

MATERIAL COMPLEMENTARIO

Cultivos de Grano

**Bases funcionales y tecnologías determinantes
de su rendimiento potencial**



EFA



EDITORIAL FACULTAD AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**Emilio H. Satorre - Daniel J. Miralles - Adriana G. Kantolic
Karina E. D'Andrea - José F. Andrade - Mónica López Pereira
Betina C. Kruk - Leonor G. Abeledo - José R. Micheloud**

Enero 2026

Capítulo 2

DESARROLLO, CRECIMIENTO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TRIGO

Daniel J. Miralles y Gustavo A. Slafer

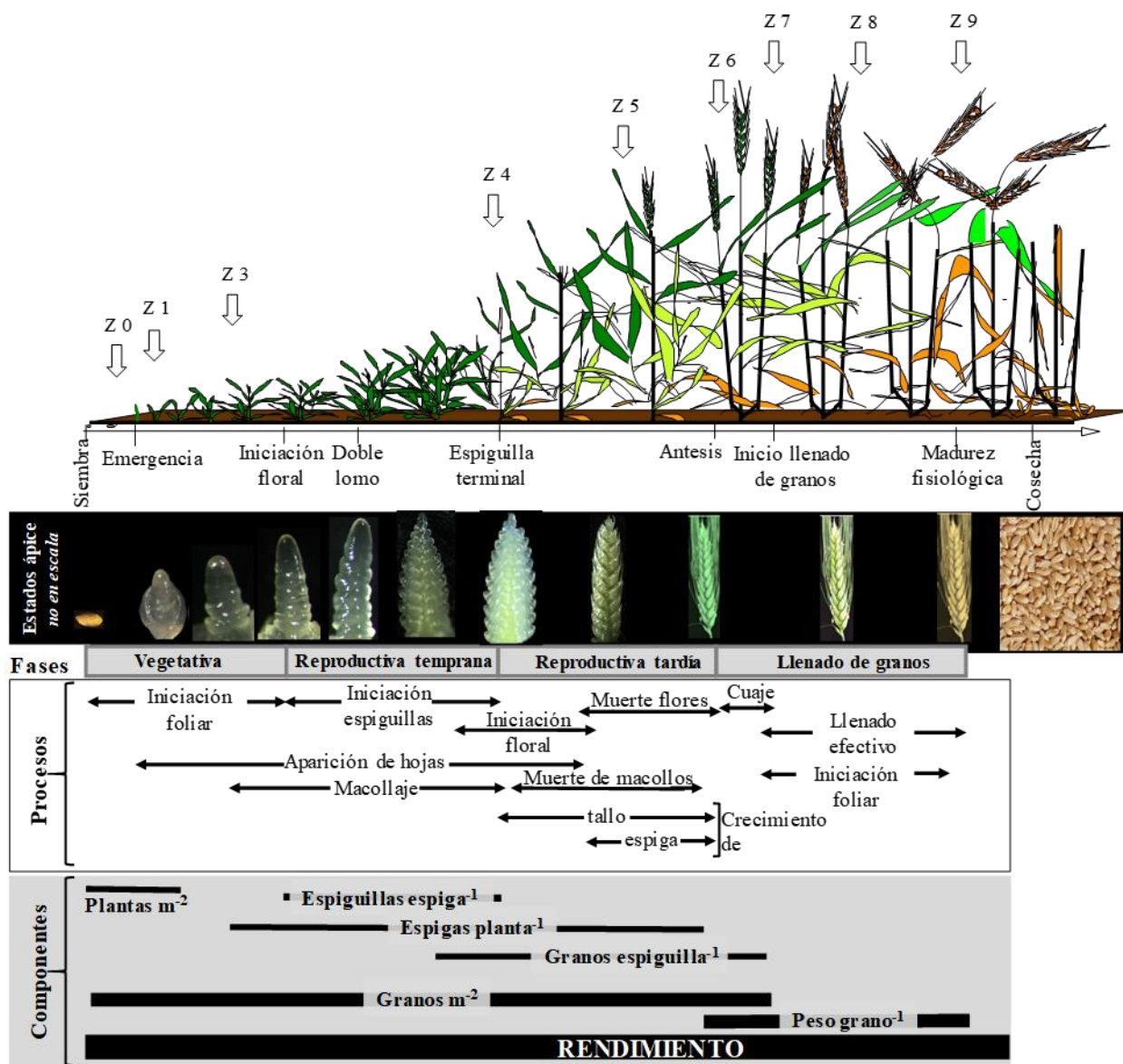


Figura 2.1. Esquema del crecimiento y desarrollo de un cultivo de trigo que muestra los estados del cultivo que delimitan las fases de desarrollo, con una ilustración de la apariencia del ápice meristemático primero y de la espiga después. En la sección intermedia de la figura se muestran los procesos de diferenciación o crecimiento de algunos órganos dentro de las etapas vegetativa, reproductivas temprana y tardía y de llenado de los granos y finalmente se detallan los componentes numéricos del rendimiento que se generan a lo largo del ciclo ontogénico. Traducido de Slafer *et al.* (2021), a su vez adaptado de figuras diseñadas anteriormente por Slafer y Rawson (1996) y de Miralles y Slafer (1999). Las flechas abiertas en la parte superior del esquema indican los estadios fenológicos vinculados con la escala de Zadoks *et al.* (1974; ver Cuadro 2.1).

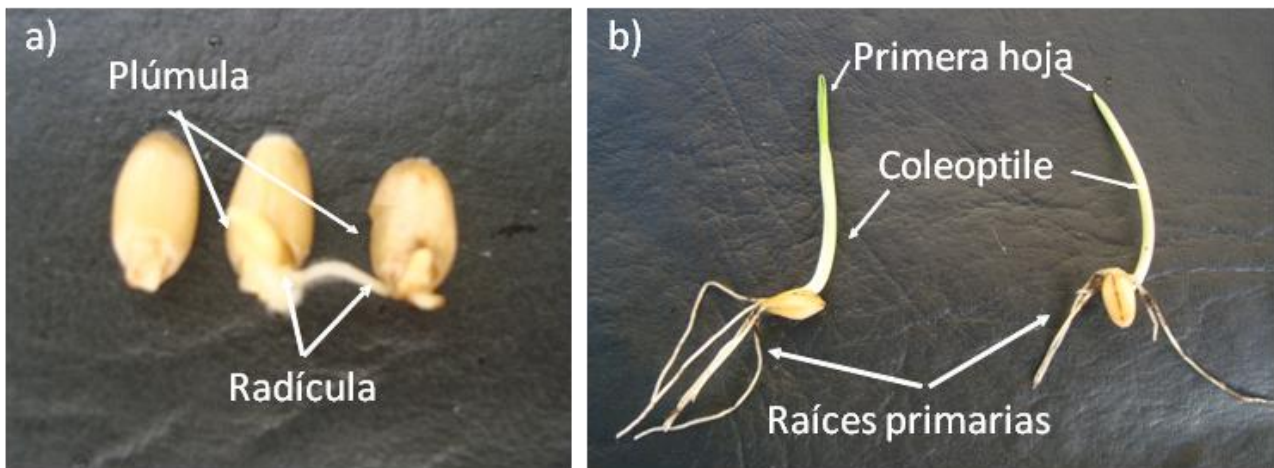


Foto 2.1. Imágenes de (a) el grano de trigo durante el proceso de germinación que finaliza con la protrusión de la radícula por fuera de las cubiertas y (b) el coleoptile, la primera hoja y las raíces primarias. Foto: Miralles, 2010.

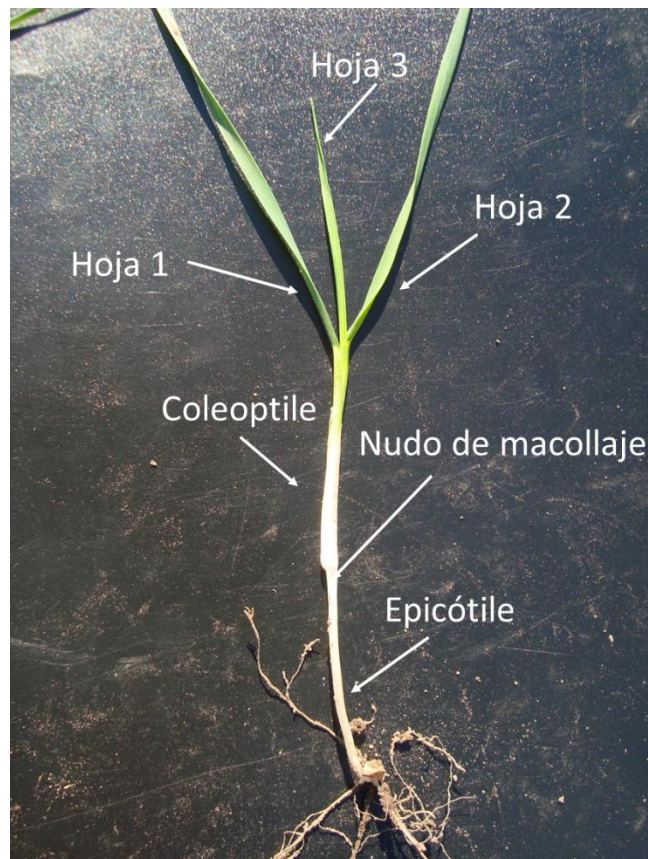


Foto 2.2. Plántula de trigo con tres hojas aparecidas y dos expandidas. Se indican los distintos órganos visibles. Foto: Miralles, 2010.

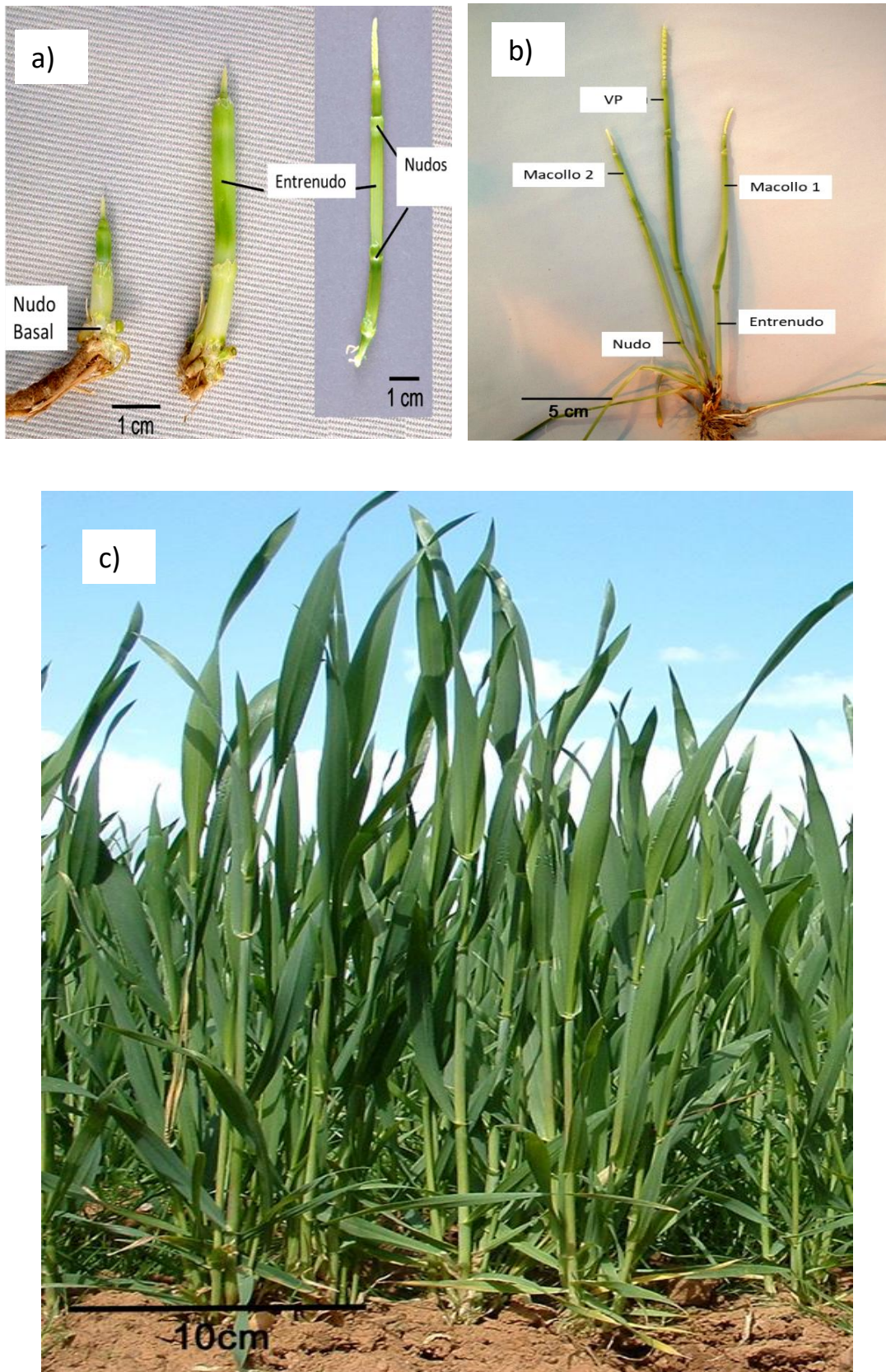


Foto 2.3. Detalle (a) de la elongación de los entrenudos, (b) del crecimiento de la espiga y (c) vista del estado del cultivo durante el período de encañazón. VP: vástago principal.

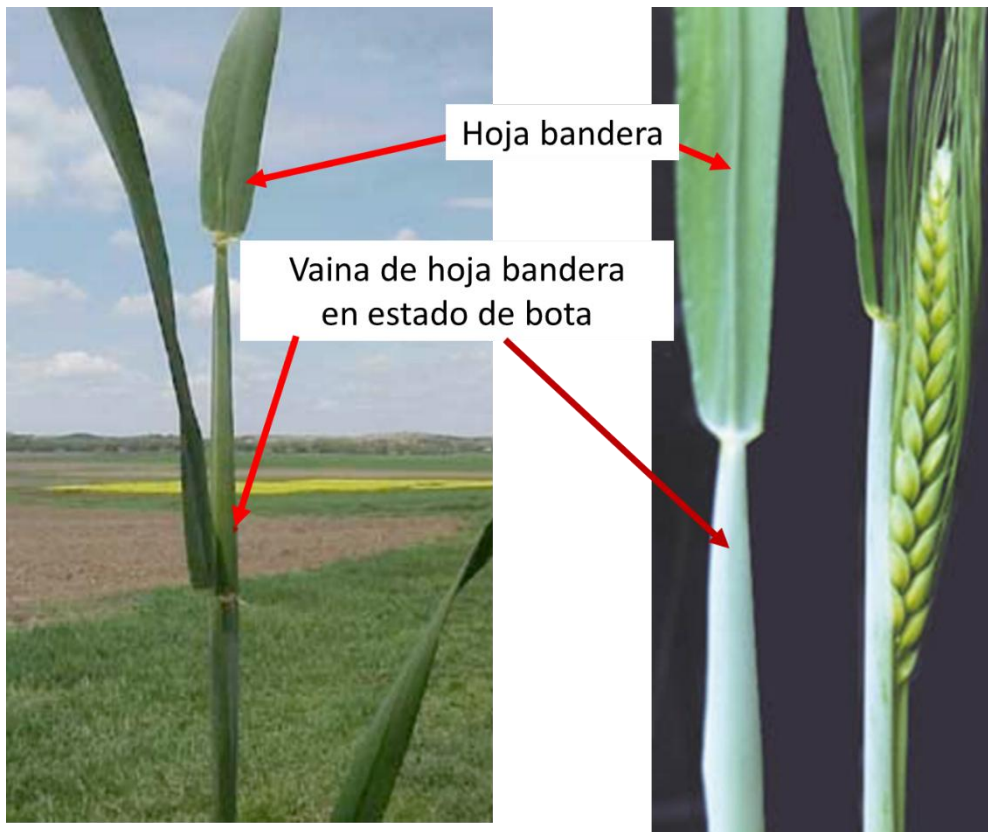


Foto 2.4. Detalle del estado de bota o vaina engrosada. Se señala la hoja bandera y la espiga por dentro de la vaina de la hoja bandera (estado de bota).

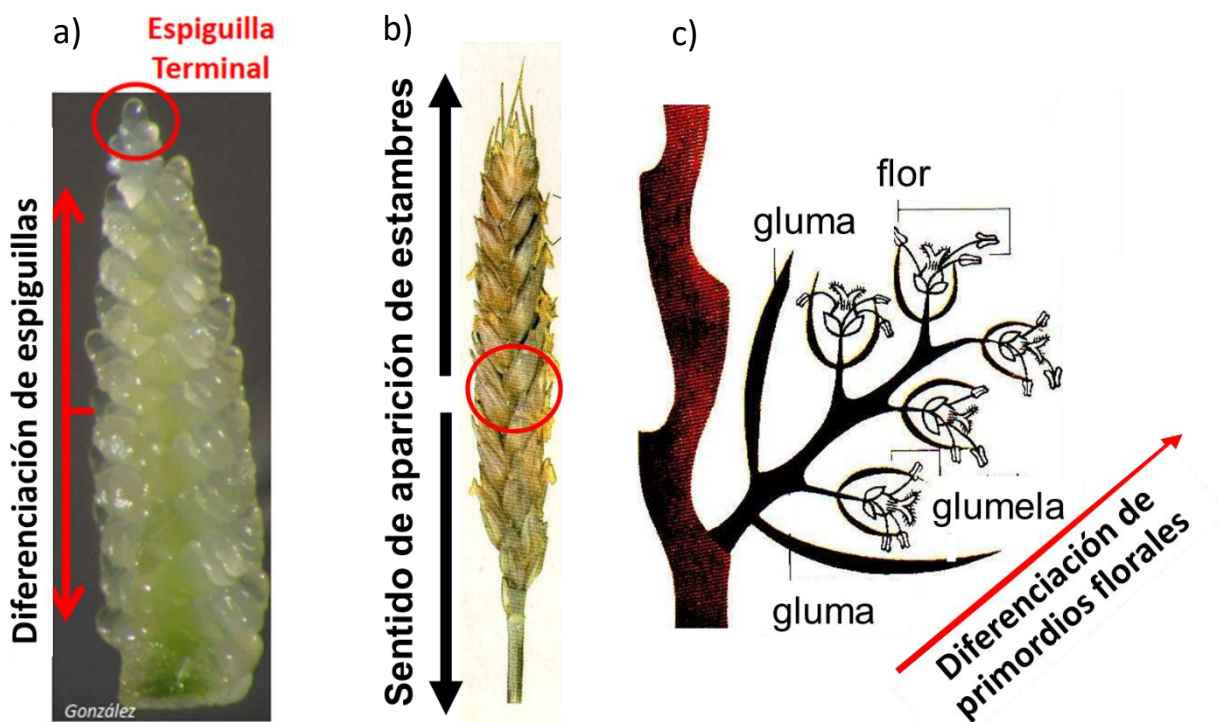


Figura 2.5. Esquema de (a) diferenciación de las espiguillas dentro de la espiga en el estado de espiguilla terminal, (b) aparición de estambres y (c) sentido de diferenciación de los primordios florales dentro de las espiguillas. Foto F. González.

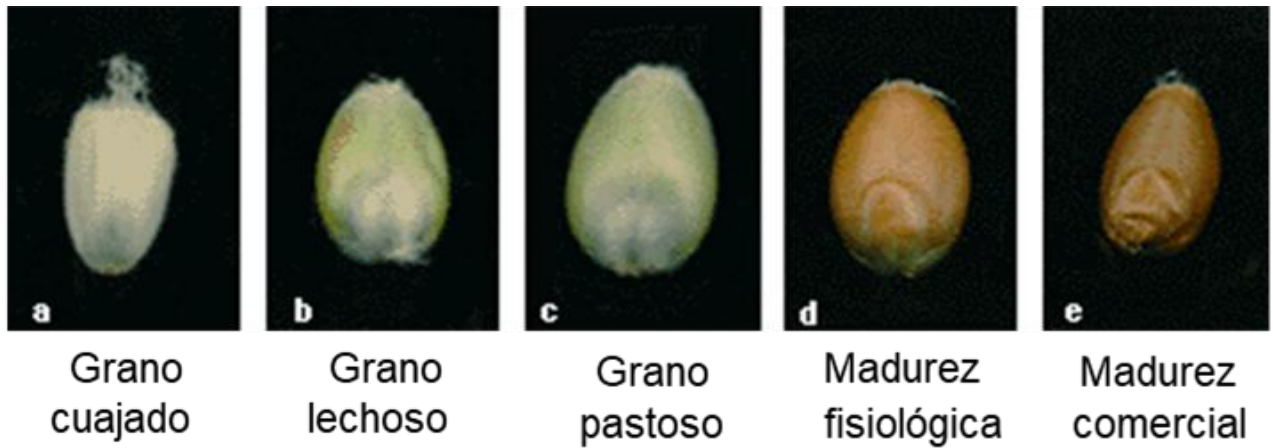


Foto 2.5. Detalle de la evolución del crecimiento de los granos de trigo desde el momento del cuaje hasta la madurez comercial.

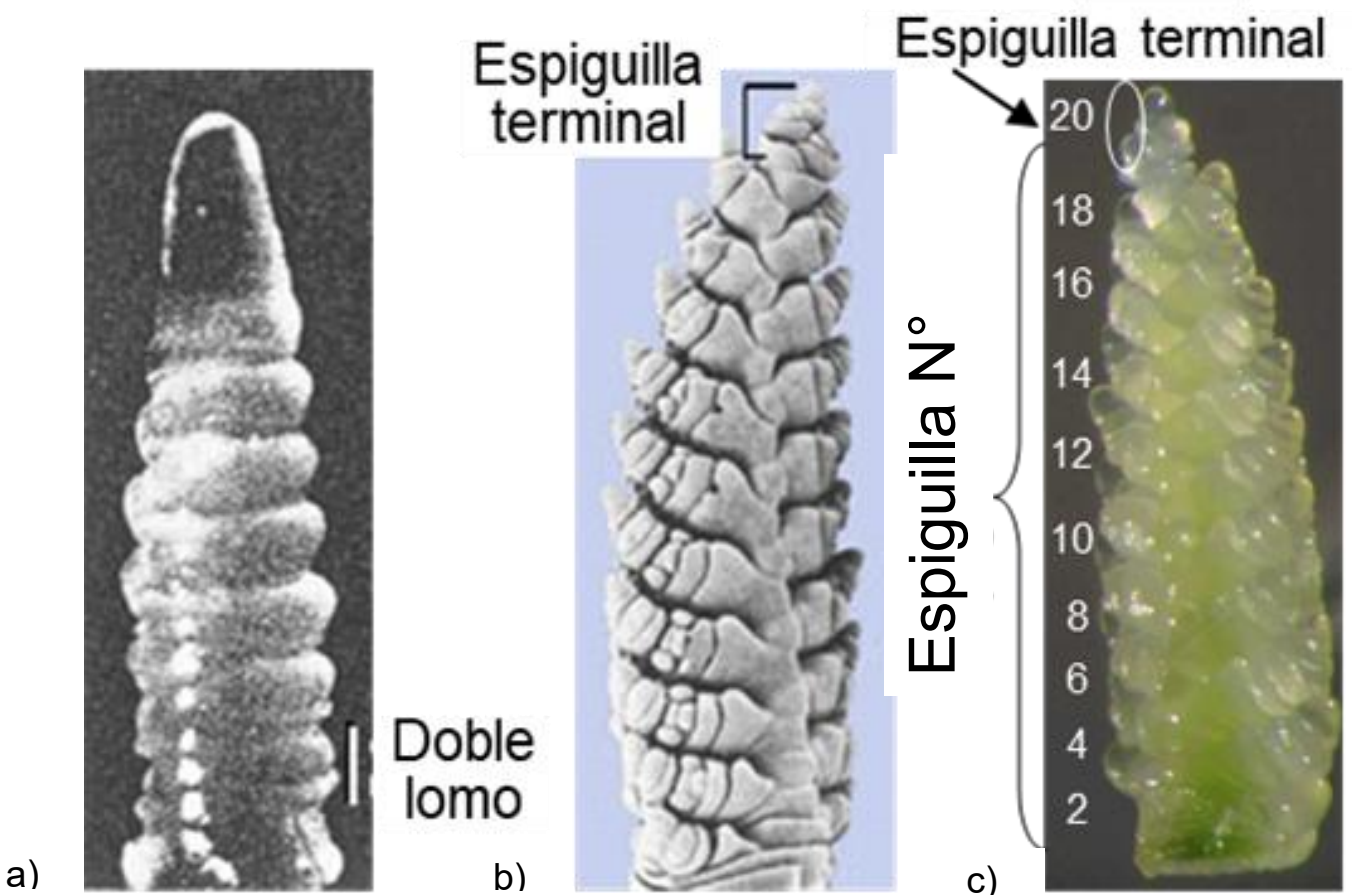


Foto 2.6: Detalle de la espiga de trigo mostrando (a) el estadio de doble lomo y (b) la espiguilla terminal y (c) el detalle de las espiguillas y de los primordios florales dentro de las espiguillas.

Capítulo 3

DESARROLLO, CRECIMIENTO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE GIRASOL

Mónica López Pereira y Gonzalo Arata

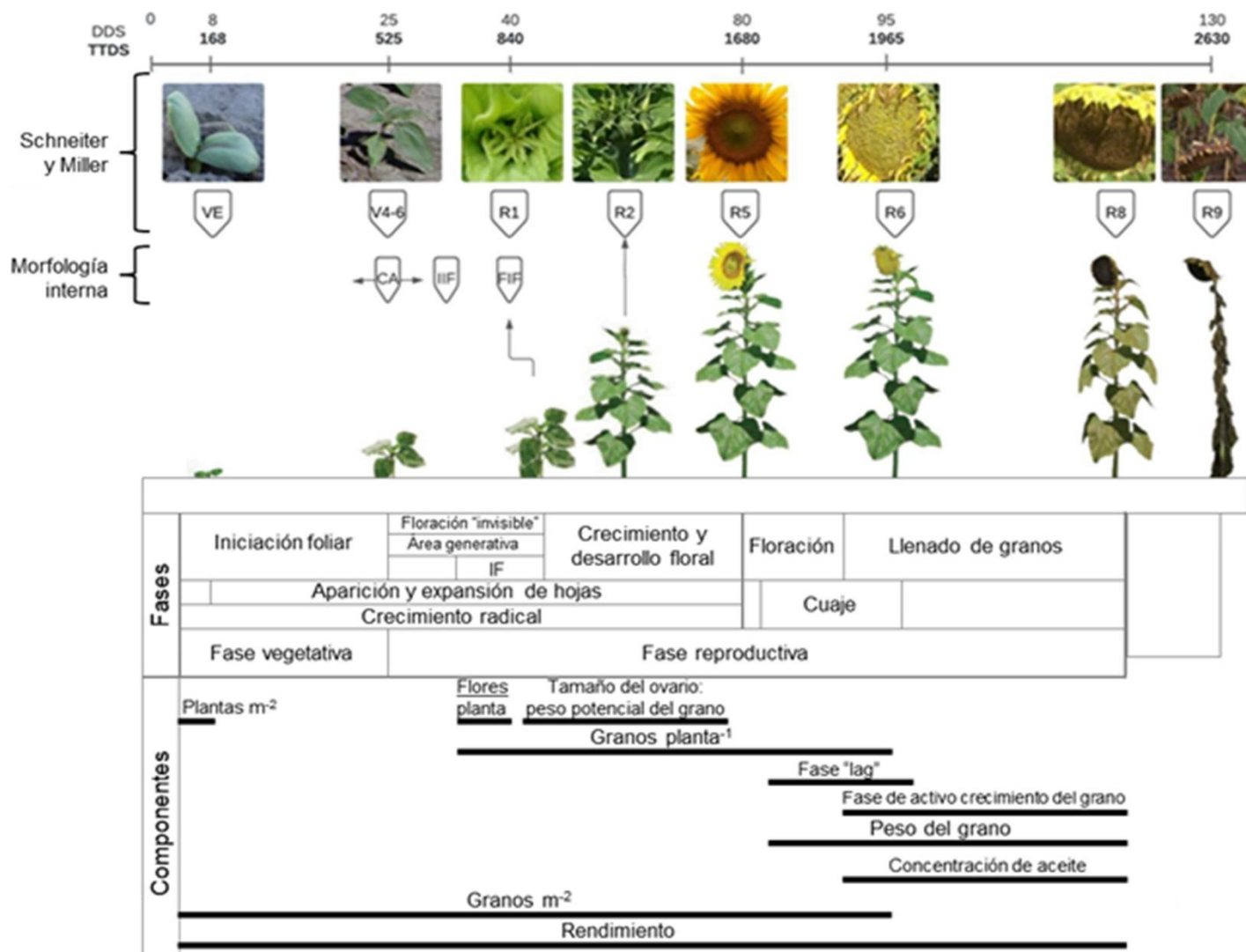


Figura 3.1. Representación esquemática del ciclo ontogénico del cultivo de girasol que indica los estados fenológicos y la duración relativa de las fases. El eje superior describe el número de días y el tiempo térmico (°Cd, temperatura base= 4 °C) desde la siembra (DDS y TTDS, respectivamente) para la ocurrencia de cada estado en un híbrido de girasol cultivado en cámara de crecimiento con una alternancia de temperaturas de 26/24 °C y 18 h de luz. Los rasgos morfológicos externos se describen según la escala de Schneiter y Miller (1981) y los internos, según la escala de Marc y Palmer (1981). Los eventos asociados a los cambios morfológicos de la planta y los períodos en los que se definen los distintos componentes del rendimiento son representados en la parte inferior de la figura. VE: emergencia; V4-V6: cuatro a seis hojas; R1: estrella visible; R2: botón floral; R5: antesis; R6: la floración está completa y las flores liguladas perdieron turgencia; R8: parte posterior del capítulo de color amarillo y sus brácteas verdes; R9: parte posterior del capítulo y sus brácteas de color castaño; IF: fase de inicio de iniciación floral (IIF) a fin de iniciación floral (FIF).

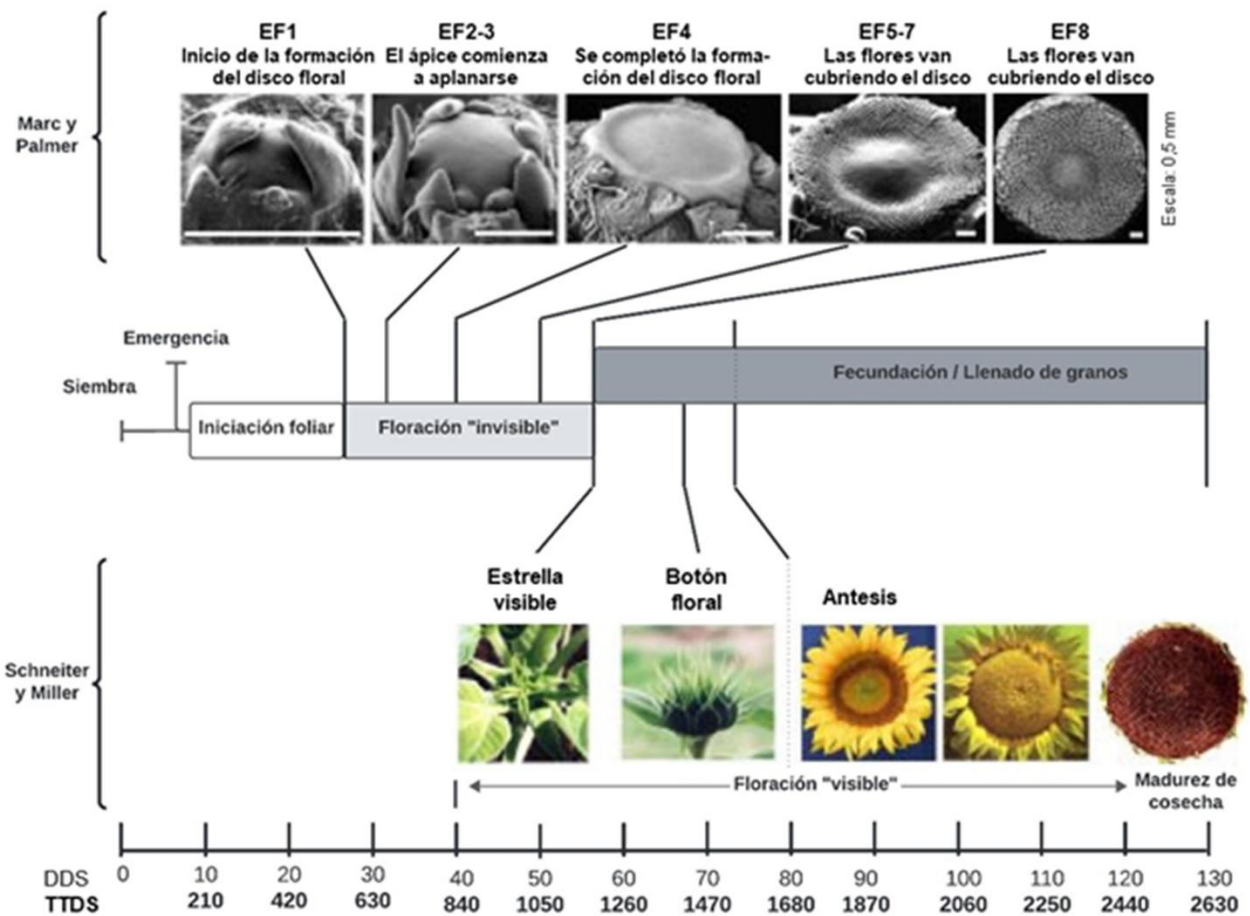


Figura 3.2. Escala temporal del desarrollo de las estructuras vegetativas y reproductivas del cultivo de girasol. Los estados fenológicos descritos en la parte superior corresponden a la escala de Marc y Palmer (1981) y los de la parte inferior a la escala de Schneiter y Miller (1981). El eje inferior describe el número de días y el tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$; temperatura base= 4°C) desde la siembra (DDS y TTDS, respectivamente) para la ocurrencia de cada estado en un híbrido de girasol cultivado en cámara de crecimiento con una alternancia de temperaturas de $26/24^{\circ}\text{C}$ y 18 h de luz. Adaptado de Hernández (2004).

Capítulo 4

DESARROLLO, CRECIMIENTO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ

Karina E. D'Andrea y Diego H. Rotili

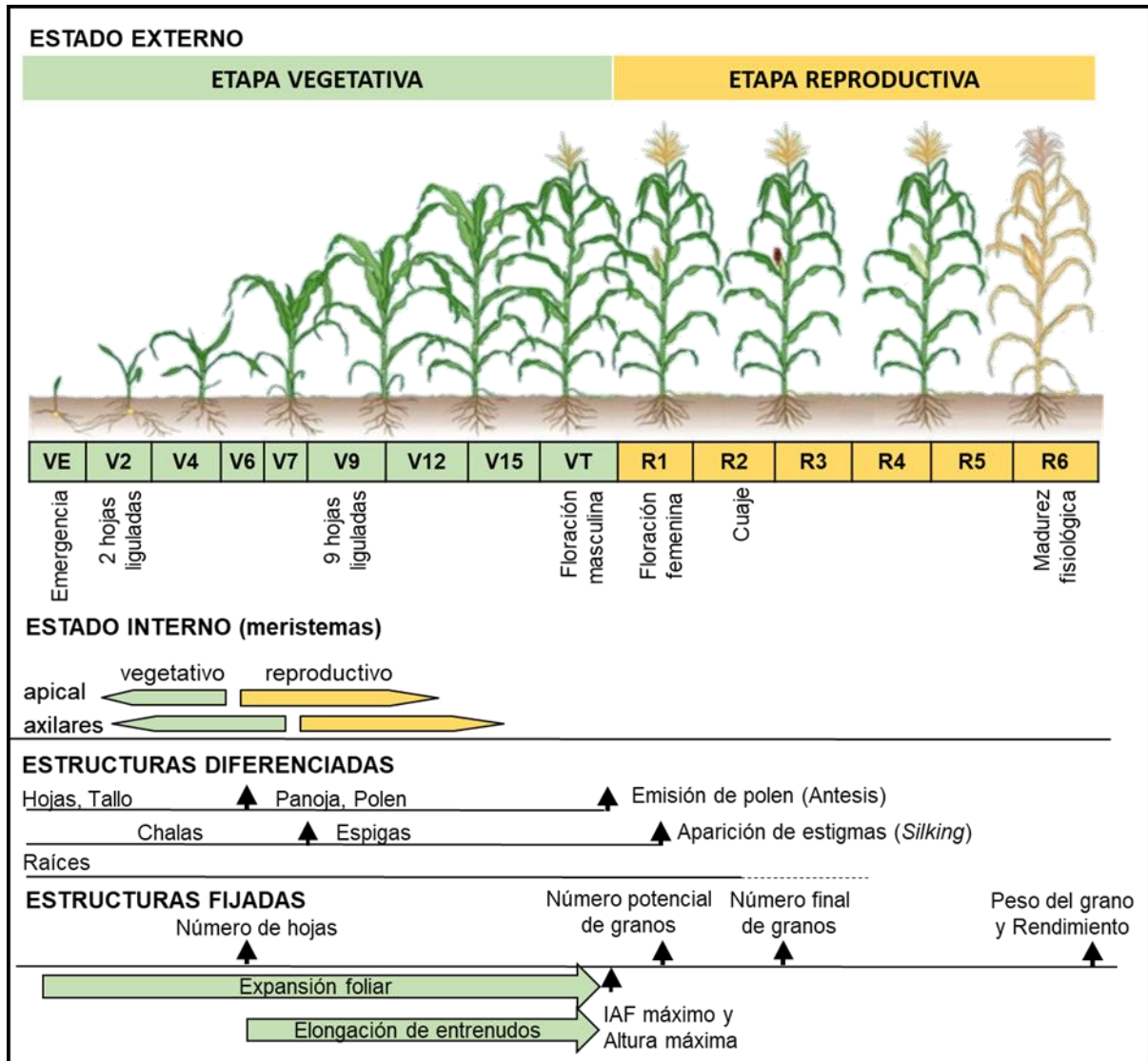


Figura 4.1. Representación esquemática del ciclo ontogénico del maíz. Se indican los rasgos morfológicos externos, visibles macroscópicamente, y los internos, de observación microscópica, según la escala de Ritchie y Hanway (1982). Se indican también los momentos aproximados en que queda fijado el número y tamaño de algunas estructuras de la planta. IAF: índice de área foliar.

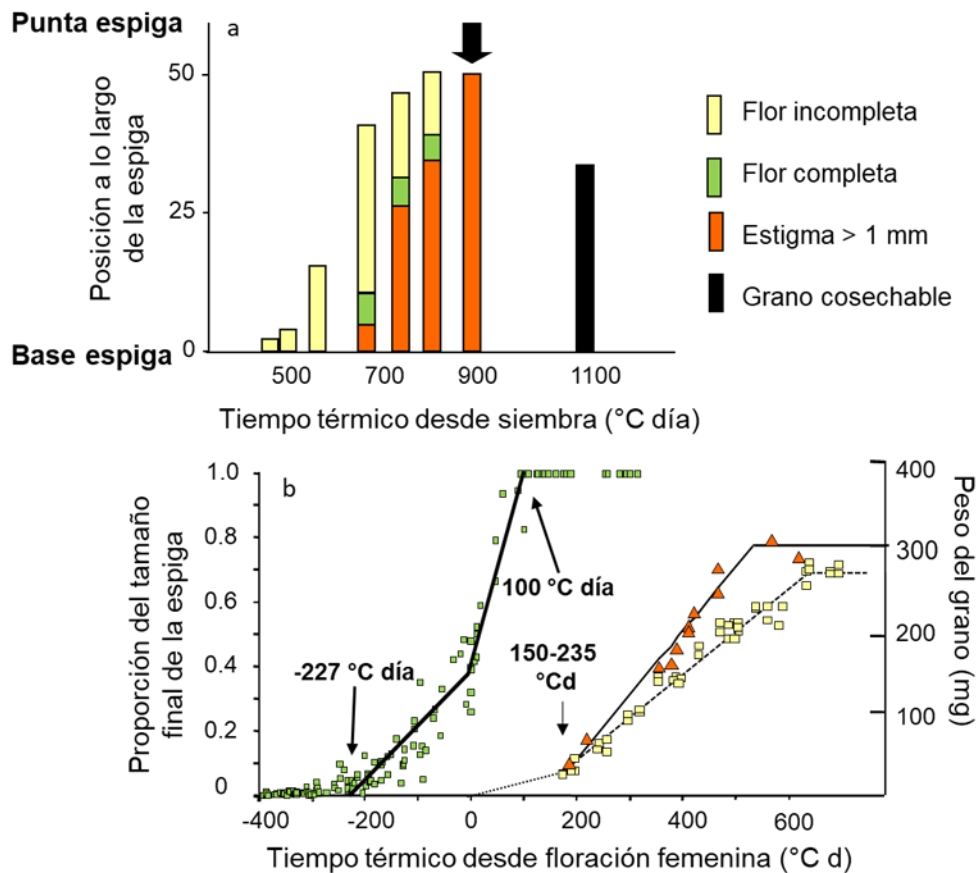


Figura 4.6. (a) Evolución del desarrollo floral a lo largo de la espiga de maíz y número final de granos para un híbrido cultivado a una densidad de 9 plantas m⁻². La flecha indica la fecha de floración femenina (R1: emergencia de estigmas). (b) Longitud relativa de la espiga (cuadrados) de siete híbridos de maíz cultivados en ambientes contrastantes y evolución del peso del grano para híbridos de alto (triángulos) y bajo (círculos) peso del grano. Adaptado de Otegui (1997), Otegui y Bonhomme (1998) y Maddonni et al. (1998).

Capítulo 5

DESARROLLO, CRECIMIENTO Y GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO DE SOJA

Adriana G. Kantolic y Magali Nico

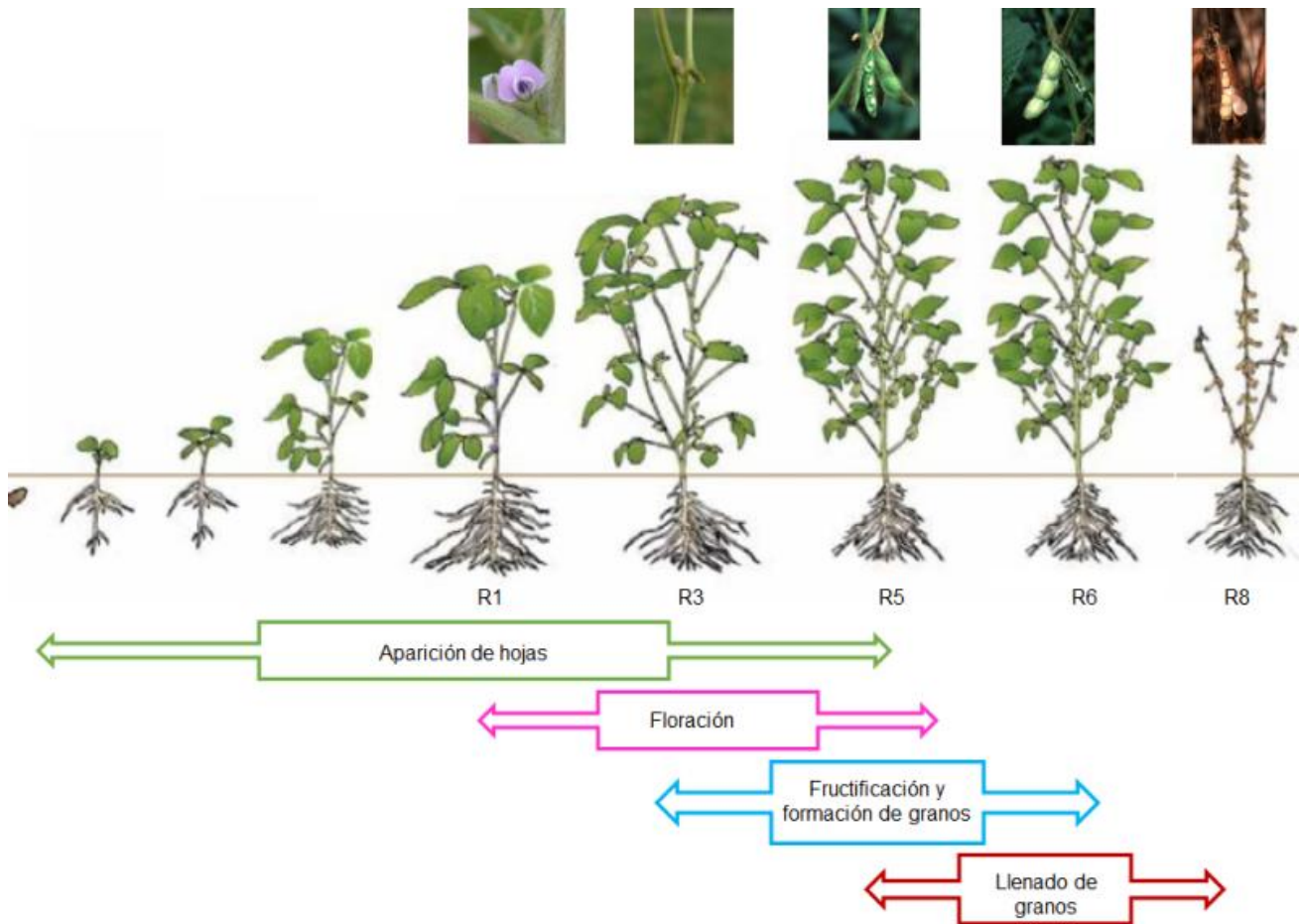


Figura 5.1. Esquema del ciclo ontogénico de soja indicando algunos estados de desarrollo según la escala de Fehr y Caviness (1977) y las principales fases de desarrollo posteriores a la emergencia. En la parte superior, se detallan, con aumento, los órganos reproductivos ubicados en los nudos superiores de la planta en cada estado R.

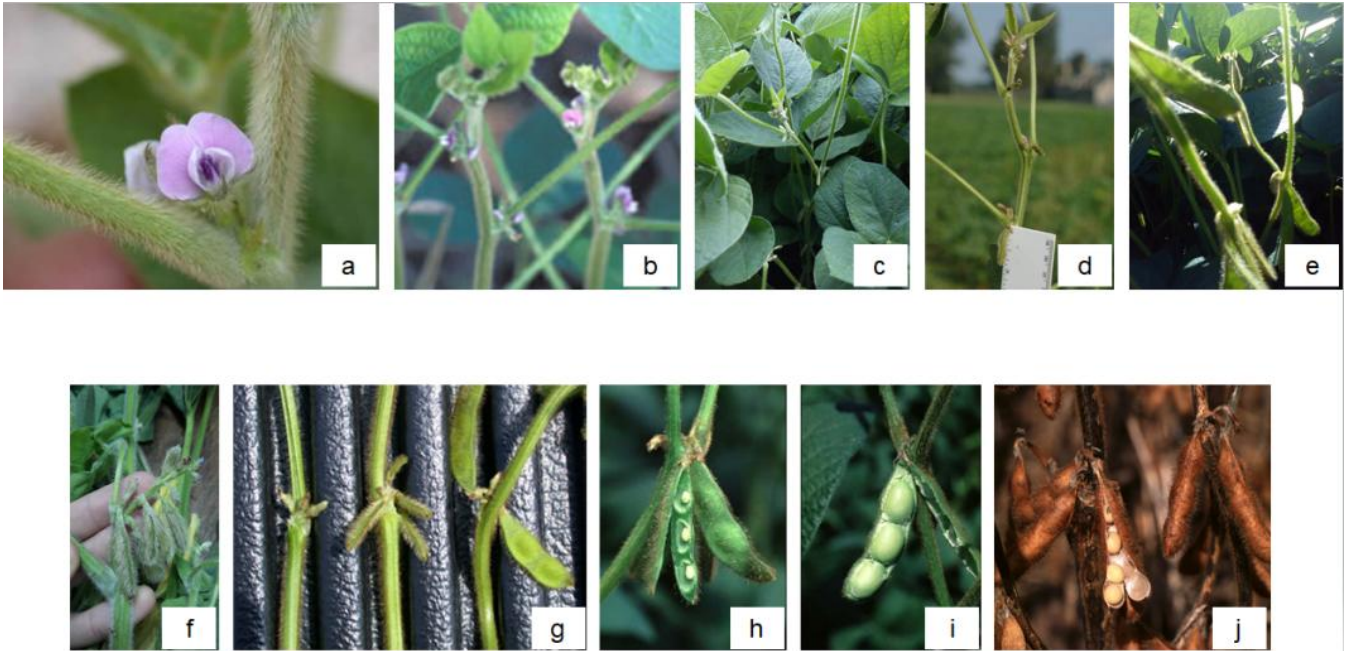


Foto 5.1. Órganos y estados reproductivos de soja: a) flores; b) plena floración (R2); c) comienzo de fructificación; d) plena fructificación (R4); comienzo de llenado de granos (R5); f) detalle de racimo axilar; g) nudos con vainas en diferente estado de desarrollo; h) vaina mostrando granos de 5 mm en su interior; i) vaina con granos que ocupan todo el lóculo; h) vainas y granos maduros, cerca del momento de cosecha.

Capítulo 7

ELECCIÓN Y MANEJO DE LA FECHA DE SIEMBRA

Leonor G. Abeledo, Adriana G. Kantolic, Mónica López Pereira,
Gustavo Á. Maddonni y Román A. Serrago

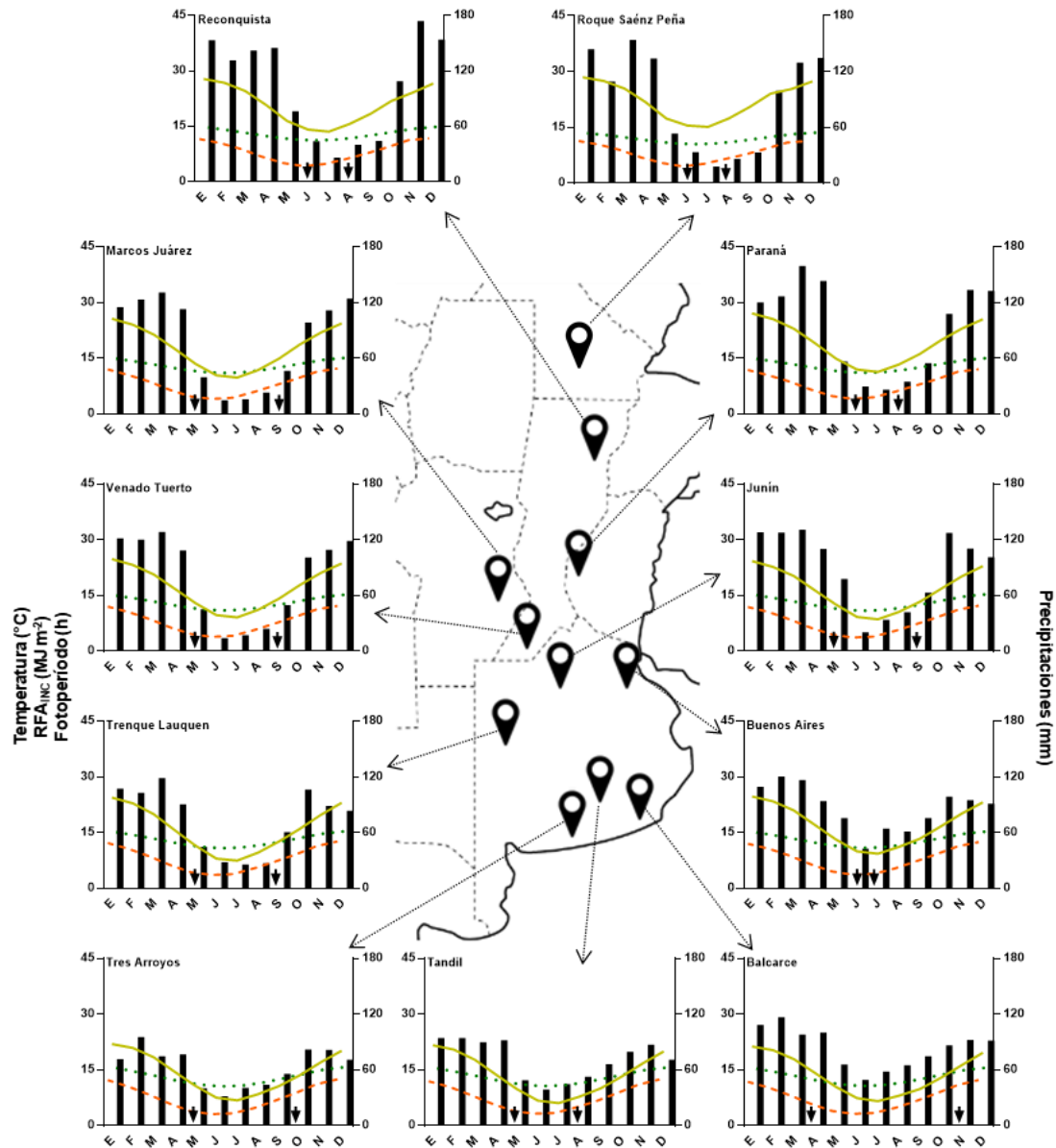


Figura 7.1. Valores promedio mensuales para el período 1998-2022 (25 años) de enero a diciembre (identificados por las letras en el eje x) de temperaturas medias (línea continua), radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA_{INC}; línea de guiones), fotoperíodo (línea de puntos), precipitaciones (barras), y primera y última helada de 0 °C (flecha izquierda y derecha, respectivamente) para las localidades (ordenadas de norte a sur) de Roque Sáenz Peña, Reconquista, Paraná, Marcos Juárez, Venado Tuerto, Junín, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Trenque Lauquen, Tandil, Balcarce y Tres Arroyos.

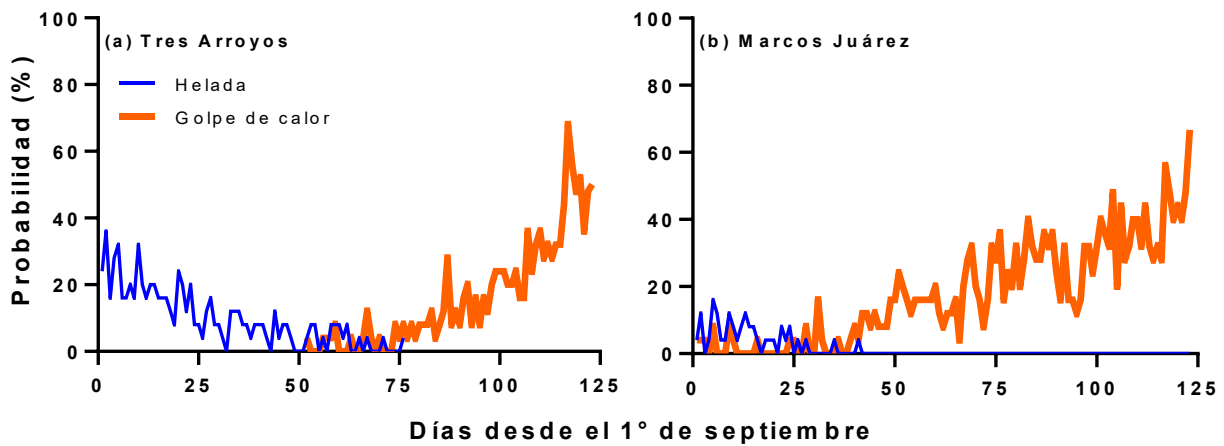


Figura 7.3. Probabilidad de heladas tardías (temperatura mínima ≤ 0 °C) y golpes de calor (temperatura máxima ≥ 32 °C) para Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, latitud $-38,40^\circ$, longitud $-60,30^\circ$) y Marcos Juárez (provincia de Córdoba, latitud $-32,70^\circ$, longitud $-62,11^\circ$) en función de los días desde el 1° de septiembre para el período 1998-2022 (25 años).

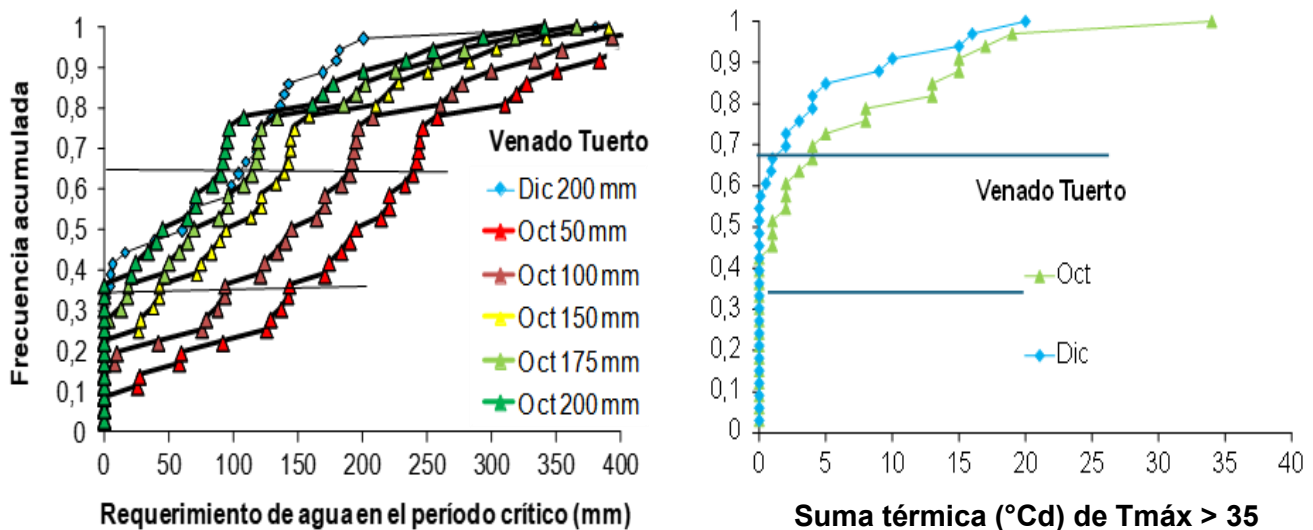


Figura 7.8. (a) Variabilidad interanual en el requerimiento de agua y (b) sumatoria ($^{\circ}\text{Cd}$) de temperaturas máximas por encima de 35 °C (golpes de calor) alrededor del período crítico de un maíz temprano (siembra a principios de octubre) y un maíz tardío (siembra a principios de diciembre) en Venado Tuerto, provincia de Santa Fe, en un suelo con un almacenamiento de agua útil máximo de 200 mm. Para la fecha temprana se grafica el requerimiento de agua para cinco contenidos iniciales de agua útil y para la fecha tardía solo se grafica el requerimiento de agua con perfil completo (situación más frecuente). Cada símbolo representa un año de la serie histórica climatológica de Venado Tuerto. Las líneas horizontales separan los terciles inferior (años más húmedos o más frescos), medio y superior (años más secos o más cálidos). Adaptado de Maddonni (2012).

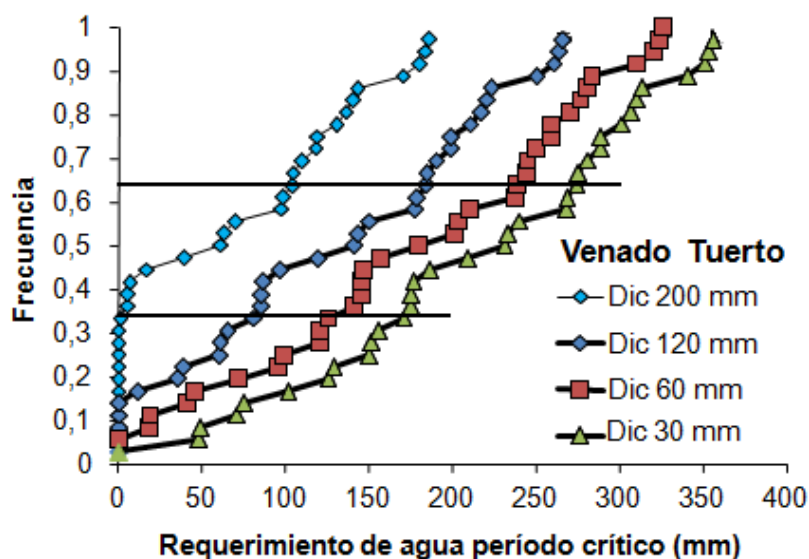


Figura 7.10. Variabilidad interanual en los requerimientos de agua alrededor del período crítico de un maíz tardío (diciembre; 200 mm) y maíces de segunda (diciembre; 30, 60 o 120 mm de agua útil a la siembra) en Venado Tuerto, provincia de Santa Fe, en un suelo con un almacenamiento de agua útil máximo de 200 mm. Cada símbolo representa un año de la serie histórica climatológica de Venado Tuerto. Las líneas horizontales separan los terciles inferior (años más húmedos), medio y superior (años más secos). Adaptado de Maddonni (2012).

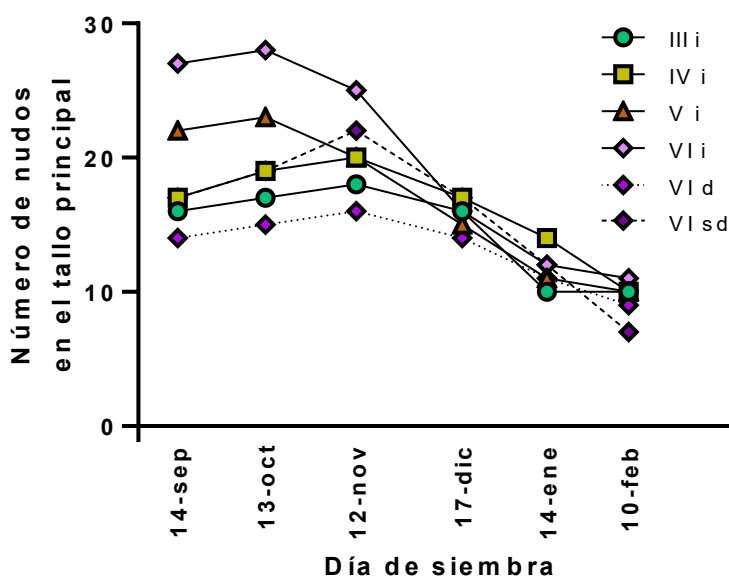


Figura 7.11. Número de nudos en el tallo principal en función de la fecha de siembra en cultivares de soja de cuatro grupos de madurez: GM III (círculos), GM IV (cuadrados), GM V (triángulos) y GM VI (rombos), con hábito de crecimiento indeterminado (ind, líneas llenas), semideterminado (sd, línea partida) y determinado (d, línea punteada). Elaborado a partir de datos de H. Peltzer, INTA Paraná (provincia de Entre Ríos, $-31,73^\circ$ latitud, $-60,52^\circ$ longitud).

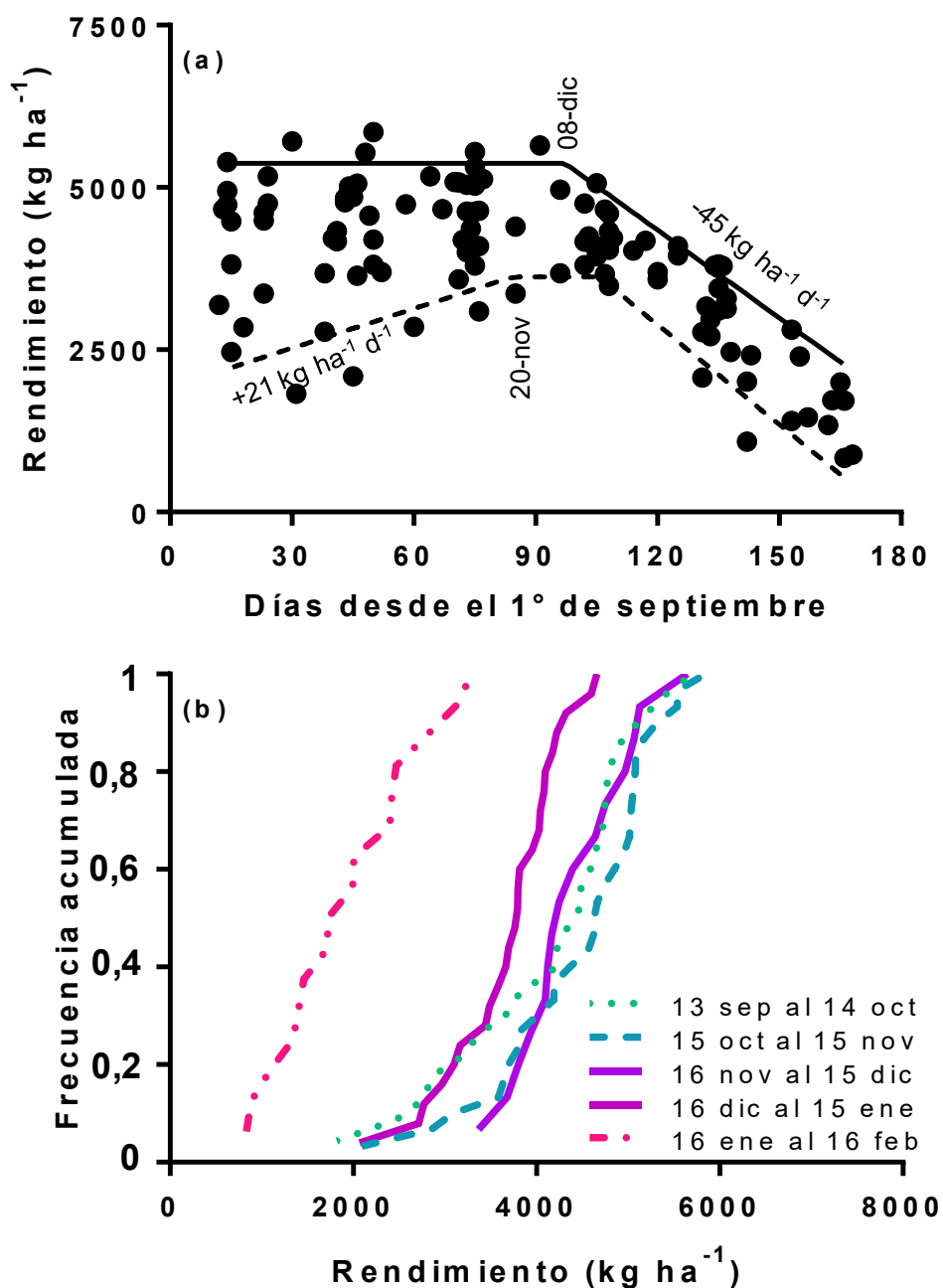
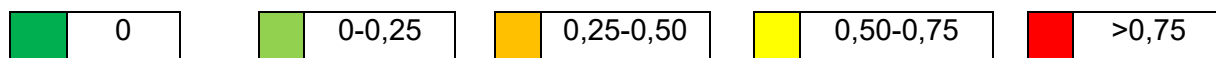


Figura 7.13. (a) Rendimientos logrados en soja durante ocho campañas en Paraná (provincia de Entre Ríos, -31,73° latitud, -60,52° longitud) en diferentes fechas de siembra. Las líneas ajustan los límites superiores e inferiores. Se señala la fecha estimada en la que comienzan a disminuir los rendimientos más altos y la tasa de reducción (líneas llenas) y la fecha estimada en que cesan de aumentar los rendimientos más bajos y la tasa de aumento inicial (líneas punteadas). (b) Distribución de frecuencias de rendimiento según rangos de fechas de siembra. Elaborado a partir de datos inéditos de H. Peltzer, INTA Paraná.

Cuadro 7.2. Jerarquización de factores en la elección de la fecha de siembra de maíz en Marcos Juárez (provincia de Córdoba, latitud $-32,70^\circ$, longitud $-62,11^\circ$). Los diferentes colores de relleno indican las frecuencias de ocurrencia de las distintas restricciones. Adaptado de Maddonni (2012).



Factor	Maíces tempranos		Maíces tardíos	
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Heladas				
Baja temperatura a la siembra				
Poca humedad cama de siembra				
Baja carga de agua en el perfil a la siembra				
Déficit hídrico en floración				
Golpe de calor en floración				
Golpe de calor en llenado				

Capítulo 8

ELECCIÓN DE GENOTIPOS

José R. Micheloud, Elba B. de la Fuente y Abelardo de la Vega

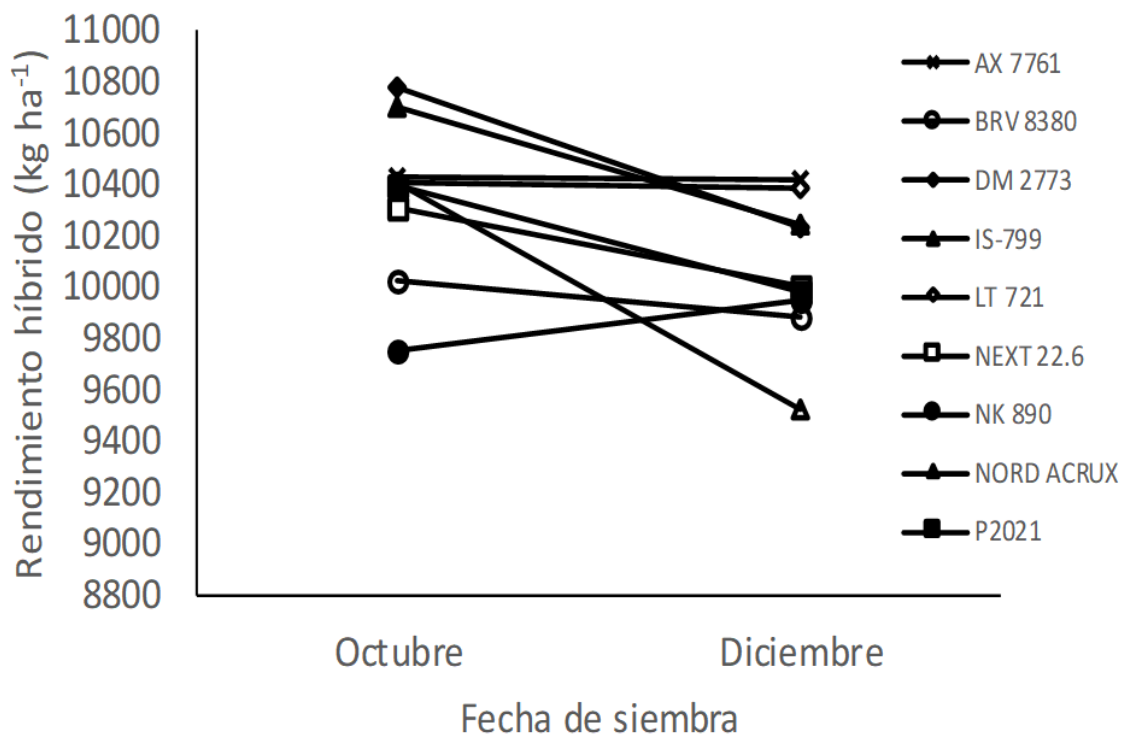


Figura 8.1. Rendimiento de nueve híbridos de maíz en cuatro localidades del norte de Buenos Aires y dos fechas de siembra (octubre y diciembre) durante la campaña 2020/21. Dentro de cada fecha de siembra, el rendimiento de cada híbrido es el promedio de las cuatro localidades. Elaborado con datos provistos por CREA Norte de Buenos Aires (2022).