotón amarillo tardío, seleccionado en Aula Dei a mediados del siglo pasado.	
5	Carrasco	Muy Tardío. Descendiente del melocotón de viña Pocas necesidades de frio.	
6	Escarolita	Temprana para la zona de Gerona donde se produce.	Calidad excelente
7	Gallur encarnado 976	Variedad muy tardía el clon 976 fue una selección de Aula Dei	Calidad excelente.
8	Melocotón del Hierro	Necesidades bajísimas de frio	Importancia etnográfica

9	Mallorquín	Necesidades bajas de frio	Excelente calidad
10	Marujas	De la Huerta baja del Río Segura. Pocas necesidades de frio. Buena adaptación al calor	Doble aptitud y buena calidad.
11	Jerónimos	De la Huerta baja del Río Segura. Pocas necesidades de frio. Buena adaptación al calor. Sin coloración junto al hueso	Buenísima calidad para consumo en fresco y conserva.
12	Paraguayo var. Delfín	Escasas necesidades de frio. Conservación del fruto en frio sin ennegrecerse	Calidad organoléptica excepcional.
13	Selma	En la Cartografía de Aula Dei se destaca su buenísima calidad organoléptica	Se seleccionó en la huerta de Lliria (Valencia)
14	Sudanell	Una de las variedades tradicionales más representativas de las denominadas Pavías. Muy adaptadas al clima del Valle del Ebro	De gran calidad
15	Roldán 516	Selección clonal de excelente calidad organoléptica con pocas necesidades de frio invernal	Origen Barcelona
16	Priscos de la Corneja	Reserva genética importante por su adaptación a bajas temperaturas y por su variabilidad	

Ciruelos europeos (Prunus doméstica)

Nº	Variedad/Población	Interés agroecológico	Otras Carateristicas
1	Claudias de Nalda y Quel	Variedades tipo Claudia adaptada a zonas con heladas primaverales	Estupenda calidad para consumo en fresco y elaboración de pasas.
2	Prunas de la montaña de Alicante	Adaptadas a zonas de Montaña cercanas al Mediterráneo.	Calidad muy buena. Medianas necesidades de frio
3	Prunas Primerancas de Tortosa	Muy pocas necesidades de frio invernal	Carne: Crema sonrosado, teñida de rojo, transparente. Blanda, jugosa. Muy buena calidad
4	Real de Calahorra	Tardia: Finales de Agosto septiembre. Soporta inviernos frio y veranos muy calurosos	Carne: Amarillo ámbar, transparente. Sabor muy bueno
5	Reina Claudia Blanca	Temprana Madura en la1ª quincena de julio en el Valle del Tietar : Arenas de San Pedro	Carne, calabaza o verdosa de color exacto al de la epidermis, transparente. Blanda, fundente, jugosa. Sabor: Dulce, pero no con exceso, aromático. Bueno, típico de Reina Claudia
6	Ciruela Reina Claudia Verde del Bierzo	Madura a finales de agosto, principio de setiembre	Carne: Amarillo ámbar o verdoso, transparente. Medianamente firme, jugosa. Sabor: Extraordinariamente dulce y a la vez refrescante, estupendo.
7	Ciruelas de medianía de Gran Canaria	Mínimas necesidades de frio	Todavía se cultivan

Ciruelos chinos[5] (Prunus salicina)

[5] Domesticados en Japón

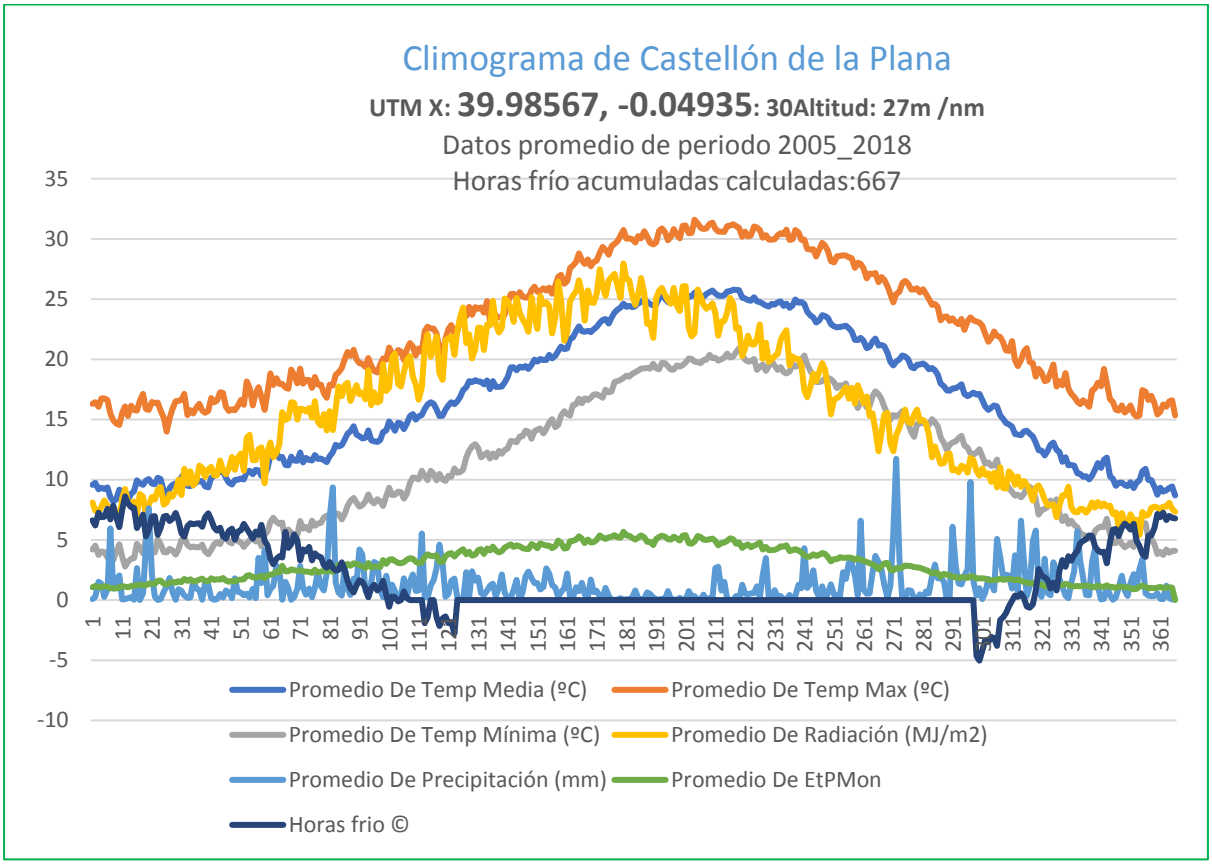
Nº	Variedad/Población	Interés agroecológico	Otras Carateristicas
1	Golden	Variedad cultivada en España desde la primera mitad el siglo XX.	Estupenda calidad para consumo en fresco.
2	Santa Rosa	Cultivada desde los años 60 del siglo XX.	Calidad muy buena. Muy buen sabor Pocas necesidades de frio

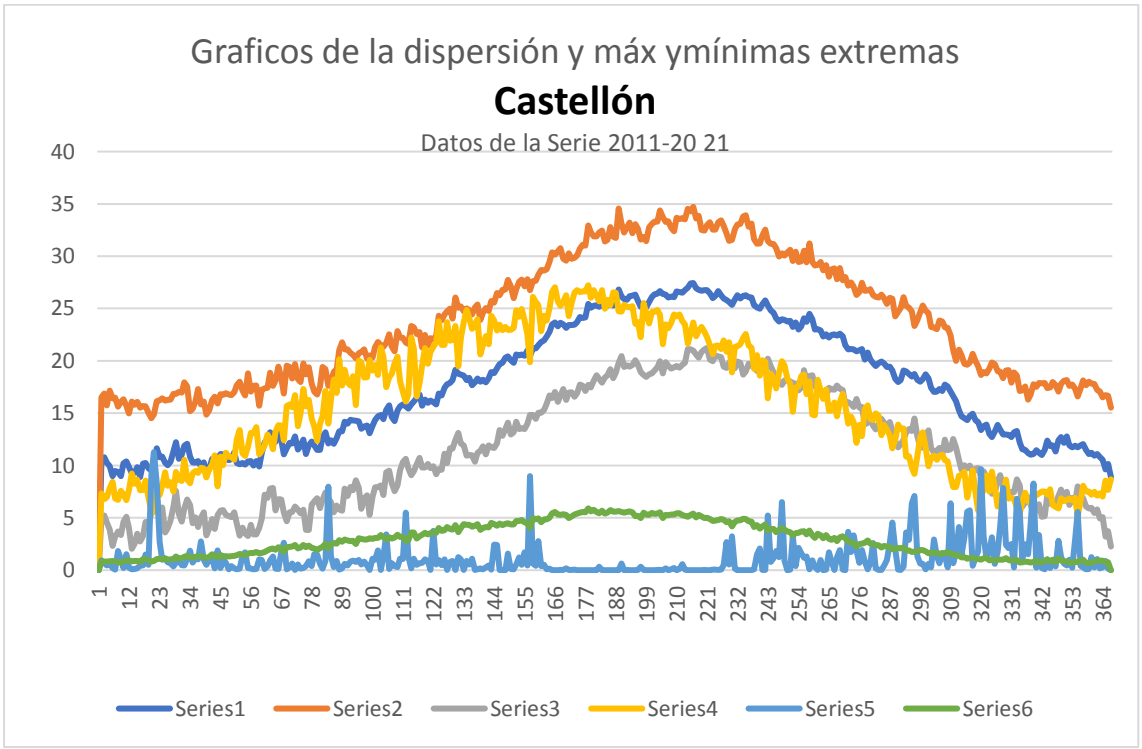
El instrumento, que utilizamos, como entonces, ha sido la red agrometeorológica SIAR, del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, y la información agroecológica de RURAL CAT.

El procedimiento para obtener y tratar los datos para llegar a la caracterización, en un climograma de datos medios y un gráfico de dispersión y máximas y mínimas, se adjunta como Anexo a esta memoria de resultados del Proyecto.

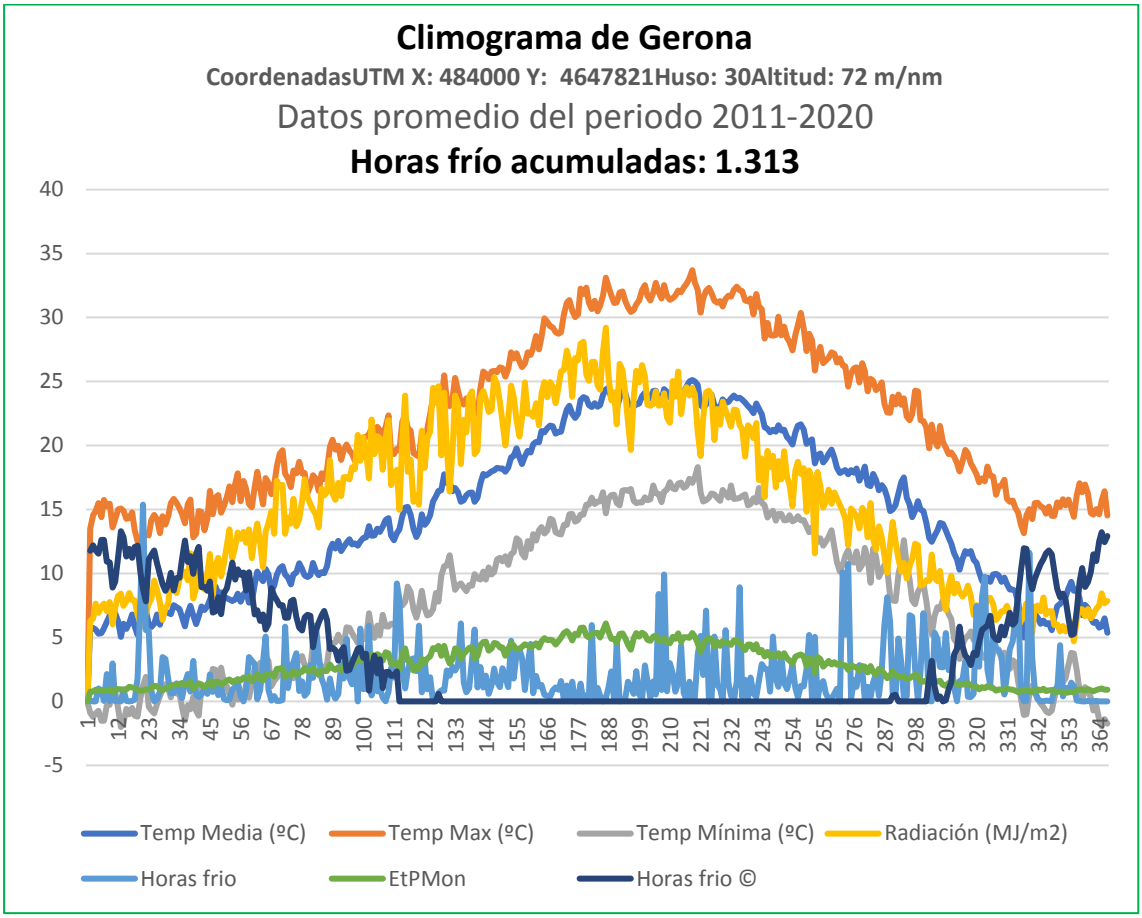
De este modo hemos obtenido la caracterización de las siguientes ciudades:

Castellón de la Plana

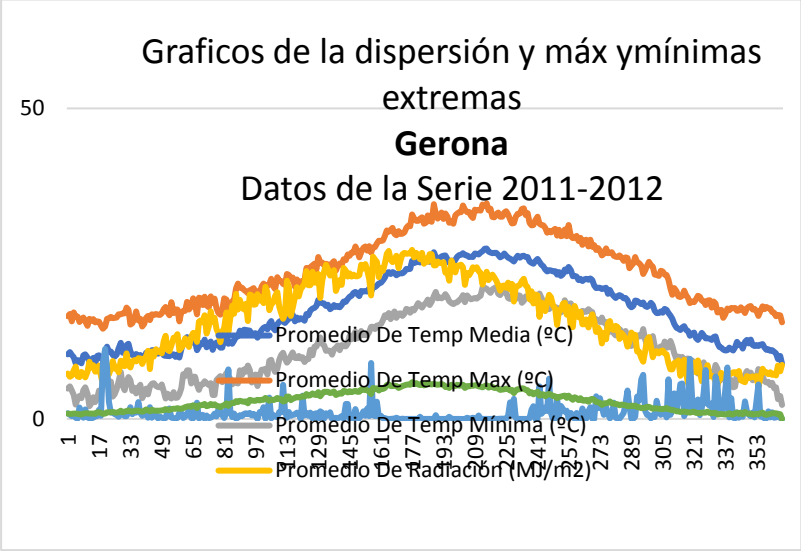

Climograma de Castellón de la Plana
UTM X: 39.98567, -0.04935: 30Altitud: 27m /nm
Datos promedio de periodo 2005_2018
Horas frío acumuladas calculadas:667
Promedio De Temp Media (ºC)
Promedio De Temp Max (ºC)
Promedio De Temp Mínima (ºC)
Promedio De Radiación (MJ/m2)
Promedio De Precipitación (mm)
Promedio De EtPMon
Horas frio ©


Graficos de la dispersión y máx ymínimas extremas
Castellón
Datos de la Serie 2011-20 21
Series1
Series2
Series3
Series4
Series5
Series6

Gerona.



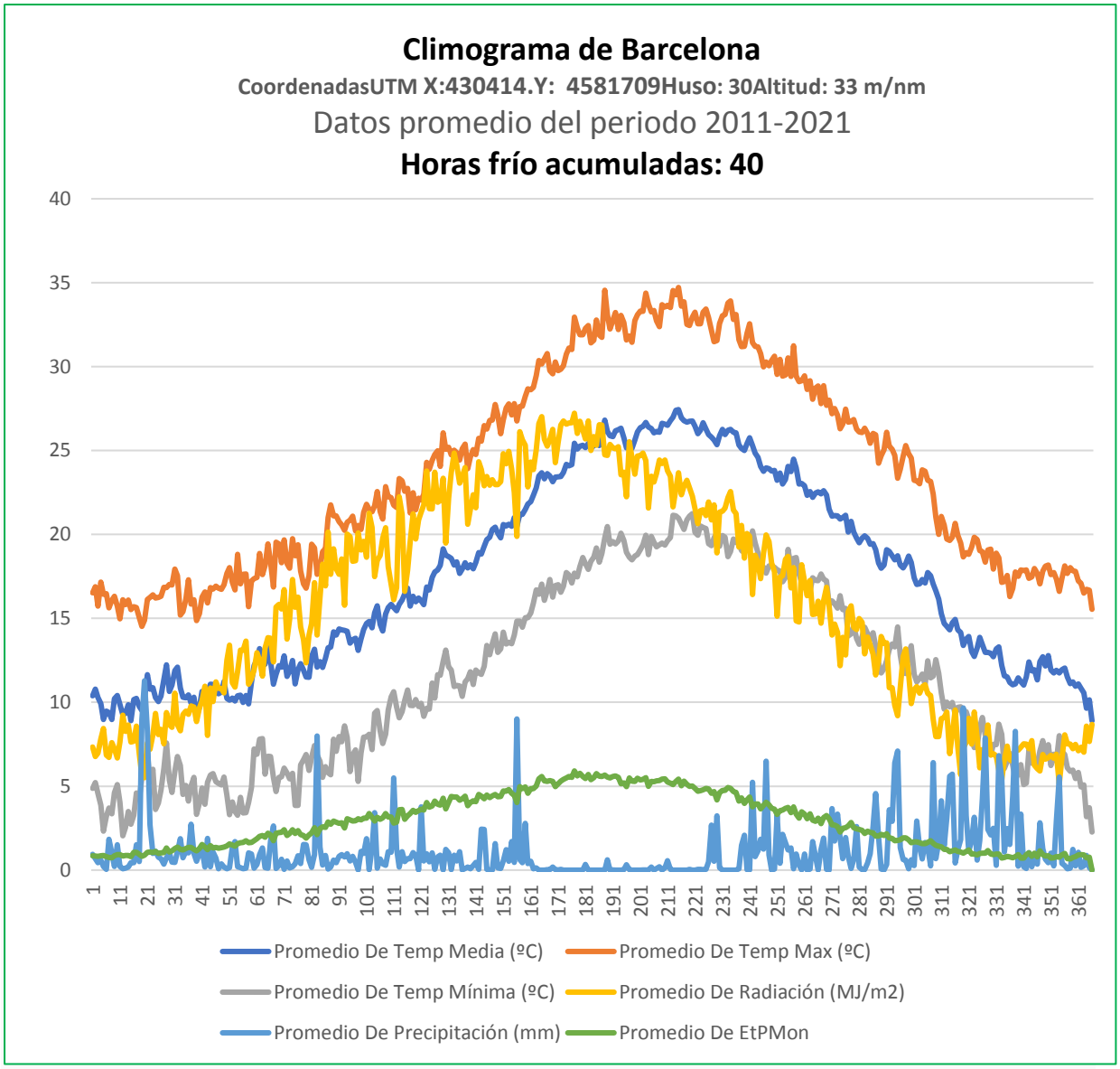
Los datos medios de horas frío, superiores a 1.300 h f, permitiría la acogida de las variedades de más necesidad de frio de albaricoquero (Variedad Moniquí), de melocotón (Amarillo de agosto) y de ciruelas Claudias. Sin embargo, dado el contenido del cuadro de dispersión y máximas y mínimas extremas, nos está poniendo freno, por las heladas durante la floración, a las variedades de albaricoquero, pero sí podrían acogerse las variedades tardías de melocotonero y las de ciruelas europeas.



Barcelona

Se ha escogido para su caracterización la estación agroclimática de El Raval porque allí existe un proyecto de huertos urbanos de gran importancia social (Los Huertos urbanos participativos e inclusivos del Raval) en donde se trata de aprovechar espacios comunes para hacer huertos urbanos autogestionados y abiertos a todos los vecinos, con el fin de mejorar el tejido social y participativo del barrio así como

fomentar estrategias de uso de lo común, decrecimiento, alimentación saludable y ecológica de Km0.



Córdoba

Con el gracejo propio del territorio, El Planeta huerto, que tiene por lema “Cultiva tu vida”, informa de las iniciativas en huertos urbanos de la ciudad de Córdoba :

Huerto La Asomadilla: Administrado por el Instituto Municipal de Gestión Ambiental, ofrece talleres de horticultura urbana y asignación de parcelas a grupos de miembros de la comunidad previamente conformada. Está ubicado en el Parque de la Asomadilla.

Huerta de Agroecología FSU: es una iniciativa que busca garantizar por medio de información y herramientas claves, una sociedad equitativa y saludable, capaz de alcanzar la autoproducción en sus más de 60 huertos urbanos.

Huertos Compartidos: proyecto en el que se busca contactar personas con terrenos baldíos, empresas con grandes extensiones de tierras, o incluso propietarios con solares enormes que alquilen el espacio a través de un intermediario (el Ayuntamiento). Su fin es conformar una red social con el fin de crear huertos urbanos y al mismo tiempo recuperar ese espacio abandonado e improductivo.

Huertos de Paco: una red de huertos promovido por el Ayuntamiento que prevé entregar espacios a colectivos inscritos previamente en el registro de asociaciones, e incluso a personas en título individual, para que sean capaces de gestionar su propia parcela. Además, brindan talleres sobre la horticultura básica en la antigua huerta de San Francisco.

Huerto Fuentesanta: localizado en el antiguo Cine Fuentesanta, se encuentra este solar público, el cual años atrás estaba abandonado por la falta de atención. La Junta Vecinal decidió transformarlo en un lugar donde podría cultivar sus propios alimentos sostenibles, además contar con una zona donde el arte, la cultura, el deporte y la salud tuviesen un escenario.

Y propone una definición muy bien traída: "Un huerto urbano es un espacio de suelo que se abre espacio en un terreno dentro de la ciudad para la siembra, cultivo y cosecha de frutas, hortalizas, hierbas y flores de temporada. "

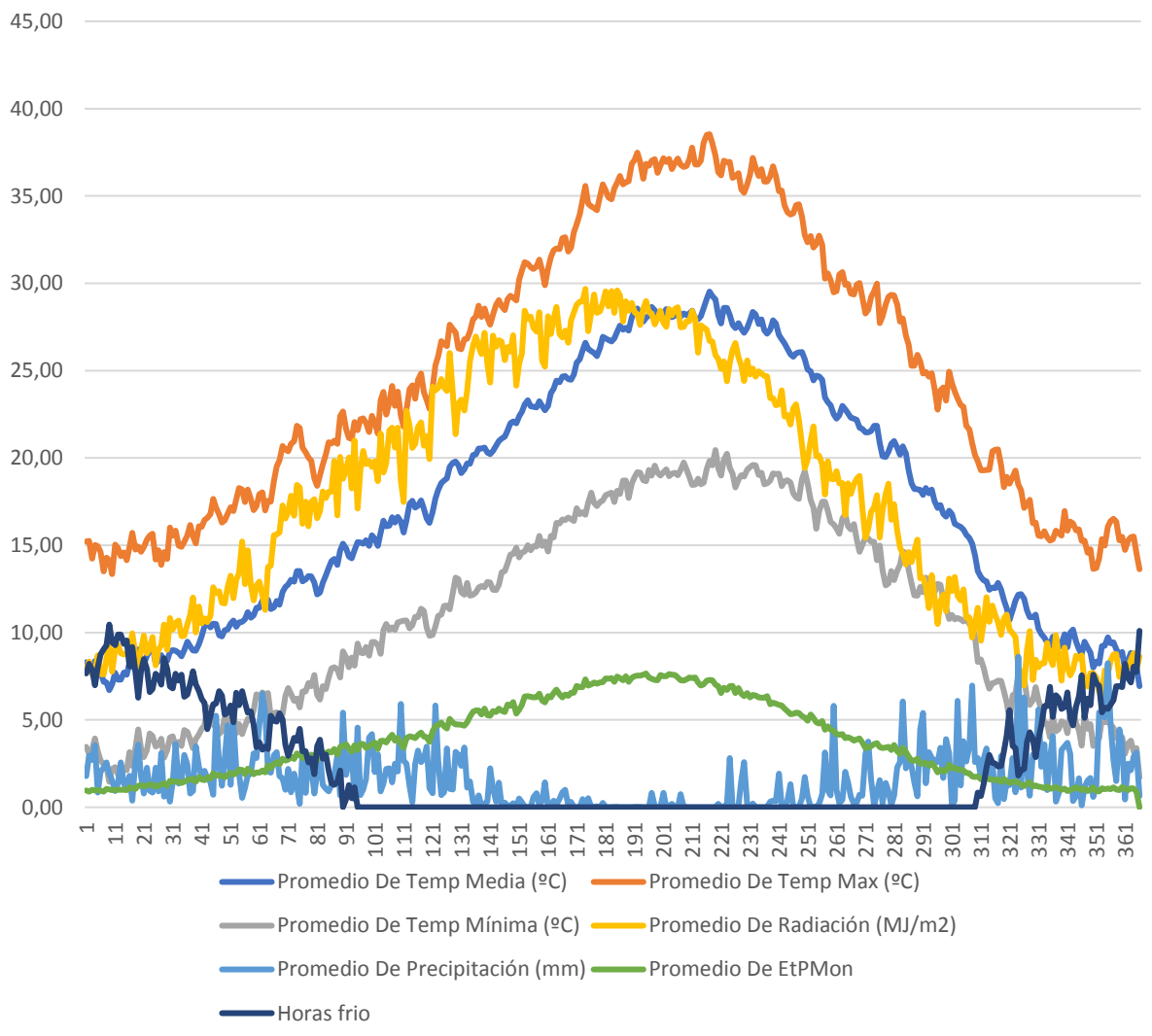
Y efectivamente, esta definición es muy adecuada para la Ciudad de Córdoba, porque a la vista de la información agroclimática que da el climograma se puede cultivar de todo. Hasta tiene horas frio suficientes para algunas variedades de melocotón, ciruelas y hasta albaricoqueros no muy exigentes.

Climograma de Córdoba

CoordenadasUTM X: -4.77275.Y: 37.89155,Huso: 30Altitud: 30 m/nm

Datos promedio del periodo 2011-2021

Horas frío calculadas: 818



****

Madrid.

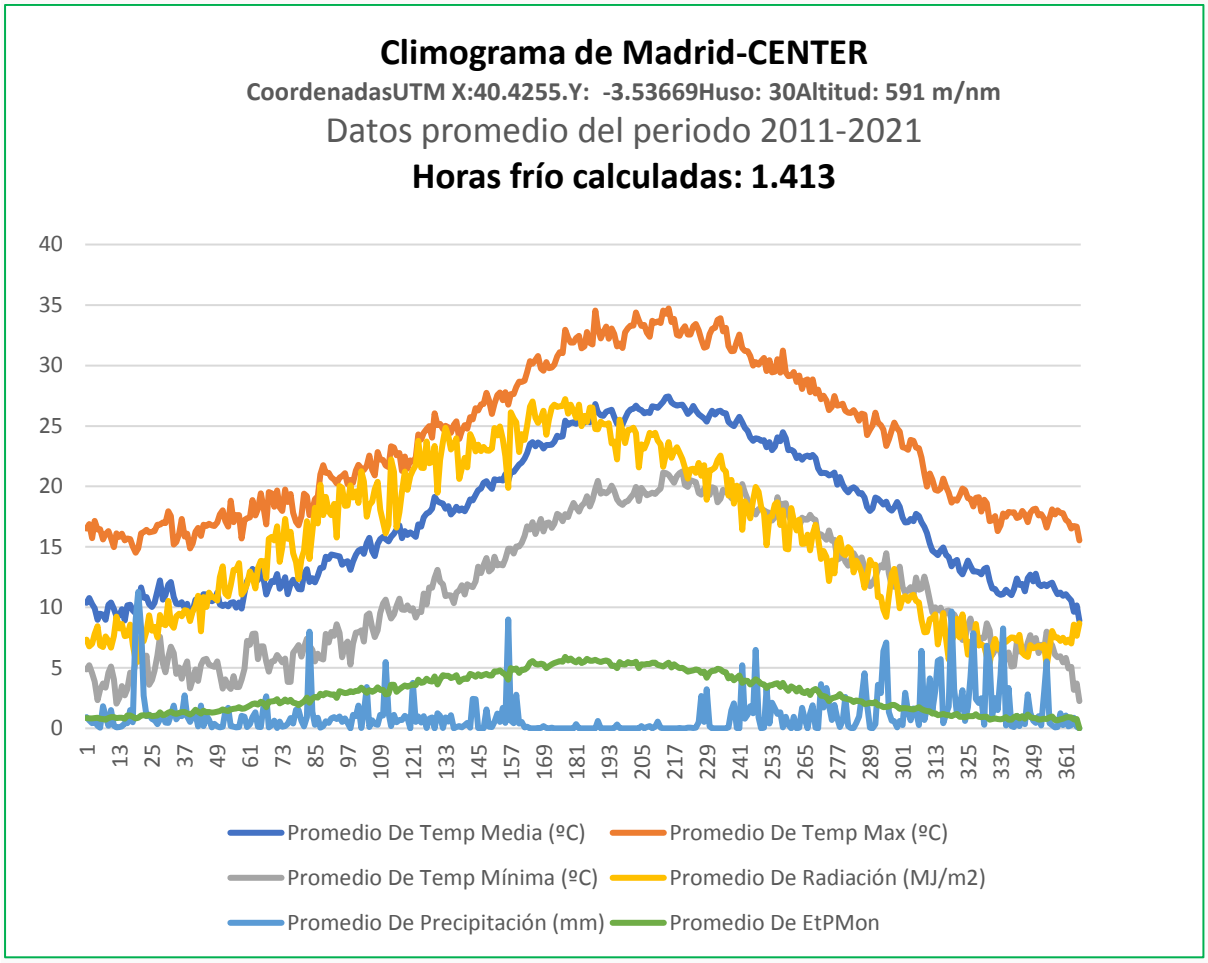
El portal web del Ayuntamiento de Madrid ofrece información sobre el

Está dirigido a asociaciones sin ánimo de lucro inscritas en el Registro de Entidades Ciudadanas del Ayuntamiento de Madrid. Se desarrolla a través de la cesión gratuita por procedimiento de libre concurrencia de parcelas municipales, preferentemente con calificación de Zona Verde, previamente acondicionadas para su uso como huerto urbano por el Ayuntamiento.

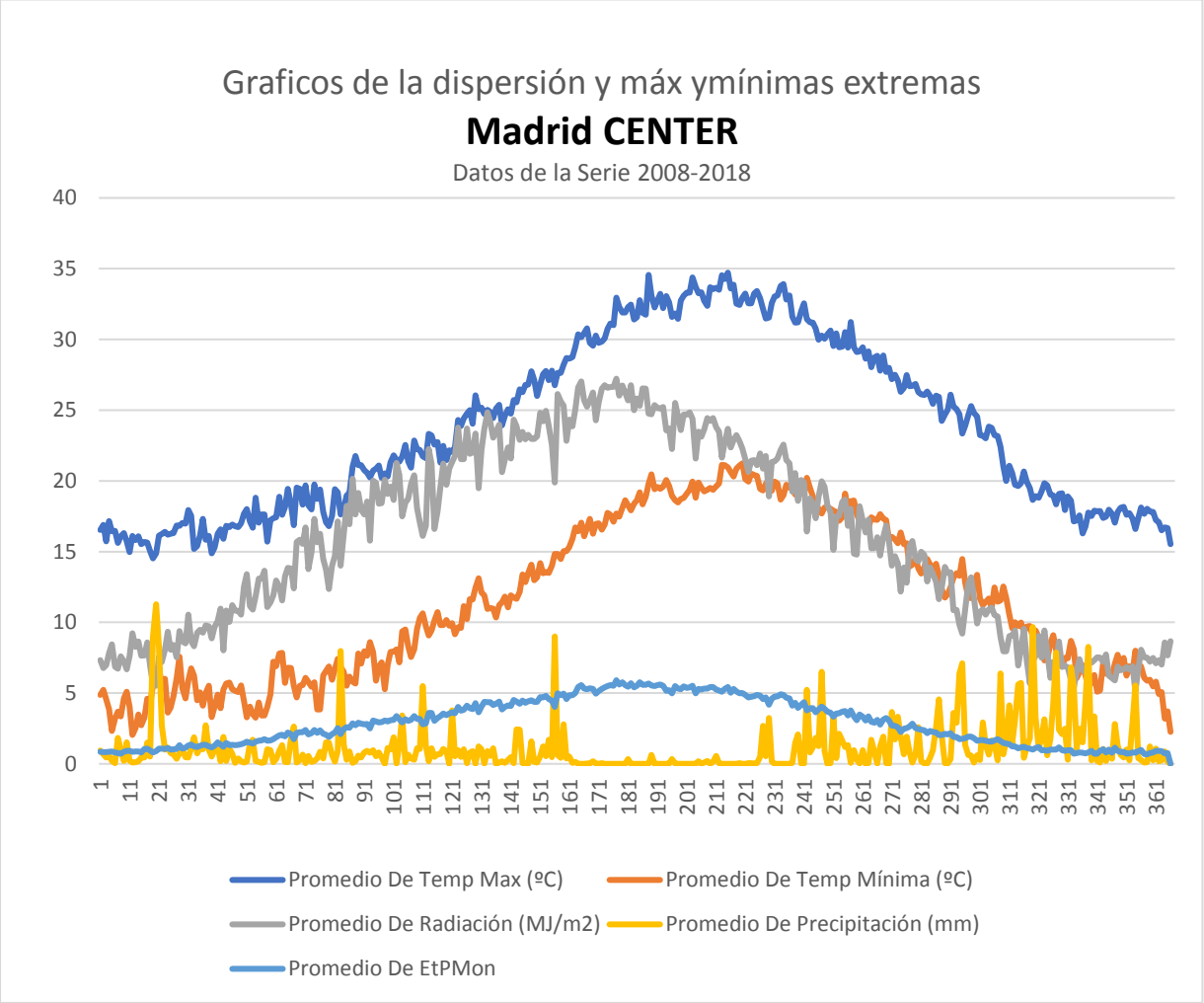
La asociación que desee desarrollar un proyecto de huerto urbano comunitario debe, en un primer paso, comunicar su interés a la Junta Municipal de Distrito correspondiente. Para ello debe presentar una instancia general en el Registro de su Distrito, indicando la parcela o zona en que desearía desarrollar el proyecto.

El Centro de Educación Ambiental 'El Huerto del Retiro' imparte en sus instalaciones cursos y talleres sobre agroecología urbana y el desarrollo de las diversas labores en el huerto urbano, dirigidos a cualquier persona interesada. Además, el programa 'Ciudad Huerto', desarrollado conjuntamente por el Departamento de Educación Ambiental e Intermediae-Matadero con la Red de Huerto Urbanos de Madrid, ofrece cursos y talleres a las asociaciones que gestionan los huertos urbanos comunitarios.

Para la caracterización agroecológica de los huertos urbanos y periurbanos de Madrid se ha utilizado la información de la estación del SIAR instalada en el Centro de Tecnología de Riegos (CENTER).



En los huertos de Madrid, algunos cercanos al Centro de Tecnología de Riego, se podrían introducir prácticamente todas las variedades de frutales de hueso que se caracterizaron en 2019, con los problemas de heladas primaverales que afectarían a la floración de las más precoces: En albaricoquero: Mauricios, Búlidas, Ojaicos.


Graficos de la dispersión y máx ymínimas extremas
Madrid CENTER
Datos de la Serie 2008-2018
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
11
21
31
41
51
61
71
81
91
101
111
121
131
141
151
161
171
181
191
201
211
221
231
241
251
261
271
281
291
301
311
321
331
341
351
361
Promedio De Temp Max (ºC)
Promedio De Temp Mínima (ºC)
Promedio De Radiación (MJ/m2)
Promedio De Precipitación (mm)
Promedio De EtPMon

****

Murcia

Breve historia de la Huerta

La Huerta de Murcia es un valle por el que discurre el río Segura que a lo largo de toda la Era Cuaternaria ha ido depositando con sus avenidas un lecho fértil para el cultivo, los aportes del río Guadalentín que desemboca en el Segura aguas abajo de la ciudad de Murcia, también han contribuido a la formación de la Huerta.

Los primeros pobladores prehistóricos no habitaron el fondo del valle por ser tierras pantanosas y con alto riesgo de inundaciones, encontrándose restos argáricos en las faldas de los montes que bordean el valle del Segura.

Vista de la Huerta de Murcia desde el Cabezo Bermejo en Cobatillas. Se observa al fondo la Sierra de la Cresta del Gallo, Columbares y Carrascoy, el Castillo de Monteagudo, el cabezo de El Esparragal, el de la Mina, y detrás la ciudad de Murcia.

Aunque los romanos ya cultivaban en la Huerta de Murcia, fueron los musulmanes los que desecaron los terrenos pantanosos y crearon un sistema de riego y de drenaje muy eficaz a partir de la Contraparada.

Con la Reconquista de Murcia por Alfonso X el Sabio, muchos musulmanes huyeron a Granada y grandes terrenos de la Huerta quedaron despoblados. El rey Alfonso repartió entre los cristianos los bancales de la huerta en pequeñas superficies, apareciendo entonces el minifundio.

Al final de la Reconquista, en el siglo XVI, se produjo un importante desarrollo agrícola con la introducción del naranjo y la morera, con la base de la industria de la seda. En este siglo se construyeron importantes obras hidráulicas como el malecón, la supresión de meandros

del río, el encauzamiento de algunos tramos y de acequias y la construcción de las norias que elevaban el agua a bancales más altos para su riego.

En los últimos años del siglo XX y lo que va del XXI la Huerta de Murcia ha sufrido un gran declive en cuanto a potencial agrícola. Muchas son las causas que lo originan, pero entre ellas se podrían destacar las siguientes:

- La continua subdivisión de las fincas hace que estas sean tan pequeñas que no sean rentables por dificultades en la mecanización, sobre todo. Ello además aumenta su falta de rentabilidad, al ser parcelas tan pequeñas no son suficientes para mantener una agricultura profesional
- Presión urbanística, el uso de superficie de huerta para la construcción de nuevas infraestructuras (autovías, polígonos industriales, ferrocarril etc) y viviendas va en aumento.
- Envejecimiento de los pocos agricultores que quedan. La gran mayoría de los habitantes de la huerta ya no trabajan en ella, se dedican fundamentalmente al sector servicios en la ciudad o sus pedanías.
- Malos precios de los cítricos durante muchos años. En la huerta este tipo de cultivos junto con las hortalizas es el predominante.

Red de riego

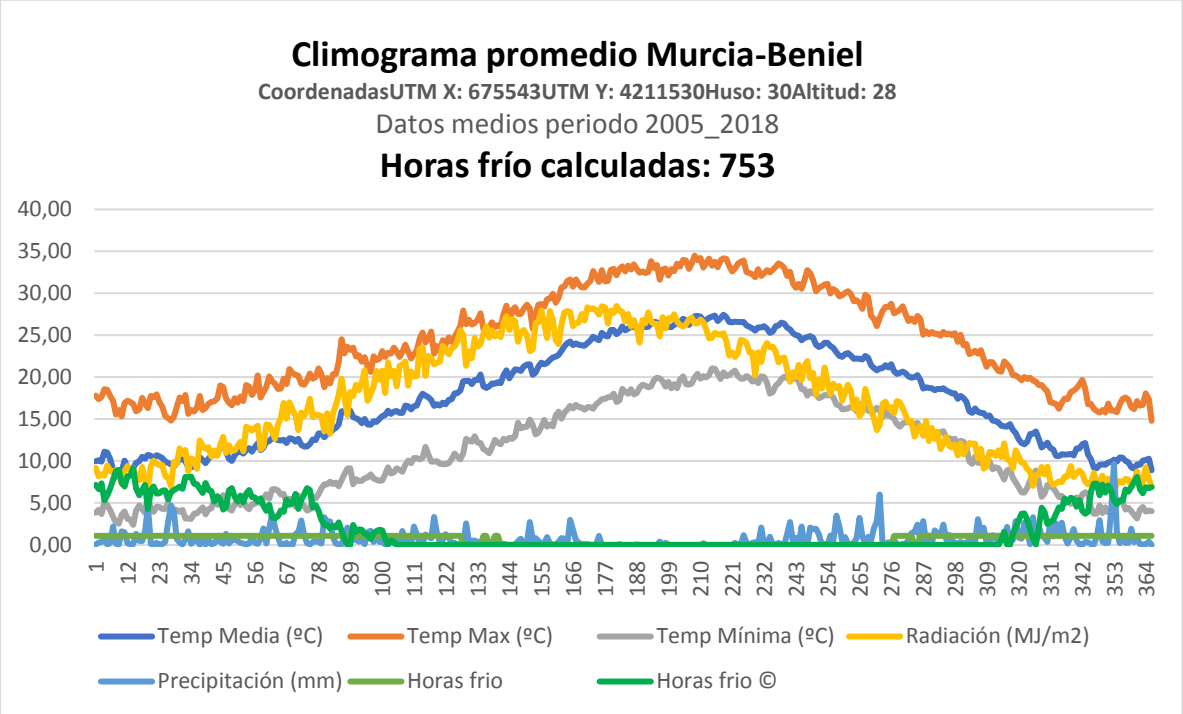
Noria de Alcantarilla con el Museo Etnológico al fondo.

La red de riego de la Huerta de Murcia es de las más antiguas de España y proviene de la época musulmana, en que se construían presas o azudes sobre el cauce del río, una de las más importantes existente en la actualidad es la Contraparada, a 7 kilómetros aguas arriba de la ciudad de Murcia.

El agua que se desvía del río es conducida por dos acequias mayores que discurren por los márgenes del Segura, la derecha o Acequia Mayor Alquibla (cuya etimología en lengua árabe significa "el Sur"), y la izquierda o Acequia Mayor Aljufía (que proviene del árabe "el Norte"). De ellas surgen el resto de las acequias de la huerta, salvo la acequia de Churra la Nueva, que también toma sus aguas directamente del río.

En tierras por encima de las acequias el agua es elevada mediante norias, un artilugio hidráulico movido por impulso de la corriente de agua que la eleva en sus calgilones a terrenos más altos.

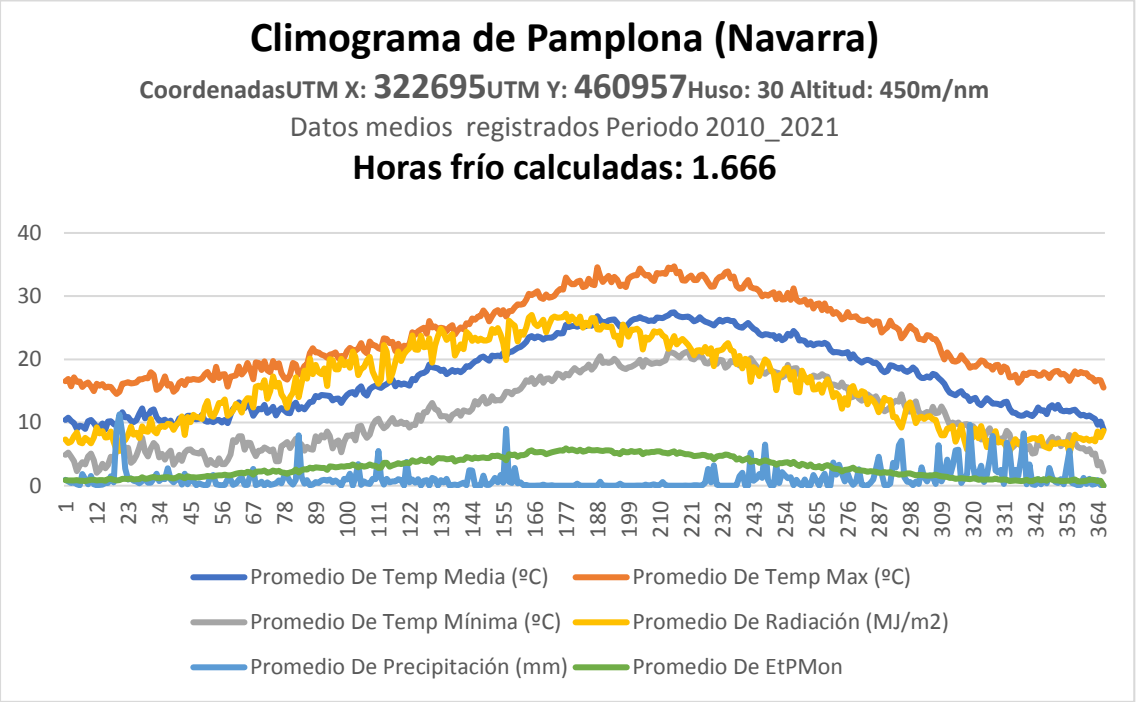
A lo largo de la huerta de Murcia existen muchos canales de agua que tienen diferentes nombres según circulen aguas vivas, procedentes de las acequias mayores, o aguas muertas.



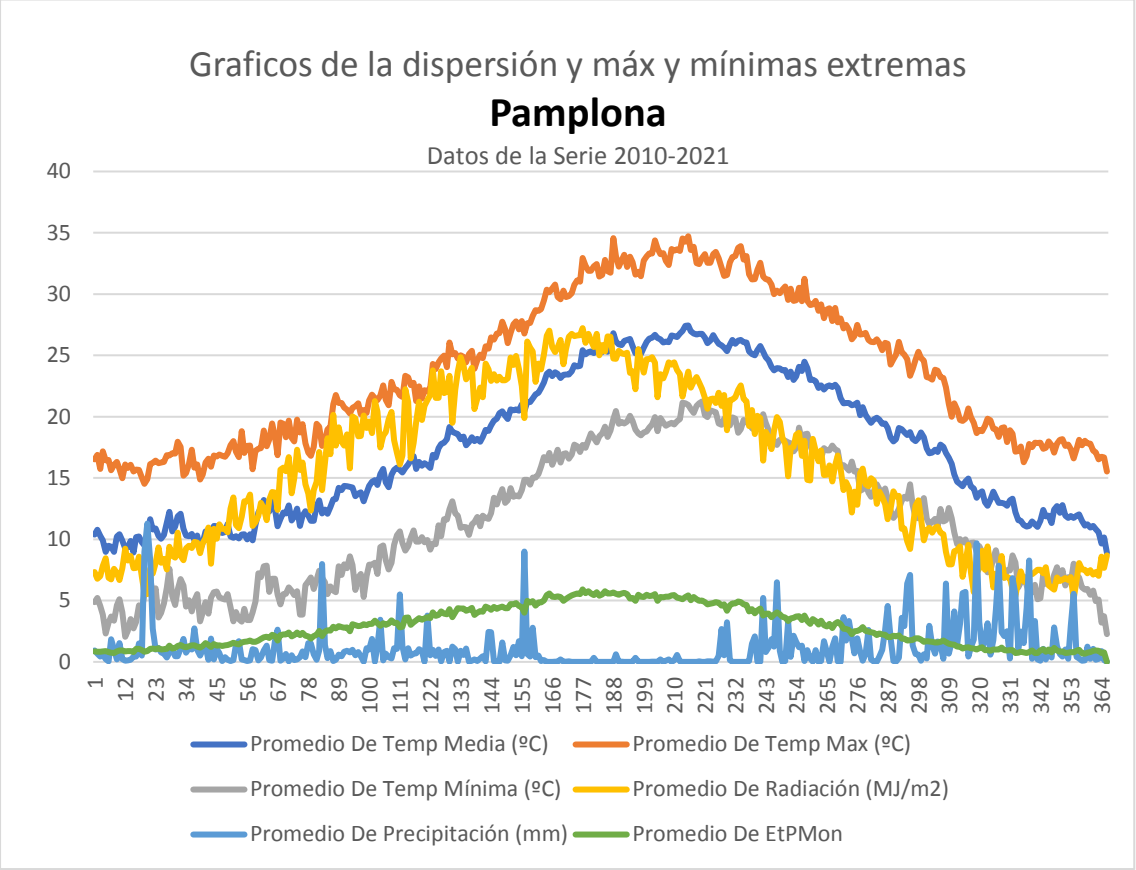
La Huerta de Murcia podría acoger de nuevo a muchos de los frutales de hueso tradicionales, pues algunos de esas variedades tuvieron origen entre sus veredas y acequias, como es el caso de los melocotoneros Jerónimos o los Marujas.

****

Pamplona



Todas las variedades que necesitan frio para florecer bien podrían tener buena acogida en los huertos periurbanos de Pamplona



La zona norte de Pamplona en el meandro del río Arga tiene una gran potencialidad para ser huertos .

Tres eran las zonas posibles, en 1977:

- *Aranzadi*: Se trata de un meandro del río Arga que limita exclusivamente con parte de las murallas de la ciudad en una zona denominada El Vergel. A lo largo de los siglos ha sido un espacio dedicado a la producción de hortalizas para el consumo de la ciudad. En la actualidad, cerca del 60 % de su espacio tiene este fin, mientras que el resto se encuentra dividido en centros especializados para ancianos, una zona deportiva municipal, varias zonas escolares privadas y un centro religioso, así como alguna residencia privada de gran tamaño. La fisonomía de esta zona no ha variado mucho en los últimos veinte años, aunque en el futuro puede hacerlo debido al Plan Integral del Arga, que tiene pensado para sus orillas la reconversión de los espacios hortícolas existentes en un camino peatonal que discurra por el río a su paso por la Comarca de Pamplona. Uno de los aspectos más negativos de estas actuaciones es el inadecuado tratamiento de la fauna arbórea existente y el vaciado de los fondos del río para evitar las futuras crecidas del mismo.
- *Magdalena*: Este área es una de las zonas de extramuros más antiguas de la ciudad. Al igual que Aranzadi, la Magdalena ha sido siempre un lugar dedicado al cultivo, aunque entremezclándose con diversos tipos de ganadería (la Feria de ganado de San Fermín se celebra aquí). Unida al barrio de la Txantrea, el 80 % de su espacio está dedicado a estos fines. Salvo algunas residencias privadas, un centro religioso y parte de unas instalaciones deportivas, todo lo demás es agricultura y ganadería. Es la zona en la que mayor profesionalización hortícola existe, yendo a parar la mayor parte de la producción al mercado pamplonica de Santo Domingo. En la actualidad, parte de las orillas de la Magdalena ya son parte de la peatonalización que ha supuesto el Plan Integral del Arga, pero a pesar de ello, la potencialidad de este espacio sigue siendo enorme. Los movimientos vecinales de esta zona de la ciudad están siendo los primeros en volcarse en la defensa de estos espacios.
- *Rotxapea*: La Rotxapea es la única de las tres zonas que puede considerarse barrio en sí misma. Se trata asimismo del más antiguo de la ciudad, y nace bajo la atenta mirada de las murallas. Pescadores, lavanderas y hortelanos eran profesiones más que habituales años atrás. En la actualidad es uno de los barrios más poblados de Pamplona, y en él se han desarrollado multitud de industrias de todo tipo. Hace cinco años el espacio dedicado a la producción agrícola no pasaba del 10 %, aunque bien es cierto que hace cuarenta llegó a superar el 75 %. En la actualidad, el PGOUM (2) de Pamplona – Iruñea ha supuesto la práctica desaparición de estos espacios, convirtiéndose estas zonas agrícolas en zonas residenciales y viales principalmente. De igual forma, el Plan Integral del Arga ha producido la pérdida de las últimas huertas del barrio, cuyos vecinos las consideran como elementos identificativos y símbolos como lo son también el río Arga o los muchos puentes que lo cruzan (3). Lo acontecido en el barrio de la Rotxapea es precisamente el caso ejemplar de cómo puede dinamitarse una zona periurbana con multitud de espacios cuasinaturales y multitud de hectáreas dedicadas al cultivo hortícola

Ahora , en el huerto de Aranzadi ” no está permitida la plantación de especies perennes como árboles frutales o arbustos ni de césped. Tampoco estará permitido instalar invernaderos o tener animales en las huertas ni la utilización de semillas transgénicas. Se insta así mismo a un consumo racional del agua de riego para los cultivos.

Las huertas estarán dotadas de agua de riego y en aras de la búsqueda de un consumo responsable del agua, un contador general mide el consumo de modo que la cantidad total de agua disponible se divide por igual entre todos los usuarios de las huertas de ocio.

Además, dispondrán de un compostador para reciclar los residuos orgánicos del huerto y convertirlos en nuevo abono orgánico para el huerto urbano, cerrando el ciclo del cultivo ecológico. Otros abonos o enmiendas orgánicas serán adquiridos de forma conjunta por Fundagro con objeto de reducir costes y a su vez reducir el impacto de camiones

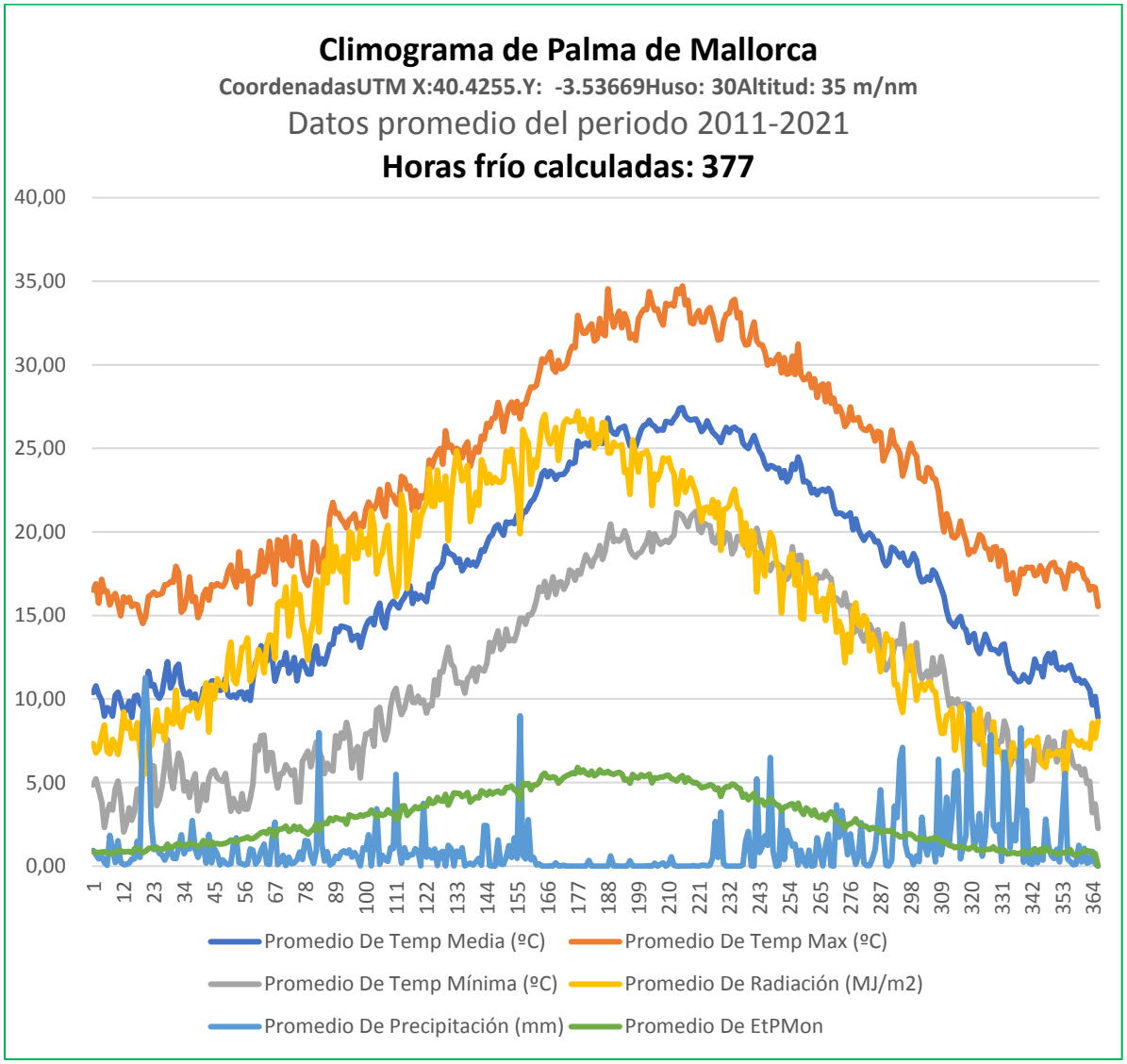
Además, se ofrece información y asesoramiento de forma continua a los participantes por parte de Fundación Fundagro, quienes también serán los encargados de construir un Centro de Interpretación de la Agricultura en el suelo municipal de la concesión realizada en el proyecto de urbanización del parque.”

Palma de Mallorca

La red de huertos, en Palma de Mallorca está formada por un total de 138 "parcelas de 20 metros cuadrados y bloques con mesas de cultivo adaptadas a las personas con movilidad reducida.

Tiene 42 parcelas en el parque de Sa Riera, 36 en el vivero municipal de Sa Indioteria, 20 en el parque de Ses Sorts y 40, más un bloque de cultivo con 12 mesas, en el parque de Son Perera.

CARLOS GARRIDO, en un artículo del Diario de Mallorca titulado “Corralets urbanos” hace una sentida defensa de los “Corralets” que tenía la zona periurbana de la ciudad donde se cultivaban legumbres y se cuidaban algunas gallinas. Y termina diciendo:” En algunos rincones quedan todavía derrelictos. Huertos rodeados de paredes donde un hombre, generalmente ya mayor, cultiva sus legumbres y verduras, a veces incluso con cuatro gallinas. El Ayuntamiento debería museízarlos. Porque dado el precio del suelo, la voracidad de los especuladores-constructores y la impericia de los planificadores, en poco tiempo Palma se puede quedar para siempre sin sus "corrals". Un elemento histórico y al mismo tiempo reconfortante”



Valencia

Lo que hoy conocemos como la huerta valenciana se desarrolló en la Edad Media ,durante el periodo islámico, creando una importante infraestructura fluvial, principalmente con la construcción de acequias y azudes, pequeñas presas, que derivaban las aguas de las fuertes avenidas del Turia y los barrancos, consiguiendo desecar grandes zonas pantanosas y llevando el riego los campos. También se impulsó y desarrollaron diversas actividades a lo largo de estas infraestructuras como molinos de agua, aprovechando el caudal que circulaba por las acequias, como lavaderos cercanos a las viviendas o alquerías. Un ejemplo interesante de huerta dependiente de la ciudad para la obtención de alimentos fue el de la huerta de Ruzafa, cuyo nombre en árabe identifica, precisamente, a este tipo de huertas urbanas.

Y hoy como ayer la ciudad de Valencia, al decir de la FAO, es todo un ejemplo de huerta y sostenibilidad. No en vano en 2017 fue nombrada Capital Mundial de la Alimentación Sostenible y, desde 2019, cuenta con un Centro Mundial para la Alimentación Urbana Sostenible (CEMAS), resultado de la colaboración del Ayuntamiento de Valencia con la FAO.

El Centro está llamado a ser un espacio de coordinación y catalogación e intercambio de las muy diversas acciones que están desarrollando las ciudades del mundo para la consolidación de sistemas alimentarios sostenibles. Un Centro, lugar común para el intercambio de logros en el camino hacia la universalización de estructuras necesarias como la agroecología, el desarrollo territorial periurbano, la relación urbano-rural, el cambio climático, el desperdicio alimentario, entre otros aspectos de interés.

Decididamente el de Valencia es un ejemplo de compromiso de una ciudad por la alimentación sana y sostenible y, en ese afán ha puesto en marcha una serie de medidas que relacionan la tierra con el futuro.

Porque el huerto urbano, los huertos urbanos, no son solo propios de ciudades en desarrollo y poblaciones sin recursos.

Así Valencia ha puesto en marcha un Plan de Acción Territorial de la Huerta que pretende evitar que los municipios del área metropolitana se expandan por el suelo cultivable y protegido. Con esta iniciativa se trata de impedir que se puedan recalificar los terrenos de la Huerta, con una superficie de casi 12.000 hectáreas, para frenar así cualquier maniobra de especulación.

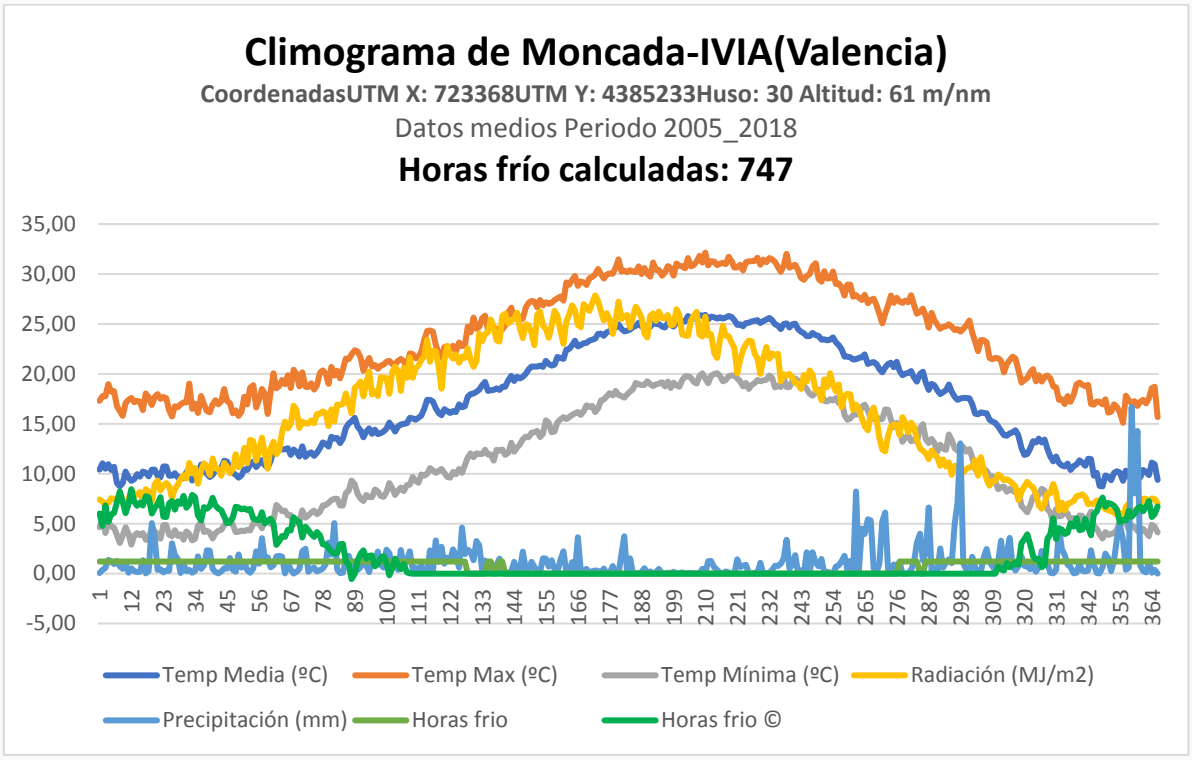
Otro ejemplo de acción municipal de gran interés, en este contexto, es la creación de una nave, en Mercavalencia, conocida como “La tira de contar”, donde se venden al por menor diariamente de 30.000 a 40.000 toneladas de frutas y hortalizas procedentes de pequeños agricultores de la huerta. “De la huerta a su puerta” es su tarjeta de presentación. Y el compromiso es que los ciudadanos consuman productos de proximidad y de temporada. Y que se impongan los canales cortos de comercialización, es decir, que el agricultor y el consumidor se den la mano.

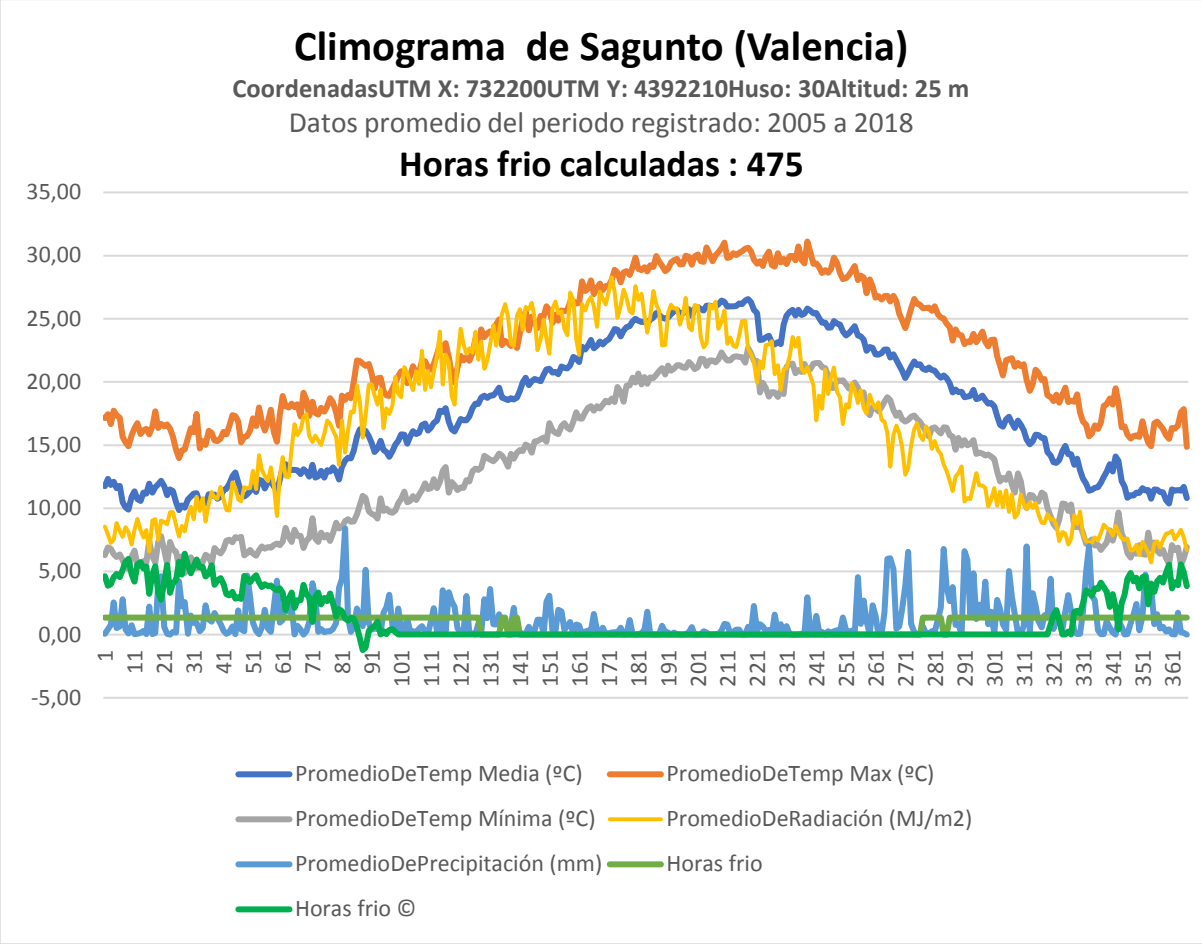
La idea tiene grandes ventajas, como son la mejora del margen comercial de los productos vendidos por el agricultor y le consumido paga un precio más justo por la alta calidad.
Y gana la ciudad, porque esta manera de funcionar se traduce en desarrollo local, Y, además, gana el medio ambiente porque se consumen productos de proximidad.

Con el fin de caracterizar los huertos urbanos de la Red se ha procedido como en el resto de ciudades.

En este caso, al no existir estaciones más cercanas para poder elaborar climogramas para su caracterización, ofrecemos los correspondientes a Moncada, instalado en el IVIA (Instituto Valenciano de Investigación Agraria), cercano a la ciudad, pero a una altitud sobre el nivel del mar algo mayor, y el de Sagunto, algo más distante pero de altitud parecida a la de Valencia.

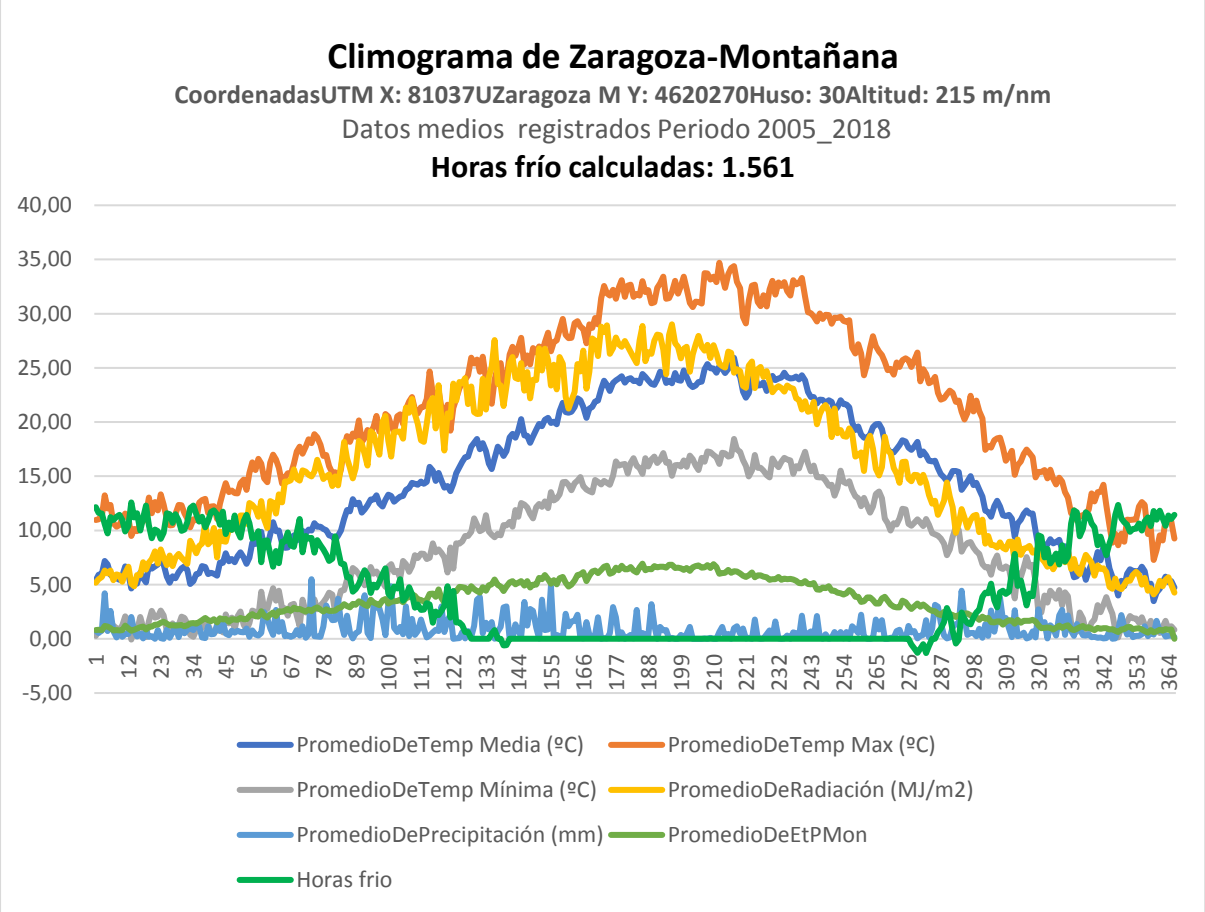
La diferencia de altitud puede explicar el mayor número de horas frio de Moncada.





En ambos casos, la idoneidad para el cultivo de frutales de hueso no es muy alta, salvo para los que necesitan menos frio para florecer adecuadamente, como los paraguayos y algunas otras variedades de melocotón y ciruelos.

Zaragoza



Los Huertos Urbanos de Zaragoza

https://www.soydezaragoza.es/huertos-urbanos-zaragoza/

Hacia la década de los 90, la ciudad de Zaragoza comenzó con un proyecto de huertos urbanos destinados, por una parte, para concienciar a la sociedad de la importancia de lo ecológico y por otra para ofrecer un servicio de alquiler de terreno para que cualquier usuario pudiera cultivar sus propias verduras.
El proyecto consistía en aprovechar espacios verdes o sin uso además de participar directamente en proyectos como “Huertos Life Km 0” y “Esto no es un solar”, como iniciativa propuesta por el Ayuntamiento.

En cada zona destinada a los huertos, se concede un periodo de 25 años para la gestión del alquiler de las parcelas, siendo este gestor el responsable de mantener estos espacios mediante inversión propia.

Los huertos urbanos superaron con creces las expectativas de la ciudad que ha ido ampliando la oferta de estos huertos dentro de la ciudad con el paso de los años.

Actualmente Zaragoza cuenta con más de 1.500 huertos y no se descarta que esta cifra siga creciendo de cara al futuro.

En estos huertos los más probable es que se sigan cultivando hortícolas, pero la agricultura periurbana de la ciudad tiene un clima adecuado para el cultivo de hueso, sin limitaciones por horas frio o por disponibilidad de agua para el riego.

APÉNDICE.

1. APÉNDICE: EVOLUCIÓN PREVISIBLE, A MEDIO Y LARGO PLAZO, DE LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS EN LA PENÍNSULA Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRUTALES DE HUESO

Una vez iniciado el proyecto surgió la posibilidad de contrastar los resultados obtenidos con la previsible evolución del clima de la Península, a medio y largo plazo, lo que ha quedado incorporado al Proyecto como Apéndice.

Este contraste resulta especialmente relevante en el caso de la introducción de los frutales de hueso, en los espacios estudiados.

En efecto, los árboles que pretendemos introducir en esos espacios son, en algunos casos, muy longevos; pueden durar más de medio siglo y, por lo tanto, aunque en la actualidad la caracterización agroclimática de los espacios donde están los huertos "acogedores" de las Ciudades por la Agroecología, resulta favorable, había que dedicarle una atención a la evolución que van a tener por el efecto del cambio climático, a medio y largo plazo. En términos de calendario, para los años 50 de este siglo y para finales del mismo.

En estas circunstancias el equipo del CEIGRAM se ofreció a llevar acabo esta tarea.

Y así, haciendo uso de modelos agroclimáticos apropiados y a la luz de la previsible evolución del contenido de gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera y su influencia en la potencia de la radiación solar, se ha podido obtener una colección de mapas de la Península, en los que, para escenarios distintos de concentración de GEI en la atmósfera – con el consiguiente efecto sobre la radiación que se recibiría sobre la superficie peninsular --, quedan reflejados los cambios esperables en las temperaturas máximas y mínimas y en la precipitación ; y, muy especialmente, en las horas frío , tan relevantes para la fructificación de estas especies y, en

especial, en sedes de los huertos urbanos de las ciudades de la Red por las Agroecología, cuya localización ha quedado reflejada en los mapas citados.

De esta manera se pueden esbozar, en el estado actual del conocimiento, sobre la base de la previsible evolución del clima peninsular y su impacto en las condiciones de producción agrícola, cuál sería el riesgo de llevar a cabo estas plantaciones, con vistas a su futuro.

El resultado más relevante de este trabajo es que se prevé una disminución de las horas frío en toda la península, en el medio y largo plazo.

En cuanto a las localidades estudiadas, la reducción de horas frío es más acusada en aquellas que están cerca de la costa mediterránea, así como en las de Andalucía.

En este sentido, la incorporación de este tipo de análisis al Proyecto nos parece una aportación valiosa y, en cierto modo, pionera, sobre la que habrá que seguir trabajando, para perfeccionarla cuanto sea posible, de cara al futuro.

Este equipo, haciendo uso de modelos agroclimáticos apropiados y a la luz de la previsible evolución del contenido de gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera y su influencia en la potencia de la radiación solar, nos ha permitido disponer de los mapas que se acompañan, en los que quedan reflejados los cambios esperables en las temperaturas, precipitación y, muy especialmente, las horas frío , tan relevantes para la fructificación de estas especies y, en especial, en las sedes de los huertos urbanos de las ciudades de la Red por las Agroecología, cuya localización queda reflejada en los mapas citados.

De esta manera se pueden esbozar, en el estado actual del conocimiento sobre la previsible evolución del clima peninsular y su impacto en las condiciones de producción agrícola, cuál sería el riesgo de llevar a cabo estas plantaciones, con vistas a su futuro.

En este sentido, la incorporación de este tipo de análisis al Proyecto nos parece una aportación valiosa y, en cierto modo, pionera, sobre la que habrá que seguir trabajando, para perfeccionarla cuanto sea posible, de cara al futuro.

El desarrollo de este trabajo complementario se ha llevado a cabo conforme al siguiente índice

ÍNDICE

1. **Introducción y objetivos.**
   1.1. Contexto: El cambio climático en España
   1.2. Impactos del cambio climático sobre la acumulación de horas frío y la floración de los frutales. Variabilidad, incertidumbre

2. **Metodología y datos.**
   2.1. Bases de datos de clima y "ensemble".
   2.2. Modelos de acumulación de horas frío.
   2.3. Datos de referencia, requerimientos de horas frío por variedad.

3. **Resultados y discusión.**
   3.1. Umbrales seleccionados de requerimientos de horas frío.
   3.2. Mapas de adecuación para los umbrales seleccionados.

4. **Conclusiones.**

5. **Bibliografía.**

Introducción y objetivos

1.1 Contexto: El cambio climático en España.

En la actualidad, existe un amplio consenso de que el clima actual está experimentando un proceso de cambio que continuará en el futuro (IPCC, 2021). A pesar de ello, lo cierto es que existe todavía cierta incertidumbre en cuanto a cuantificar tal cambio futuro (IPCC, 2021).

Incluso si el clima futuro no se puede predecir con precisión, lo que es seguro es que conducirá a varios impactos, muchos de ellos negativos, y para los cuales debemos prepararnos desarrollando diferentes estrategias adaptativas (Buurman y Babovic, 2016; Tanaka et al., 2015; IPCC, 2021).

Para obtener proyecciones climáticas, o, en otras palabras, información sobre cómo será el clima futuro, tenemos disponibles herramientas como los modelos climáticos, que a partir de procesos físicos bien documentados pueden realizar simulaciones que permitan estimar el clima futuro bajo diferentes escenarios (Mearns et al. 2001; Winkler et al., 2011).

Los modelos climáticos, también conocidos como modelos de circulación general o modelos climáticos globales (GCM)[6], utilizan ecuaciones matemáticas para representar las interacciones entre la materia y la energía en diferentes partes de la tierra, el océano y la atmósfera, definiendo valores para las variables destinadas a representar las condiciones iniciales. del sistema. De esta manera y discretizando su dominio de trabajo tanto espacialmente (típicamente mediante el uso de celdas de cuadrícula) como temporalmente, los cálculos se repiten y las ecuaciones diferenciales se resuelven y se proyectan hacia el futuro.

Los GCM actuales como los disponibles de la fase 6 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6; Eyring et al, 2016) tienen una resolución espacial típica entre 25 y 300 km, que puede resultar insuficiente para algunos propósitos, especialmente cuando orográficamente, se consideran áreas complejas como la Península Ibérica (Ruiz-Ramos et al.,

[6] Modelos Climáticos Globales (GCM, por sus siglas en inglés)

2016). Una alternativa interesante para hacer frente a estas situaciones son los Modelos Climáticos Regionales (RCM[7], Giorgi y Gutowski, 2015), que operan siguiendo los mismos principios que los GCM, pero con una resolución de cálculo significativamente menor, actualmente con resolución horizontal (es decir, tamaño de celda de cuadrícula) de aproximadamente entre 1 y 25 km (Gutowski et al., 2016). Los RCM deben estar anidados dentro de un GCM para funcionar, ya que necesitan información de entrada en sus límites de dominio (condiciones de frontera, o en otras palabras, de las celdas vecinas a su dominio de trabajo).

Los resultados de estos RCMs son apropiados para realizar estudios de impacto local y regional (Ben-Asher et al., 2019; Ruiz-Ramos al., 2016; Ruiz-Ramos et al., 2018; Teixeira et al., 2018). En concreto, para Europa destacan las proyecciones generadas por los RCMs del proyecto CORDEX (EUROCORDEX; https://www.euro-cordex.net/).

Incluso si se ha demostrado que los RCMs son una herramienta útil para describir las características climáticas en los trópicos (Nikulin et al., 2012; Gómara et al., 2018) y extratropicales (Jacob et al., 2014; Casanueva et al., 2015), aunque todavía presentan sesgos en la temperatura y la precipitación en Europa (Casanueva et al., 2016; Dosio, 2016), sobrestimando las proyecciones de temperatura futuras (Boberg y Christensen, 2012).

Hasta ahora se han desarrollado varias técnicas para minimizar y manejar los sesgos del modelo, ya que las proyecciones futuras de índices basados en umbrales pueden no ser confiables cuando los resultados de los modelos se utilizan sin un ajuste de sesgo previo.

Mediante el uso de funciones de transferencia, los sesgos de temperatura de los RCM a menudo se ajustan, mostrando un buen desempeño no solo para las mediciones de tendencia central, sino también para las propiedades de distribución probabilística a lo largo del tiempo (ej. Dosio et al., 2012; Dosio, 2016; Ruiz-Ramos et al., 2016).

Dosio (2016) mostró que el ajuste de sesgo mejora en gran medida el valor de los índices basados en umbrales presentes y futuros (por ejemplo, el número de días de heladas):

[7] Modelos Climáticos Regionales (RCM, por sus siglas en inglés)

estos índices generalmente están mal simulados en el clima actual, de modo que el cambio proyectado de estas variables puede no ser confiable. Aunque se sabe que el ajuste de sesgo puede afectar la señal del cambio climático en cierta medida, por ejemplo, Casanueva et al., 2018 para el método de mapeo cuantílico. Estas técnicas se consideran una alternativa válida para aplicar en los resultados del modelo climático antes de su aplicación en modelos de cultivos, y está especialmente indicado para el manejo de regiones de orografía compleja (Maraun y Widmann, 2018), como es el caso de España.

Una estrategia ampliamente empleada para obtener información utilizable pese a la incertidumbre y errores de los modelos es considerar conjuntamente las proyecciones de un conjunto de modelos ("ensemble" de modelos).

Esta técnica se basa en la hipótesis de que los errores del modelo compensan entre ellos, y se ha utilizado con éxito para diferentes aplicaciones, como la predicción de huracanes (Knutson et al., 2015). Idealmente, se debe considerar una amplia gama de condiciones y modelos iniciales, conformando un conjunto de gran tamaño que da como resultado una mayor confiabilidad de la salida, válida para la evaluación probabilística.

Desafortunadamente, la capacidad de procesamiento y almacenamiento requerida para procesar el enorme volumen de datos necesarios para implementarlo plantea algunos límites a esta metodología. Por lo general, los estudios se realizan utilizando un número limitado de modelos y parametrizaciones, que sin embargo ofrecen mejores resultados que un elemento individual o modelo del conjunto, ya que generalmente abarcan la mayor parte de esta fuente de incertidumbre (Semenov y Stratonovitch, 2010).

Las condiciones de frontera representan otra fuente de incertidumbre, que además de las que pertenecen a los límites del dominio de trabajo en el caso de los RCM, son las condiciones, llamadas forzamientos, en general, que se introducen en el modelo. Representan influencias externas naturales y su evolución está vinculada a condiciones sociales, económicas y tecnológicas que no son predecibles.

Para trabajar con esos horizontes futuros plausibles, se ha introducido el término escenarios y vías.

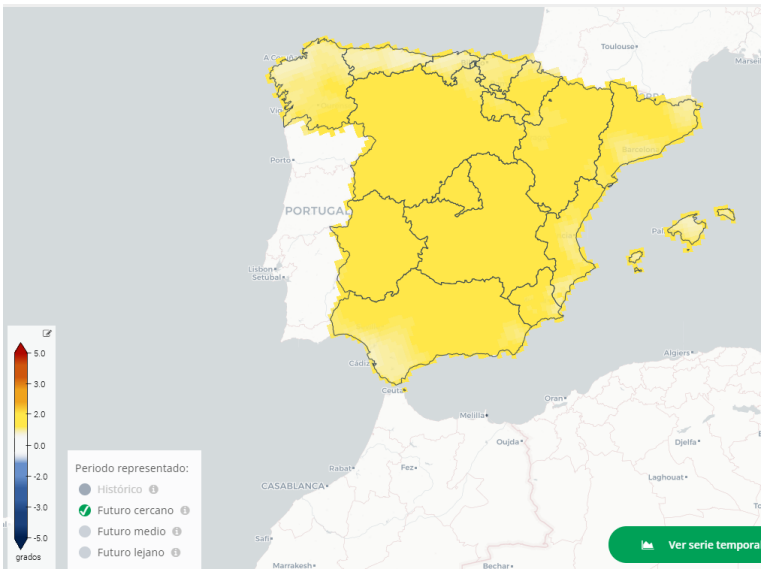
Por ello a partir del penúltimo informe del IPCC (IPCC, 2014) las vías de concentración representativas (RCP[8], van Vuuren et al., 2011), que representan diferentes trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

Dichos escenarios enfatizan no solo en el valor de concentración de CO2 atmosférico sino en la evolución seguida para alcanzar dichos valores. Las trayectorias RCP2.6 y RCP4.5 son más optimistas respecto a la mitigación de GEI, y por tanto más cercanas al objetivo de limitar el calentamiento al 1.5ºC que se fijó en el Acuerdo de París. La trayectoria 8.5 es más pesimista, y representa un escenario más cercano al "business as usual".

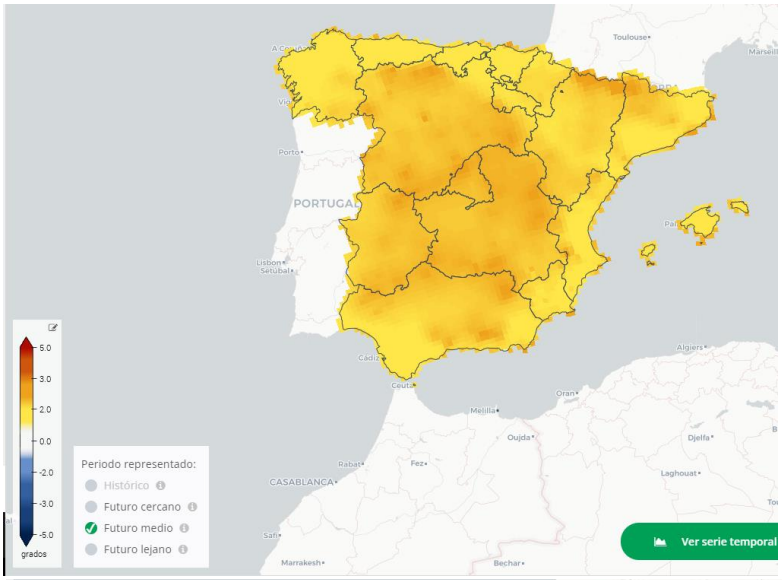
Las variables relacionadas con la caracterización agroclimática de los cultivos son la temperatura y la precipitación, por lo que a continuación (Figuras 1.1.1 a 1.1.6) se incluyen las proyecciones del cambio de dichas variables para tres períodos de análisis futuros: cercano (2011-2040), medio (2041-2070) y lejano (2071- 2100). El periodo de referencia climático 1971-2000, para el cual también se dispone de datos observacionales (en estaciones y en rejilla).

[8] Vías o caminos de concentración representativas (RCP; por sus siglas en inglés). En el Quinto Informe del IPCC (AR5), se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, denominados "Caminos Representativos de Concentración" (RCPs, por sus siglas en inglés). Éstos se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 vatios por metro cuadrado (W/m2). Véase, http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/Nuevos_escenarios_emision_RCPs.htm

a)


PORTUGAL
CASABLANCA
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie tempora

b)



c)

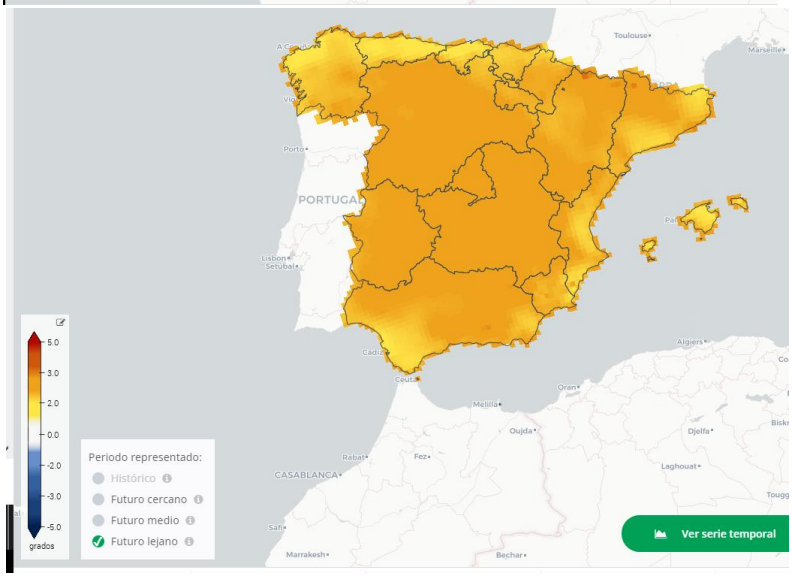
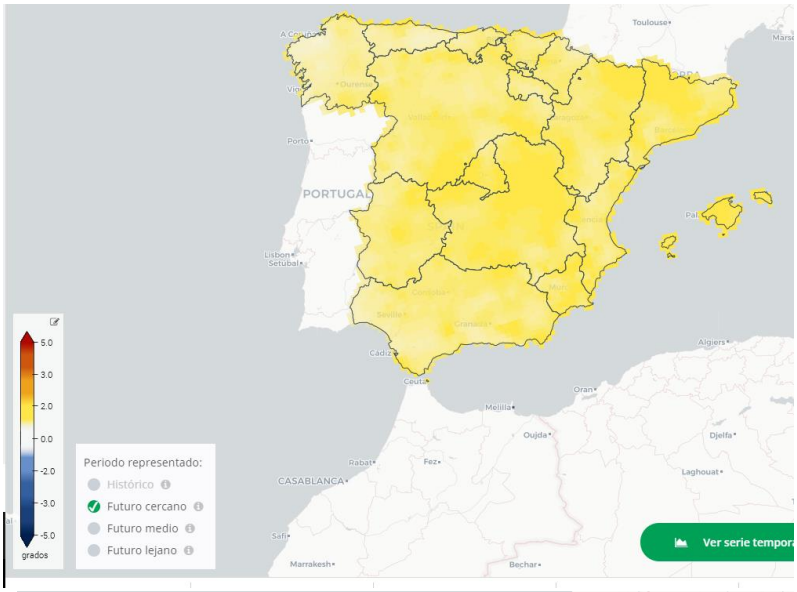
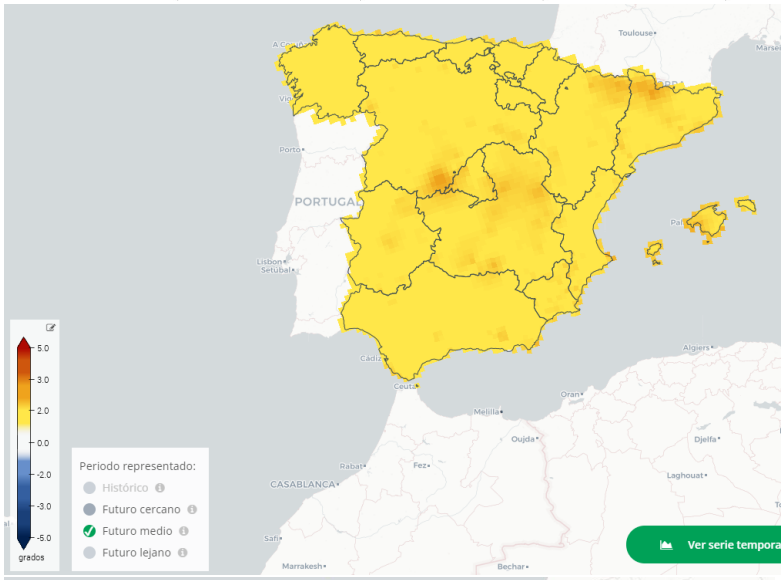


Figura 1.1.1. Proyecciones de cambio de la Tmax para el RCP4.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

a)


PORTUGAL
Toulouse
Porto
Lisbon
Setubal
Sevilla
Cádiz
Ceuta
Melilla
Oran
Algiers
Oujda
Djelfa
Laghouat
Rabat
Fez
CASABLANCA
Safi
Marrakesh
Bechar
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie tempora

b)


PORTUGAL
Toulouse
Porto
Lisbon
Setubal
Cádiz
Ceuta
Melilla
Oran
Algiers
Oujda
Djelfa
Laghouat
Rabat
Fez
CASABLANCA
Safi
Marrakesh
Bechar
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie tempora

c)

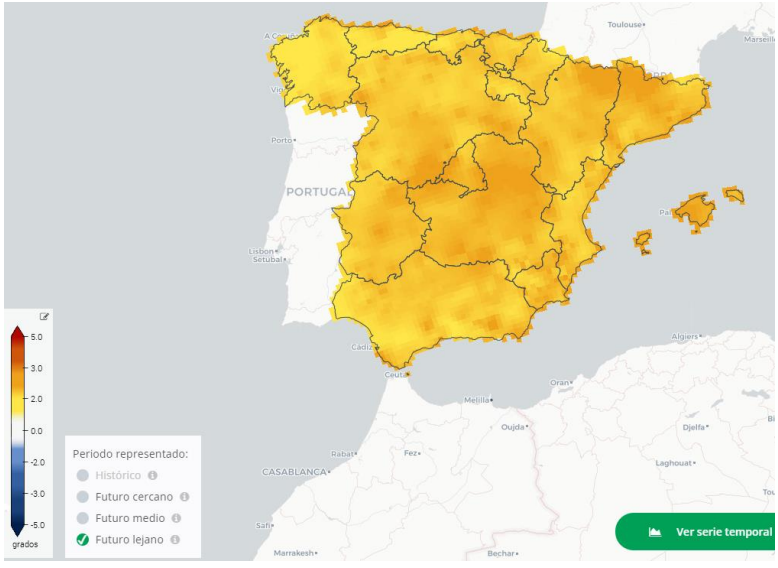
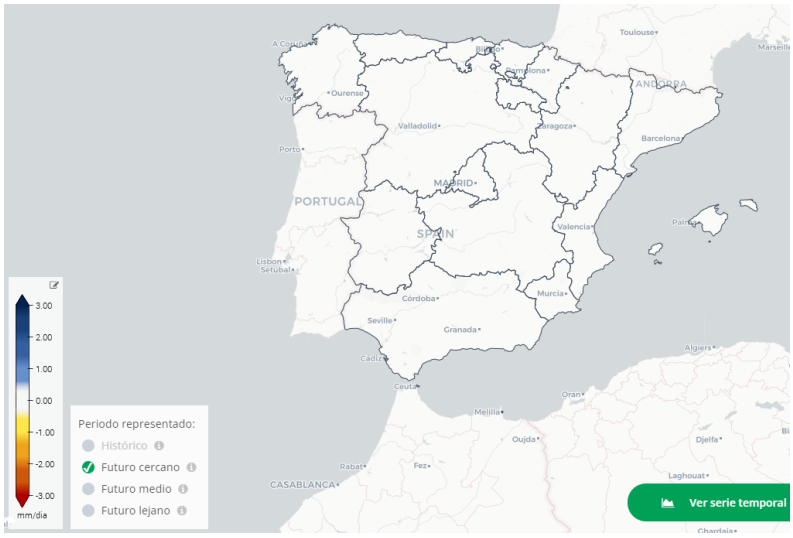
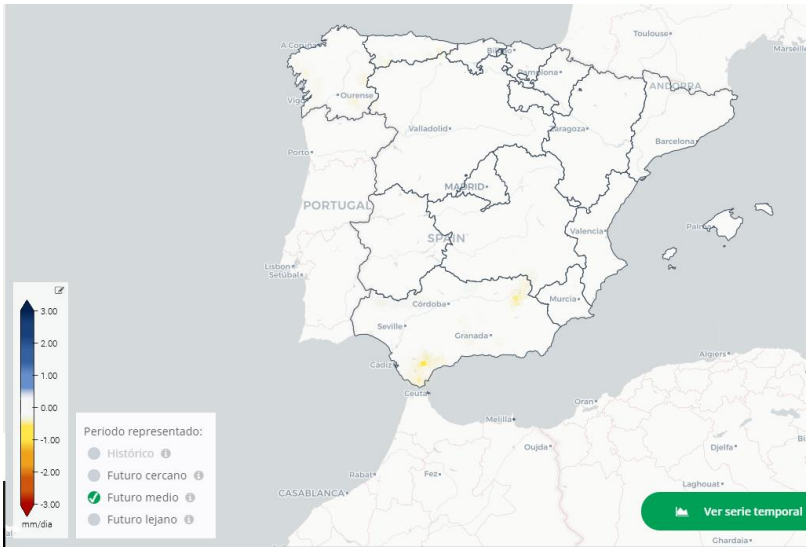

PORTUGAL
Toulouse
Porto
Lisbon
Setubal
Cádiz
Ceuta
Melilla
Oran
Algiers
Oujda
Djelfa
Laghouat
Rabat
Fez
CASABLANCA
Safi
Marrakesh
Bechar
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal

Figura 1.1.2. Proyecciones de cambio de la Tmin para el RCP4.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

a)


3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
mm/día
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal
PORTUGAL
SPAIN
MADRID
CASABLANCA
ANDORRA

b)


3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
mm/día
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal
PORTUGAL
SPAIN
MADRID
CASABLANCA
ANDORRA

c)

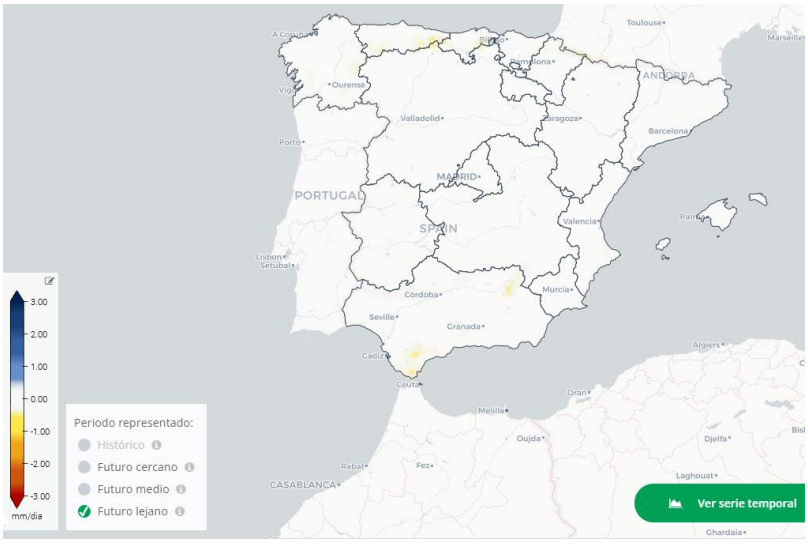
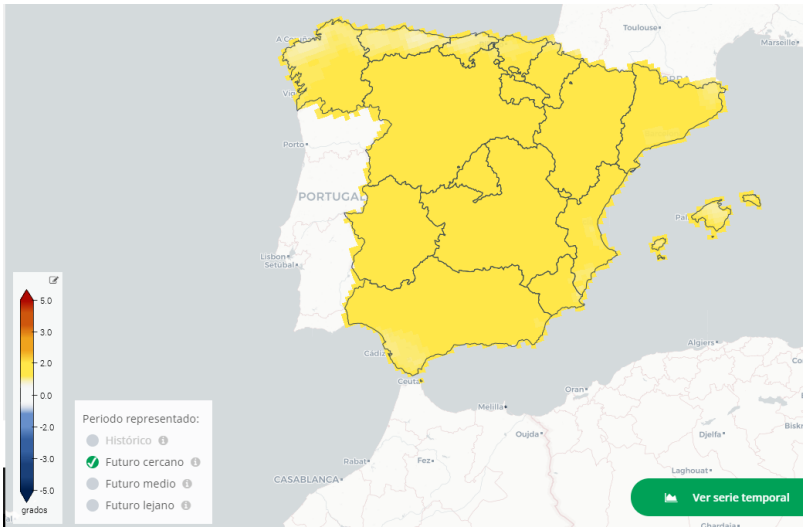
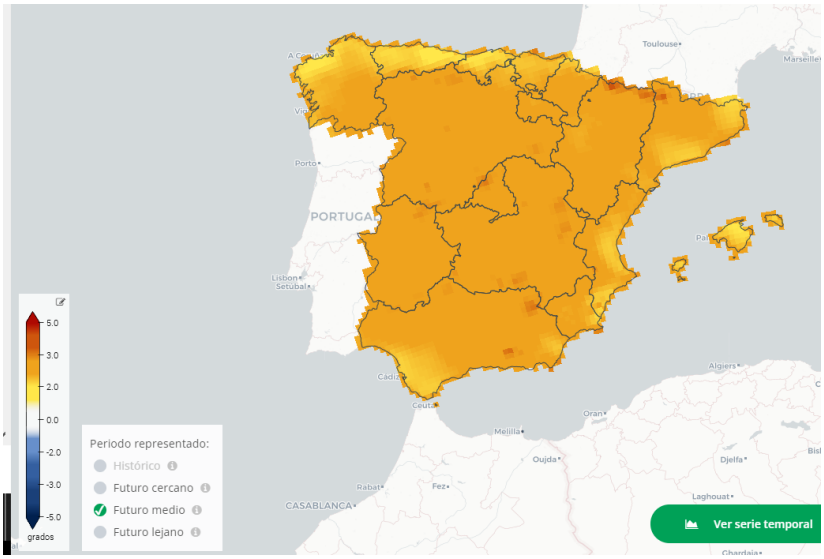

3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
mm/día
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal
PORTUGAL
SPAIN
MADRID
CASABLANCA
ANDORRA

Figura 1.1.3. Proyecciones de cambio de la Precipitación para el RCP4.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

a)


PORTUGAL
CASABLANCA
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal

b)


PORTUGAL
CASABLANCA
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal

c)

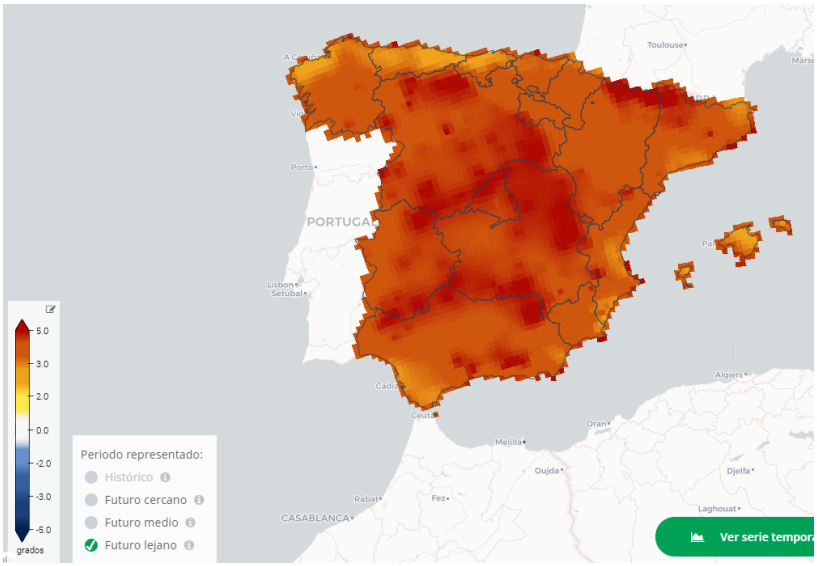
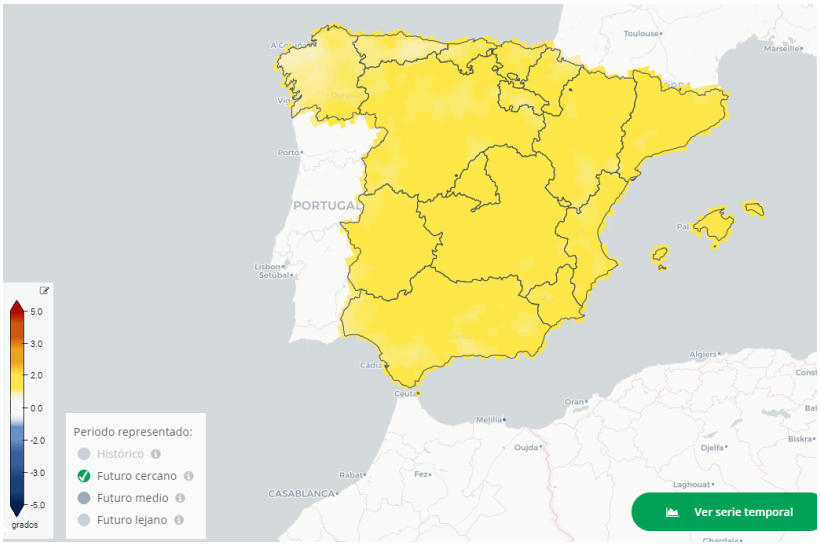
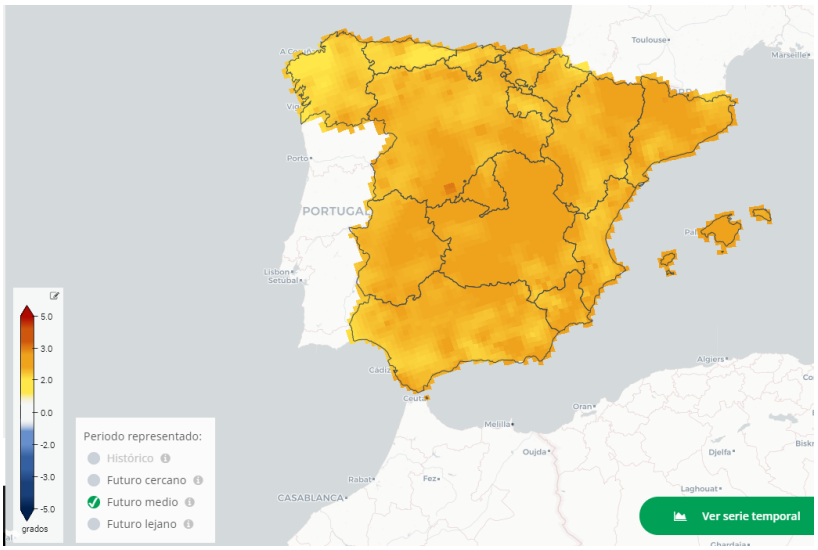

PORTUGAL
CASABLANCA
5.0
3.0
2.0
0.0
-2.0
-3.0
-5.0
grados
Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
Ver serie temporal

Figura 1.1.4. Proyecciones de cambio de la Tmax para el RCP8.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

a)


Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
grados
Ver serie temporal

b)


Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
grados
Ver serie temporal

c)

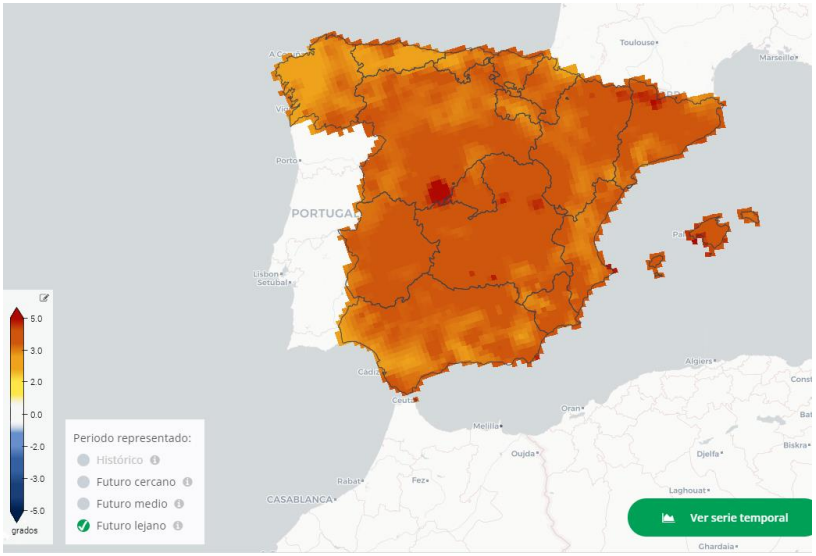
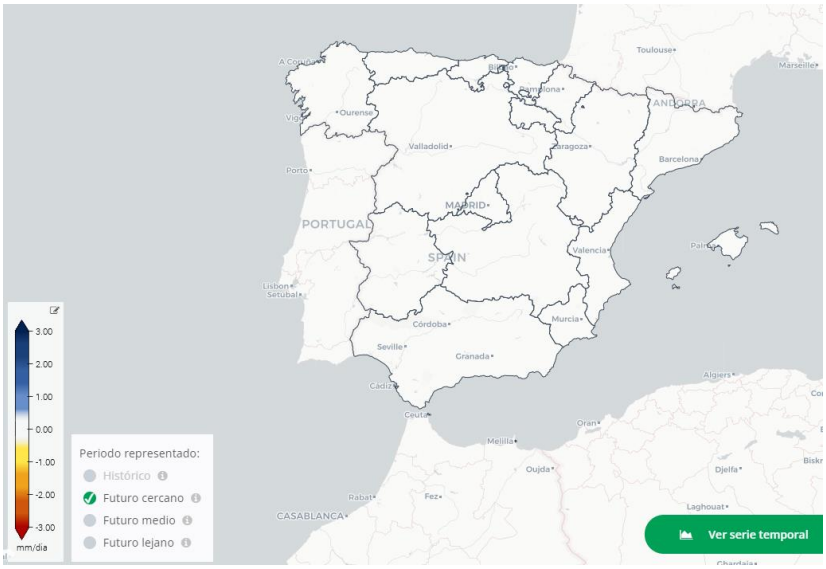
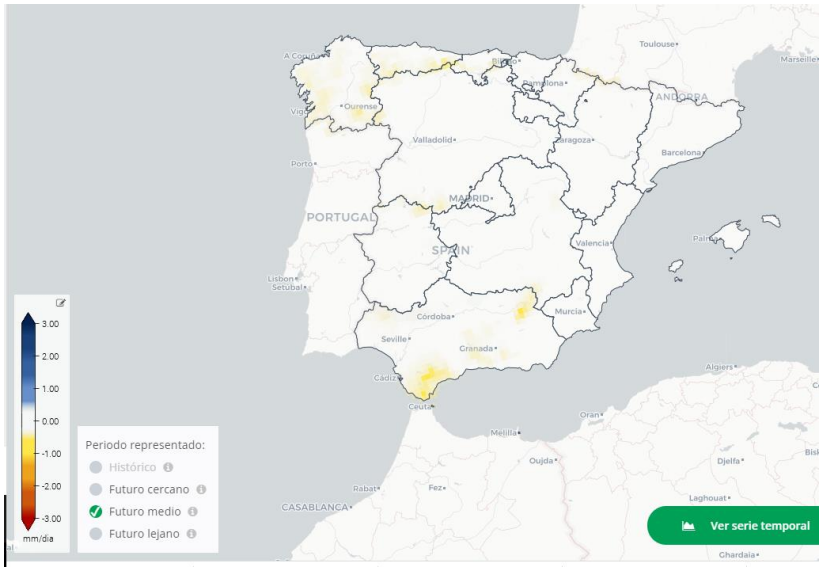

Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
grados
Ver serie temporal

Figura 1.1.5. Proyecciones de cambio de la Tmin para el RCP8.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

a)


Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
mm/día
Ver serie temporal

b)


Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
mm/día
Ver serie temporal

c)

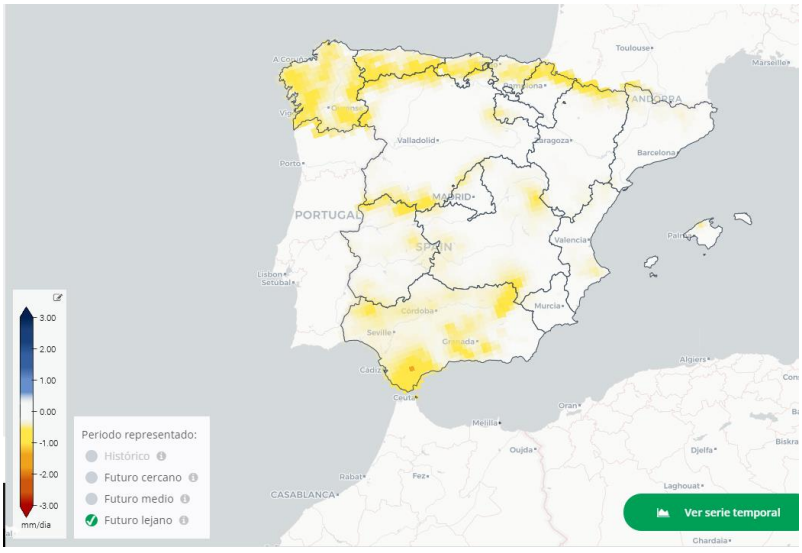

Periodo representado:
Histórico
Futuro cercano
Futuro medio
Futuro lejano
mm/día
Ver serie temporal

Figura 1.1.6. Proyecciones de cambio de la Precipitación para el RCP8.5 y el futuro cercano (a), medio (b) y lejano (c). Fuente: Adaptecca.es (OECC a partir de datos EUROCORDEX)

Se puede observar que las proyecciones son muy próximas para ambos RCP en el futuro cercano, siendo las diferencias más evidentes en el futuro medio y sobre todo el lejano. Por lo tanto, los resultados de los esfuerzos en mitigación de GEI serán más visibles a final de siglo.

Para el RCP4.5, los aumentos de temperatura máxima (Tmax) están entre los 0.7ºC (norte de España y futuro cercano) y el los 2.5ºC (mesetas en el futuro lejano). En el caso de la temperatura mínima (Tmin), el aumento oscila entre 0.7ºC y 2.8ºC, para los mismos lugares y periodos. Estos rangos cambian a 0.7-5.4ºC y 0.7-5.1ºC en el caso del RCP8.5.

En cuanto a la precipitación (P), bajo el RCP4.5 aparecen algunos puntos con descensos de 5 mm/día, que son más numerosos bajo el RCP8.5 y llegan a 1.4 mm/día en el sur de España.

En este trabajo nos centraremos en las repercusiones que el calentamiento proyectado puede tener sobre el cumplimiento de los requerimientos de horas frío de las especies y variedades relevantes de las zonas de Huertos Urbanos del proyecto, con el fin de evaluar su viabilidad y futura adecuación espacial en el futuro, de forma que en una fase posterior se puedan contemplar posibles recomendaciones de adaptación.

1.2 Impactos del cambio climático sobre la acumulación de horas frío y la floración de los frutales. Aspectos relacionados con la variabilidad, y la incertidumbre.

El crecimiento de las plantas se ve afectado por las bajas temperaturas, especialmente por debajo de cero grados centígrados.

En el caso de los árboles de zona templada, que deben superar inviernos todos los años, cambian su estado a uno de mayor resistencia al frio, siendo evidente exteriormente por procesos como la caída de las hojas en el caso de las especies caducifolias.

La mayoría de los frutales de importancia económica son árboles de zona templada (Ej: manzano, melocotonero, ciruelo, albaricoquero, cerezo…). Los cambios que se producen con las bajadas de temperaturas en otoño provocan una parada del crecimiento vegetativo, así como modificaciones a nivel celular que permiten que la especie supere temperaturas muy inferiores a 0ºC.

Este proceso de parada fue denominado latencia o dormición por Lang et al. (1985) y su definición podría ser "suspensión temporal del crecimiento de cualquier estructura que contenga un meristemo".

Estos autores también definieron distintos tipos de latencias, así se denomina ecolatencia cuando la parada del crecimiento se debe a factores ambientales, paralatencia, debido a factores fisiológicos fuera de la estructura afectada (EJ: dominancia apical) y endolatencia, que es la debida a factores fisiológicos en la estructura afectada.

Desde inicios del siglo XIX, es conocido que la endolatencia requiere que la estructura afectada este expuesta a temperaturas frías durante un periodo de tiempo determinado para que esta se supere y la estructura pueda volver a crecer (Knight, 1801). La endolatencia es la manera en la que los árboles sincronizan su estado fisiológico con las condiciones ambientales.

Por tanto, para saber el momento de superación del estado de endolatencia es necesario conocer la acumulación de la exposición al frío. La forma en la que la temperatura afecta a esta acumulación de frío se ha estudiado utilizando diferentes modelos. El modelo seleccionado para este estudio se explicará con detalle posteriormente.

Las yemas florales de cada especie tienen unas necesidades específicas de frío. A su vez, las de cada variedad pueden diferir entre ellas. Normalmente la cantidad de frío necesario para cada especie/variedad está relacionado con la duración de los inviernos en la zona donde evolucionaron.

Puesto que la variable que provoca el inicio y la interrupción de la latencia es la temperatura, el calentamiento global debe tenerse en cuenta en cualquier evaluación del cumplimiento futuro de los requisitos de frío de los árboles de zona templada.

De hecho, en ausencia de medidas de mitigación significativas, es probable que el calentamiento global alcance 1,5º C entre 2030 y 2050 en comparación con los niveles de temperatura global media anual preindustrial (IPCC, 2018). Al respecto, varios investigadores (Campoy et al., 2011; Luedeling et al., 2009, 2011, 2012), incluyendo estudios previos del CEIGRAM (Gabaldón-Leal et al., 2017; Rodríguez et al., 2019, 2021; Rodríguez, 2020), han señalado que bajo este escenario de calentamiento el cumplimiento de los requisitos de frío para algunos cultivos y variedades es probable que se vea comprometido.

Para desarrollar estrategias de adaptación adecuadas tanto a corto como a largo plazo, se necesitan proyecciones confiables de unidades de enfriamiento bajo diferentes escenarios de emisión o vías de concentración representativas, los RCPs (van Vuuren et al., 2011).

El impacto del cambio climático en la acumulación de frío global mediante el uso de proyecciones climáticas de GCM se analizó en Luedeling et al. (2011), aunque la resolución no es tan fina como para extraer recomendaciones prácticas para los agricultores españoles.

Con mayor resolución, Luedeling et al. (2009) realizaron un análisis centrado en la región de California, y existen algunos otros estudios en otras regiones del mundo (ver Tabla 3 en Luedeling, 2012), pero sus resultados aún son difíciles de aplicar en la toma de decisiones en España, si bien se muestran progresos en estudios realizados por el CEIGRAM (Rodríguez et al., 2019, 2021; Rodríguez, 2020).

Finalmente, es conveniente destacar que la utilidad de los estudios que combinan modelos de frío y proyecciones climáticas para cuantificar el impacto futuro depende de la disponibilidad de evaluaciones de las necesidades de frío de diferentes cultivos y variedades, que suele ser el factor más limitante en este tipo de estudios.

1. Metodología y datos

2.1. Bases de datos de clima, formación del “ensemble”

La variable climática requerida por los modelos de acumulación de frío utilizados en este estudio es la temperatura horaria, que se puede derivar, cuando no hay otra información disponible, de las temperaturas diarias mínimas (Tmin) y máximas (Tmax).

Para este fin, se seleccionaron observaciones diarias de Tmax y Tmin de registros de estaciones meteorológicas de la Agencia Meteorológica Española (AEMET) para el período 1976-2005.

Además, la Tmax y la Tmin diarias para el mismo período se tomaron de los datos en rejilla observacionales de alta resolución Spain02 (Herrera et al., 2012, 2016), con resolución espacial horizontal de 0,1 (aprox. 10 km). Esta base de datos fue seleccionada por su alta densidad y resolución de datos, más alta que otros conjuntos observacionales de datos (por ejemplo, E-OBS; Haylock et al., 2008).

En cuanto a las proyecciones de Tmax y Tmin para periodos futuros, se extrajeron de 10 simulaciones históricas diferentes de EUROCORDEX (resolución horizontal de 12 km) para España y las Islas Baleares. Este tamaño de "ensemble" es considerado por la comunidad de impactos en el sector agrícola lo suficientemente grande como para obtener resultados sólidos (Martre et al., 2015; Rodríguez et al., 2019). Se consideraron las salidas del "ensemble" para dos RCPs: (1) 4.5Wm-2 de aumento del forzamiento radiativo al final del siglo XXI en relación con los niveles preindustriales (RCP4.5) y (2) lo mismo, pero para 8.5Wm-2 (RCP8.5).

Posteriormente, se ajustó el sesgo de los datos de Tmax y Tmin de cada miembro del "ensemble" en relación con el conjunto de datos observacionales 1976-2005 Spain02, para el histórico o período de referencia (1976-2005) y el período 2021-2050 y condiciones climáticas del período futuro 2071-2100 (RCP4.5 / RCP8.5) (en adelante nos referiremos al "ensemble" como el conjunto con el sesgo de temperatura ajustado).

La técnica de ajuste de sesgo aplicado ha sido ampliamente descrito y aplicado en estudios previos (Piani et al., 2010a, b; Dosio y Paruolo, 2011; Dosio, 2016; Ruiz-Ramos et al., 2016; Dosio y Fischer, 2018). Consiste en un método de ecualización de histograma que hace

uso de una función de transferencia lineal de dos parámetros, que se aplica a los resultados del modelo simulado. La resultante los datos ajustados al sesgo tienen una función de distribución acumulativa (CDF) comparable a la del conjunto de datos de observación. Información detallada sobre la técnica se puede encontrar en Ruiz-Ramos et al. (2016).

Por otro lado, dado que el modelo de acumulación de frío utilizado en este estudio requiere temperaturas horarias, se utilizó aquí el enfoque presentado inicialmente por de Wit et al. (1978) para estimar los datos horarios a partir de los datos diarios, tanto para conjuntos de datos observados como simulados. El método estima la temperatura horaria teniendo en cuenta la salida del sol tiempo (estimado previamente usando la latitud y el día del año), así como Tmax y Tmin diarios (Reicosky et al., 1989).

2.2. **Modelos de acumulación de horas frío**

Muchas especies de árboles frutales necesitan de un período de días frías seguido de un período de clima templado para una correcta floración. Estas especies se denominan especies de clima templado y son aquellas que evolucionaron en un clima donde se alternaban estaciones de una forma marcada a diferencia de otros climas como el polar o el tropical por hablar de dos extremos opuestos.

Hace mucho tiempo que se observó que la plantación de estas especies en climas más templados, sin la cantidad suficiente de días fríos daba lugar a problemas con la floración que impedía que se obtuvieran las producciones esperadas.

En los años 30 del siglo pasado se desarrolló un modelo con éxito que es el denominado “Modelo de horas frío”.

Este modelo, que debido a su sencillez todavía tiene una amplia utilización, se basa en cuantificar unas unidades denominadas horas-frío y que en función del autor son aquellas horas con temperaturas frías y que una yema floral debe alcanzar una determinada cantidad de esas horas frío para que una subida de temperatura provoque la floración. Sin haber alcanzado esta cantidad de horas frío, aunque haya un período de temperaturas cálidas, no

se producirá una adecuada floración y por tanto la producción se verá afectada (Chadler and Tufts, 1934, Yarnell, 1940). Weinberger (1950) estableció que estas horas-frío son aquellas horas en que la planta se encuentra a una temperatura inferior a 7,2ºC (45ºF) mientras que Benett (1949) las consideraba cuando la temperatura se encontraba entre 0 y 7,2ºC.

Cabe destacar que en ningún caso se determinó como estas temperaturas actuaban, simplemente era una apreciación experimental.

En 1974 Richardson et al. publicaron otro modelo que ha llegado hasta nuestros días. Puesto que Richardson y sus colaboradores trabajaban en la Universidad de Utah esta metodología se ha denominado comúnmente Modelo Utah o Modelo Richardson.

La base conceptual global es la misma, la planta necesita recibir una determinada cantidad de frío previa a las temperaturas cálidas para conseguir una correcta floración. La gran diferencia es en la forma de cuantificar el frío.

En este artículo se definen unas unidades denominadas chill-units que son conseguidas con temperaturas entre 1,4 y 12,5ºC, pero a diferencia del modelo anterior, no todas las temperaturas aportan las mismas chill-units, de forma que se tiene un máximo entre 2,4 y 9,1ºC con una unidad y disminuye tanto con temperaturas superiores como inferiores a este intervalo. La otra gran aportación de este modelo es que se pueden producir chill-units negativas, las temperaturas superiores a 16ºC producen una disminución de las chill-units acumuladas previamente.

Mucho más recientemente se ha desarrollado el que se denomina Modelo Dinámico (Fishman et al., 1987a, 1987b).

En el modelo se definen lo que se conocen como chill portions. Para acumular una chill portion hay que pasar por un paso intermedio, de tal forma que en función de las temperaturas frías según unas ecuaciones exponenciales se alcanzan unos determinados productos intermedios. Las temperaturas que se produzcan a continuación darán lugar a que este producto intermedio se degrade si estas son cálidas o se consolide como una chill-portion en caso de que sean frías.

En diversos estudios donde se han comparado las tres metodologías se ha observado que los modelos de Utah y dinámico se ajustan mucho mejor al comportamiento de las distintas especies que el modelo de horas-frío. En este estudio se ha seleccionado en modelo de Utah para facilitar la comparación de resultados con trabajos anteriores.

2.3. Datos de referencia para estimar los requerimientos de horas frío por variedad

La estimación de los requerimientos de horas frío de cada variedad se ha realizado tomando como referencia las horas frío-acumuladas recogidas en el "Proyecto Nº 2. Caracterización de las variedades tradicionales de las especies de hueso de interés comercial y agroecológico, estado sanitario y de sus necesidades de mejora en relación con su adaptación a los impactos del cambio climático (resistencia a estrés abióticos, floración en condiciones de falta de frío, polinización biótica y biodiversidad de la fauna polinizadora)". que a su vez extrajeron esta información a partir de los datos generados por la herramienta agroclimática de la Red SIAR y Rural Cat.

La Tabla 1 muestra un resumen de las horas frío (Tª<7ºC) calculadas anualmente para localidades representativas incluidas en el estudio, asociadas a la variedad de frutales que se cultivan en la zona, y detallando las coordinadas y altitud de las mismas.

Estos valores se usan para dar una idea del nivel de requerimiento de horas frío de cada variedad respecto a las demás y su localización.

Los valores concretos no se utilizan en este estudio ya que, como se explicó en la sección anterior, hemos optado por el modelo de Utah y las unidades no son equivalentes.

Tabla 1. Variedades y localidades representativas, con las horas frío tomadas como referencia aproximada de requerimientos para esas variedades.

Especie	Variedad	Localidad/Estacion	UTMX	UTMY	Altitud	Horas frio
Albaricoquero	Antón Colorado	La Carrichosa de Cieza (Murcia)	631283	4239070	253	928
	Bulida	Cehegin (Murcia)	606971	4218100	511	1151
	Currot	Sagunto (Valencia)	732200	4392210	25	475
	Galta Rocha	Carlet (Valencia)	711835	4344773	64	836
	Galta Vermella	Felanix (Islas Baleares)	1023670	4387260	82	767

	Gitanos	Blanca-Abarán	647927	4233290	280	541
	Mitger	Segorbe (Castellon)	715427	4410510	346	1281
	Palabras	Jaen (en huerto)	432183	4193960	299	1403
	Paviot	Montañana (Zaragoza)	681037	4620270	215	1561
		Fraga (Huesca)	623871	4634770	376	1515
	Real Fino	Mula (Murcia)	634.545	4211477	276	450
Melocotonero	Amarillo 559	Calahorra (Logroño)	646370	4242420	340	1940
	Melocotón de Calanda	Calanda (Teruel)	734842	4538190	437	1164
	Campiel Amarillo	Calatayud (Zaragoza)	615873	4579970	523	2033
	Carrasco	Requena (Valencia)	657938	4366610	589	1819
	Escarolita	Figueras (Gerona)->Monells (Gerona)	499755	4647251	60	1580
	Gallur Encarnado	Sartaguda (Navarra)	578128	4690400	307	1424
	Melocotón del Hierro	Isla del Hierro (Tenerife)	203031	3076280	34	0
	Mallorquín	Sa Pobla (Islas Baleares)	1017420	4423370	4	1101
	Marujas	Beniel	675543	4211530	28	753
	Selma	Lliria (Valencia)	703474	4396160	232	1112
	Sudanell	Torres de Segre (Lérida)	185457	4441660	270	1191
	Roldan	Castellbisbal (Barcelona)	414461	4592431	147	938
Ciruela	President	Segorbe (Castellón)	715427	4410510	346	1281
	Prunas de la Montaña	Castalla (Alicante)	702608	4275460	708	1229
	Real de Calahorra	Calahorra (Logroño)	646370	4242420	340	1940
	Primarencas de Tortosa	La Aldea (Tarragona)	298826	4515900	62	28

3. Resultados y discusión

3.1 Mapas de horas frío para el clima presente y futuro

A continuación, se muestran las horas frío para España peninsular y Baleares calculadas por el método de Utah. Los cálculos se han realizado utilizando las temperaturas del ensemble de modelos EUROCORDEX seleccionado para el proyecto.

En todos los mapas se superponen las localidades representativas incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos, para poder evaluar la evolución de las horas frío y sus consecuencias sobre las variedades viables en dichas localidades en el futuro, desde el punto de vista del cumplimiento de los requerimientos de frío.

La Figura 3.1.1 muestra la media de las horas frío calculadas para el periodo representativo del clima presente o histórico en las simulaciones CORDEX.

La Figura 3.1.2. muestra la media de las horas frío calculadas para el periodo 2021-2050 o futuro inmediato, en las simulaciones CORDEX para la trayectoria de concentración de emisiones RCP4.5.

La Figura 3.1.3. muestra el coeficiente de variación de las horas frío correspondiente al mapa anterior.

Este coeficiente de variación (CV) se calcula considerando las diferentes proyecciones que confirman el ensemble de modelos de clima, y por tanto es una medida de la incertidumbre de las proyecciones climáticas. A mayor CV, mayor incertidumbre en las proyecciones de horas frío.

La Figura 3.1.4. muestra el cambio o diferencia en horas frío entre el periodo futuro y el periodo histórico; es decir, entre los mapas 3.1.2 y 3.1.1.

Las Figura 3.1.5, 3.1.6. y 3.1.7 muestran estas mismas variables respectivamente, pero para el periodo 2071-2100 o futuro lejano.

Los resultados muestran una disminución de las horas frío en toda la península.

En cuanto a las localidades estudiadas, la reducción de horas frío es más acusada en aquellas que están cerca de la costa mediterránea, así como en las de Andalucía. Esta diferencia espacial es más acusada en el futuro cercano que en el lejano.

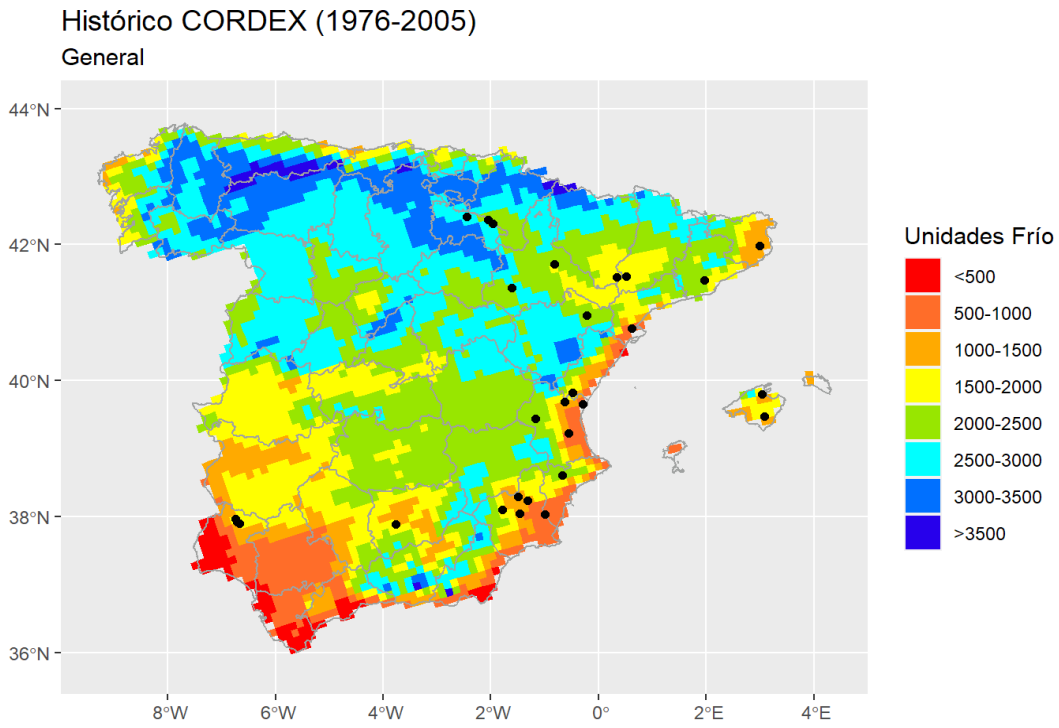


Figura 3.1.1. Media de las horas frío calculadas por el método de Utah para el periodo representativo del clima presente o histórico (1976-2005) en las simulaciones EUROCORDEX. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

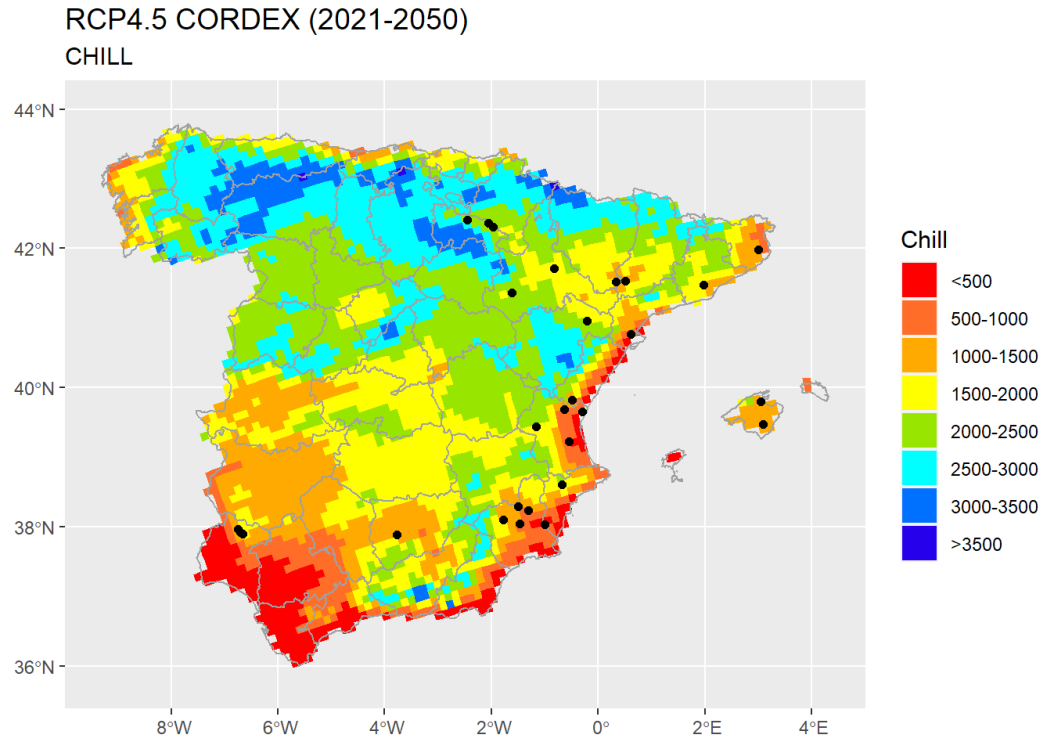


Figura 3.1.2. Media de las horas frío calculadas por el método de Utah para el futuro cercano (2021-2050) en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

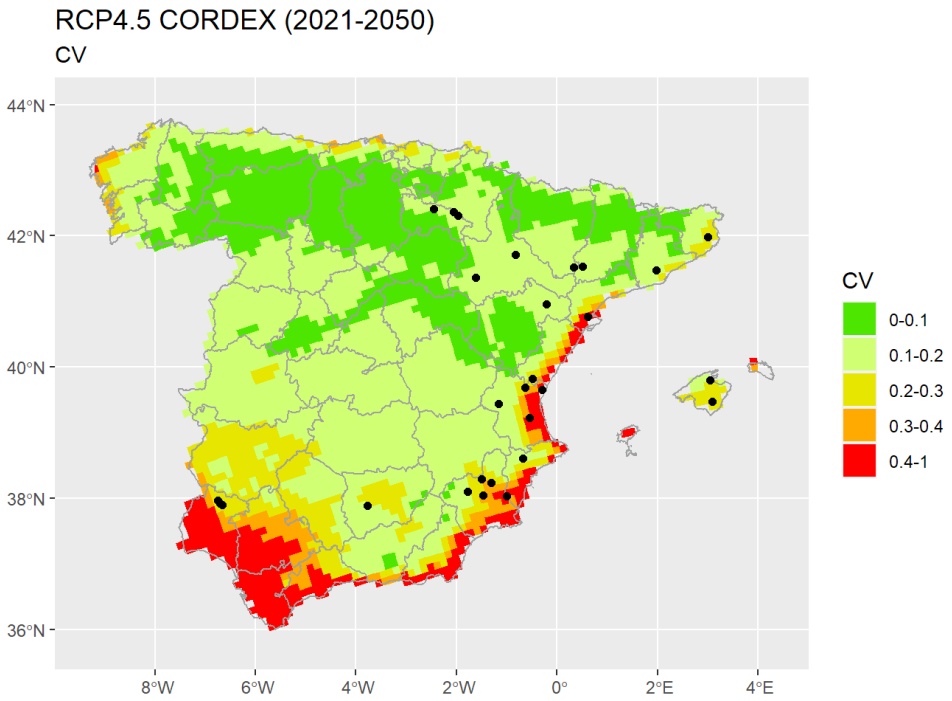


Figura 3.1.3. Coeficiente de variación (CV, %) de las horas frío calculadas por el método de Utah para el futuro cercano (2021-2050) en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

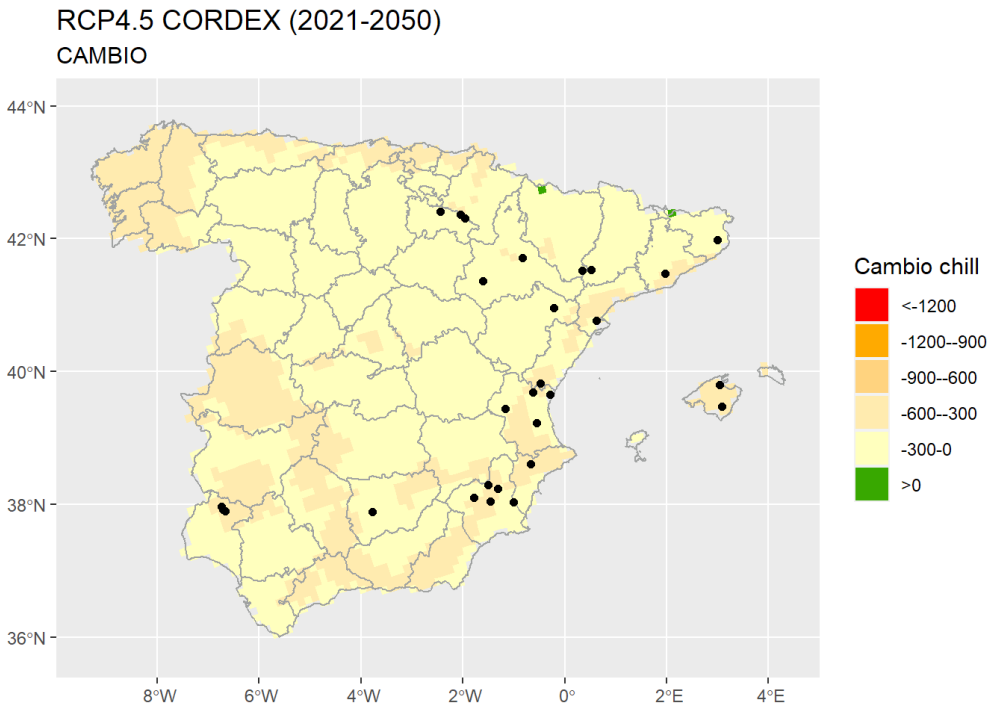


Figura 3.1.4. Cambio en la media de las horas frío calculadas por el método de Utah entre el futuro cercano (2021-2050) y el periodo histórico (1976-2005), en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

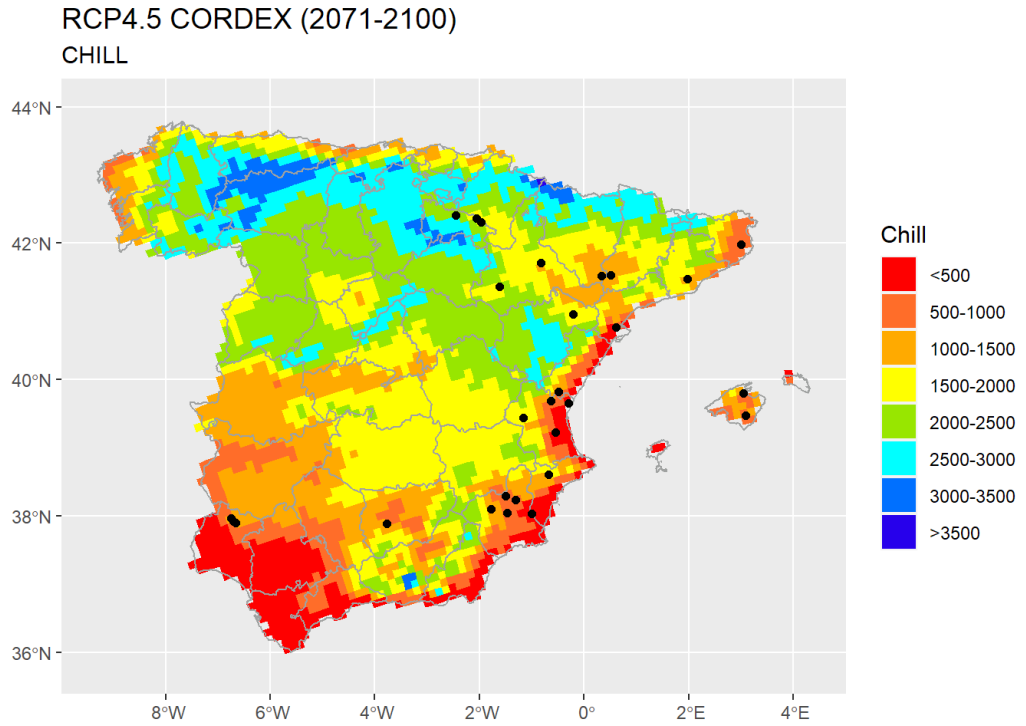


Figura 3.1.5. Media de las horas frío calculadas por el método de Utah para el futuro lejano (2071-2100) en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

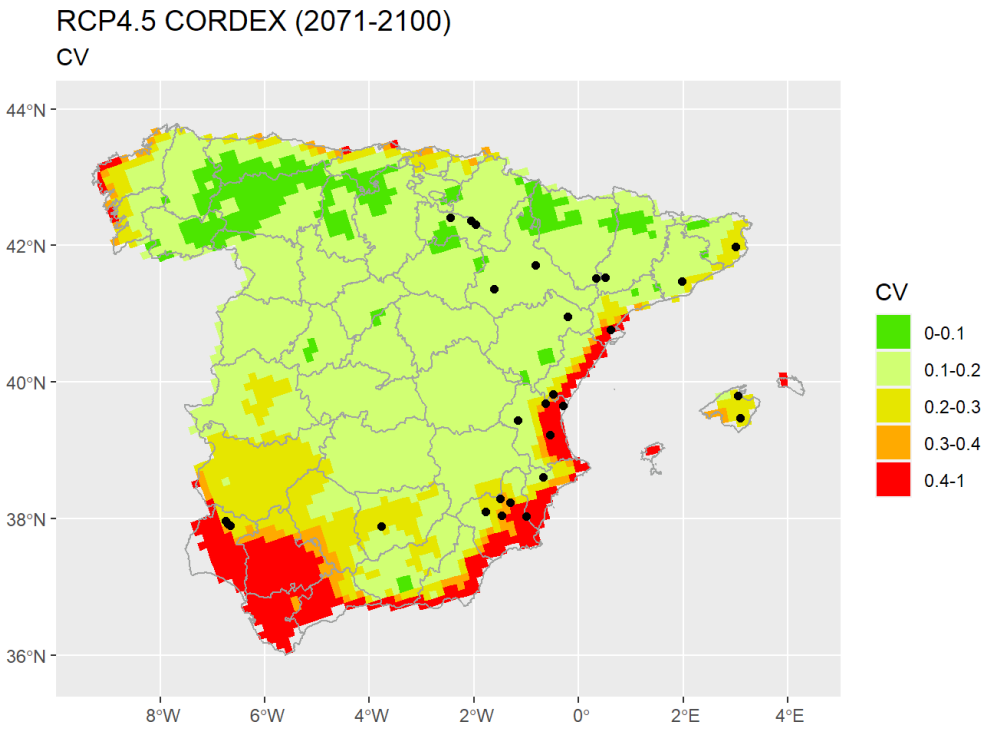


Figura 3.1.6. Coeficiente de variación (CV, %) de las horas frío calculadas por el método de Utah para el futuro lejano (2071-2100) en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

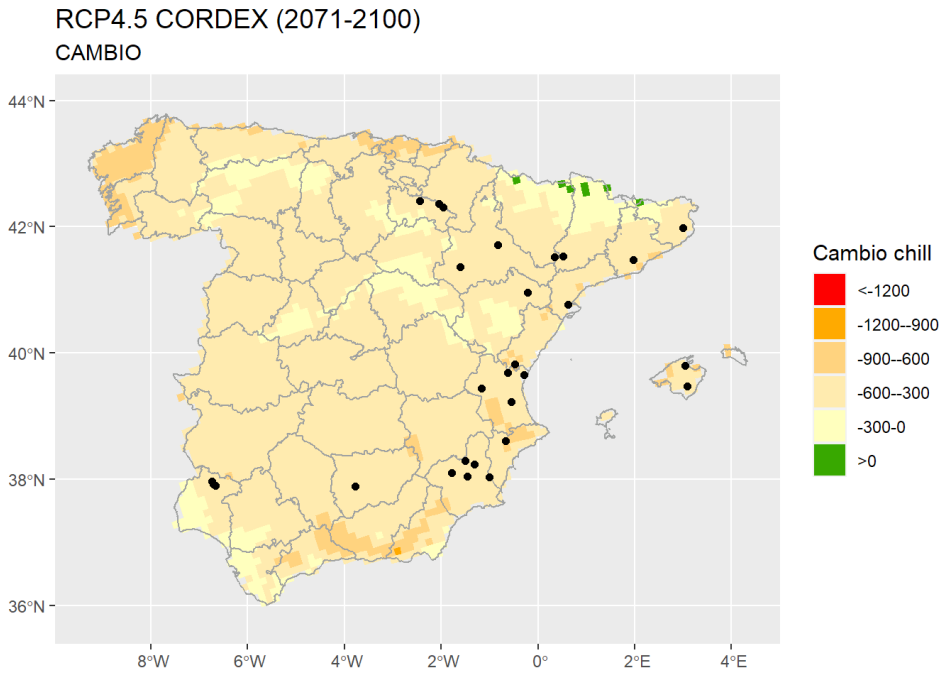


Figura 3.1.7. Cambio en la media de las horas frío calculadas por el método de Utah entre el futuro lejano (2071-2100) y el periodo histórico (1976-2005), en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5. Los puntos representan las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.

3.2 Discusión de las proyecciones de impactos según variedades

En la Tabla 2 se recogen las horas frío específicas para las localidades representativas del proyecto sobre Huertos Urbanos, para el periodo histórico (1976-2005), el futuro cercano (2021-2050) y el futuro lejano (2071-2100). Estos valores se han extraído de los mapas del apartado 3.1.

Para facilitar el análisis, se puede consultar en la Tabla 1 las variedades que aparecen en cada localidad. **Se advierte que no es posible la comparación directa de las horas frío entre la Tabla 1 y la 2, ya que se han calculado por métodos diferentes**.

Se puede observar que para el RCP 4.5, las horas frío serán entre un 66 y un 85 % de las horas frío que corresponden al periodo histórico en las localidades cerca del Mediterráneo y algunas de Andalucía. En el resto de localidades, este rango oscila entre el 80% y el 92%, en función del periodo considerado (Tabla 2).

Por ello, las variedades más amenazadas serán las de altos requerimientos de frío en las zonas mediterráneas, como pueden ser las variedades de Albaricoque Bulida y Mitger, las

de melocotonero Carrasco, Escarolita, Mallorquín y Selma, y las de Ciruela como President y Prunas de la Montaña.

Dado que solo se han considerado un RCP y la mayor incertidumbre de esta zona, se abordará un análisis más profundo en fases posteriores de este estudio.

Tabla 2. Media de las horas frío calculadas por el método de Utah para el periodo histórico (1976-2005), el futuro cercano (2021-2050) y el futuro lejano (2071-2100) en las simulaciones EUROCORDEX para el RCP4.5, para las localidades incluidas en el proyecto de Huertos Urbanos.Trayectoria: RCP4.5

Localidad	1976-2005	2021-2050	2071-2100	CAMBIO 2021-2050/1976-2005	CAMBIO 2071-2100/1976-2005
Beniel	694.31	459.22	321.28	0.66	0.70
Blanca-Abarán	1356.78	1063.14	864.95	0.78	0.81
Calahorra (Logroño)	2360.35	2056.32	1897.51	0.87	0.92
Calanda (Teruel)	2180.72	1907.04	1699.68	0.87	0.89
Calatayud (Zaragoza)	2275.19	2021.91	1814.53	0.89	0.90
Carlet (Valencia)	951.81	669.81	489.84	0.70	0.73
Castalla (Alicante)	2329.36	1988.32	1708.15	0.85	0.86
Castellbisbal (Barcelona)	2003.52	1665.38	1467.16	0.83	0.88
Cehegin (Murcia)	1601.54	1325.08	1127.74	0.83	0.85
Felanix (Islas Baleares)	1512.32	1197.16	962.45	0.79	0.80
Figueras (Gerona)->Monells (Gerona)	1320.68	1062.05	899.09	0.80	0.85
Fraga (Huesca)	1666.7	1413.59	1273.31	0.85	0.90
Fuenteheridos (Huelva)	1861.4	1514.92	1283.03	0.81	0.85
Galaroza	1674.72	1326.26	1097.69	0.79	0.83
Jaen (en huerto)	1375.61	1110.22	968.79	0.81	0.87
La Aldea (Tarragona)	988.2	682.16	500.25	0.69	0.73
La Carrichosa de Cieza (Murcia)	1369.58	1049.1	865.43	0.77	0.82
La Nava	1674.72	1326.26	1097.69	0.79	0.83
Lliria (Valencia)	1075.27	785.42	584.14	0.73	0.74
Logroño (La Rioja)	2622.52	2347.06	2156.43	0.89	0.92
Montañana (Zaragoza)	2113.33	1820.09	1635.79	0.86	0.90
Mula (Murcia)	1365.83	1027.41	801.87	0.75	0.78
Requena (Valencia)	2101.47	1802	1546.66	0.86	0.86
Sa Pobla (Islas Baleares)	1754.41	1423.01	1204.85	0.81	0.85

Sagunto (Valencia)	803.98	531.27	385.39	0.66	0.73
Sartaguda (Navarra)	2360.35	2056.32	1897.51	0.87	0.92
Segorbe (Castellón)	1574.66	1210.26	967.35	0.77	0.80
Torres de Segre (Lérida)	1659.54	1413.58	1276.43	0.85	0.90

Conclusiones

Las horas frío acumuladas descenderán en España a lo largo del resto del siglo XXI. Entre las localidades seleccionadas en el estudio de Huertos Urbanos, el descenso de las horas frío será más acusado en las zonas del litoral mediterráneo y algunas de Andalucía, sin embargo, estas localidades son también las que presentan mayores incertidumbres en las proyecciones.

Las variedades con mayores requerimientos de horas frío que ahora se cultivan en dichas localidades del litoral mediterráneo y Andalucía son las que ofrecen más dudas sobre su viabilidad futura. Para una mayor precisión se plantea añadir escenarios de emisiones adicionales y analizar las zonas inmediatamente adyacentes para discutir las posibilidades de adaptación y la incertidumbre espacial.

4. Bibliografía

Ben-Asher, J., Yano, T., Aydın, M. and Garcia y Garcia, A., 2019. Enhanced Growth Rate and Reduced Water Demand of Crop Due to Climate Change in the Eastern Mediterranean Region. In: T. Watanabe, S. Kapur, M. Aydın, R. Kanber and E. Akça (Editors), Climate Change Impacts on Basin Agro-ecosystems. Springer International Publishing, Cham, pp. 269-293.

Bennett, J.P. 1949. Temperature and bud rest period. California Agr. 3: 9-12.

Boberg, F. and Christensen, J.H., 2012. Overestimation of Mediterranean summer temperature projections due to model deficiencies. Nat. Clim. Chang., 2: 433–436.

Buurman, J. and Babovic, V., 2016. Adaptation Pathways and Real Options Analysis: An approach to deep uncertainty in climate change adaptation policies. Policy and Society, 35(2): 137-150.

Campoy, J. A., Ruiz, D., and Egea, J.: Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review, Sci. Hortic., 130, 357–372, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011, 2011.

Casanueva, A. et al., 2015. Daily precipitation statistics in a EURO-CORDEX RCM ensemble: Added value of raw and bias-corrected high-resolution simulations, 47.

Casanueva, A. et al., 2016. Daily precipitation statistics in a EURO-CORDEX RCM ensemble: Added value of raw and bias-corrected high-resolution simulations. Clim Dyn., 47(3-4): 719-737.

Casanueva, A., Bedia, J., Herrera, S., Fernández, J. and Gutiérrez, J.M., 2018. Direct and component-wise bias correction of multi-variate climate indices: the percentile adjustment function diagnostic tool. Clim. Change, 147(3): 411-425.

Chandler, W. H., Tufts, W.P. 1934.Influence of the rest period on opening of buds of fruit trees in spring and on development of flower buds of peach trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 30: 180-186.

deWit, C. T., Goudriaan, J., van Laar, H. H., Penning de Vries, F.W. T., Rabbinge, R., Van Keulen, H., Louwerse, W., Sibma, L., and de Jonge, C., 1978. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops, Pudoc, Wageningen, the Netherlands.

Dosio, A., Paruolo, P. and Rojas, R., 2012. Bias correction of the ENSEMBLES high resolution climate change projections for use by impact models: Analysis of the climate change signal. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 117(D17): D17110.

Dosio, A. and Fischer, E. M., 2018. Will Half a Degree Make a Difference? Robust Projections of Indices of Mean and Extreme Climate in Europe Under 1.5 _C, 2 _C, and 3 _C Global Warming, Geophys. Res. Lett., 45, 935–944, https://doi.org/10.1002/2017GL076222

Dosio, A. and Paruolo, P., 2011. Bias correction of the ENSEMBLES high-resolution climate change projections for use by impact models: Evaluation on the present climate, J. Geophys. Res.- Atmos., 116, D16106, https://doi.org/10.1029/2011JD015934

Dosio, A., 2016. Projections of climate change indices of temperature and precipitation from an ensemble of bias adjusted high-resolution EURO-CORDEX regional climate models, J. Geophys. Res.-Atmos., 121, 5488–5511, ttps://doi.org/10.1002/2015JD024411

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., and Taylor, K. E.: Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, Geosci. Model Dev., 9, 1937-1958, doi:10.5194/gmd-9-1937-2016, 2016.

Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P., and New, M., 2008. A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation, J. Geophys. Res., 113, D20119, ttps://doi.org/10.1029/2008JD010201

Herrera, S., Gutiérrez, J. M., Ancell, R., Pons, M. R., Frías, M. D., and Fernández, J., 2012. Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02), Int. J. Climatol., 32, 74–85, https://doi.org/10.1002/joc.2256

Herrera, S., Fernández, J., and Gutiérrez, J. M., 2016. Update of the Spain02 gridded observational dataset for EUROCORDEX evaluation: Assessing the effect of the interpolation methodology, Int. J. Climatol., 36, 900–908, https://doi.org/10.1002/joc.4391

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A. 1987a. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. J. Theor. Biol. 124: 473-483.

Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A. 1987b. The temperature dependence of dormancy breaking in plants – Computer simulation of processes studied under controlled temperatures. J. Theor. Biol. 126: 309-321.

Gabaldón-Leal, C., Ruiz-Ramos, M., de la Rosa, R., León, L., Belaj, A., Rodríguez, A., Santos, C., and Lorite, I. J., 2017. Impact of changes in mean and extreme temperatures caused by climate change on olive flowering in southern Spain, Int. J. Climatol., 37, 940–957, https://doi.org/10.1002/joc.5048.

Giorgi, F. and Gutowski, W.J., 2015. Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. Annual Review of Environment and Resources, 40(1): 467-490.

Gómara, Í. et al., 2018. Impact of dynamical regionalization on precipitation biases and teleconnections over West Africa. Clim Dyn., 50(11): 4481-4506.

Gutowski, J.W., Jr. et al., 2016. WCRP COordinated Regional Downscaling EXperiment (CORDEX): A diagnostic MIP for CMIP6. Geoscientific Model Development, 9(11): 4087-4095.

Jacob, D. et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Reg. Environ. Chang., 14(2): 563-578.

Knutson, T.R. et al., 2015. Global Projections of Intense Tropical Cyclone Activity for the Late Twenty-First Century from Dynamical Downscaling of CMIP5/RCP4.5 Scenarios. J. Clim., 28(18): 7203-7224.

Luedeling, E., Zhang, M., and Girvetz, E. H., 2009. Climatic Changes Lead to Declining Winter Chill for Fruit and Nut Trees in California during 1950–2099, PLOS ONE, 4, e6166, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006166

Luedeling, E. and Brown, P., 2011. A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees, Int. J. Biometeorol., 55, 411–421, https://doi.org/10.1007/s00484-010-0352-y

Luedeling, E.: Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review, Sci. Hortic., 144, 218–229, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011, 2012.

Maraun, D. and Widmann, M., 2018. Statistical Downscaling and Bias Correction for Climate Research. Cambridge University Press, Cambridge.

Martre, P., Wallach, D., Asseng, S., Ewert, F., Jones, J. W., Rotter, R. P., Boote, K. J., Ruane, A. C., Thorburn, P. J., Cammarano, D., Hatfield, J. L., Rosenzweig, C., Aggarwal, P. K., Angulo, C., Basso, B., Bertuzzi, P., Biernath, C., Brisson, N., Challinor, A. J., Doltra, J., Gayler, S., Goldberg, R., Grant, R. F., Heng, L., Hooker, J., Hunt, L. A., Ingwersen, J., Izaurralde, R. C., Kersebaum, K. C., Muller, C., Kumar, S. N., Nendel, C., O'Leary, G., Olesen, J. E., Osborne, T. M., Palosuo, T., Priesack, E., Ripoche, D., Semenov, M. A., Shcherbak, I., Steduto, P., Stockle, C. O., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F. L., Travasso, M., Waha, K., White, J. W., and Wolf, J., 2015. Multimodel ensembles of wheat growth: many models are better than one, Glob. Change Biol., 21, 911–925, https://doi.org/10.1111/gcb.12768

Mearns, L. O., Hulme, M., Carter, T. R., Leemans, R., Lal, M., Whetton, P., Hay, L., Jones, R. N., Kittel, T., Smith, J., & Wilby, R. (2001). Climate scenario development. In J. T. Houghton, Y. Ding, D. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (Eds.), *Climate change 2001: the science of climate change* (pp. 739-768). Cambrigde University Press.

Nikulin, G. et al., 2012. Precipitation Climatology in an Ensemble of CORDEX-Africa Regional Climate Simulations. J. Clim., 25(18): 6057-6078.

Piani, C., Haerter, J. O., and Coppola, E., 2010a. Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe, Theor. Appl. Climatol., 99, 187–192, https://doi.org/10.1007/s00704-009-0134-9

Piani, C., Weedon, G. P., Best, M., Gomes, S. M., Viterbo, P., Hagemann, S., and Haerter, J. O., 2010b. Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models, J. Hydrol., 395, 199–215, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.024

Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R., Anderson, J.L., Ashcroft, G.L. 1974. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. HortScience 9:331-332.

Reicosky, D. C., Winkelman, L. J., Baker, J. M., and Baker, D. G., 1989. Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima, Agr. Forest Meteorol., 46, 193–209, https://doi.org/10.1016/0168-1923(89)90064-6

Rodríguez, A. et al., 2019. Chilling accumulation in fruit trees in Spain under climate change. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 19(5): 1087-1103.

Rodríguez, A., 2020. Uncertainty analysis and reduction for climate change related decision making: Applications to adaptation and economical sustainability in agriculture. PhD Thesis, Universidad: Universidad de Castilla-La Mancha

Rodríguez A, Pérez-López D, Centeno A, Ruiz-Ramos M, 2021. Viability of temperate fruit tree varieties in Spain under climate change according to chilling accumulation, Agricultural Systems 186,10296. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102961.

Ruiz-Ramos, M. et al., 2016. Comparing correction methods of RCM outputs for improving crop impact projections in the Iberian Peninsula for 21st century. Clim. Change, 134(1): 283-297.

Ruiz-Ramos, M. et al., 2018. Adaptation response surfaces for managing wheat under perturbed climate and CO2 in a Mediterranean environment. Agric. Syst., 159: 260-274.

Semenov, M. and Stratonovitch, P., 2010. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. Climate Research - CLIMATE RES, 41: 1-14.

Tanaka, A. et al., 2015. Adaptation pathways of global wheat production: Importance of strategic adaptation to climate change. Sci Rep, 5: 10.

Teixeira, E.I. et al., 2018. Adapting crop rotations to climate change in regional impact modelling assessments. Sci. Total Environ., 616-617: 785-795.

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V.,

Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., and Rose, S. K.: The representative concentration pathways: an overview, Clim. Change, 109, 5–31, https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z, 2011

Weinberger, J.H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 122-128.

Winkler, J. et al., 2011. Climate Scenario Development and Applications for Local/Regional Climate Change Impact Assessments: An Overview for the Non-Climate Scientist Part I: Scenario Development Using Downscaling Methods. Geography Compass, 5: 275-300.

Yarnell, S.H. 1940. Texas studies on the cold requirement of peaches. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37: 349-352.

.