

Reseña Bibliográfica:
Climatología y Fenología Agrícola.

Por Juan Carlos Gómez Rojas*

De Fina, Armando L. Y Ravelo, Andrés C., *Climatología y Fenología Agrícola*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1973. 281 pp. 73 figuras.

Capítulo I. Meteorología-Climatología-Atmósfera. En éste primer capítulo se establece y define las diferencias entre Meteorología y Climatología, tiempo y clima (se citan sus elementos). Se define la atmósfera, sus componentes y sus estructura.

Capítulo II. Aplicación Agrícola de la Climatología. Empieza citando la utilidad de las predicciones meteorológicas en la agricultura: “las predicciones meteorológicas a corto plazo (24 o 48 horas)... prestarían un servicio restringido en la agricultura extensiva. Las predicciones a largo plazo (varios meses de anticipación) sería de gran interés y utilidad, pero está muy lejos el poder ser formulada adecuada y seriamente”.

Luego se refiere a la utilidad de las estadísticas climatológicas en agricultura cuando se presenta alguno de los siguientes problemas:

- a) Iniciar la colonización racional de regiones nunca dedicadas a la agricultura o ganadería.
- b) Investigar qué lugares ofrecen buenas perspectivas para la implantación de un cultivo exótico.
- c) Obtenida una nueva variedad agrícola, averiguar en qué regiones debe recomendarse su cultivo.
- d) Establecer regiones con clima semejante para transportar el cultivo buscando obtener iguales o semejantes cosechas.
- e) Determinar para una zona cuáles son las adversidades climáticas más importantes que halla un cierto cultivo para buscar soluciones.
- f) Conocidas las adversidades climáticas que menciona el punto.
- g) Establecer que labores culturales son las más adecuadas para menguarlas y cuáles son las épocas propicias para aplicarlas (métodos indirectos de lucha).

- h) Conocidas las adversidades climáticas que menciona el punto e, indicar cuando se trata de cultivos poco extensos o muy valiosos, los métodos directos para eliminarlos.
- i) Proyectar y calcular con acierto las obras de irrigación y desagües.
- j) Combatir la erosión del suelo producida por el viento o la lluvia.

Capítulo III. Radiación Solar. En este capítulo se indica que es la radiación solar, cuáles son sus características; se analiza el efecto de la atmósfera sobre dicha radiación (absorción, reflexión, dispersión), las leyes acerca de ella (ley de Bouguer, ley del coseno de la oblicuidad); sus variaciones en latitud y a lo largo del año; la influencia de la radiación en los climas solares; las causas de los microclimas, estableciendo las diferencias entre climatología y microclimatología. Indica las características que debe reunir el instrumental meteorológico en general y señala los instrumentos con que se mide la radiación solar (pirheliómetros, piranómetros, piranógrafo).

Capítulo IV. Termómetros y su observación. La temperatura del aire afecta los fenómenos fisiológicos de los vegetales, la propagación o desarrollo de enfermedades o plagas. Se refiere al termómetro de mercurio y a sus características; a las escalas para medir la temperatura (Centígrada y Fahrenheit), a los requisitos en las instalaciones de termómetros y las condiciones que debe reunir un buen termómetro, a las precauciones para efectuar lecturas correctas y a los diferentes tipos de termómetros (termómetro común o seco, termómetro honda, termómetro de aspiración de Assmann, termómetro de máxima Negretti, termómetro de mínima Rutherford).

Capítulo V. Termógrafo-Promedios de temperatura. Define el termógrafo, señala sus elementos esenciales y los diferentes tipos de termógrafo, los cuidados a que deben estar sujetos para evitar errores y las correcciones que deben hacerse. Explica en que consisten las temperaturas media diaria, media mensual, media anual, normal diaria, normal mensual, normal anual o del lugar y temperaturas medias horarias normales.

Capítulo VI. Variación diaria y anual de la temperatura. Influencia de la altitud sobre la temperatura. Este capítulo describe los fenómenos que alteran la temperatura a lo largo del día y señala que el conocimiento de éste es “muy importante para valorar un clima desde el punto de vista geográfico climatológico, agrícola, ganadero, higiénico, etcétera”.

Explica por qué las variaciones máxima y mínima se producen a determinadas horas y por qué esas horas varían con la época del año.

La diferencia entre ambas variaciones se llama amplitud media diaria aperiódica y su valor también se altera con la altitud, latitud, estaciones del año, distancia al mar, topografía del lugar y nubosidad.

En consideración con la agricultura es necesario conocer también las temperaturas extremas registradas en cada clima, de igual forma el conocimiento de la variación anual de la temperatura es importante.

Señala las causas de la amplitud térmica anual y de la variación de la temperatura con la altura, y establece la clasificación climática de Koeppen.

Capítulo VII. Distribución geográfica de la temperatura. Temperatura del suelo. Comienza señalando la importancia que para geógrafos, climatólogos, botánicos, zoólogos y agrónomos tiene el conocer la distribución de la temperatura sobre la superficie terrestre, por la cual se explica que son las isotermas. Señala el inconveniente para los estudios agronómicos de la corrección de la temperatura al nivel del mar.

Las isotermas anuales, las de enero y las de julio (éstas dos últimas por representar el mes más frío y el mes más cálido) son las utilizadas para analizar la distribución de la temperatura.

Explica que son: el Ecuador térmico, el polo frío y donde se localiza, el polo de calor y donde se localiza.

La segunda mitad del capítulo se refiere a la temperatura del suelo, ya que ésta “constituye una parte del ambiente físico que rodea a la planta” y las variaciones de temperatura en él influyen en los procesos vitales de las plantas e incluso en otros fenómenos relacionados con ellos. Como la temperatura del suelo varía con la profundidad, es indispensable contar con registros a diferentes profundidades, utilizando para estas mediciones el geotermómetro.

Las variaciones de la temperatura en profundidad y en tiempo; en tiempo se consideran las variaciones diarias y las anuales.

Las variaciones diarias del suelo son mayores que las del aire, las anuales se propagan más profundamente que las diarias, pero a “una profundidad suficiente” no se percibe la variación anual; a esta profundidad se le llama capa invariable, la cual

mantiene constante su temperatura a lo largo del año, pero de ahí aumenta hacia el interior en promedio de 1°C cada 33 metros (grado geotérmico).

Capítulo VIII. Presión atmosférica. Indica qué es la presión atmosférica, cuál es su unidad de medida (milibares) y sus ventajas; define el barómetro e indica sus componentes esenciales, explica cómo funciona y cuáles son las correcciones que deben hacerse a sus registros y por qué motivos. Indica también qué es el barógrafo y cómo funciona.

Se refiere a las variaciones diarias y anuales de la presión como variaciones regulares, que son afectadas básicamente a lo largo del tiempo y diferentes primordialmente por latitud.

Las variaciones irregulares de la presión son debidas a la presencia de centro de altas o bajas presiones produciendo cambios del tiempo, también estas variaciones crecen con la latitud.

La altura es otro factor que altera la presión, a mayor altura menor presión (debido a que mayor altura la capa de aire es menos y más liviana). Incluso la altura de un sitio se puede conocer por medio de la presión (fórmula de Laplace).

Para el pronóstico del tiempo es básico el conocimiento de la presión atmosférica (centros de alta y baja) reproducida al nivel del mar (esta reducción se simplifica con tablas en vez de desarrollar la fórmula de Laplace).

Se define que son las isobaras y cómo se elaboran, define también el gradiente barométrico como la diferencia de presión que existe entre dos puntos distanciados 100 km., y sus variaciones, y finalmente señala cómo se distribuye teóricamente la presión sobre la superficie terrestre.

Capítulo IX. Vientos. Define el viento, los aparatos con que se puede observar su dirección (veleta) y su velocidad (animómetro y anemógrafo), señala como graficar la dirección general del viento, a que se deben las variaciones diarias del viento (básicamente a cambios de temperatura), las causas del viento, el porque de sus desviaciones, qué son los centros ciclónicos y anticiclónicos y cómo actúan, cómo se verifica la circulación general de la atmósfera, qué son los vientos alisiosos, los monzanos, los vientos diarios (brisas del mar y tierra, brisas de valle y de montaña), y los vientos locales.

Define una masa de aire, su comportamiento y cómo se clasifican, define a los frentes y su desarrollo según el tiempo.

Capítulo X. La predicción del tiempo. Indica que de acuerdo a la antelación con que se formula la predicción del tiempo puede ser a corto plazo, a mediano plazo y largo plazo; las más conocidas son las de corto plazo y en general las más útiles a la agricultura. Existen tres métodos para el pronóstico del tiempo: el sinóptico, el de predicción numérica y el casi objetivo RDF.

El método sinóptico es el utilizado mundialmente, se basa en el análisis de las cartas de tiempo precedentes al día que se va a pronosticar, por lo que el pronóstico depende mucho del “factor personal del pronosticador y su mayor o menor experiencia en la tierra”.

El método de predicción numérica indicado en 1922 en los Estados Unidos se base en el uso del calculo diferencial, al no tener mucho éxito, por lo laborioso, se abandono, pero con el surgimiento de las computadoras se renovó, sin embargo existen muchos datos y continua siendo laborioso.

El método casi objetivo RDF fue desarrollado en Argentina por los investigadores De Fina y Sabella está basado en claves dicotómicas o dilemáticas usadas en clasificaciones biológicas con estas claves se clasifican las cartas del tiempo de una determinada área, en tiempos, así cuando se trata de predecir el tiempo de un determinado día se infiere su tipo y se ve que día (de la época que corresponde dicho día) se asemeja más el tiempo inferior y ese será el pronosticado.

De los tres métodos se considera más efectivo el casi objetivo RDF.

Capítulo XI. Humedad atmosférica- evaporación- nubes. Éste capítulo señala que la humedad atmosférica es importante en los procesos meteorológicos en general y en la agricultura en particular. La humedad atmosférica se mide por la tensión del vapor (registrada por milímetros) o por la humedad relativa (registrada en porcentaje).

El psicrómetro es el aparato utilizado para medir la humedad atmosférica. Aquí, se indican sus componentes y la manera de realizar las observaciones. El higrógrafo gráfica la humedad relativa. Las variaciones de la humedad atmosférica son: la diaria, la anual, la causada por la altura y la causa por la latitud.

La evaporación es el pasaje “pacífico” del agua del estado líquido al estado gaseoso. El conocimiento de la evaporación es importante en la planeación agrícola (planeación de sistemas de riego, diques, etc.). Los evaporómetros miden la evaporación, los hay de diferentes tipos.

La evapotranspiración es el proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas, este fenómeno “es de mayor interés para el agrónomo que la simple evaporación desde la superficie del agua”.

Se indican los factores de la evapotranspiración y se definen los términos evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y balance hidrológico; se indican también las causas de la condensación del vapor de agua, la importancia y medidas de los núcleos de condensación; se define y clasifica a las nubes, se señala la diferencia entre nubosidad e insolación (indicándose también como se mide ésta última, con qué aparato y cómo se registra).

Capítulo XII. Lluvia-Nieve-Granizo. Describe qué es la lluvia y cómo se forma, explica lo relativo al pluviómetro y al pluviógrafo; señala la clasificación de lluvias por su origen (lluvias ciclónicas o frontales, de relieve y de convección) indica también la composición del agua de lluvia.

Sobre la variación de las lluvias según los años indica que ésta puede ser variada de acuerdo a la posición geográfica (sobre todo en relación al clima) y al corrimiento de los centros de alta y baja presión.

Analiza los factores de la irregular distribución geográfica de la lluvia (latitud, dirección de los vientos dominantes, distancia al mar y relieve del suelo) da ejemplos ilustrativos.

Define el régimen pluviométrico, indicando su influencia en las actividades agrícolas, señala su causa (variaciones barométricas); explica la importancia del coeficiente pluviométrico de Angot, para comparar diferentes regímenes lluviosos.

En los registros sobre la precipitación en general, es necesario indicar el número de días de lluvia, las lluvias torrenciales, las precipitaciones nivosas (define cómo se forma la nieve y cómo se debe medir) y las de granizo; en general, señala los aspectos importantes de los fenómenos anteriores en relación a la agricultura.

Capítulo XIII. Rocío-Heladas. En éste capítulo se explica cómo se forma el rocío y las causas que lo originan (nubosidad, velocidad del viento, grado de exposición a la intemperie, mayor densidad del aire frío, poder emisor de los diversos cuerpos y la conductibilidad calorífica).

La cantidad de agua aportada por el rocío se mide por el aparato llamado drosómetro (si es registrador se llama dosógrafo), estas mediciones por su naturaleza son muy delicadas,

por lo que en general los observatorios meteorológicos tan sólo registran el número de días con rocío.

Indica que el aprovechamiento del rocío en los vegetales varía de acuerdo a las diferentes plantas, pero en general el rocío es perjudicial para la agricultura.

Las heladas o escarcha se producen por las mismas causas que el rocío, además por las dos siguientes: la sequedad del aire y la evapotranspiración. El hecho de que la helada se produzca a 0°C o menos de temperatura es lo que perjudica a la agricultura (puede presentarse una temperatura así sin provocar escarcha, pero las plantas son igualmente perjudicadas, a esto se le llama helada negra). De acuerdo al tipo de planta y al período vegetativo la helada causará mayor o menor daño; a la temperatura en que la planta muere por frío se le denomina “temperatura letal por frío”. Las heladas tardías y las primeras son las que con mayor frecuencia, producen perjuicios (por ello en las estadísticas meteorológicas deben señalarse las heladas tardías y tempranas extremas y sus fechas medias). El período libre de heladas es también un dato importante íntimamente ligado a la agricultura.

Capítulo XIV. Fases y subperíodos de los vegetales. La evolución de una planta esta condicionada por sus características intrínsecas y por las condiciones ambientales, especialmente el clima y el tiempo. En éste capítulo se indica que “la fenología es la rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales”.

La aparición. Transformación o desaparición rápida de los órganos de las plantas se llama “fase”, dos fases sucesivas delimitan una etapa en la vida del vegetal que recibe el nombre de “subperíodo”, o sea que las fases limitan a los subperíodos.

Línea isófana es aquella que es una carta que muestra todos los puntos donde una fase comienza en la misma fecha, debido a la existencia de variedades más o menos precoces y tardías, lo ideal es trazar las isófanos por variedades y no por cultivos.

En las cartas de siembra, por medio de las isófanos correspondientes, se indica la fecha de la iniciación general de la siembra, su elaboración se dificulta debido a que la siembra en general no se realiza en un período corto y bien establecido, éste problema se supera estableciendo regiones de acuerdo al mes en que se efectúa predominantemente la siembra.

Las cartas de cosecha no presentan el inconveniente que las de siembra pues aunque la diferencia sea amplia en las fechas de siembra, la diferencia es corta en las épocas de cosecha.

Se llama isoante la línea que une todos los puntos donde la floración de una variedad o especie, comienza el mismo día, por lo que la isoante es la isófana de la floración.

Las líneas isófanas deben sus formas irregulares a la influencia de elementos climáticos los cuales a su vez están condicionados por la latitud, altitud y distancia al mar, Hopkins observó el comportamiento anterior y estableció la siguiente ley, que lleva su nombre:

“En la parte templada de América del Norte en primavera, se produce un atraso de cuatro días por cada grado de aumento en la latitud, por cada 120 metros de elevación y por cada 5° de longitud hacía el este. En otoño, bajo las mismas condiciones, en lugar de un atraso, se registra un adelanto de cuatro días”.

La precocidad es la característica de una variedad vegetal que, en igualdad de condiciones, cumple su ciclo en un tiempo menor que otra. La precocidad puede existir para cualquier fase fenológica, pero varía según la latitud y la fecha de siembra.

Los elementos del clima que más influencia ejercen en los fenómenos periódicos de los vegetales son:

1° La marcha de la temperatura.

2° La variación periódica de la duración del día y

3° El régimen pluviométrico.

Cada fase de una planta, para manifestarse, exige una temperatura adecuada, comprendida dentro de ciertos límites (temperaturas mínima, óptima y máxima).

Algunas variedades y especies vegetales exigen para su desarrollo haber acumulado durante el invierno determinado número de horas con temperaturas inferiores a 7°C (horas de frío).

En las regiones de latitudes bajas la constancia de temperaturas y lluvias provoca que las fases se desarrollen simultáneamente; en las regiones tropicales con estación lluviosa y seca las fases están condicionadas por las precipitaciones.

Capítulo XV. Constante térmica de los vegetales. Termoperiodismo-Fotoperiodismo-Vernalización. Indica que la duración de un cultivo no es constante de acuerdo a la región, el año y las fechas de siembra; sin embargo el investigador Réamur observó que si se suman las temperaturas medias (sin contar las inferiores a 0°C) desde la germinación hasta la maduración, la suma total es siempre la misma, sin depender de la región y el año considerado. A éste valor fijo se le denomina “constante térmica”, la cual se puede calcular también para cada fase.

Sin embargo, estudios posteriores demostraron que no en todos los lugares la constante térmica para un cultivo era la misma, por lo que se modificó el método de Réaumur (llamado directo), quien no considera que el crecimiento de las plantas es sobre 6°C , de tal manera que un segundo método llamado residual, resta a cada una de las temperaturas medias los 6°C , y la suma de los residuos es la constante térmica. A pesar de todo, también se han encontrado deficiencias regionales con este método, lo que ha dado lugar a la creación de dos métodos más: el exponencial y el termofisiológico, el primero se basa en la velocidad de las reacciones físico-químicas de la planta en relación con la temperatura, y el segundo trata de corregir algunos de los errores del primero, sin embargo, aún no se han encontrado métodos exactos.

La reacción de las plantas a las variaciones anuales, diarias o aperiódicas de temperatura se llama termoperiodismo.

La importancia de la periodicidad de la temperatura se manifiesta en la distribución geográfica de los cultivos; el éxito o fracaso de la introducción de especies exóticas depende en gran parte, de la similitud o no entre las condiciones termoperiódicas anuales de las regiones de origen y de las regiones donde se intentará cultivarlas.

Los cultivos se pueden clasificar de acuerdo a la relación de su ciclo vital con el termoperiodismo anual, en termocíclicas (afectadas en uno o más períodos anuales), paratermocíclicas (afectadas a lo largo de un periodo anual) y atermocíclicas (afectada en la época de altas temperaturas solamente).

La termoperiodicidad diaria tiene una acción importante en el desarrollo de especies paratermocíclicas y atermocíclicas y de interferencia para las termocíclicas.

La termoperiodicidad aperiódica debida a la advección irregular de masas de aire calientes o frías determina una variación aperiódica de la temperatura del aire de notables consecuencias bioclimáticas, la cual puede actuar por sí sola, o interferir en el termoperíodo anual o diario.

La constante térmica está influenciada por la duración del día. La duración astronómica del día abrevia o alarga el ciclo de las plantas, actúa sobre su composición química, sobre la formación de bulbos, tubérculos y raíces carnosos, actividad y descanso vegetativo, tipo de flores y resistencia a los fríos. Pero no es la presencia de la luz lo que influye sino la oscuridad (su período), por lo que más que hablar de fotoperiodismo, hay que hablar de escotoperiodismo.

Existen cultivos que aceleran su ciclo con los días cortos, y otros más que lo aceleran en días largos. De acuerdo a la relación con la luz, las plantas pueden ser fotocíclicas, para-fotocíclicas y a-fotocíclicas.

La luz reflejada por la luna también acelera el crecimiento de ciertos cultivos. Para que se produzca la espigazón de una determinada variedad es necesario que haya acumulada una cierta suma de temperaturas medias diarias, en ciertas condiciones de duración astronómica del día. De lo anterior se desprende que hay una influencia de la constante térmica y la duración del día sobre las plantas; esta influencia combinada “se puede simplificar a través del índice heliotérmico de Geslin (IH) para cada variedad.

“Debido a que los cultivos invernales sembrados en primavera acusan bajos rendimientos por no haber contado con un período determinado de “horas de frío”, se ha procedido a proporcionar a las semillas de dichos cultivos antes de la siembra humedad (se le humedece en agua durante 18 horas), luego se le proporciona un ambiente tibio hasta que empieza a germinar y entonces se mantiene a oscuras y en frío (4 o 5°C) durante ciertos días y posteriormente se siembra, obteniéndose así resultados similares, así se sembrara en invierno, a este proceso se le denomina “vernalización”.

Capítulo XVI. Exigencias meteorológicas de los vegetales. Este capítulo indica que la diferente distribución geográfica de los cultivos, la variación de la época de siembra según las localidades, la observación de una siembra experimental da mejores resultados si se verifica en la época utilizada comúnmente por los agricultores; son ejemplos de las condiciones favorables (o tolerables) de temperatura, lluvia, duración del día, etc., que requiere un cultivo durante su ciclo evolutivo.

En todos los vegetales estudiados se ha establecido que las exigencias meteorológicas varían notablemente desde la germinación hasta la madurez, lo más frecuente es que las exigencias varíen bruscamente después de cada fase, para mantenerse luego constantes hasta la próxima fase.

Se llama período crítico, respecto de un cierto elemento meteorológico, aquel intervalo relativamente breve del período vegetativo, durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a dicho elemento. El conocimiento de los periodos críticos es muy útil para la aplicación consciente de los riegos, como también para el pronóstico de cosechas y la lucha contra las adversidades climáticas.

Por “equivalente meteorológico” se entienden los milímetros de lluvia, los grados de temperatura etc., que corresponden a las condiciones prácticamente conocidas como exceso o deficiencia de precipitaciones, de temperatura, etc., a los efectos de desarrollo del cultivo y su rendimiento. Los equivalentes meteorológicos varían según el subperíodo.

La zona o amplitud de utilización de un cultivo, es el área geográfica donde las condiciones meteorológicas favorecen el desarrollo de éste; cuanto más amplia es la zona, mayor será el área geográfica del cultivo y mayor será la seguridad de eficiencia de la variedad de cultivo.

Para determinar los equivalentes meteorológicos se requieren:

1º Observaciones meteorológicas regulares y comparables.

2º Conocer las fechas de las fases fenológicas.

3º Observaciones sobre el efecto que produce la marcha del tiempo sobre el desarrollo del cultivo.

4º Los rendimientos del cultivo empleado.

Existen varios métodos para determinar los equivalentes meteorológicos; el primero consiste en el análisis y correlación de datos estadísticos (meteorológicos y de las fases de los cultivos).

Es un método de gabinete, que presenta ciertas limitantes que no lo hacen muy exacto (sobre todo en cultivos arbóreos).

Un segundo método es el de los “Ensayos Geográficos” se desarrollan sobre la base de numerosas estaciones experimentales y escuelas de agricultura, en las que debe funcionar un observatorio meteorológico, se debe sembrar la misma colección de variedades; las dimensiones de las parcelas, el método de siembra, las normas para tomar las observaciones y otros detalles son seguidos uniformemente. Bajo estas condiciones casi ideales los equivalentes meteorológicos se obtienen en 3 o 4 años.

Debido a que con el método anterior hay que esperar mucho tiempo para obtener resultados, se ha ideado establecer siembras en cortos períodos en cada estación experimental, así los cultivos evolucionan bajo las más diversas condiciones meteorológicas, éste método llamado “ensayos de épocas de siembra” no sólo arroja con exactitud los equivalentes meteorológicos, sino también la época óptima de siembra por variedad para cada localidad.

La combinación de los dos métodos anteriores consigue en un solo año agrícola exponer a las variedades en estudio a un gran número de combinaciones de los elementos climáticos.

Un último método consiste en utilizar las “cámaras climáticas o fitotrones”, aunque en ellas más bien se observa la reacción de la planta a un elemento meteorológico. Las ventajas del uso del fitotrón, son:

- a) Una experiencia puede repetirse todas las veces que se considere necesario.
- b) El efecto de un elemento meteorológico, un principio puede ser estudiado a constancia de los demás factores ambientales.

Pero las desventajas más importantes son:

- a) Las condiciones de las experiencias son tan artificiales que se alejan notablemente de las condiciones que reinan en la naturaleza.
- b) Los fitotrones ofrecen limitadas condiciones de valores ambientales y pocas combinaciones de los mismos, en relación con la naturaleza.
- c) Los fitotrones presentan indudables limitaciones de espacio, principalmente cuando se desea hacer ensayos con plantas frutales de gran porte y que comienzan a fructificar después de muchos años.
- d) La instalación y el funcionamiento de los fitotrones son muy costosas.

Capítulo XVII. Cultivos indicadores de la aptitud agrícola del Clima. Debido a que en extensas áreas del mundo no se realizan observaciones meteorológicas la implantación de nuevos cultivos puede representar inconvenientes al no conocer el comportamiento del clima.

Sin embargo, el problema decrece si en el área ha existido una población de cierta magnitud (400 habitantes o más) y de cierta antigüedad (20 años o más). Ya que la experiencia enseña que las poblaciones humanas civilizadas, en todos los lugares donde se establecen, tienden a cultivar siempre ciertas plantas (entre ellas las perennes fanerófitas y las de siembra anual).

Es fácil comprender que para que un frutal dé abundante producción de frutos bien maduros, debe existir una muy buena concordancia entre las exigencias meteorológicas de la planta, en sus distintos subperíodos vegetativos, y la marcha más frecuente de los fenómenos atmosféricos en el curso del año, o sea el clima.

En las regiones de inviernos muy crudos, muy pocas especies de frutales pueden cultivarse, pues los árboles mueren por efecto de los fríos extremos y, en consecuencia, pareciera que existen pocos elementos de juicio para opinar acerca del clima. Sin embargo en esas regiones el principal valor agrícola del clima radica en la intensidad y duración del verano. Afortunadamente, los cultivos de siembra anual que tiende a cultivar siempre y en

todas partes el hombre civilizado, dan una idea bastante clara en relación con los dos aspectos citados del verano.

De tal manera que se pueden encontrar cultivos que indican el comportamiento del clima en un lugar determinado, uno de los autores del libro (De Fina) ideó un método sumamente rápido para establecer la aptitud del clima de una localidad, con vista a implantar nuevos cultivos. Para ello preparó una lista de 12 cultivos perennes, fanerófitas, que el hombre civilizado tiende a cultivar siempre en todo lugar donde se instala. Las 12 plantas son las siguientes: cacao, banana, banano, limonero, datilera, olivo, higuera, vid europea, nogal duraznero, peral y manzano. Las 12 plantas están ordenadas en forma creciente por su resistencia a los fríos invernales y a la vez subdivididas en tres subcolecciones: plantas que pueden prosperar en clima húmedo y lluvioso (cacao, banana, banano y limonero); plantas que prosperan en climas secos y asoleados (datilera, olivo, higuera y vid europea); plantas con exigencias hídricas intermedias entre las subcolecciones arriba mencionadas (nogal, duraznero, peral y manzano).

En cuanto a plantas de siembra anual son 6, y están ordenadas en forma decreciente por la intensidad y duración del verano que requieren para madurar sus frutos o granos, a saber: algodón, sandía, maíz, trigo, avena y cebada.

El método consiste en averiguar, para cada núcleo humano (con las características ya citadas), cuáles de los 18 cultivos índices se hallan presentes, y para ello anotar:

- 1) su grado de abundancia en el área estudiada,
 - 2) su rendimiento en frutos o granos en la mayoría de los años y
 - 3) el grado de madurez que logran los frutos o granos también en la mayoría de los años;
- los tres valores obtenidos se consignan en una escala de 0 a 4. Además para cada cultivo índice se anota que riegos sé le aplican. También con la misma escala, conociendo el comportamiento de los cultivos básicos en una localidad determinada se puede inferir su clima; el método condensa los diferentes valores recogidos en seis valores básicos, luego cualquier nueva localidad estudiada queda encasillada en uno de esos seis valores, los cultivos (además de los 18 cultivos índices), que se practican con ventaja en las otras localidades compañeras de grupos, pueden aconsejarse con gran seguridad de éxito, para la nueva localidad que se clasificó.

Capítulo XVIII. Los distritos agroclimáticos. Señala que en los países algo extensos existe un gran interés por disponer de un mapa que señale áreas lo suficientemente pequeñas que

permitan afirmar que, dentro de las mismas, las condiciones de clima son tan homogéneas como para asegurar que en todas las localidades pueden prosperar los mismos cultivos con posibilidad de éxito, por lo general muy semejantes en todas esas localidades del área.

Un mapa así (que señale los distritos agroclimáticos) resulta muy útil a las autoridades del país, pues les permita con mayor seguridad:

- 1) aconsejar las áreas de difusión que le corresponde a una nueva variedad de un cultivo,
- 2) tipificar productos o cosechas,
- 3) dictar normas de política agraria,
- 4) acordar créditos para fomentar nuevos cultivos,
- 5) proceder a la valoración o subdivisión de la propiedad rural,
- 6) ubicar estaciones experimentales agropecuarias, etc.

Para tales fines, numerosos investigadores han elaborado diversas clasificaciones climáticas, que sin embargo han presentado uno o varios inconvenientes desde el punto de vista agrícola y utilitario.

Ello movió a uno de los investigadores de éste libro (De Fina) a idear un sistema que, fuera muy sencillo y también, de utilidad práctica en agricultura, basado, a grandes rasgos, en la división por categorías de las precipitaciones y temperaturas. Se establece una relación en forma de quebrado entre las precipitaciones medias estival y media invernal; y de las temperaturas medias del mes más frío y media del mes más cálido; y otra relación expresada en porcentaje, entre la precipitación del semestre otoño más primavera y el semestre de los tres meses más cálidos más los tres meses más fríos. En base a estos primeros datos se establece la clasificación de los distritos agroclimáticos de acuerdo a De Fina.

Capítulo XIX. Los cambios de clima. Los cambios de clima son importantes en la agricultura sobre todo cuando se proyecta el cultivo de especies leñosas muy longevas, tales como olivo, nogal, palmera datilera, vid, coníferas forestales, etc., pues las plantaciones han de vivir sin tropiezos y dando buenos rendimientos durante 50 o 100 años, de tal manera que es importante conocer si el clima seguirá siendo el mismo que al momento de la plantación o si sufrirá cambios apreciables que lo vuelvan inadecuado para la planta que se proyecta cultivar.

La geología y la paleontología, indican, que en la superficie terrestre han ocurrido cambios muy notables de clima como consecuencia de cataclismo que, en la actualidad,

prácticamente ya no ocurren más en la Tierra o sólo ocurren muy pocas veces, por lo que la geología y paleontología nos ayudan a prever los cambios climáticos.

Respecto a los tiempos históricos, se sabe a través de comparaciones entre el pasado y el presente, que tampoco se han presentado cambios apreciables de clima en un sentido determinado; a lo sumo ha habido fluctuaciones de un año a otro, alrededor de un promedio.

Se puede señalar, sin embargo, que zonas de reciente colonización han mostrado alteraciones en el medio (atmosféricos, de erosión, alteraciones en los ríos, pérdida de fertilidad en los suelos, sequía, etc.), a pesar de todo, estos cambios no son producidos por el clima, sino por la presencia humana que altera los ciclos naturales.

Del análisis de las estadísticas meteorológicas se desprende también que los climas, muestran en conjunto una gran estabilidad, a pesar de que a veces se presentan años secos, años lluviosos, años cálidos, años fríos, etc., sin mostrar una tendencia a que cada vez llueva más, o, por el contrario, a que cada vez llueva menos, etc.

Las únicas excepciones las constituyen las ciudades (donde el hombre va creando un nuevo clima: el urbano) y la otra son los grandes regadíos de reciente inauguración en regiones áridas y ventosas donde el hombre ha creado también un nuevo clima: el clima de oasis.

Respecto a los cambios de clima por efectos de la forestación o deforestación, el profesor de la Universidad de California J. Kittredge en 1948 publicó (un brillante y muy bien documentado libro) *Forest Influence*, donde respecto a la acción del bosque sobre el clima, concluye en general:

- a) Sin lugar a dudas, el bosque posee en su interior su propio clima, en relación a las praderas o estepas circunvecinas.
- b) La cantidad de lluvia que cae en un claro del bosque es muy levemente superior a la que cae en las praderas o estepas circunvecinas.

Por lo que se puede afirmar que la implantación o destrucción de bosques repercute muy poco sobre el clima; aunque su importancia en la conservación del suelo no tenga lugar a discusión.

Capítulo XX. La lucha contra las adversidades climáticas en agricultura, El agricultor puede defenderse de los efectos dañinos de una adversidad atmosférica que perjudica su cultivo con algunos de los tres tipos de métodos de lucha siguientes:

- 1) Métodos de lucha directos.

- 2) Métodos de lucha indirectos.
- 3) Métodos de defensa pecuniaria mutua (seguros).

En los métodos de lucha directos el agricultor suprime la adversidad, modificando para ello el microclima de su cultivo creándole uno nuevo; teóricamente son de gran eficiencia pero de costo elevado.

Entre estos métodos se encuentran:

- a) Cortinas forestales y cortinas de maíz. Sirven para evitar el efecto nocivo de los fuertes vientos, el área que protegen es igual a su altura multiplicada por veinte; contrariamente a lo que pudiera pensarse, las cortina funcionan mejor y son más eficientes para frenar los vientos violentos, si no son demasiado tupidas.
- b) Calefactores. Utilizados para impedir la ocurrencia de heladas, en particular cuando los frutales o la vid están floreciendo o cuajando los frutitos, o sea que evitan heladas de 2 o 3°C bajo cero
- c) Riego clásico y por aspersion. Usado en las regiones áridas y semiáridas para suplir la escasez de lluvia; el riego clásico implica la implantación de acequias y surcos y la sistematización del suelo, que no son necesarios en el riego por aspersion, en éste la tenue llovizna que proporciona al congelarse sobre la planta libera calorías procedentes del calor latente de fusión del agua, ayudando así a combatir las heladas.
- d) Ombráculos. Son como galpones de escasa altura, donde las paredes y techos están constituidos por livianos enrejados de listones de madera, pintados generalmente de verde, sirven para combatir la intensa radiación solar.
- e) Invernáculos. Son también como galpones, sólo que sus paredes y techos son de vidrio, sirven para combatir las heladas, ya que permiten el paso de la luz que al contacto con plantas y suelo se transforma en calor, durante la noche, el invernáculo dificulta su salida, conservando así una temperatura más elevada que en el exterior.
- f) Barandillas y casillas. Se utilizan en la horticultura, en la época de invierno, son pantallas de 50 a 60 cms. de altura que protegen a las plantas del fuerte viento e impiden se pierda calor.
- g) Provocación artificial de la lluvia y prevención del granizo. La siembra de nubes con nieve carbónica o con **ioduro** de plata no ha arrojado resultados satisfactorios, sin embargo estos experimentos han dado lugar a un mejor conocimiento de la física de las nubes y del mecanismo de la producción de lluvia.

Los métodos de lucha indirectos consisten en aceptar el clima de la localidad tal cual es, pero hay que tomar las providencias culturales necesarias para que las adversidades atmosféricas incidan lo menos desfavorablemente posible sobre los rendimientos del cultivo.

Existen numerosos métodos indirectos de lucha, pero lo más importantes se refieren a la elección correcta de la variedad agrícola (o cultivar de la planta), entre estos métodos se encuentran:

- a) Variedades resistentes a la adversidad. Como su nombre lo indica consiste en seleccionar cultivos capaces de soportar las características meteorológicas de la zona a cultivar
- b) Variedades que escapan a la adversidad. Serán aquellas en que su momento sensible a un fenómeno meteorológico se presentará antes o después de que este fenómeno ocurra.
- c) Variedades de elevada seguridad de eficiencia. Debe entenderse por variedad de elevada seguridad de eficiencia aquella que, sembrada sobre suelos muy diversos y evolucionando bajo condiciones meteorológicas y sanitarias muy variadas, siempre o casi siempre aprovechan satisfactoriamente las disponibilidades ambientales, mostrando un buen comportamiento frente a cualquiera otra variedad.
- d) Sustancias retardantes o acelerantes del desarrollo. En los últimos años se han hallado diversos compuestos de acción hormonal, que cuando se aplican a los tubérculos, bulbos y yemas de tallos aéreos son capaces de modificar, en forma apreciable, en sentido positivo o negativo, la precocidad natural de ciertas plantas.
- e) Épocas de siembra. Una de las formas de lucha contra las adversidades climáticas de un lugar, respecto de un cultivo anual es la de establecer con la suficiente exactitud cuál es la fecha óptima de siembra del cultivar elegido. Se entiende por fecha óptima de siembra aquella que brinda a la planta la menor suma de adversidades, desde la germinación hasta la cosecha, inclusive considerando un número apreciable de años.
- f) Vernalización y temple. La vernalización se aplica en trigos que requieren cierta cantidad de horas-frío y que deben cultivarse en un lugar que no satisface dicha demanda, por lo que a las semillas se les somete a una presiembra, que suministra a la futura planta el frío que requiere. El temple consiste en someter a la planta después de la germinación incipiente a un ambiente cálido (25°C) y seco durante 3 o 4 días de tal manera que resista mejor a la sequía.

- g) Barbechos. Con el objeto de aumentar la reserva de agua en el suelo, en clima semiáridos, se recurre al uso del barbecho. Para ello se deja a la tierra libre de vegetación (cultivada o espontánea) por lo menos durante tres meses, en los cuales se procede al labrado subsuperficial.
- h) Estado de la superficie del suelo. Para contribuir al mejor barbecho es necesario mantener la superficie del suelo en estado terroso y de rugosidad.
- i) Sistema lister clásico. En regiones en donde al sembrar el maíz la capa superior del suelo está seca mientras el subsuelo está húmedo se emplea este sistema en el cual la semilla se deposita en el fondo del surco, a unos 35 cms. de profundidad, o sea en tierra húmeda, luego a medida que la planta crece el surco se va colmando, haciendo caer la tierra de los dos cabellones que lo bordean.
- j) Cabellones. En lugares donde hay exceso de lluvia se labra el suelo en forma de cabellones y se siembra sobre ellos, así aunque el suelo entre los cabellones se anegue, no ocurre lo mismo en las hileras de plantas cultivadas. Además, los surcos, formados entre los cabellones, facilitan la evacuación del exceso de agua, si se les ha orientado racionalmente, de acuerdo a la topografía del lugar.

Los métodos de defensa **pecuinaría** mutua o seguros consiste, de manera general, en que el agricultor asegura con alguna empresa su cultivo contra riesgos climatológicos, para lo cual paga, por anticipado, una suma relativamente pequeña (llamada "prima") de lo asegurado. De producirse el siniestro previsto, la empresa paga al agricultor el valor que el cultivo tenía en el momento de ocurrir el siniestro.

Capítulo XXI. La confortabilidad térmica de las condiciones atmosféricas. Éste último capítulo se refiere a las relaciones meteorología-hombre; señala la capacidad del ser humano de mantener constante la temperatura de su cuerpo, cualquiera que sean las temperaturas ambientales (homeotermia), sus causas; indica a que se deben las sensaciones de frío y de calor, los principales elementos meteorológicos que influyen sobre la confortabilidad térmica (por supuesto la propia temperatura, la velocidad del viento, el brillo del sol y la humedad relativa del aire) y sus relaciones con dicha confortabilidad. Establece una escala de confortabilidad y la relaciona con el rendimiento físico e intelectual.

