

LA AGROCLIMATOLOGIA, INSTRUMENTO DE PLANIFICACION AGRICOLA

M^a Luz HERNANDEZ NAVARRO

Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio
Colegio Universitario de Huesca

Resumen: Este trabajo analiza la agroclimatología como un instrumento eficaz que puede ser tomado como criterio objetivo de decisión en ordenación agrícola. Su aplicación contribuye a asegurar la eficacia de la planificación de cultivos, minimizando riesgos y maximizando la cantidad y calidad de las cosechas. Se estudian los objetivos y aplicaciones de esta ciencia, las fuentes de información - periódicas y no periódicas- y los distintos parámetros climáticos. Incluye un listado bibliográfico. Concluye mostrando la necesidad de dar forma a un banco de datos agroclimáticos y de realizar proyectos de investigación conjuntos de climatología y agricultura encaminados a afrontar las exigencias concretas que no pueden ser resueltas con las técnicas disponibles.

Palabras clave: Agroclimatología, ordenación agrícola, temperatura, precipitación, balance hídrico.

Abstract: This paper analyses agroclimatology as an effective instrument which can be taken as a decisive, objective criterium for agricultural planning. Its application contributes to ensure the efficacy of cultivation planning, by minimising risks and maximising both the quantity and the quality of the crops. This analysis includes a study of the objectives and applications of this science, as well as the sources (both periodical and non-periodical) of information, and the different climatic parameters. It also includes a list of bibliographical references. As a conclusion, it shows the necessity of shaping a bank of agroclimatic data and of carrying out coordinated research projects of climatology and agriculture, so as to face those specific needs which cannot be solved by means of the existing techniques.

Key words: Agroclimatology, agricultural planning, temperature, precipitation, hydric balance.

INTRODUCCION

La agroclimatología, que es una ciencia relativamente reciente, se ha desarrollado como una necesidad a partir de la intrínseca relación que existe entre la agricultura y los fenómenos y procesos del clima. Si bien el clima no es el único factor del medio físico cuya influencia se deja sentir en la actividad agrícola, sí que es cierto que es el que está sometido a variaciones más bruscas en el tiempo y por lo tanto sus efectos son más visibles a corto plazo. En efecto, en pocas semanas e incluso en días, el tiempo puede convertirse en un importante factor de riesgo que conlleve, en ocasiones irremediablemente, pérdidas sustanciales o totales en las cosechas.

Así la agroclimatología ha ido adquiriendo forma. Surgió con bases científicas en torno a la figura del profesor Azzi y sus colaboradores (Baltadori, Gaetani) en la Universidad de Perugia. Fue él quien escribió el primer manual de Ecología Agraria, que recopila investigaciones desde los años 20¹. A partir de entonces los estudios de agroclimatología se han multiplicado, como lo demuestran las obras de Arlery (1954), Papadakis (1966), de Fina y Ravelo (1979), por citar algunas de las más conocidas.

Organismos internacionales como la FAO² y la OMM³ se han propuesto como objetivo difundir el alcance de la climatología agrícola, las investigaciones que se han ido llevando a cabo y sus aplicaciones. Además de ellos son numerosos los Institutos y Departamentos Universitarios que incluyen la agroclimatología entre sus líneas de investigación (Institut National de la Recherche Agronomique -INRA- Universidad de Perugia, Universidad de Davis, por citar algunos de ellos).

¹ De Brounov, Gassner, Garner, Allard, Lysenko, Vavilov.

² En noviembre de 1974 se adoptó en la Conferencia Mundial de la Alimentación una serie de resoluciones que pedían a la OMM que tomase ciertas medidas. Entre las resoluciones suscritas por la Asamblea General de las Naciones Unidas había una que pedía a la OMM que cooperase con la FAO para reforzar los sistemas mundiales de vigilancia del tiempo meteorológico, y que fomentase las investigaciones para la estimación de la probabilidad de que se presenten condiciones meteorológicas adversas en diferentes zonas agrícolas. De estas resoluciones surgió un nuevo y ampliado Programa Agrometeorológico para la Ayuda a la Producción Alimenticia de la OMM; el nuevo programa se presentó al séptimo Congreso de la OMM, que se reunió en Ginebra en 1974. Tal como afirma Maunder (1990) muchas de las propuestas tuvieron apoyo en el Congreso, pero muchos países creyeron que la preparación de estimaciones de las cosechas basadas en la meteorología era "prematura", dado que la agroclimatología no había alcanzado un nivel suficiente para ofrecer estimaciones a nivel regional y global con una precisión suficiente. Pero una razón más importante para esta falta de aceptación del plan fueron, quizá, las profundas consecuencias económicas, sociales, políticas e incluso estratégicas que podía tener tal información si se utilizaba mal.

³ Con la Comisión de Agrometeorología (CAGM). El Instituto Nacional de Meteorología de España también dispone de la Sección de Climatología Agrícola.

En España estos estudios se han llevado a cabo de la mano de investigadores pertenecientes al INM, ligados al Ministerio de Agricultura, al CSIC y diferentes Departamentos Universitarios (García de Pedraza y Elías Castillo, entre otros).

En la comunidad de geógrafos los primeros análisis fueron los del profesor Melón sobre el Clima y la Agricultura en España y de López Gómez acerca del Clima y los Animales, además de abordarse en los estudios regionales. Pero ha sido necesario que se consolidaran los trabajos de Climatología para permitir el desarrollo de la ciencia que nos ocupa, que Albentosa (1984) engloba en la "Climatología ambiental", beneficiándose a la vez de la introducción de métodos y técnicas cuantitativas. A partir de las tesis de Juárez -sobre la cuenca del Guadiana- y de López -sobre la provincia de Tarragona- se produce una importante renovación en este campo. Recientemente hay que añadir las de Hernández (1992) -sobre el valle medio del Ebro- y la de Martí (1993) -sobre la comarca de los Monegros-⁴.

LOS OBJETIVOS DE LA AGROCLIMATOLOGIA

La finalidad que se propone la climatología agrícola es doble:

- a) Por un lado, en la vertiente investigadora, su objetivo es profundizar en el conocimiento de las relaciones que existen entre el clima y la actividad agrícola, tanto sobre los cultivos como sobre los métodos y técnicas utilizadas.
- b) Por otro, en la vertiente aplicada, ha de proporcionar las bases científicas necesarias para optimizar la toma de decisiones en la planificación agrícola. En este sentido, la información se transmitirá en dos direcciones interconectadas entre sí: a los agricultores, a corto y medio plazo; a los diferentes organismos responsables de la ordenación agrícola, a medio y largo plazo.

Tal como indica Gerbier (1980) la información agroclimática repercute en tres niveles:

⁴Son muchos más los autores que han multiplicado esfuerzos en la línea de trabajo de la climatología agrícola, no sólo en los departamentos de Geografía, sino en las Facultades de Ciencias, Ingeniería Agrónoma y Biología, preferentemente. Es deseo de la autora resaltarlos a todos ellos, por lo que se remite a la bibliografía recopilada en Hernández (1992) que en este trabajo, por razones de espacio, no se puede detallar.

a) Agricultores individuales:

- elección más acorde de los cultivos, equipos y técnicas de cultivo;
- adaptación de las prácticas agrícolas a las características del clima local;
- prevención de enfermedades;
- explotación más económica gracias a la reducción de pérdidas debidas a las condiciones climáticas adversas o por utilizar los períodos favorables;
- aumento de la productividad de cada explotación y obtención de una cosecha de mayor calidad;
- reducción de la mano de obra por eliminar labores innecesarias.

b) A escala regional y nacional, contribuyendo a:

- una evaluación objetiva del potencial agrícola de cada zona pedoclimática homogénea;
- una orientación más racional de la producción agrícola, los programas de desarrollo y equipamiento de cada zona;
- la selección de las técnicas de producción agrícolas a las características climáticas del área, teniendo en cuenta la frecuencia y duración de los períodos del año agrícola que son favorables para las distintas fases de la actividad agraria;
- optimizar la administración de los recursos hídricos;
- la regularización de la producción para asegurar un abastecimiento más uniforme de los mercados, suavizando las fluctuaciones de los precios;
- facilitar un abastecimiento más uniforme de las industrias alimentarias.

c) Planificación del desarrollo:

- Además de todo lo anteriormente expuesto es necesario tener en cuenta que la realización de determinadas actividades relacionadas con el desarrollo rural son capaces de modificar el clima a escala local (el grado

de evapotranspiración, por ejemplo). Podría resultar muy útil determinar la cuantía de estos cambios y su repercusión en la productividad.

En todos estos casos la disponibilidad de datos agroclimáticos es un instrumento de primer orden para asegurar la eficacia de la planificación de cultivos, minimizando riesgos y maximizando la cantidad y calidad de las cosechas.

Cuando se trata de realizar una intervención a corto plazo, como la aplicación de un tratamiento fitosanitario o la lucha contra una helada en un momento determinado, la previsión del tiempo resulta útil. Pero en el caso de una actuación a largo plazo, como la selección de cultivos o la implantación de una infraestructura de riegos, la información agroclimática ha de estar basada en el análisis frecuencial de los procesos y elementos climáticos. Ello facilita el conocimiento del porcentaje de riesgo en el que se desarrolla la actividad agrícola.

Entonces, el criterio escogido ha de permitir adaptar los sistemas de producción a las condiciones del clima local. Una agricultura armónica con el medio conduce a la obtención de cosechas regulares y es garantía de calidad. Por lo tanto es la más acorde con los postulados de rentabilidad económica, además de ser auténticamente ecológica. En definitiva, el análisis agroclimático puede ser tomado como criterio objetivo de decisión para efectuar intervenciones tanto a corto como a largo plazo.

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACION	
1. Creación una base de datos agroclimáticos	
2. Análisis probabilístico y frecuencial de los fenómenos climáticos como base de planificación.	
3. Conocimiento de las necesidades de agua de los cultivos y aportes de riego.	
4. Prevención de los riesgos climáticos más significativos. Zonificación del territorio en función de los diferentes grados de riesgo.	

Figura1.- Instrumentos de planificación agrícola derivados de los análisis agroclimáticos.

LAS FUENTES DE INFORMACION AGROCLIMATICA

De cara a poder establecer las expresiones cuantitativas que relacionan el crecimiento y desarrollo de los cultivos en cada fase fenológica y su productividad final con el clima es necesario analizar los elementos atmosféricos, su variabilidad y frecuencia de aparición.

Para realizar esta primera fase es necesario disponer de una base de datos *meteorológicos*, general y mayoritariamente proporcionados por los Institutos Meteorológicos. Pero de forma general la recopilación, completado y depuración de las series de datos, a fin de hacerlas operativas, constituyen el trabajo preliminar, muchas veces de larga duración y poco gratificante, aunque sea un imperativo categórico en todo estudio serio.

Sería necesario disponer de medidas de los siguientes parámetros meteorológicos:

- Temperatura del aire
- Índices actinotérmicos (desde el nivel del suelo a los 200 cm)
- Humedad del aire
- Velocidad y dirección del viento (a 200 cm)
- Insolación y Radiación
- Nubes e hidrometeoros
- Temperatura del suelo (a -5, -10 y -20 cm)
- Humedad del suelo
- Medidas de evapotranspiración y balance hídrico

En función de las exigencias climáticas de los cultivos a lo largo de las distintas fases de desarrollo será necesario trabajar los datos a escala diaria, semanal, decenal o mensual. Para algunas actividades agrícolas las series deben ser analizadas con referencia al período vegetativo medio, períodos que corresponden a determinadas fases fenológicas críticas o a períodos que corresponden con determinadas actividades agrícolas.

Además de los datos meteorológicos el banco de datos agroclimáticos ha de estar compuesto por los datos fenológicos y los de rendimientos de cultivo.

La realización de un fichero de datos *fenológicos* supone la observación de las fechas de inicio y finalización de cada uno de los estados de desarrollo de los cultivos seleccionados. No es moneda corriente que las series de estos datos sean tan largas como las de los meteorológicos. Además es necesario tener en cuenta que el avance de la investigación agrícola permite incorporar a corto y medio plazo variedades nuevas e híbridos de especies cultivadas.

Por último, la información periódica estaría completa con la incorporación de la evaluación de *rendimientos* agrícolas y la contabilización de daños agrícolas y disminución o pérdidas de cosecha.

El período temporal de referencia de las series de datos utilizadas conviene que sea lo más largo posible y que se adapte a las recomendaciones de la OMM⁵. En el caso de que no sea posible disponer de series tan largas es necesario no perder de vista que las conclusiones pueden perder fiabilidad. La climatología es una integración en el tiempo de sucesos meteorológicos sucesivos; cada año tiene su perfil particular y el período de referencia ha de ser lo suficientemente largo como para ofrecer un abanico de variación representativo.

No obstante uno de los primeros problemas a los que debemos enfrentarnos es la dificultad de disponer de series fenológicas y de rendimientos que correspondan en el espacio y en el tiempo con las climáticas. Además tampoco es demasiado corriente que esas series sean completas, fiables -sobre todo en el caso de los rendimientos- y pertenezcan a una misma variedad de las plantas. Tampoco hay que olvidar el peso tan importante que juegan sobre los rendimientos factores no climáticos, como los sistemas y técnicas de cultivo. Que nos sirva como reflexión únicamente el tener en cuenta las variaciones que se han producido en los últimos 30 años.

De todas formas, tanto en uno como en otro caso pueden utilizarse series complementarias de datos que pueden corresponder a períodos temporales más cortos, siempre que puedan ser relacionados con algunas series largas de referencia.

Por todo ello se insiste en la necesidad de aumentar y mejorar la red de recogida de datos "agrícolas" que en la actualidad únicamente se lleva a cabo en muy escasas fincas experimentales pertenecientes a organismos públicos (CSIC, Departamentos de Agricultura). Sería muy útil la colaboración entre la Administración y las asociaciones de agricultores para llevar a cabo esta tarea, que permitiría, sin demasiado esfuerzo, optimizar los rendimientos agrícolas.

La cuantificación de las relaciones entre clima y actividad agrícola viene facilitada por la combinación de los datos meteorológicos, fenológicos y los de rendimientos. Pero para poder llevarla a cabo es necesario combinar otro tipo de información agroclimática, de carácter no periódico, que está constituida por las necesidades y exigencias climáticas de los cultivos. Se han de constatar los períodos críticos en función de la distribución de los elementos climáticos a lo largo del ciclo vegetativo y la determinación de los umbrales de temperatura y humedad soportados en éstos.

⁵30 años como media para las series climáticas. No obstante, en el caso de las precipitaciones se recomiendan 40 años si se trata de un área de montaña. En el caso de la temperatura, menos variable en el tiempo, es suficiente con 20 años de observación.

Una vez que se disponga de estos datos es posible describir la acción del clima y cuantificarla bien a partir del análisis estadístico, que ponga en relación datos agronómicos y climáticos; o bien a partir de las relaciones generales basadas en la descripción analítica de los procesos de desarrollo de las plantas que conduzcan a la formulación de un modelo.

De este modo, la creación de un banco de datos agroclimáticos ha de tener dos objetivos, tal como indica Gerbier (1980):

- formar una colección de datos que, por estar normalizados, permitan la realización de estudios comparativos cubriendo al mismo tiempo las necesidades de la profesión agrícola y
- acumular información de diferentes procedencias con objeto de aumentar la utilidad y diversidad de los estudios necesarios para la optimización de la planificación agrícola.

EL ANALISIS DE LOS PARAMETROS CLIMATICOS

A continuación vamos a ver brevemente los aspectos más significativos que conviene analizar en un estudio agroclimático:

Insolación-radiación

Interesa puesto que interviene en la fotosíntesis, el fotoperiodismo, los fototropismos y la inducción a los estados de desarrollo. Además es un factor del cálculo de la evapotranspiración potencial como medida de las necesidades de agua de los cultivos. Suele resultar suficiente con disponer de series de datos para las estaciones climáticas más significativas de área de estudio, puesto que estos parámetros experimentan poca variación espacial. Estas observaciones han de ser más abundantes en áreas de montaña.

Conviene disponer de mediciones de:

- horas de sol
- horas de insolación máxima teórica
- radiación solar global
- radiación máxima extraterrestre -en el exterior de la atmósfera-

Temperatura

La acción de la temperatura se manifiesta por la existencia de umbrales de sensibilidad, tanto al frío como al calor, por sus efectos sobre la acumulación de grados-día o suma de temperaturas, por los termoperiodismos y por las incidencias sobre los cambios hídricos.

Interesa conocer con detalle, además de la evolución de este parámetro a lo largo del ciclo vegetativo de los distintos cultivos lo siguiente:

Del período de actividad vegetativa:

- Necesidades de calor (integral térmica o suma de temperaturas).
- Acción de la temperatura sobre distintas fases del desarrollo vegetativo (germinación, floración, maduración, caída de la hoja).
- Olas de calor (génesis, frecuencia de aparición y duración).

Del período frío:

- Necesidades de horas-frío de los cultivos.
- Efectos de las temperaturas altas de invierno sobre la interrupción del período de reposo.
- Heladas de invierno. Probabilidad y frecuencia de aparición de temperaturas con valores inferiores a los soportados por los cultivos en el período de reposo.
- Fechas medias y extremas de primera y última helada. Período libre de heladas.
- Heladas de primavera. Probabilidad y frecuencia de aparición de temperaturas con valores inferiores a los soportados por los cultivos una vez recuperada la actividad vegetativa. Riesgo agrícola de helada.

Precipitación

El factor agua interviene como constituyente de las células vivas; como elemento indispensable del metabolismo; en el aprovisionamiento de los vegetales en elementos minerales extraídos del suelo; en los intercambios con el medio ambiente por

evapotranspiración; sobre el estado sanitario de plantas y animales; sobre la estructura física y bioquímica del suelo y en su estado hídrico. Por ello es indispensable para poder determinar las necesidades de agua de las plantas, los recursos hidrológicos o el número de días disponibles para los trabajos agrícolas.

Es necesario analizar:

- Distribución de la precipitación a lo largo de cada fase del ciclo vegetativo.
- Frecuencia e intensidad de las precipitaciones.
- Distribución de la precipitación en los períodos críticos del desarrollo de los cultivos. Valores probables de precipitación para un porcentaje de riesgo determinado en diversos períodos críticos (exceso y defecto de precipitación).
- Precipitaciones máximas esperadas en distintos intervalos de tiempo.
- Sequías y períodos secos. Probabilidad y frecuencia de aparición y duración.

Para temperaturas y precipitaciones se ha de disponer de una red de observación detallada que permita conocer las variaciones espaciales y temporales que se producen en el conjunto del área espacial de referencia.

Viento

Es necesario contar con medidas de dirección y velocidad media del viento, al menos para las estaciones principales, como se ha señalado para la insolación y la radiación. El viento transporta las esporas, los insectos, el polen. Actúa sobre el nivel de evapotranspiración y presenta efectos tanto fisiológicos como mecánicos.

Otros meteoros

Bajo la denominación de fenómenos diversos se engloban meteoros como la niebla, tormentas, granizo y nieve, que pueden perturbar los trabajos agrícolas, provocar daños o favorecer el desarrollo de determinadas enfermedades.

Balance hídrico

El cálculo del balance hídrico es el resultado de la diferencia existente entre los aportes de agua y su demanda, contabilizada por medio de la evapotranspiración potencial de cultivo. Esto nos permite conocer cuál es el reparto espacial y temporal de las necesidades de agua de los cultivos y saber si quedan satisfechas y con qué probabilidad lo hacen. En el caso de que exista déficit se pueden calcular cuáles son los aportes de agua de riego complementarios hasta satisfacer esa demanda.

ELEMENTOS DEL CLIMA	RECURSO	RIESGO
RADIACION	Disponibilidad energética factor de la fotosíntesis factor producción biomasa distribución n° horas de sol factor de evapotranspiración	
TEMPERATURA	Disponibilidad térmica termoperiodismo cero de crecimiento grados-día horas-frío factor de evapotranspiración	Adversidad térmica heladas golpes de calor factor de desarrollo plagas
VIENTO	factor secundario evapotranspiración factor secundario fotosíntesis agente polinizador	Adversidad eólica vientos fuertes (daños físicos y mecánicos>)
HUMEDAD ATMOSFÉRICA	factor secundario evapotranspiración	factor de desarrollo de plagas
PRECIPITACION	Disponibilidad hídrica factor del balance hídrico	Adversidad hídrica sequía precipitaciones intensas granizo y pedrisco factor de desarrollo de plagas factor de la estructura edáfica factor del lavado de nutrientes factor de la asfixia radicular

Figura.2.- Los elementos del clima, recurso y riesgo de la actividad agrícola.

Puede resultar bastante útil disponer de medidas de evapotranspiración tomadas con lisímetro. En cualquier caso existen varias fórmulas de cálculo, adaptadas a condiciones climáticas diversas (métodos de Penman y Blaney-Criddle, preferentemente) muy extendidas en su uso, fiable, pero que resultaría necesario comprobar en las diversas áreas espaciales de referencia. De ahí la necesidad de ampliar la red de lisímetros. Hay que tener en cuenta también que el estudio del balance hídrico a escala topoclimática necesita la determinación de zonas agroclimáticas homogéneas en el interior en el que las variaciones climáticas y edáficas sean mínimas.

El balance hídrico, desde el punto de vista de la planificación, se puede llevar a cabo mediante métodos empíricos lineales o exponenciales. Los primeros están más extendidos, pues son de aplicación más sencilla. No obstante, los segundos parten de un supuesto más adaptado a la realidad⁶ y por lo tanto suelen proporcionar resultados más satisfactorios.

Todo ello ha de conducir a la aplicación de riegos racionales y eficaces, que aseguren una alimentación en agua suficiente para permitir la evapotranspiración. Por tanto, el conocimiento de estas relaciones es uno de los factores en los que se basa la ordenación de los planes de regadío, según los modelos teóricos existentes.

CONCLUSIONES

La agroclimatología es una ciencia que permite comprender la influencia que tienen los factores climáticos en la producción. Una vez conseguido este objetivo su aplicación garantiza la utilización racional de este conocimiento en la toma de decisiones de cara a la optimización de la planificación agrícola.

Para ello, en primer lugar sobresale la necesidad de ampliar la red de observatorios agroclimáticos y dar forma a un banco de datos que ha de ser accesible a cualquier profesional relacionado con este campo (agricultores, planificadores, investigadores, etc.).

Es imprescindible realizar proyectos conjuntos de investigación en climatología y en agricultura, encaminados a afrontar las exigencias concretas que no pueden ser

⁶Este modelo parte del supuesto de que la absorción de agua del suelo sigue una curva de tipo exponencial debido al aumento de la energía de retención durante el proceso de secado y debido a que las plantas absorben con mayor facilidad el agua de un suelo en fase de humectación que en fase de secado.

resueltas con las técnicas disponibles. Así se consigue evaluar la influencia económica de los programas agrometeorológicos proyectados y de forma decidida y concreta trabajar con estos instrumentos agroclimáticos en los distintos campos de aplicación que presentan.

BIBLIOGRAFIA

Se incluye a continuación un listado de algunas de las obras generales de carácter agroclimático que resultan de interés para el conocimiento de esta ciencia.

ALBENTOSA SANCHEZ, L.M. (1984): "La evolución de la Geografía Física en España. Geomorfología y climatología", *Actas del III Coloquio Ibérico de Geografía*, 99-113.

ALCARAZ MARTINEZ, E. (1932): *La Agricultura y el Clima*, Ed. Salvat, 175 p.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, (1965): *Agricultural meteorology*, Meteorological monographs, vol 6, nº 28, A.M.S., 188 p.

ARLERY, M. (1954): *Eléments de climatologie agricole*, Direction de la Météorologie Nationale, 158 p.

AZZI, G. (1957): *Ecología agraria*, Ed. Salvat, 449 p.

BERBECEL, O. y STANCUM, M. (1970): *Agrometeorología*, Ed. Ceres, 294 p.

BERGER, A. (1973): "Le réponse des plants aux facteurs climatiques", *Actas du colloque d'Upsala Ecologie et conservation* 5, UNESCO.

BROCHET, P. (1969): "Assistenace météorologique et agriculture", *Météorologie et Agriculture*, 237, 127-133.

BROCHET, P. et GERBIER, N. (1970): *Recueil de donées agroclimatologiques. Quelques éléments du bilan radiatif et du bilan hidrique*, Monographie nº 75, Météorologie Nationale, 80 p.

BROCHET, P. et GERBIER, N. (1974): *Aspects agrométéorologiques, evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle*, Momographie nº 65, Météorologie Nationale, 95 p.

CHAMAYOU, H. (1984): *Notions de bioclimatologie*, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 191 p.

- CHANG, J.H. (1971): *Climate and agriculture. An ecological survey*, Aldine Publishing Company.
- DAMAGNEZ, J. (1965): *Cours de Bioclimatologie*, I.N.R.A., Documents techniques, 2 vols.
- DE FINA, A. y RAVELO, A.C. (1979): *Climatología y fenología agrícolas*, Eudeba, 351 p.
- DELECOLLE, R.; BACULAT, B. et DUCHEZ, P. (1981): "Essai d'optimisation d'un reseau agrométéorologique", *La Météorologie*, VI série, 27, 87-97.
- DURAND, R. et DIMACOPOULOS, G. (1969): *Eléments de météorologie agricole*, J.B. Baillière et fils, Col. d'enseignements agricole, 182 p.
- EUVERTE, G. (1959): *Les climats et l'agriculture*, P.U.F., Col qué sais je?, 122 p.
- FUENTES YAGUE, J.L. (1978): *Apuntes de Meteorología Agrícola*, Ministerio de Agricultura, 314 p.
- GERBIER, N. (1980): "La finalidad de la meteorología agrícola", *Boletín O.M.M.*, vol. XXIX, n° 3, 209-215.
- HALLAIRE, M. et SEGUIN, B. (1984): "Mesures météorologiques pour l'agriculture", *La Météorologie*, 7° Série, 3, 3-12.
- HERNANDEZ NAVARRO, M.L. (1992): *Climatología agrícola del valle medio del Ebro (sector central de la Depresión)*, Tesis Doctoral, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, 1351 p. (inédita).
- HERNANDEZ ROBREDO, L. (1952): *Meteorología física y climatología agrícolas*, Ed Salvat, 370 p.
- JUAREZ SANCHEZ-RUBIO, C. (1979): *Características climáticas de la cuenca del Guadiana y sus repercusiones agrarias*, Ed. Univ. de Salamanca.
- LEON GARRE, A. (1951): *Fundamentos científico-naturales de la producción agrícola*, Ed. Salvat, 640 p.
- LOPEZ BONILLO, D. (1988): *Los climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas*, Diputación de Tarragona, 385 p.
- LOPEZ GOMEZ, A. (1959): "Clima y animales", *Tempero*, 17-21.
- MARTI EZPELETA, A. (1993): *Agroclimatología de los Monegros: estudio de aptitud agrícola en función de los condicionantes climáticos*, Tesis Doctoral, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, 412 p. (inédita).

- MAUNDER, J. (1990): *El impacto humano sobre el clima*, Arias Montano Editores, 270 p.
- MELON, A. (1966): "Clima y Agricultura en España", *Las Ciencias*, XXXI, 33-37.
- MESCHANINOVA, N.B., (1971): *Agrometeorological augmentation for irrigated grain crops*, Gidrometeoizdat, 127 p.
- MOLGA, M. (1962): *Agricultural meteorology*, National Science Foundation and Department of Agriculture of Varsovia. 2 vols.
- MUNN, R.E. (1970): *Biometeorological methods*, Academic Press, 336 p.
- O.M.M. (1970): *Agricultural Meteorology*, O.M.M., 310, 357 p.
- O.M.M. (1982): *Guía de prácticas agrometeorológicas*, O.M.M., 134.
- PAPADAKIS, J. (1954): *Ecología de los cultivos*, Ed. por al autor, 2 vols., 682 p.
- PAPADAKIS, J. (1966): *Climates of the world and their agricultural potentialities*, Ed. por ell autor.
- PARRY, M.L.; CARTER, T.R. & KONIJN, N.T. (1988): *The impact of climatic variations on agriculture*, Kluwer Academic Publishers, 2 vols.
- ROSE, C.W. (1966): *Agricultural physics*, Pergamon Press, 220 p.
- RUDNEV, G.V. (1973): *Agrometeorology*, Gidrometeoizdat, 344 p.
- SEEMANN, J.; CHIRKOV, Y.J.; LOMAS, L. & PRIMAULT, B. (1979): *Agrometeorology*, Springer Verlag, 324 p.
- SMITH, L.P. (1975): *Methods in agricultural meteorology*, Elsevier Scientific, 210 p.
- TORRES RUIZ, E. (1983): *Agrometeorología*, Ed. Diana.
- VAN KEULEN, H. & WOLF, J. (1986): *Modelling of agricultural production: weather, soils and crops*, Pudoc Wageningen, 479 p.
- VAN WISK. W.R. (1963): *Physics of plant environment*, North Holland publishing company, 382 p.
- VITKEVICH, V.J., (1963): *Agricultural meteorology*, Meteorological Monographs, Amer. Meteor. Soc, 188 p.

- WANG, J.Y. & BERGER, G.L. (1962): *Bibliography of agricultural meteorology*, University of Wisconsin Press, 673 p.
- WEISS, A. y ot. (1981): *Computer techniques and meteorological data applied to problems of agriculture and forestry: a workshop*, American Meteorological Society, 386 p.
- YAO, M. (1981): "Agricultural climatology", *World Survey of Climatology*, 3, Elsevier Scientific Publishing Company.