


13 El clima y la producción agrícola



El conocimiento de la influencia del clima en la producción agrícola ha sido preocupación del hombre; es conocida la anécdota narrada por Aristóteles de que Thales de Mileto (sabio griego 2360-2440 AC) predijo una abundante cosecha de aceitunas y monopolizó las prensas de extracción de aceite para aprovecharse económicamente de los futuros precios bajos; así, el sabio respondía a los críticos que veían en sus estudios astronómicos sólo una especulación inútil.

A lo largo de la historia de la agricultura se han publicado numerosos estudios sobre las predicciones acerca de la producción agrícola basadas en el clima, o de las plagas y las enfermedades de los cultivos.

En la investigación agrícola existen alternativas metodológicas para analizar la variabilidad de la producción, como las siguientes:

- Ignorar las condiciones climáticas.
- Incorporar una medida de la variabilidad climática.
- Tener en cuenta una o más variables de clima.
- Utilizar un Índice Climático

Entre las predicciones agrometeorológicas están (Organización Meteorológica Mundial, 1982) están:

- La regionalización de los cultivos
- El conocimiento de las épocas de siembra (disponibilidad de agua, temperatura del suelo).
- La determinación del momento oportuno para la aplicación de productos fitosanitarios por vía aérea o terrestre (temperatura, humedad del aire, viento).
- La planificación de las cantidades de agua para el riego.
- El control de las plagas y enfermedades (previo conocimiento de la temperatura, la humedad del aire, el viento, la formación de rocío, la lluvia).
- La determinación de los riesgos de incendios forestales.
- El conocimiento de las condiciones favorables para la formación de heladas.
- La planificación del manejo y operaciones de producción.
- La previsión del rendimiento agrícola en función de las variables de clima.

Algunas consideraciones sobre las predicciones agrometeorológicas (Robertson, 1974):

- La producción real de los cultivos se puede evaluar a partir de la información climática histórica.
- La humedad del suelo es una de las variables más importantes para determinar la calidad y la cantidad de las cosechas.
- Las condiciones meteorológicas tienen la tendencia a persistir en el tiempo y tienden en sentido estadístico a tener una distribución de probabilidad conocida.
- La distribución de probabilidad de los elementos del clima puede ser utilizada para determinar los probables cambios en la producción de los cultivos.

En la Figura 13.1 se presentan las variables agroclimáticas determinantes de la producción vegetal, como son la disponibilidad de energía y la disponibilidad de agua utilizadas por la planta mediante los procesos de fotosíntesis y transpiración de la planta.

La producción de materia seca y el uso del agua son proporcionales a la radiación solar interceptada por el follaje, siempre y cuando no haya limitación de disponibilidad de agua y de nutrimentos. Un ejemplo se ilustra en la Figura 13.2, en donde se presenta una relación directa entre la producción de materia seca y la radiación solar interceptada por la planta.

La temperatura del aire controla la tasa de desarrollo de las plantas; la tasa se refiere a la producción de materia seca por unidad de “tiempo térmico” expresado en grados día. La temperatura determina la duración de los procesos de crecimiento y desarrollo de las

plantas.; la tasa se refiere a la producción de materia seca por unidad de “tiempo térmico” expresado en grados día.

Los diferentes estados de desarrollo de la planta, así como su crecimiento dependen de la distribución de la lluvia y la disponibilidad de agua en la zona de raíces. Cuando el agua limita el crecimiento la evapotranspiración acumulada determina la tasa de producción de materia seca (Figura 13.3).

Las relaciones del clima con la producción agrícola se evalúan mediante modelos. Un modelo es una representación matemática de un sistema y la modelación es el proceso de desarrollar dicha representación. La simulación, se refiere a los procesos necesarios para que el modelo opere y produzca una imitación del mundo real (Penning de Vries, 1989, Goudriaan y van Laar, 1994).

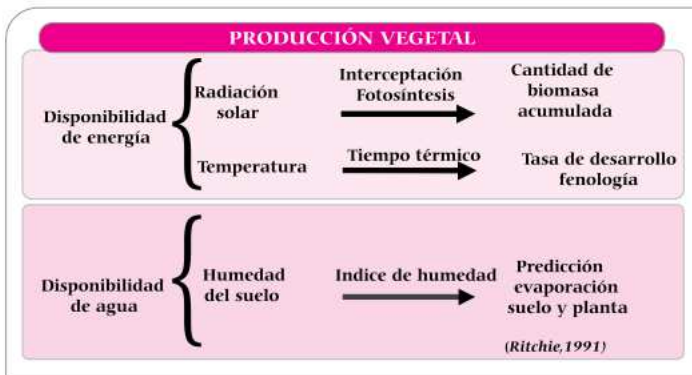


Figura 13.1. Elementos agroclimáticos determinantes de la producción vegetal (Ritchie, 1991).

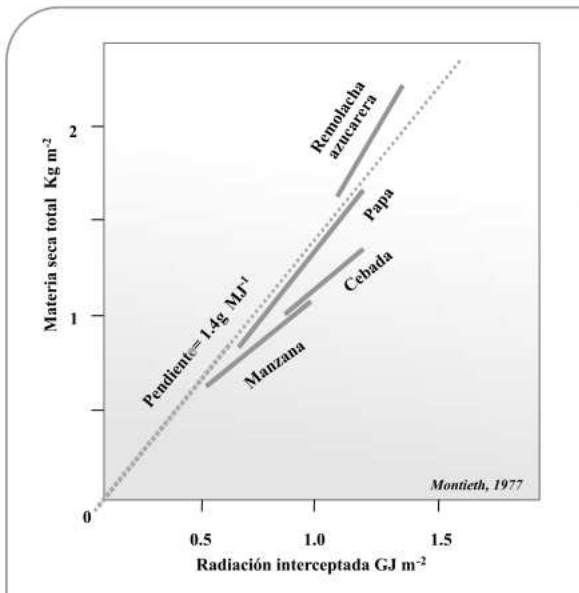


Figura 13.2. Relación entre la producción de materia seca y la radiación solar interceptada (Monteith, 1991).

Según los objetivos planteados para el modelo que se busca construir, se pueden clasificar los modelos matemáticos en dos grandes categorías: *Modelos empíricos o correlativos*, los cuales describen el comportamiento de la planta o del cultivo, basados en las observaciones directas, sin referirse a algún fundamento de estructura biológica o física; y *modelos explicatorios o causales* que describen el comportamiento de la planta o del cultivo basados principalmente en procesos o mecanismos conocidos de tipo biológico, químico o físico, siendo éstos el soporte fundamental del crecimiento y desarrollo, buscando representar las relaciones de causalidad en forma explícita (France y Thornley, 1984; Whisler *et al.*, 1986; Wisiol, 1987). Los modelos de simulación que se han desarrollado hasta el momento son de las categorías antes mencionadas o una mezcla de tales tipos de modelos (Figura 13.4).

Figura 13.3.
Relación entre la producción de materia seca y la evapotranspiración acumulada (Monteith, 1991).

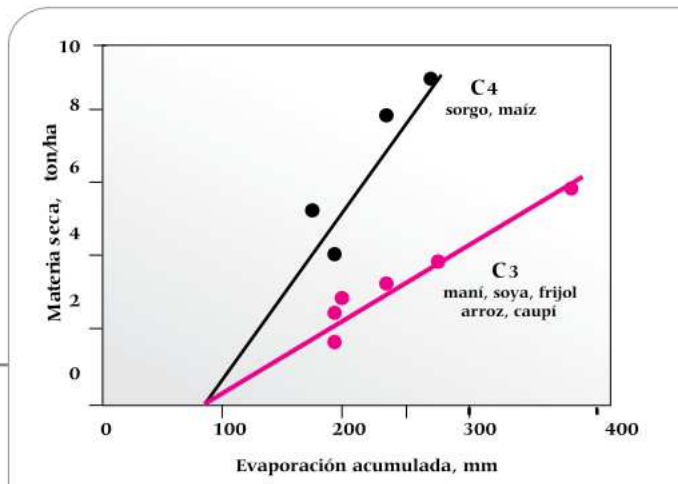
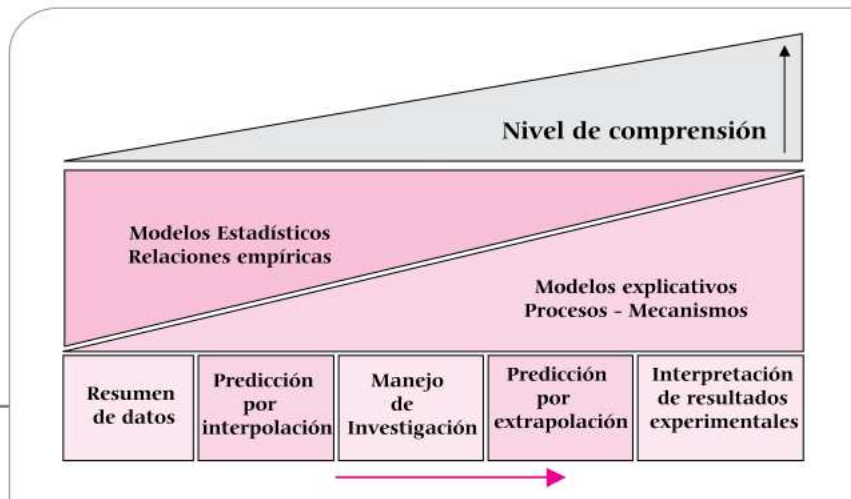


Figura 13.4.
Tipos de modelos de producción. Whisler *et al.*, 1986



Modelos estadísticos

Una de las técnicas de predicción agrometeorológica se basa en el análisis de las relaciones estadísticas que ocurren entre las variables dependientes (rendimientos, por ejemplo) y las variables independientes, ya sean directas (radiación solar, temperatura, lluvia) o deducidas (humedad del suelo, tiempo térmico)

Los modelos estadísticos han sido utilizados para la predicción de la producción en numerosos cultivos (Baier, 1977) y pueden ser de regresión simple o múltiple, o utilizar otro tipo de expresiones (por ejemplo, cuadráticas, exponenciales):

$$P = a + b V_1$$

$$P = a + bV_1 + cV_2$$

$$P = a + bV_1 + cV_2 + dV_3 + \dots + zV_n$$

$$P = a + bV + cV^2$$

En donde:

P, es la productividad o rendimiento del cultivo

$V, V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$, son variables de clima, como lluvia, temperatura, radiación solar o son variables derivadas: Humedad de suelo, tiempo térmico, excesos o déficit hídricos.

Algunos ejemplos:

Ejemplo 1. Relación clima – planta (Wit de, 1978)

Para regiones con alto brillo solar

$$P = a + m (IT/ETP)$$

- P Rendimiento de trigo kg/ha
 IT (Intercepción de la lluvia por el follaje + Transpiración)
 ETP Evapotranspiración media del período agrícola.

Ejemplo 2. Relación Clima - Planta (Doorenbos y Kassam, 1980)

$$(1 - P_o/P_{max}) = \beta (1 - ETR/ETP)$$

En donde:

P_o	Producción observada
P_{max}	Producción potencial o producción máxima observada
β	Factor de reducción de la producción debido a la deficiencia de agua.
ETR	Evapotranspiración real
ETP	Evapotranspiración potencial

Es recomendable que el potencial agroclimático sea analizado mediante relaciones (proporciones) y de esta manera, obtener una expresión matemática adimensional lo cual simplifica su utilización (Ometto, 1984). Algunas relaciones adimensionales utilizadas son:

- Evapotranspiración real/Evapotranspiración potencial (ETR/ ETP)
- Brillo solar observado/Brillo solar astronómico (BSo/BSA)
- Temperatura observada/ Temperatura óptima para el cultivo (T/To)

Modelos Explicatorios

La tendencia actual es la construcción de modelos explicatorios, es decir, modelos basados en los mecanismos o procesos responsables de la producción; la razón de ello está en su mayor utilidad para la solución de un amplio rango de problemas. Muchas de las aplicaciones consideran interpretaciones que sólo pueden hacerse con este tipo de modelos. Por otra parte, el avance en el desarrollo y construcción de equipos de computación, con suficiente capacidad para procesar esta clase de modelos, ha sido un factor determinante para favorecer esta tendencia en los últimos años (Whisler *et al.*, 1986).

Un ejemplo de este tipo de modelos se presenta en la Figura 13.5, que presenta un propuesto por el grupo de modelación de cultivos de Wageningen-Holanda (Penning de Vries, 1989). En el diagrama se observan las variables exógenas (lluvia, humedad atmosférica, radiación solar y temperatura) y su influencia en los procesos de fotosíntesis y transpiración de la planta necesarios para la formación de biomasa en la planta.

La modelación en la producción de cultivos es un instrumento de gran valor para la planificación agrícola, para la toma de decisiones, para probar hipótesis mediante experimentos virtuales y detectar los vacíos en la investigación. Todo modelo debe ser validado o comprobado con los datos reales de campo debido a que éstos, por complejos que sean, no resuelven todas las situaciones implicadas en la producción agrícola.

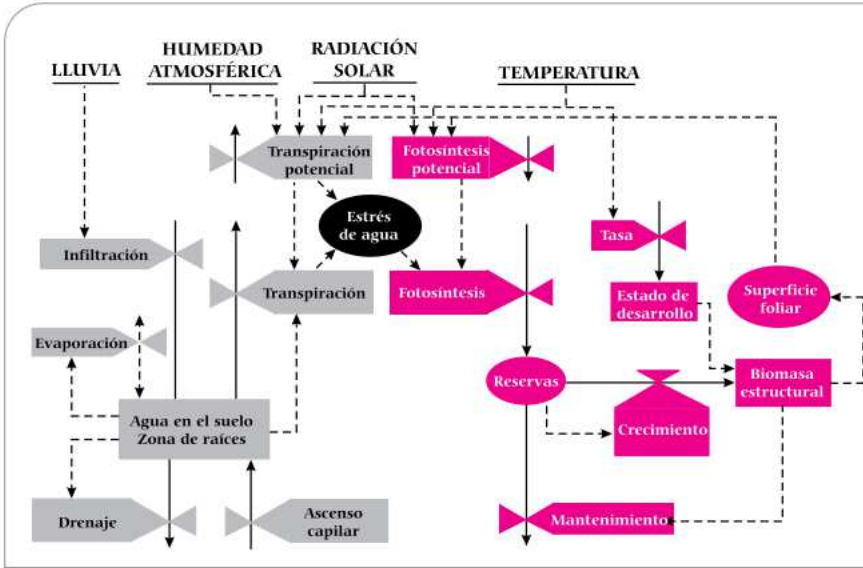


Figura 13.5. Modelo de tipo explicatorio (Penning de Vries *et al.*, 1989)