

DESARROLLO FENOLÓGICO EN TRIGO Y CEBADA: PRINCIPALES ETAPAS Y GENERACIÓN DE HOJAS, ESPIGUILLAS Y FLORES

Ing. Agr. M.Sc. Guillermo García



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Curso Internacional - Red METRICE
Ecofisiología de Cereales de Invierno
Paysandú 5, 6 y 7 de Diciembre de 2012 EEMAC-UdelaR

Escalas de desarrollo

Utilidad y ejemplos de las escalas más utilizadas, tanto experimental como agronómicamente.

Ciclo ontogénico

Cambios en la morfología externa y en el ápice de crecimiento a lo largo del ciclo del cultivo.

Clasificación botánica



Subdivisión: ANGIOSPERMAS

Clase: Monocotiledóneas

Familia: Ciperáceas

Familia: Gramíneas (Poáceas)

Subfamilia: Bambusóideas

Subfamilia: Orizóideas

Subfamilia: Fragmitoideas

Subfamilia: Póideas

Tribu: Agrostídeas

Tribu: Avéneas

Tribu: Estípeas

Tribu: Falarídeas

Tribu: Melíceas

Tribu: Poeas

Tribu: Tritíceas

Género: Agropiron

Género: Secale

Género: Triticum (16 especies) → **Triticum aestivum L.**

Género: Hordeum (53 especies) → **Hordeum vulgare L.**

Género: Elymus

Subfamilia: Cloridóideas

Subfamilia: Panicóideas

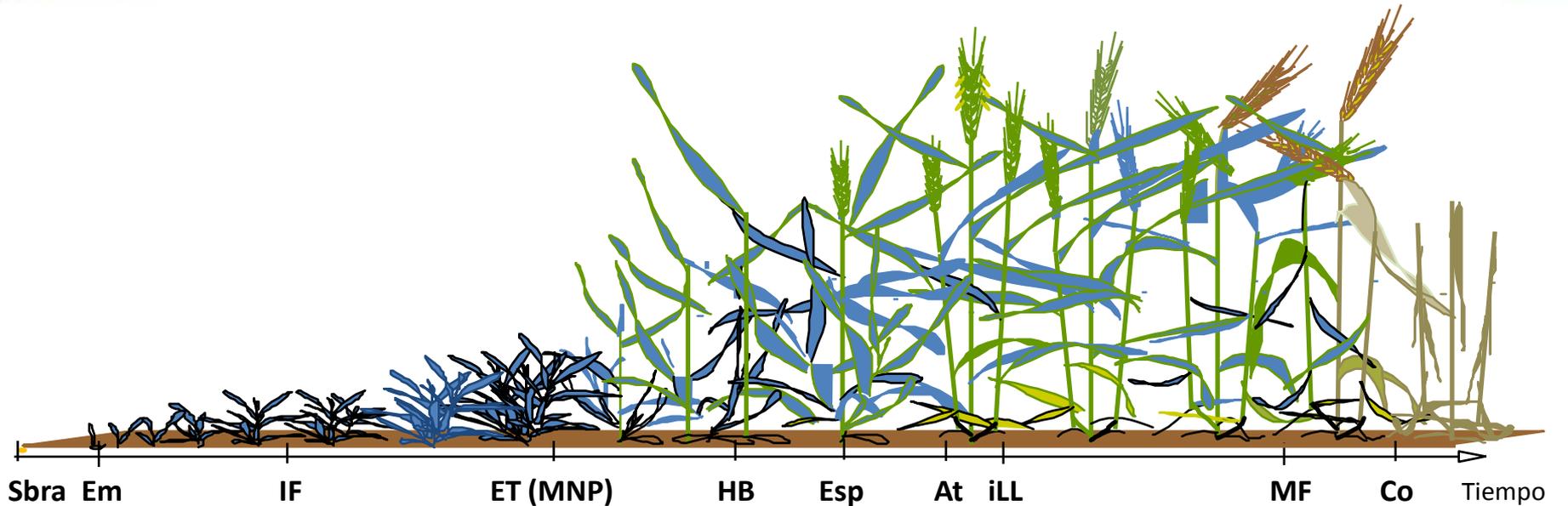
Tribu: Andropogóneas

Tribu: Maídeas

Tribu: Paníceas



Ciclo ontogénico



Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

plantas m⁻²

espiguillas espiga⁻¹

peso grano

vástagos planta⁻¹ (generación y supervivencia)

granos espiguilla⁻¹

granos m⁻²

RENDIMIENTO



Permiten describir los diferentes estados ontogénicos externos e internos por los que atraviesa el cultivo, codificándolos en un idioma universal.

Involucran procesos de desarrollo fásico y morfológico (e incluso crecimiento).
Consideran todo el ciclo del cultivo, o el desarrollo de un determinado órgano.

Haun, 1973

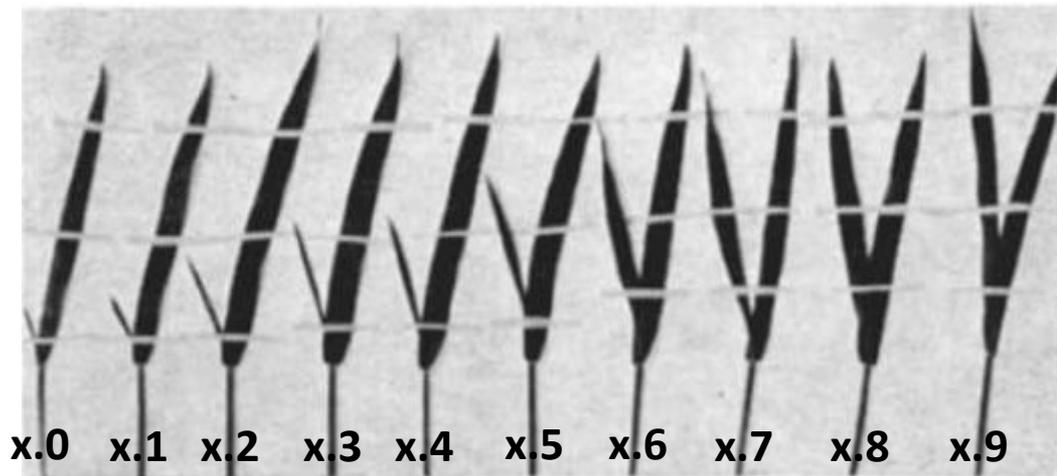
Proporción de elongación de una hoja con relación a la inmediatamente anterior.

Estimación tasa de aparición foliar y recíproca (i.e. filocrono).

Visual Quantification of Wheat Development¹

J. R. Haun²

Agron. J. 65 116-119



Escalas de desarrollo (ejemplos)

Waddington et al, 1983

Desarrollo floral cualitativo.
Estimación tasa desarrollo floral.

Ann. Bot. 51, 119-130, 1983

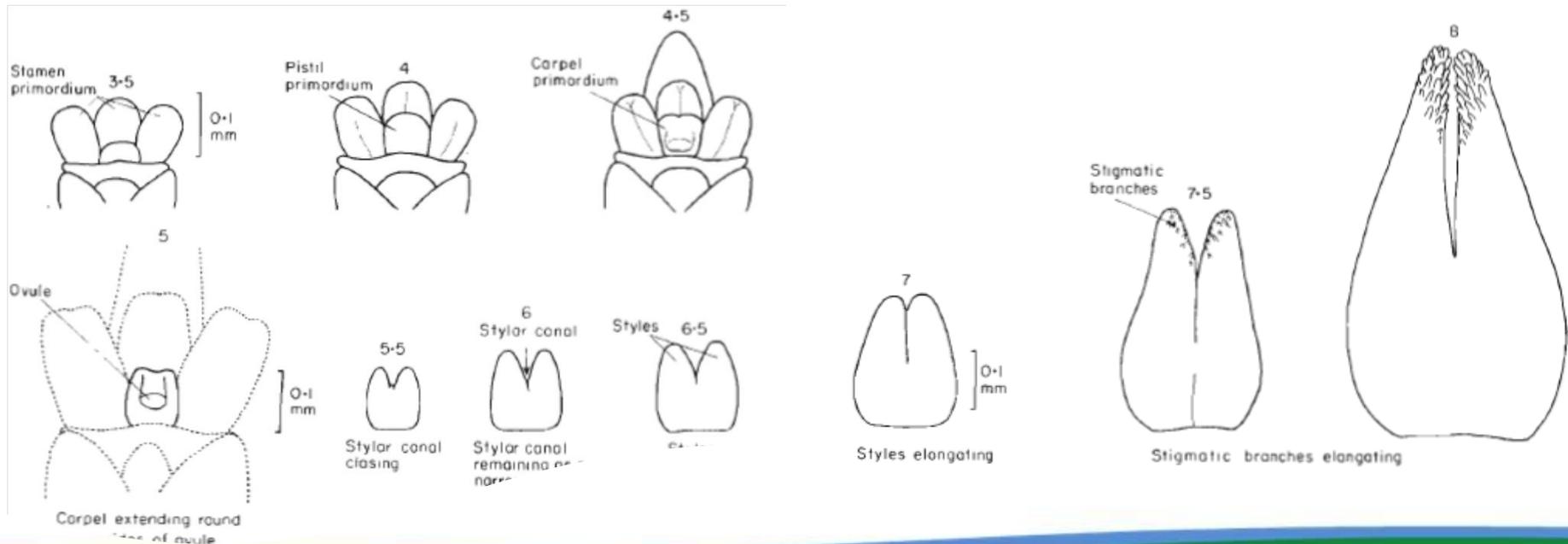
A Quantitative Scale of Spike Initial and Pistil Development in Barley and Wheat

S. R. WADDINGTON, P. M. CARTWRIGHT

Department of Agricultural Botany, University of Reading, Berkshire, RG6 2AS

and P. C. WALL

CIMMYT, Londres 40, Apdo. Postal 6-641, México 6, D.F. México



Escalas de desarrollo (ejemplos)

Waddington et al, 1983
(adaptado de Ferrante et al, 2012)

- Transition apex. 1.5
- Early double ridge stage. 2
- Double ridge stage. 2.5
- Glume primordium present. 3
- Lemma primordium present. 3.25
- Floret primordium present. 3.5
- Stamen primordium present. 4
- Pistil primordium present. 4.25
- Carpel primordium present. 4.5
- Carpel extending round three sides of ovule. 5
- Style canal closing; ovarian cavity enclosed on all sides but still open above. 5.5
- Style canal remaining as a narrow opening; two short round style primordia present. 6
- Style begin elongating. 6.5
- Stigmatic branches just differentiating as swollen cell on styles. 7
- Unicellular hairs just differentiating on ovary wall; stigmatic branches elongating. 7.5
- Stigmatic branches and hairs on ovary wall elongating. 8
- Stigmatic branches and hairs on ovary wall continue to elongate; stigmatic branches from a tangled mass. 8.5
- Styles and stigmatic branches erect; stigmatic hairs differentiating. 9
- Styles and stigmatic branches spreading outwards. Stigmatic hairs well developed. 9.5
- Styles curved outwards and stigmatic branches spread wide; pollen grains on well-developed stigmatic hairs. 10

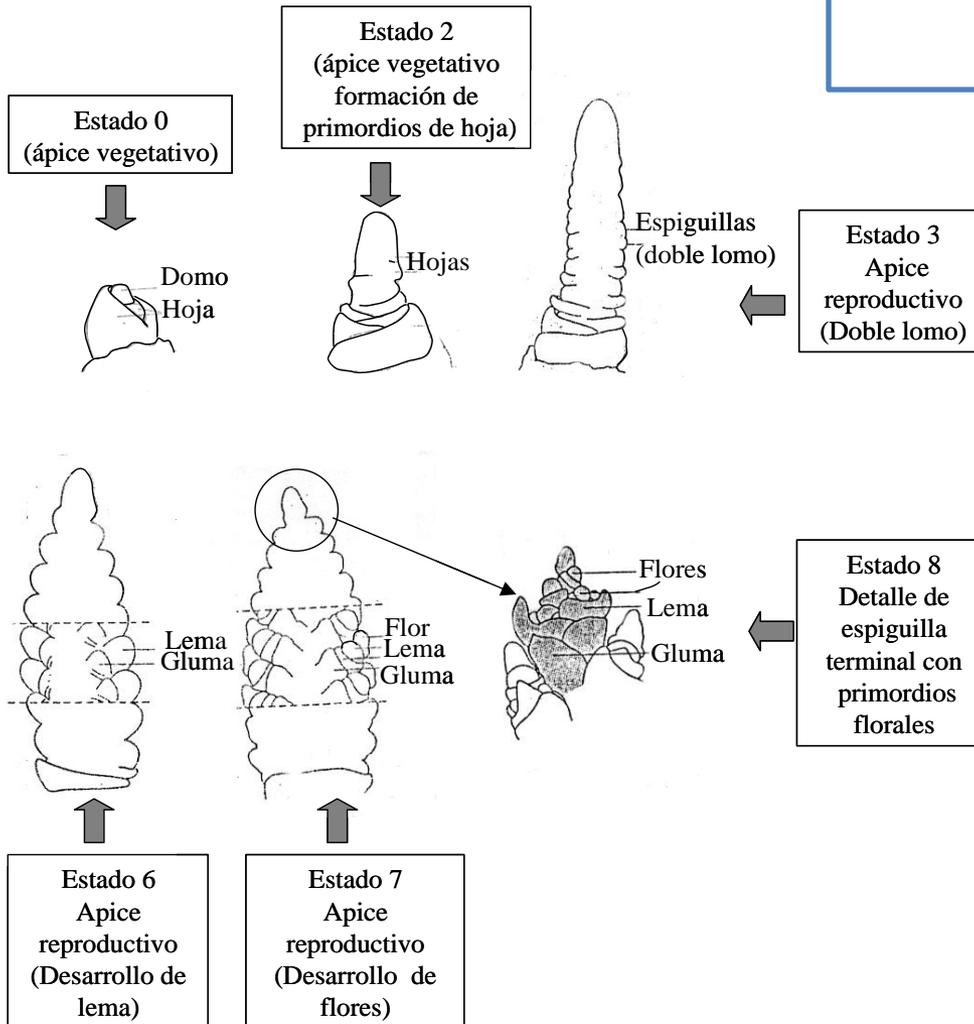


Waddington et al, 1983

Escalas de desarrollo (ejemplos)

Gardner et al, 1985

Desarrollo del ápice de crecimiento.

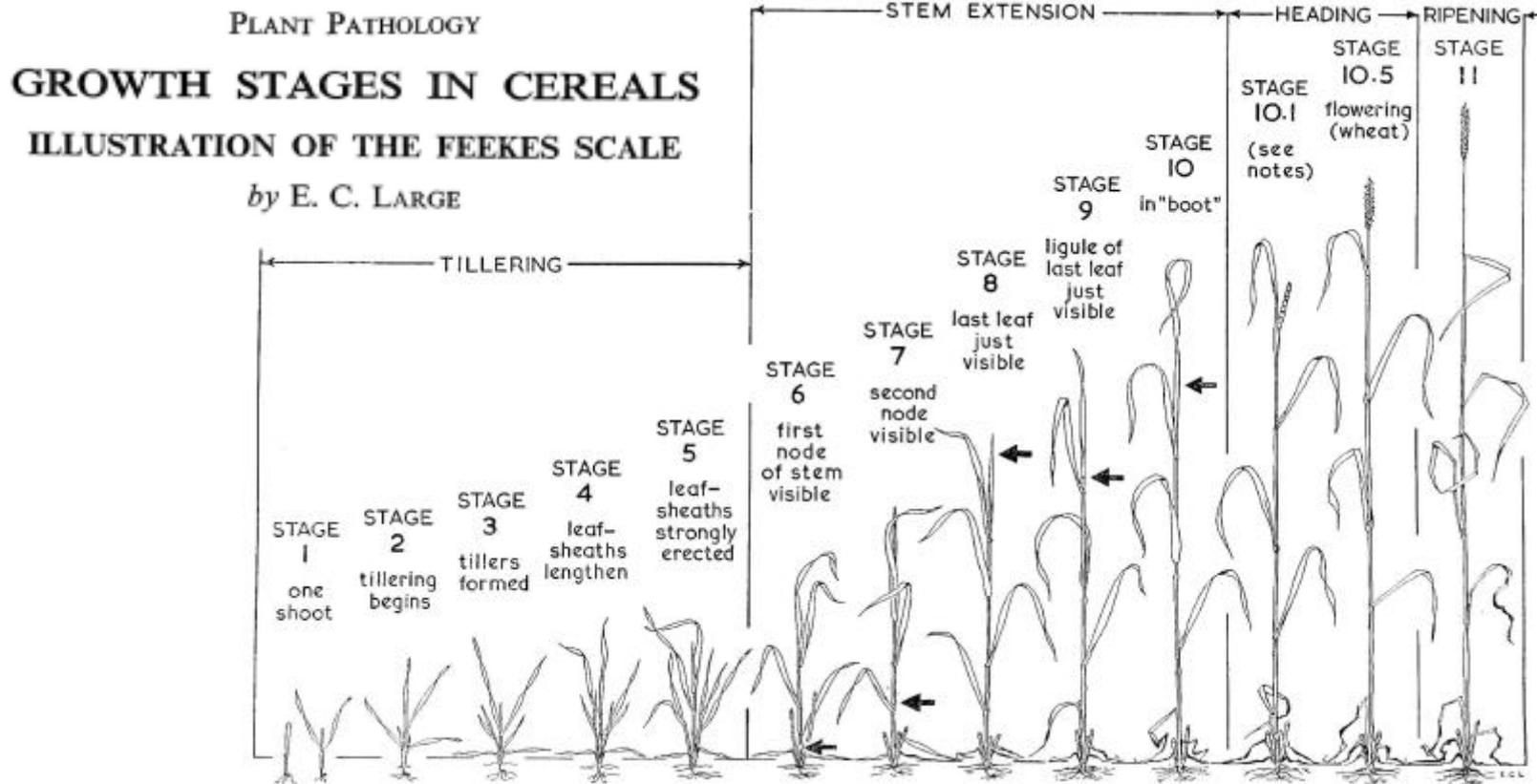


Development of a young wheat spike: a SEM study of Chinese Spring wheat.
Gardner, J.S., W.M. Hess, E.J. Trione.
1985 (Am. J. Bot. 72:548-559).

Escalas de desarrollo (ejemplos)

Feekes (adaptada de Lange 1954)

Morfología externa (desarrollo y crecimiento) del cultivo.
Descripción de todo el ciclo del cultivo.



Escalas de desarrollo (ejemplos)

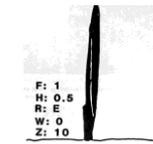
Zadoks et al, 1974

Morfología externa (desarrollo y crecimiento) del cultivo
Escala más utilizada.

Weed Research, 1974, Volume 14, 415-421

A decimal code for the growth stages of cereals

J. C. ZADOKS,* T. T. CHANG† AND C. F. KONZAK.



Zadoks 1.0
Crecimiento de plántula
(1 hoja emergida)



Zadoks 1.2
Crecimiento de plántula
(2 hojas expandidas)



Zadoks 1.5, 2.3, 3.0
Fin de macollaje
(5 hojas expandidas
y 3 macollos)
Inicio elongación tallo



Zadoks 1.6, 2.3, 3.1
Encañazón
(6 hojas expandidas,
3 macollos y
1er. Nudo visible)



Zadoks 1.9, 2.3, 4.5
Vaina engrosada
(9 hojas expandidas,
3 macollos y estado de bota)

0 - Germinación

1 - Crecimiento de Plántula (*)

2 - Macollaje (**)

3 - Elongación del Tallo

4 - Estado de bota

5 - Emergencia de inflorescencia

6 - Antesis

7 - Desarrollo lechoso del grano

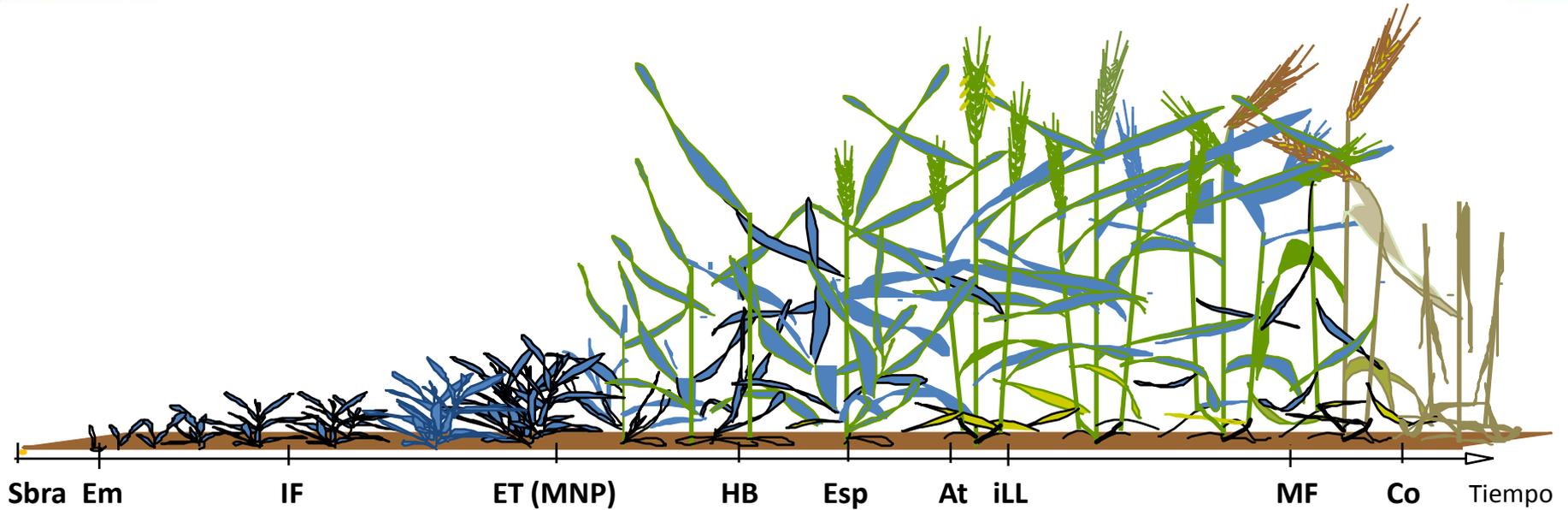
8 - Desarrollo pastoso del grano

9 - Madurez

(*)11 a 19 refleja el número de hojas expandidas en el vástago principal.

(**) 21 a 29 refleja el número de macollos visibles en la planta.

Ciclo ontogénico

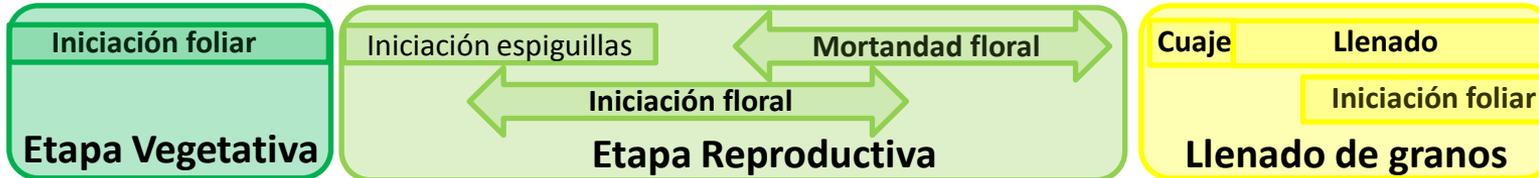


Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

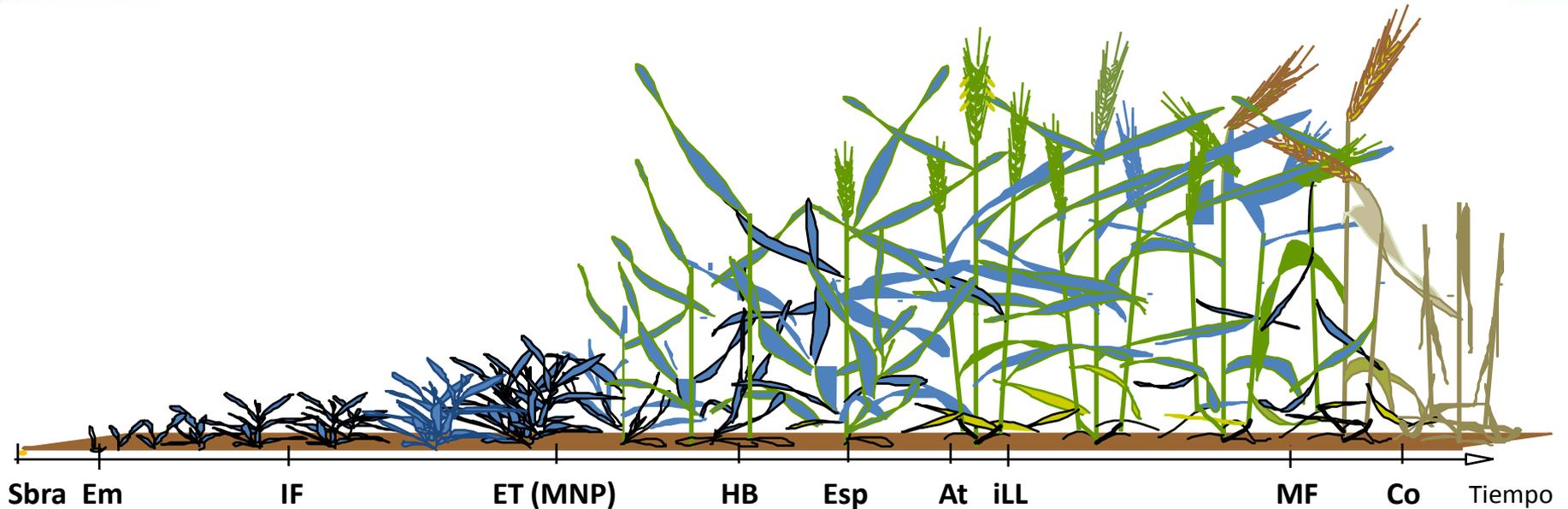
Establecimiento/Macollaje

Encañazón/Floración

Llenado de Granos/Cosecha



Ciclo ontogénico



Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

Establecimiento/Macollaje

Iniciación foliar

Etapa Vegetativa

Iniciación espiguillas

Mortandad floral

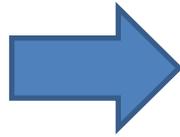
Iniciación floral

Etapa Reproductiva

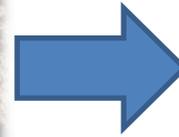
Establecimiento / Macollaje



Siembra (DC0)



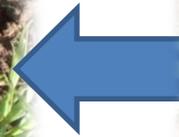
Emergencia (DC1.0)



Aparición de hojas (DC1.x)



Inicio macollaje(DC2.1)



Macollaje(DC2.x)

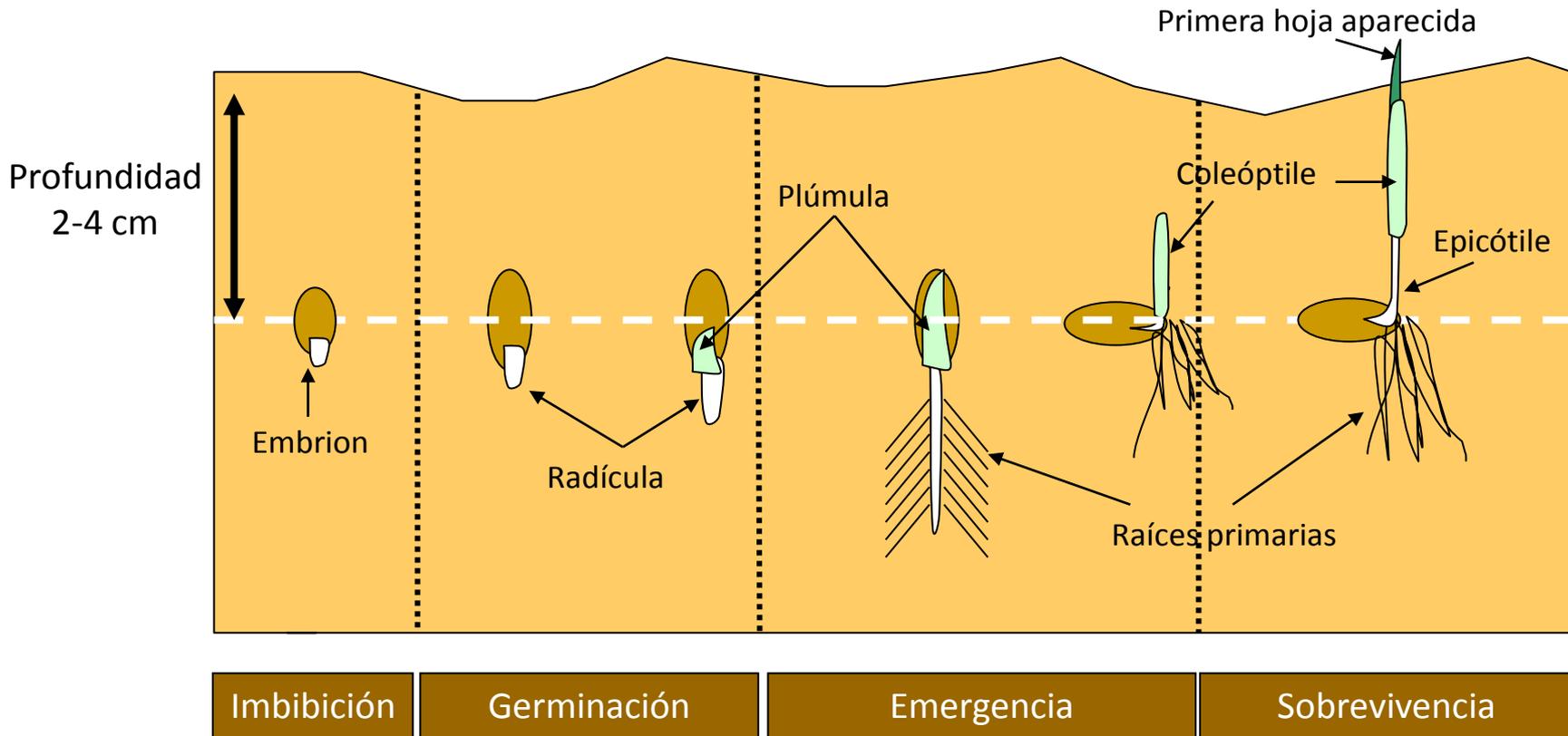


Inicio encañazón(DC3.0)

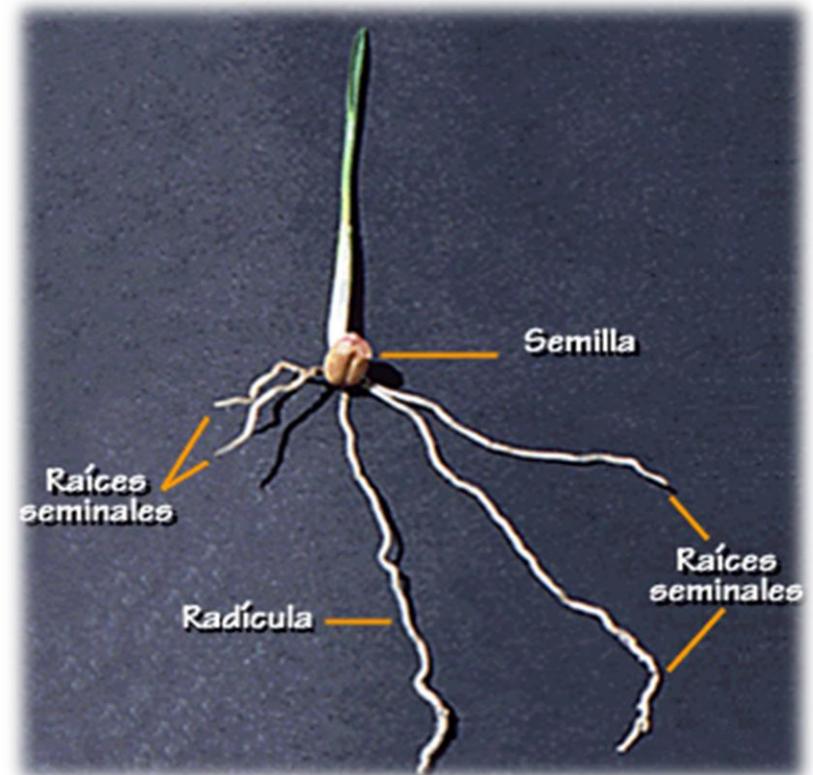
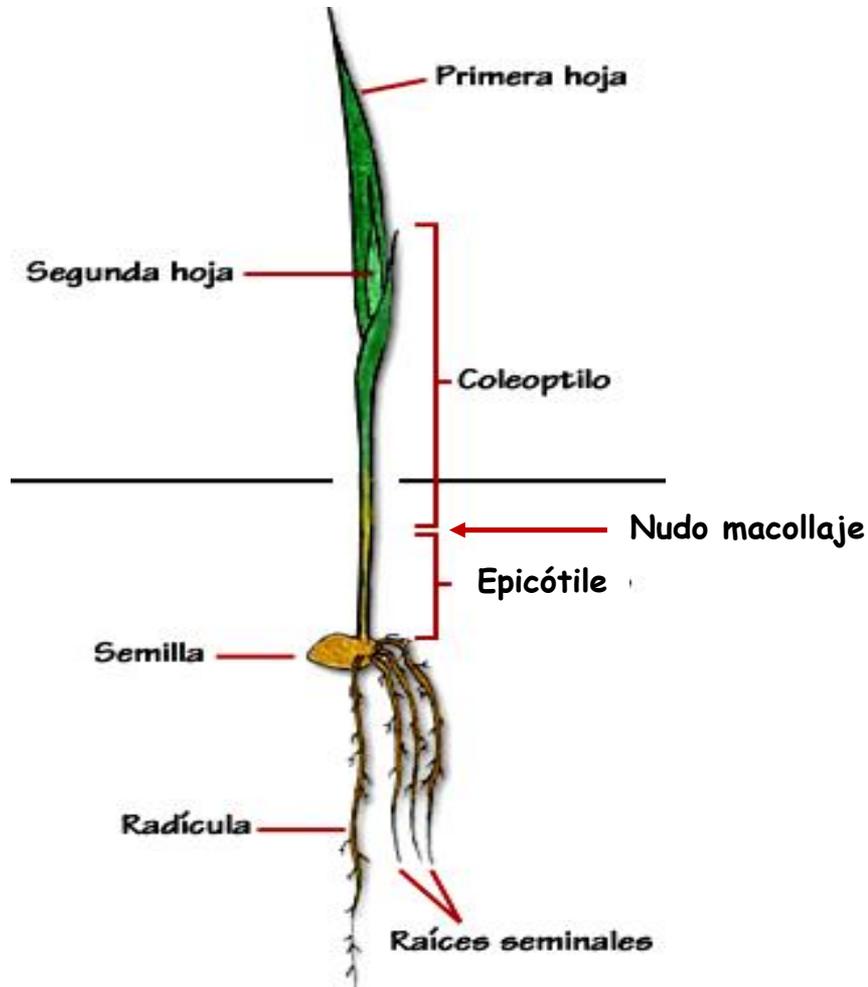
Establecimiento / Macollaje

Siembra - Emergencia

Diferenciación de 2-3 hojas, más 3-4 pre-diferenciadas en el embrión.
Disponibilidad de agua, profundidad de siembra, y temperatura.



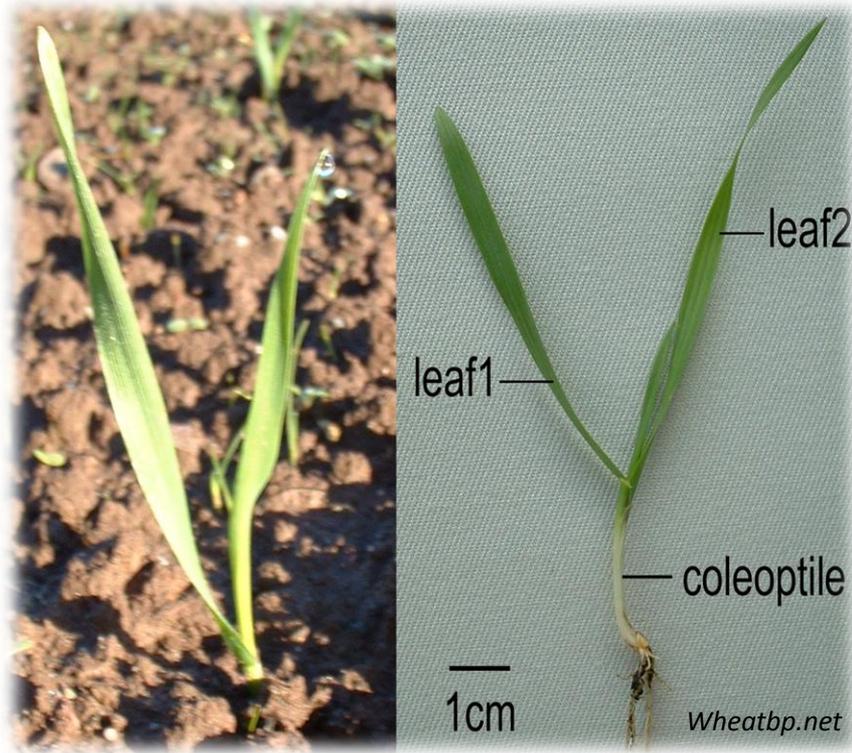
Establecimiento / Macollaje



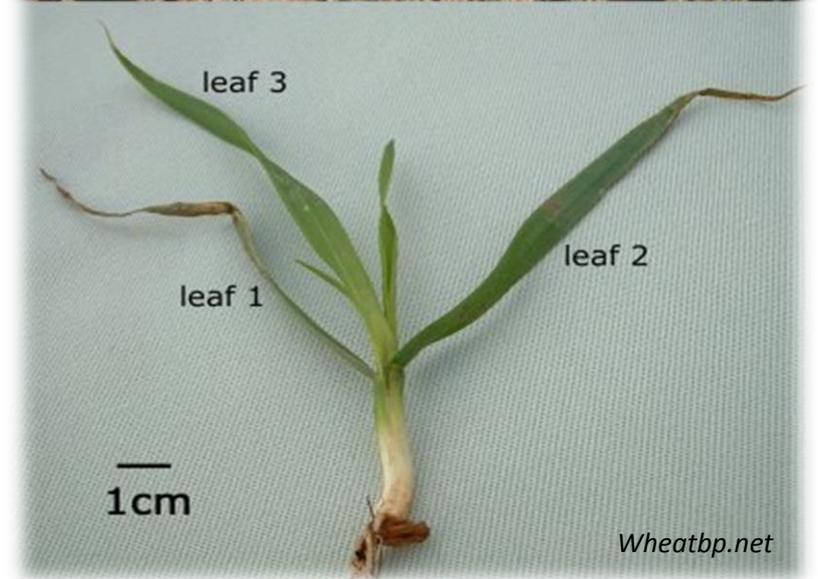
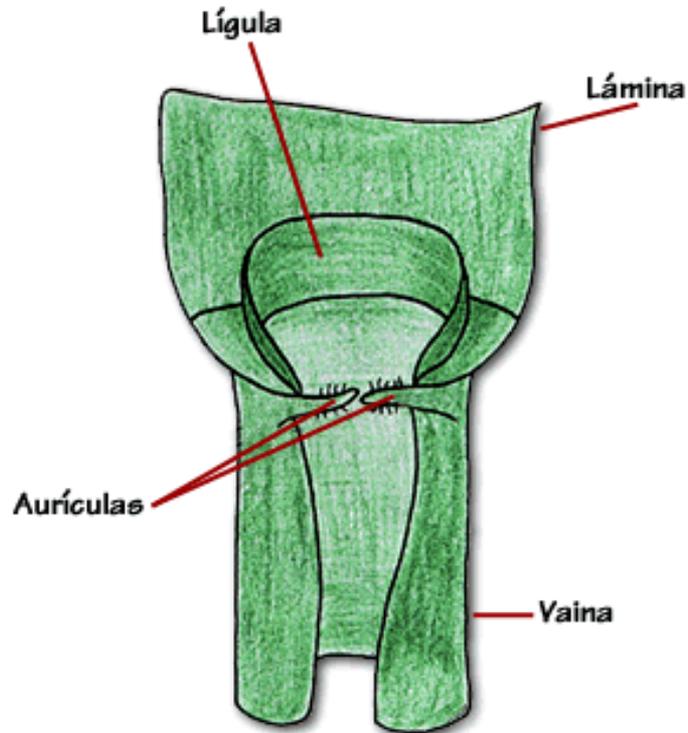
Establecimiento / Macollaje

Emergencia - Inicio de macollaje

Aparición de hojas a un rito de ca. 90-100°Cd (**filocrono**) desde un “falso tallo”.
Comienza a generarse área foliar.



Establecimiento / Macollaje



Establecimiento / Macollaje

Emergencia - Inicio de macollaje

Mayor vigor inicial en cebada



Cebada



Fotos: Alzueta, 2008

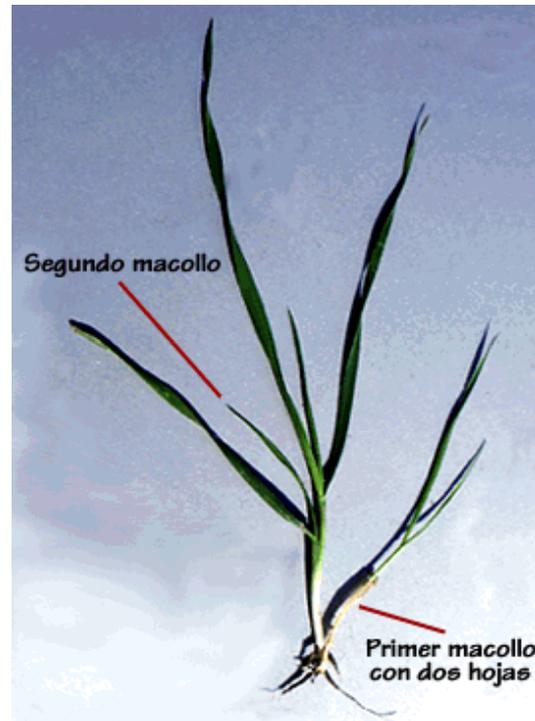
Trigo

8 días desde emergencia

Establecimiento / Macollaje

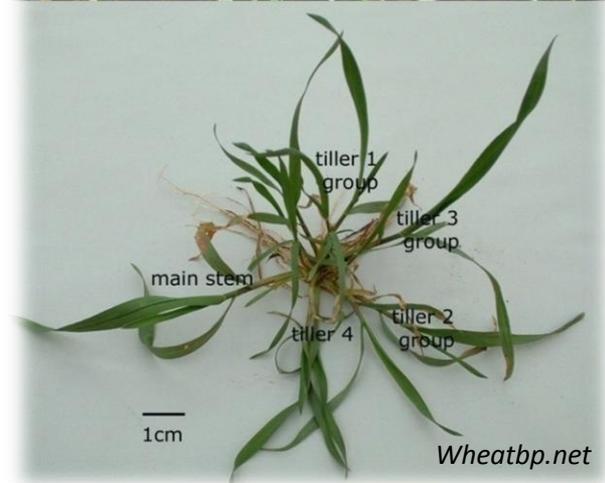
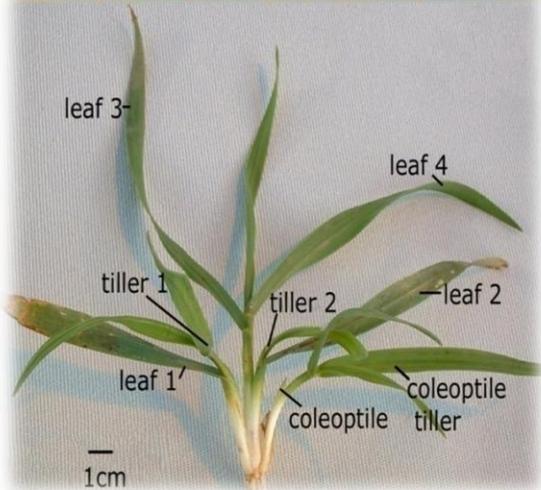
Macollaje

Primer macollo a partir de la axila de la hoja más vieja, una vez que se produjo la emergencia de la 3° o 4° hoja, jerarquía de macollos.
Sincronía entre aparición de hojas y macollos.
Incremento generación área foliar.



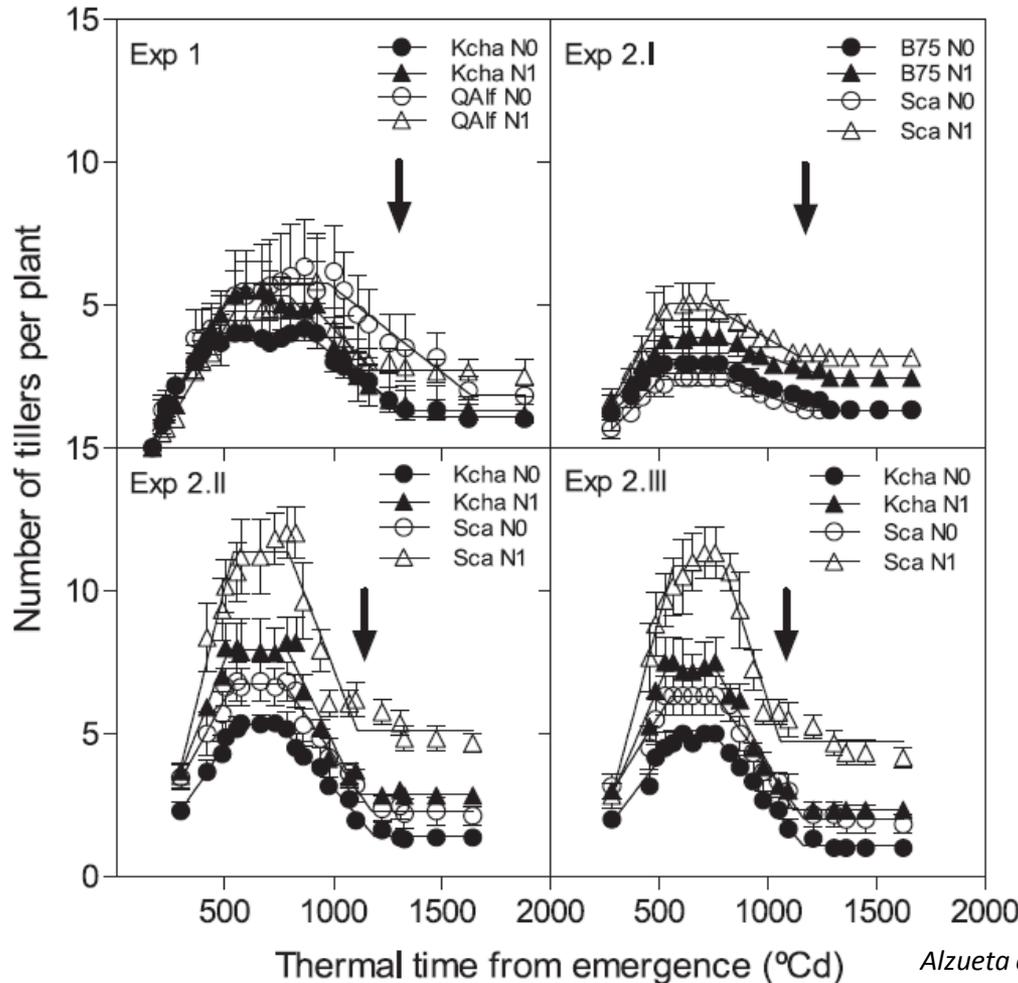
Establecimiento / Macollaje

Macollaje



Establecimiento / Macollaje

Macollaje



Mayor establecimiento de macollos en cebada (mayor generación).

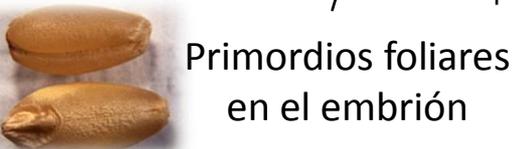
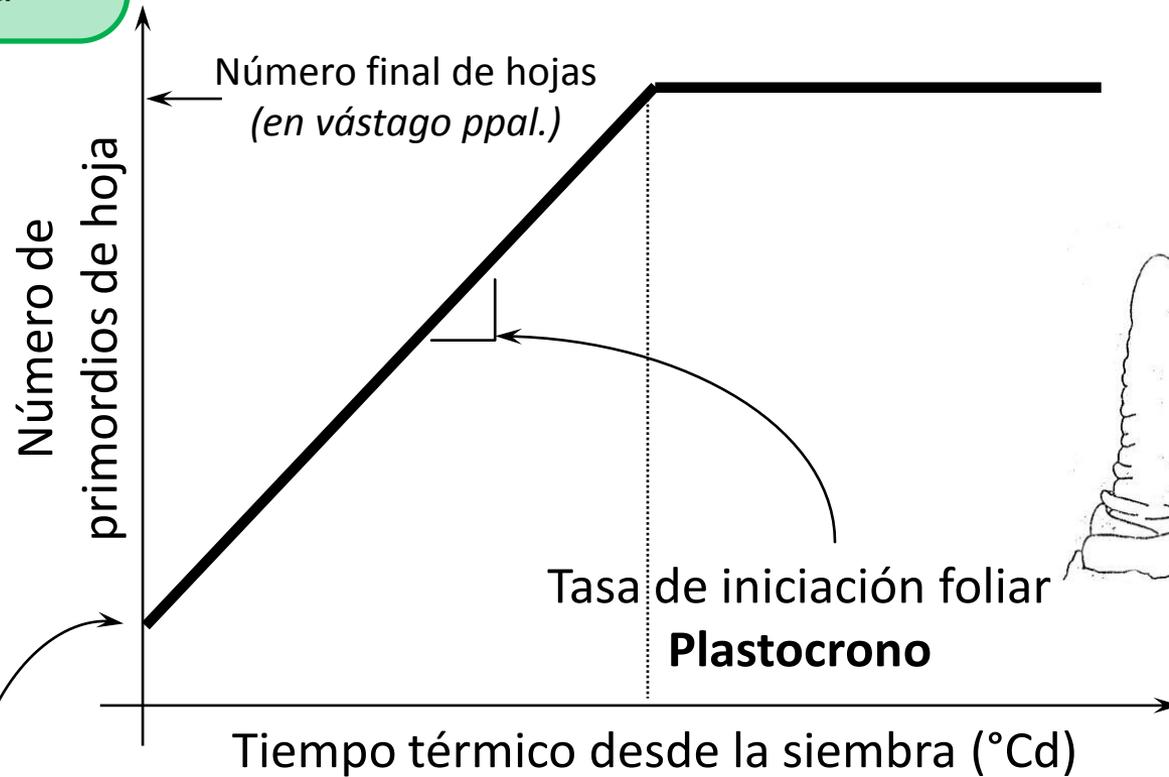
Alzueta et al, 2012

Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación foliar
Etapa
Vegetativa

Diferenciación foliar

Diferenciación de hojas a un ritmo de ca. 50°Cd (**plastocrono**).

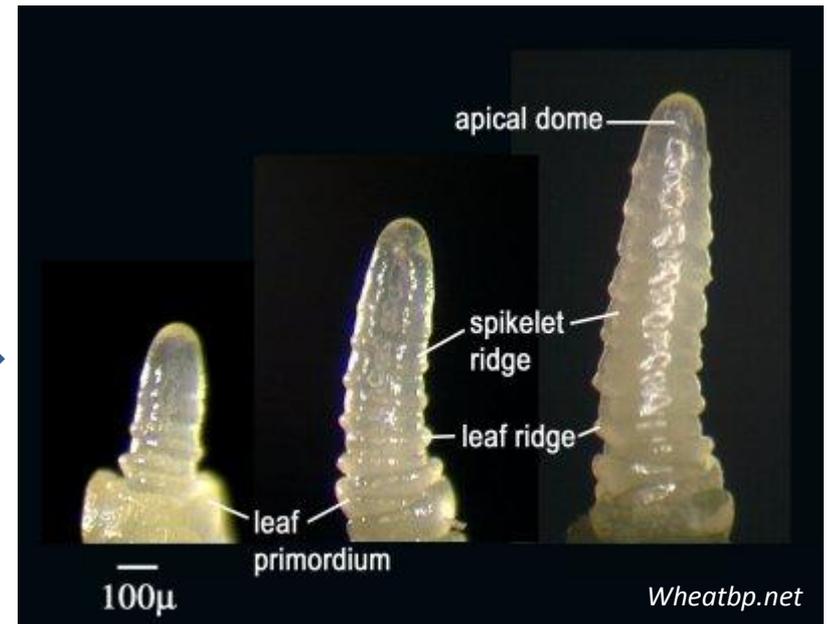
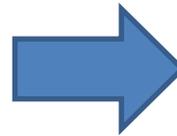
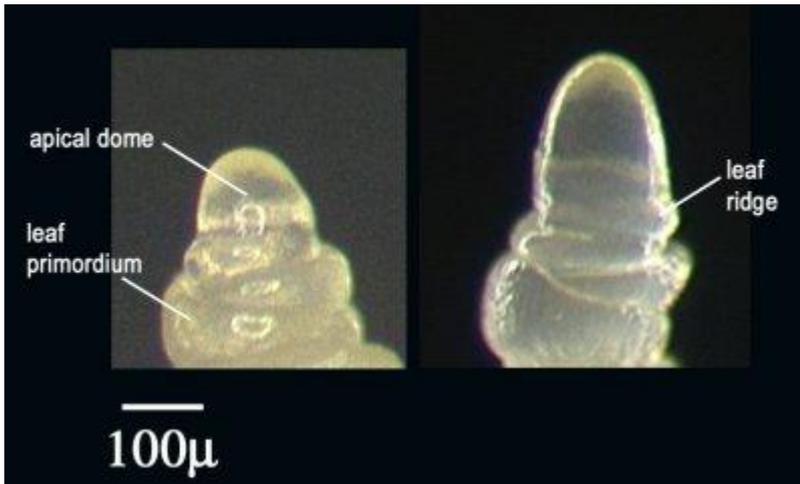


Iniciación floral

Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación foliar
Etapa
Vegetativa

Trigo



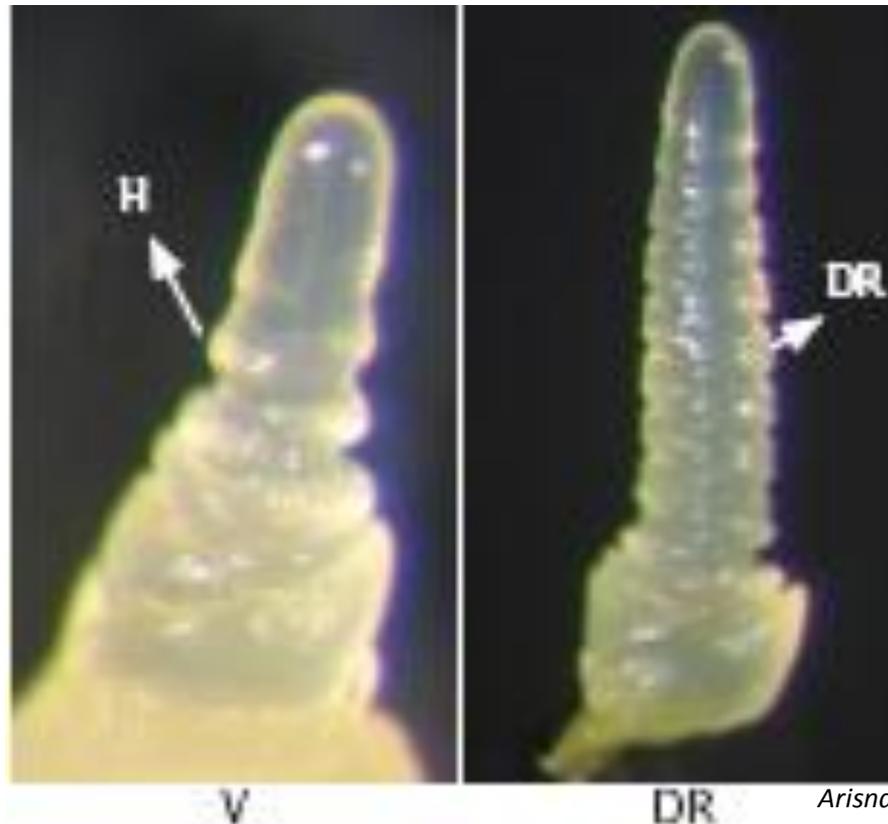
Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación foliar

Etapa

Vegetativa

Cebada

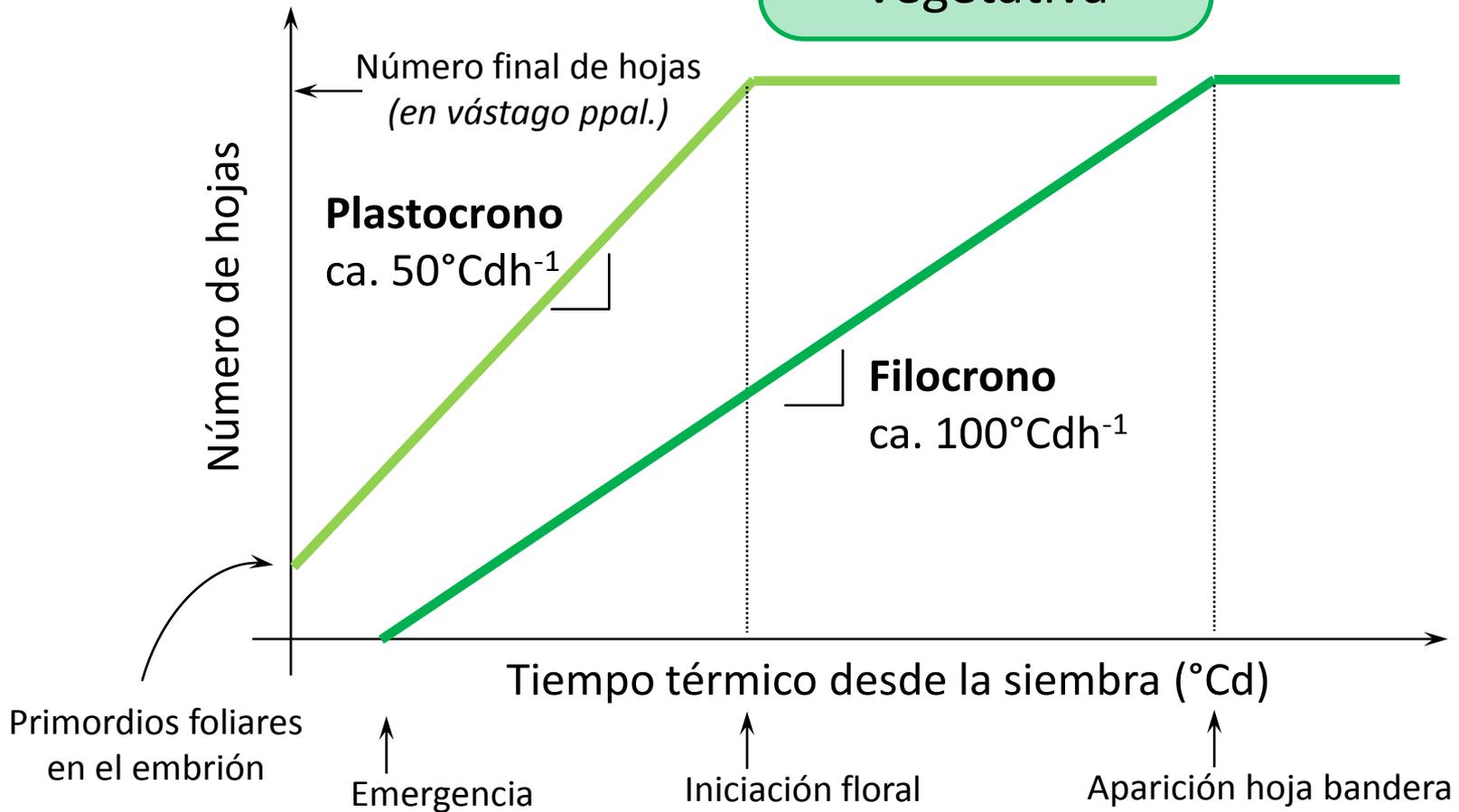


Arisnabarreta, 2008

Generación área foliar

Establecimiento / Macollaje

Iniciación foliar
Etapa
Vegetativa



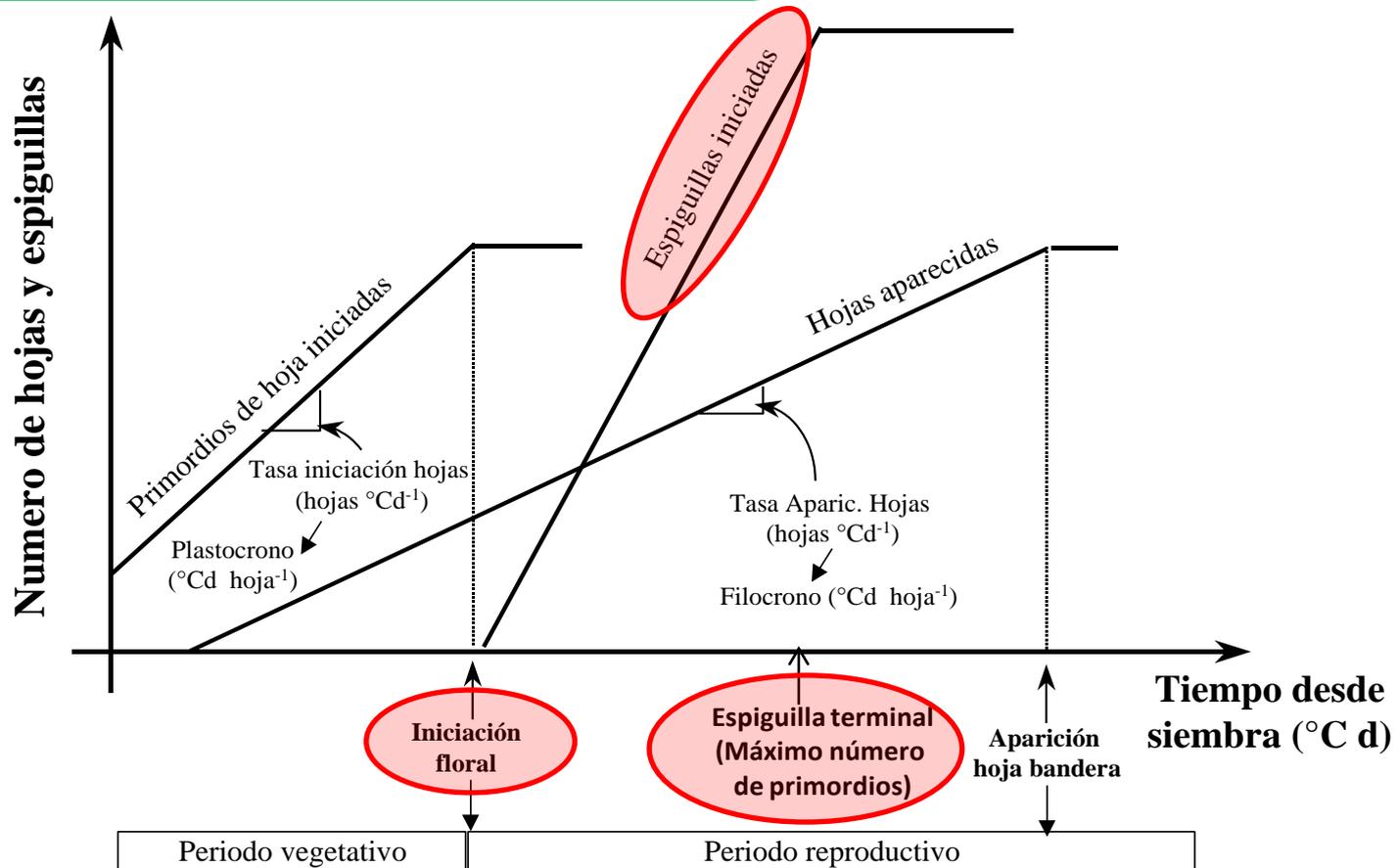
Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Diferenciación espiguillas

Cambio de ápice (iniciación floral).

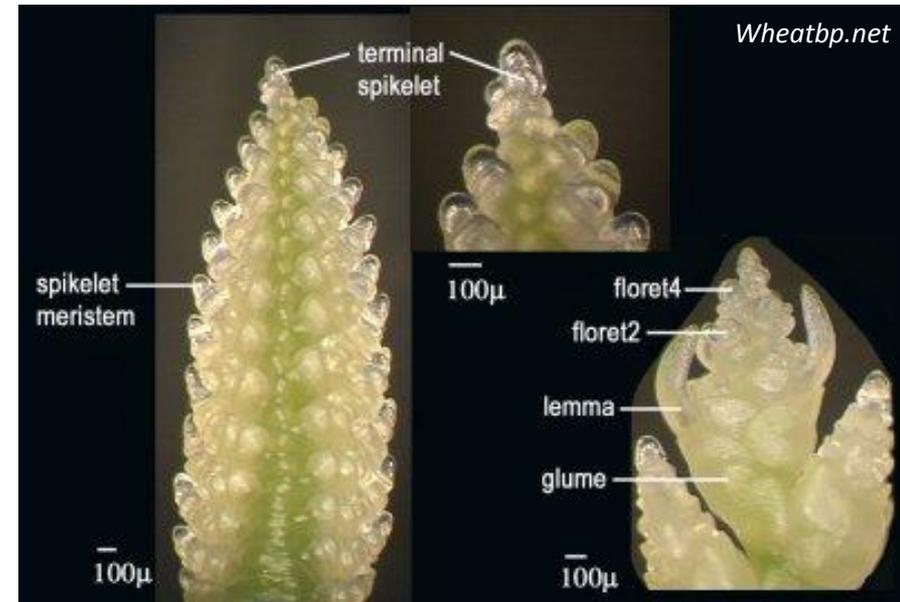
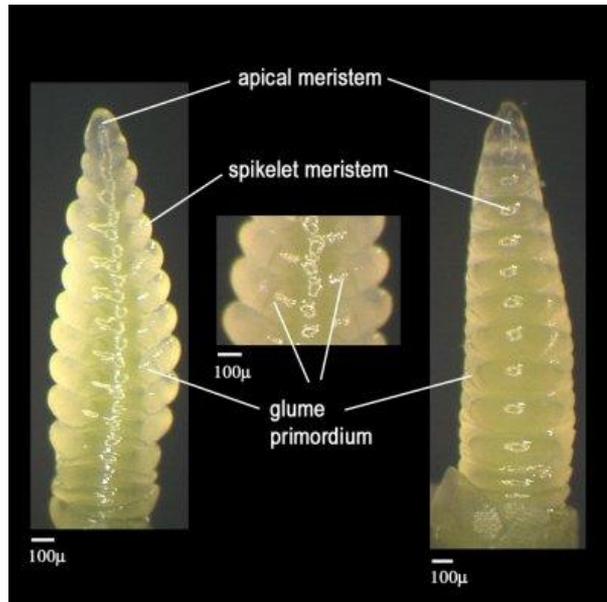


Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Trigo

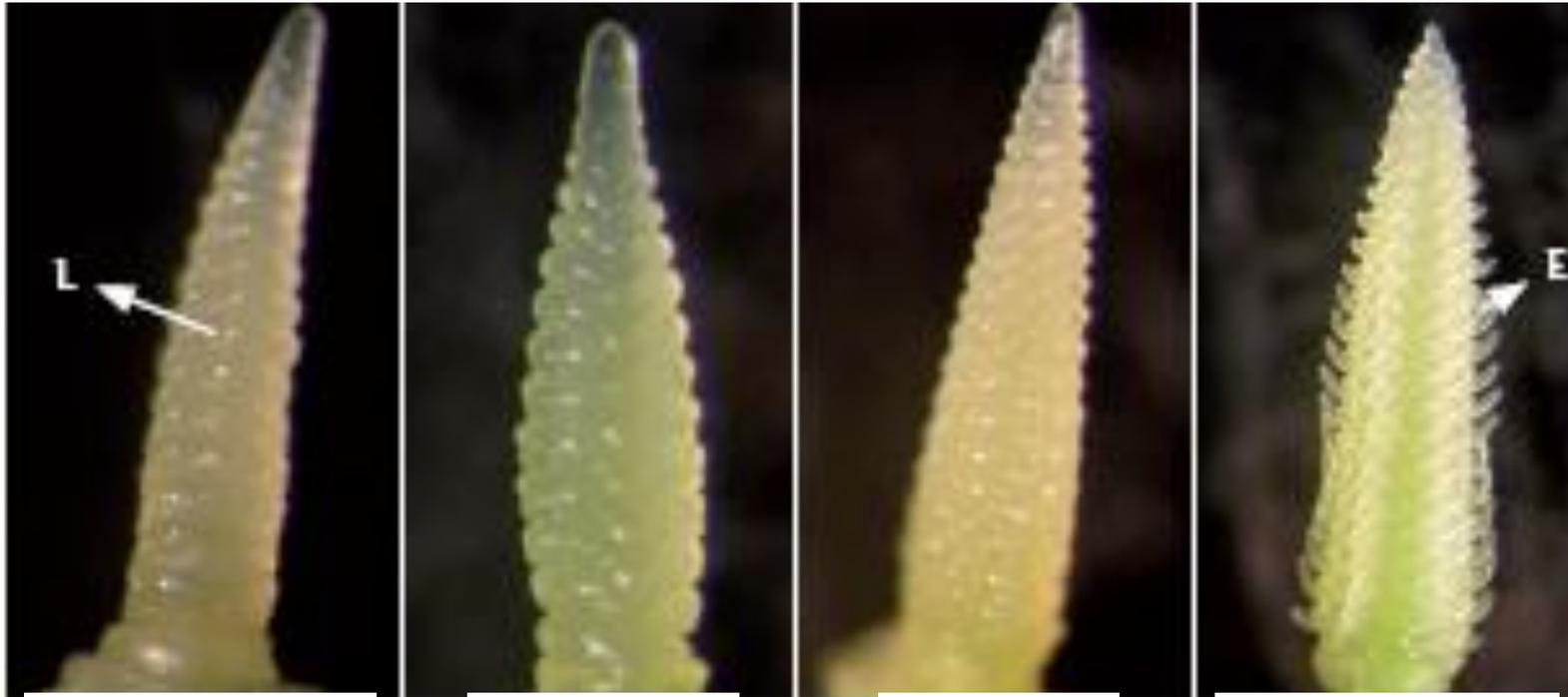


Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Cebada



Diferenciación primordio lemma

Triple mound

Primordios de aristas

Inicio elongación aristas

Arisnabarreta, 2008

Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Trigo



Primer nudo detectable(DC3.1)



Diferenciación espiguillas

Espiguilla
Terminal



González

Cambios en el ápice de crecimiento

Iniciación espiguillas

Etapa Reproductiva

Cebada

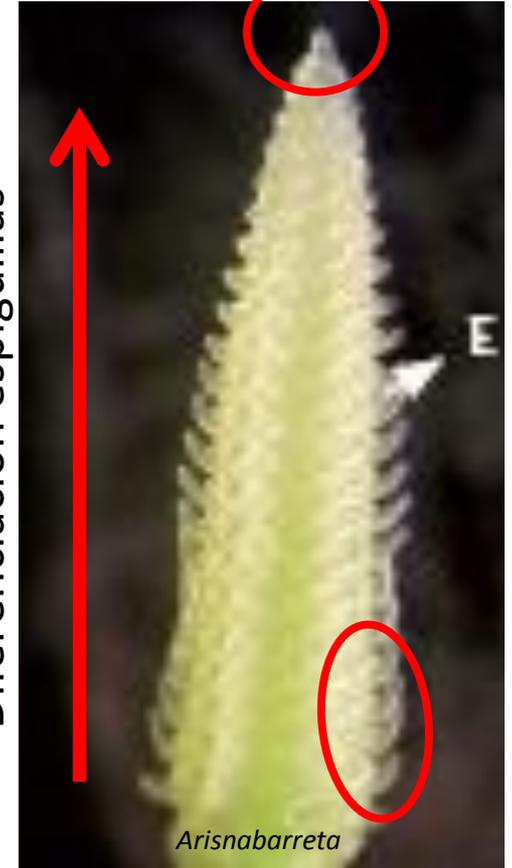


Primer nudo detectable(DC3.1)



Diferenciación espiguillas

Máximo Número de Primordios



Inicio elongación aristas

Cambios en el ápice de crecimiento

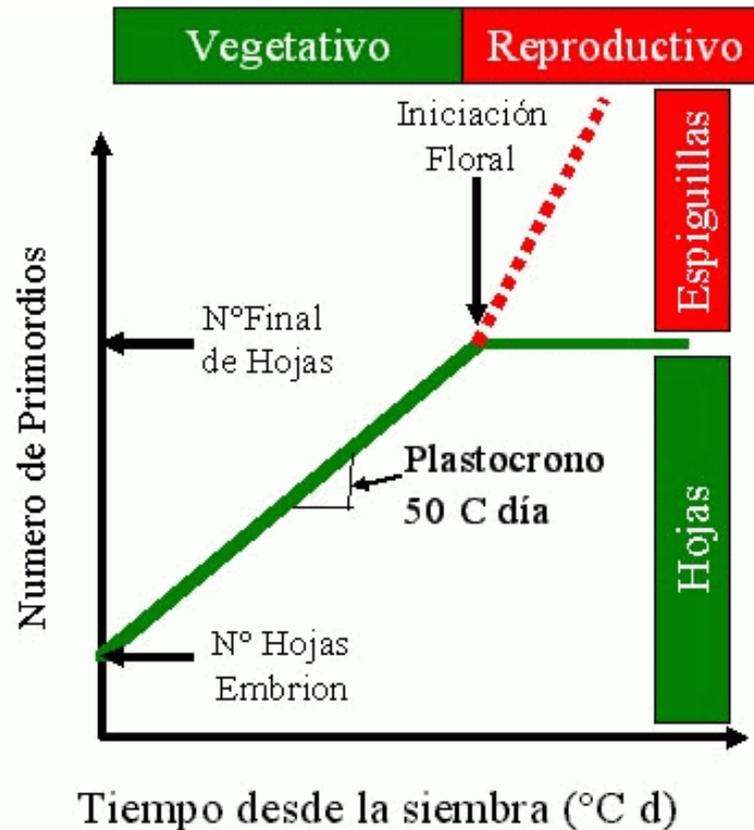
Iniciación foliar

Iniciación espiguillas

Etapa

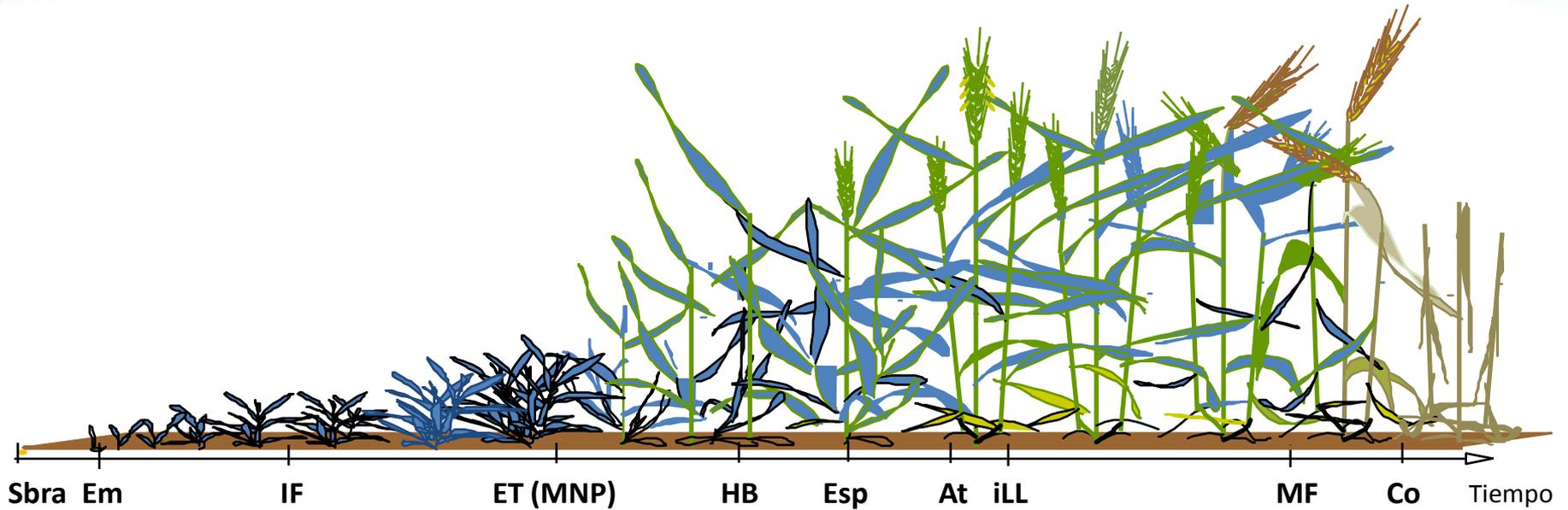
Vegetativa

Etapa Reproductiva



Cronocebada 2009

Ciclo ontogénico



Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

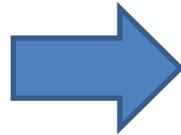
Encañazón/Floración



Encañazón / Floración



Inicio encañazón(DC3.0)



Encañazón(DC3.X)



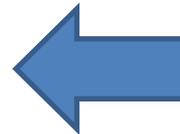
Hoja bandera(DC3.9)



Vaina engrosada (DC4.5)



Espigazón(DC5.x)



Antesis(DC6.5)

Encañazón / Floración

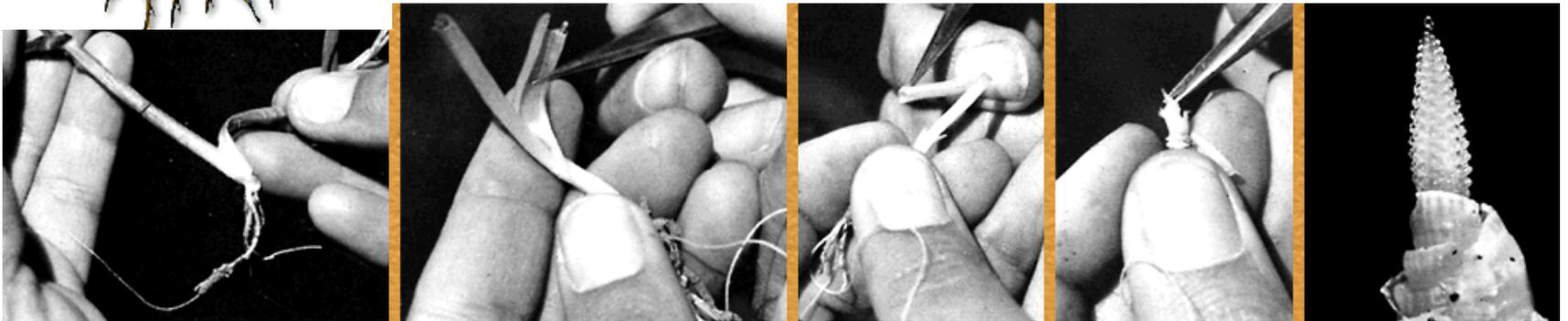
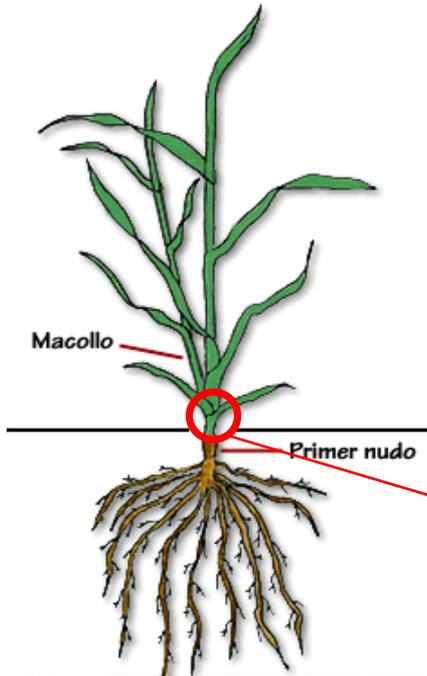
Primer Nudo Detectable - Espigazón

Elongación de entrenudos (con excepción de los primeros 4 o 5 que no se elongan apreciablemente), “tallo verdadero”.

Crecimiento de la espiga.

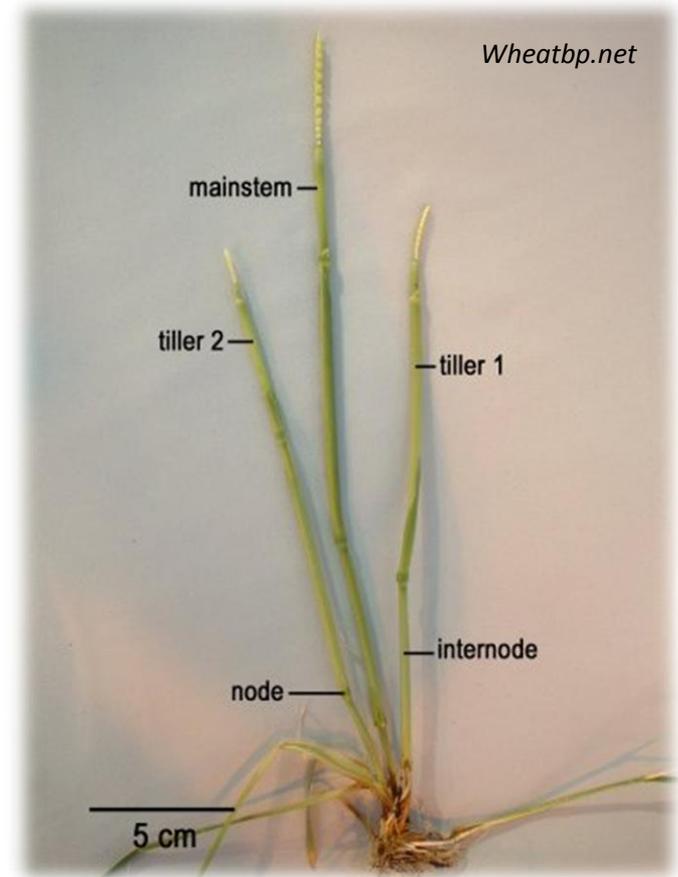
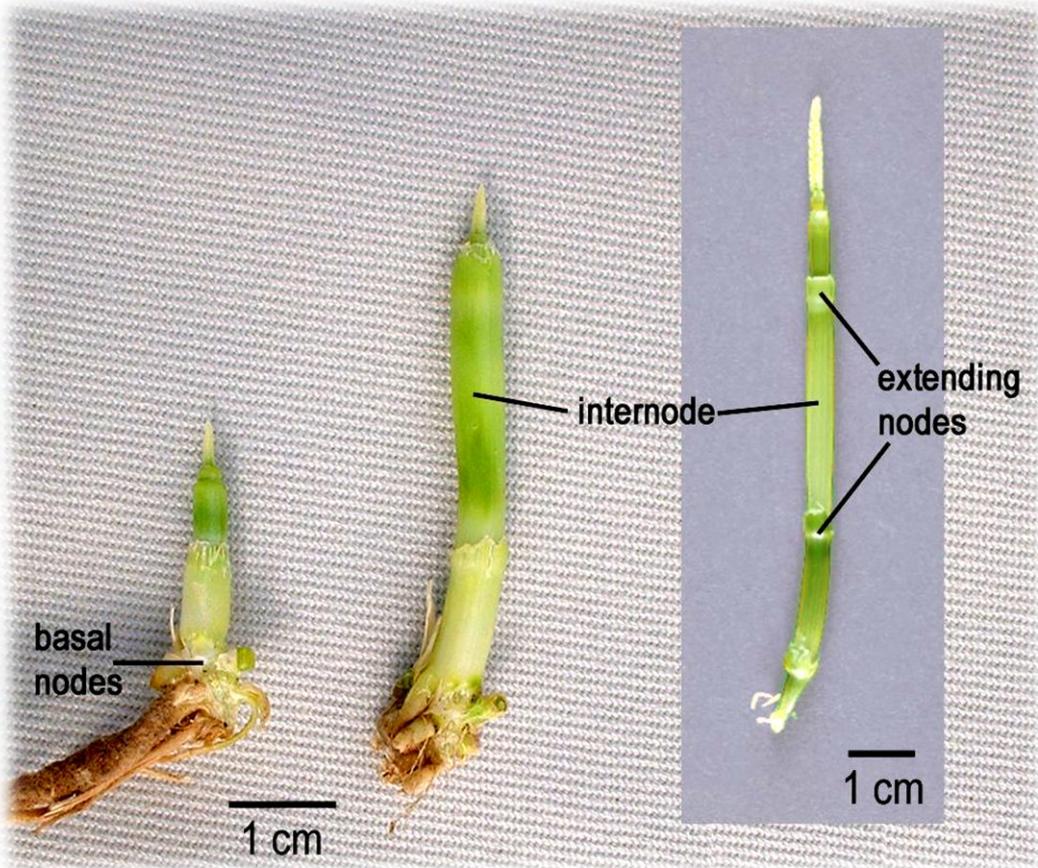
Máxima área foliar (expansión hoja bandera).

Mortandad de macollos (crítico >> cebada).

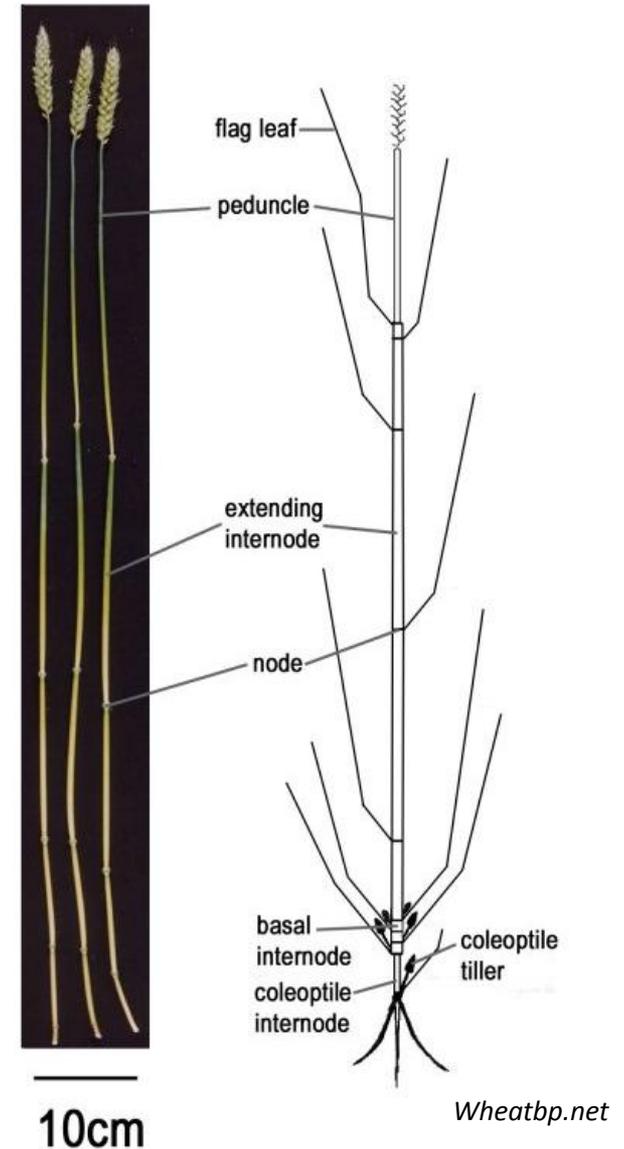
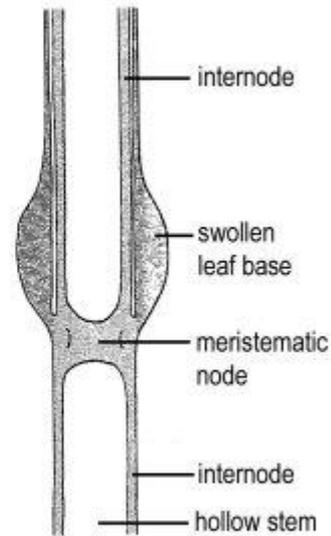


Encañazón / Floración

Primer Nudo Detectable - Espigazón



Encañazón / Floración



Encañazón / Floración

Espigazón - Antesis

Fecundación cerrada (especies cleistógamas), pocos días luego de espigazón (trigo) o en vaina engrosada (cebada). Marcador: antesis (trigo) o aparición de aristas (cebada).

Trigo



Cebada



Encañazón / Floración

Espigazón - Antesis



Trigo

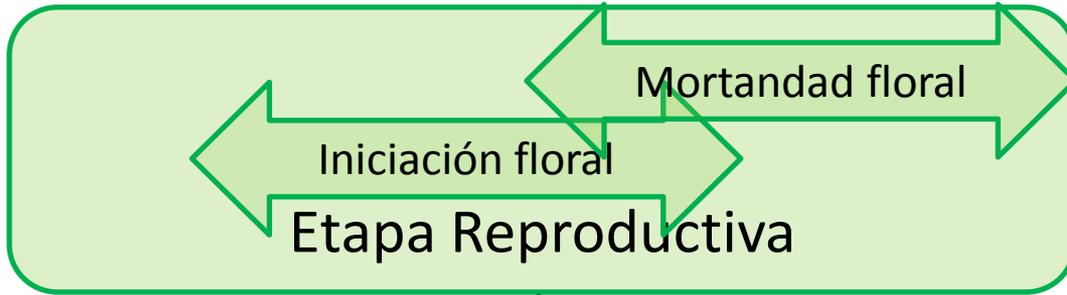
Cebada



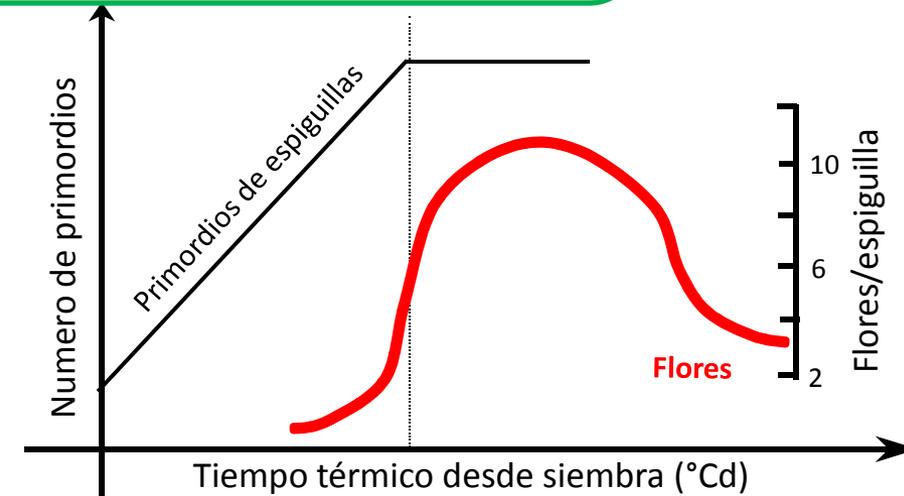
Cervecera (2 hileras)

Forrajera (6 hileras)

Ciclo ontogénico



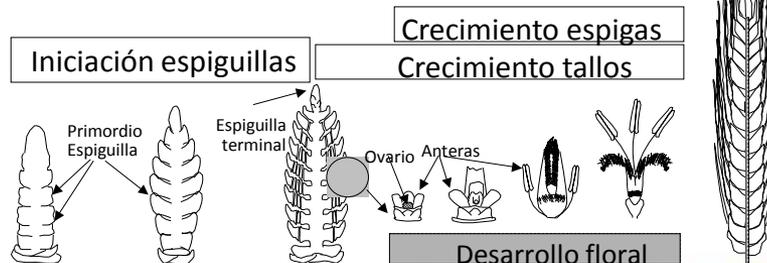
Desarrollo floral
Supervivencia floral (crítico >> trigo)



Iniciación floral

Espiguilla Terminal
(Máximo Número Primordios)

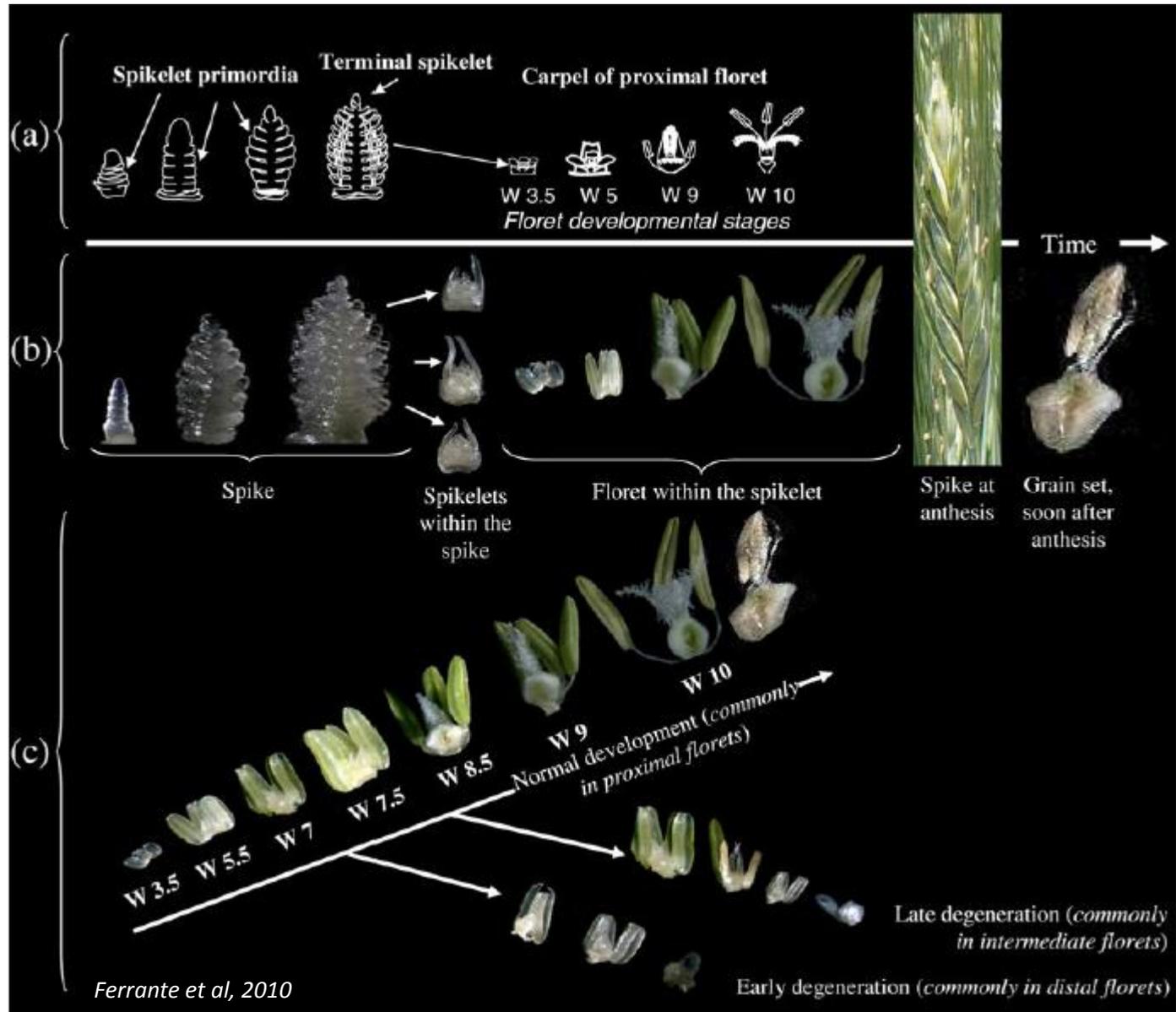
Antesis



Desarrollo del ápice

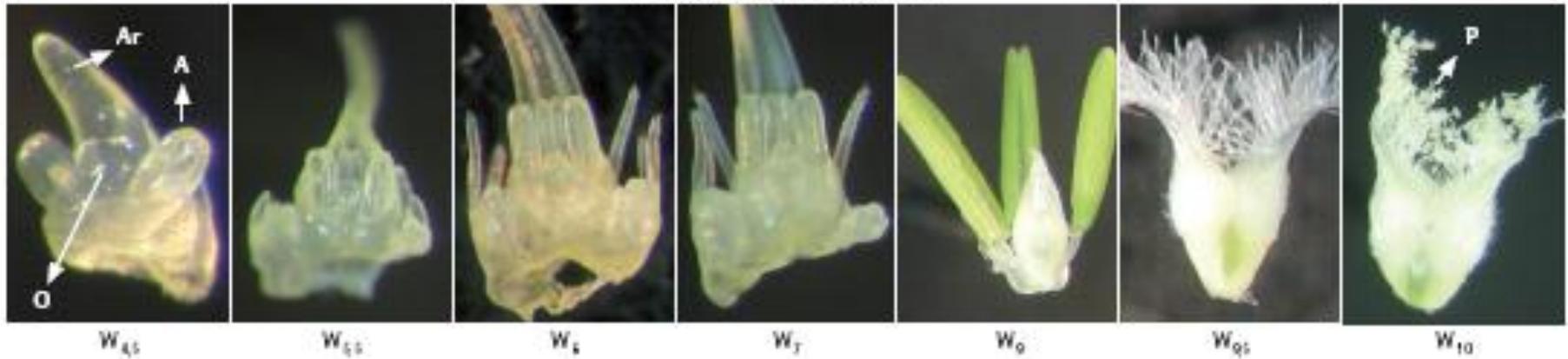
Ciclo ontogénico

Trigo



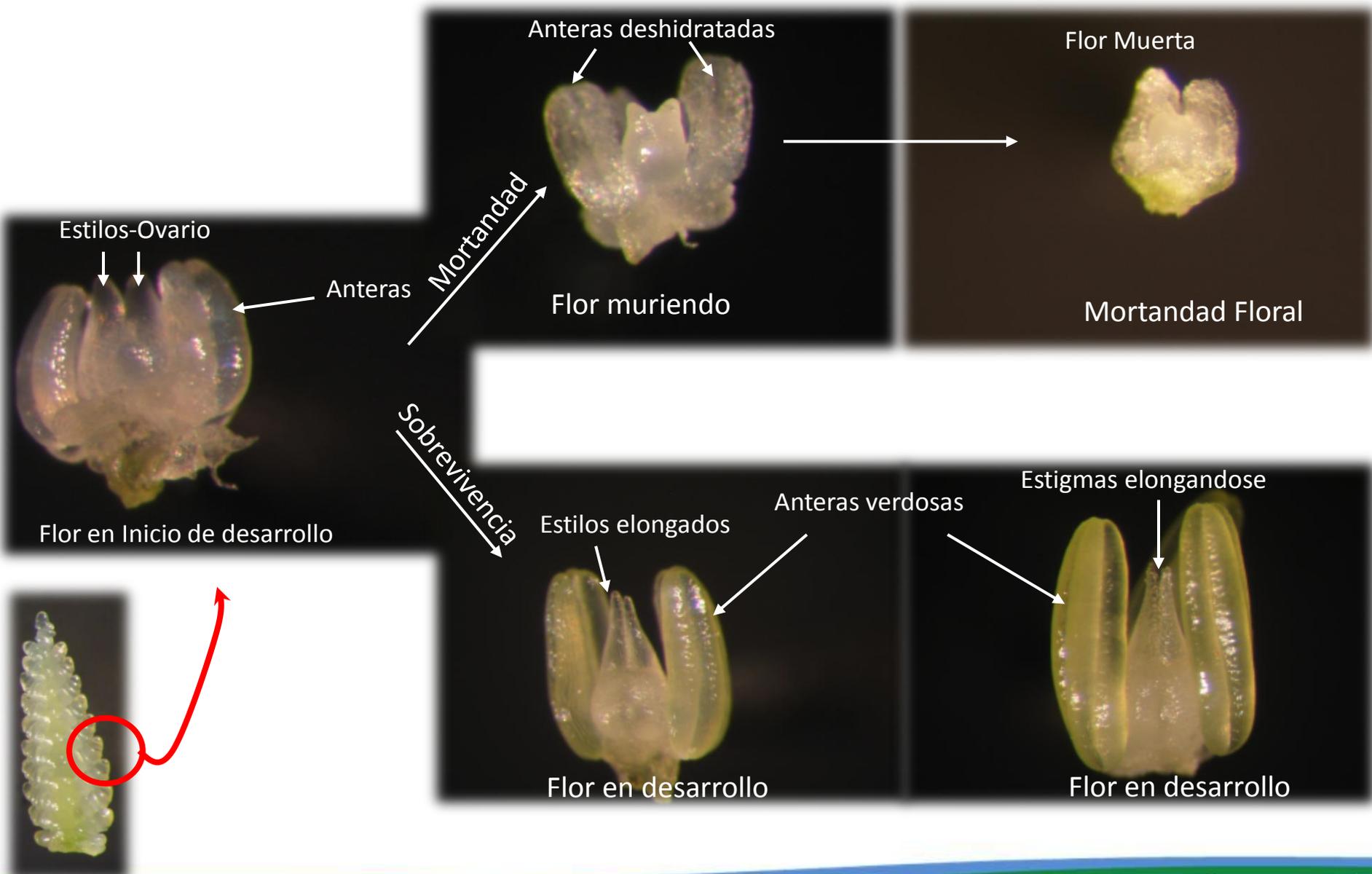
Cebada

Estados de desarrollo floral

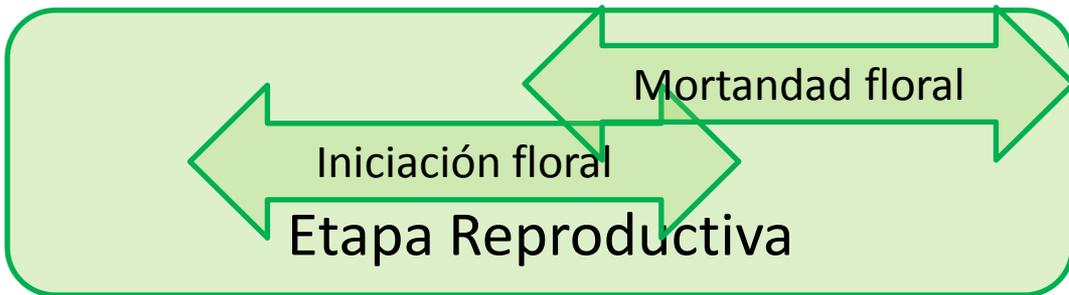


aparición del primordio de carpelo (W_{45}), canal de estilocerrándose (W_{55}), canal de estilo casi cerrado (W_6), estilo elongándose (W_7), estilo y ramificaciones del estigma elongándose (W_9), estilo y ramificaciones del estigma expandiéndose (W_{95}), polinización (W_{10}). Las letras dentro de las figuras indican, primordio foliar (H), doble lomo (DL), primordio de lemma (L), primordio de espiguilla (E), primordio de arista (Ar), primordio de antera (A), ovario con las paredes del carpelo aún abiertas (O), y granos de polen (P) (Arisnabarreta, 2008).

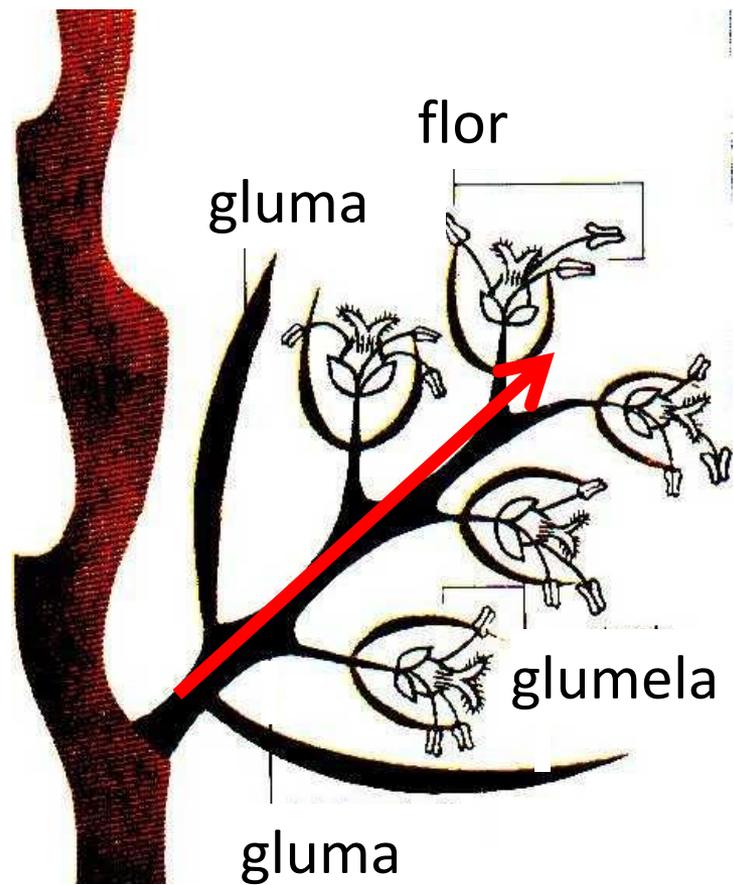
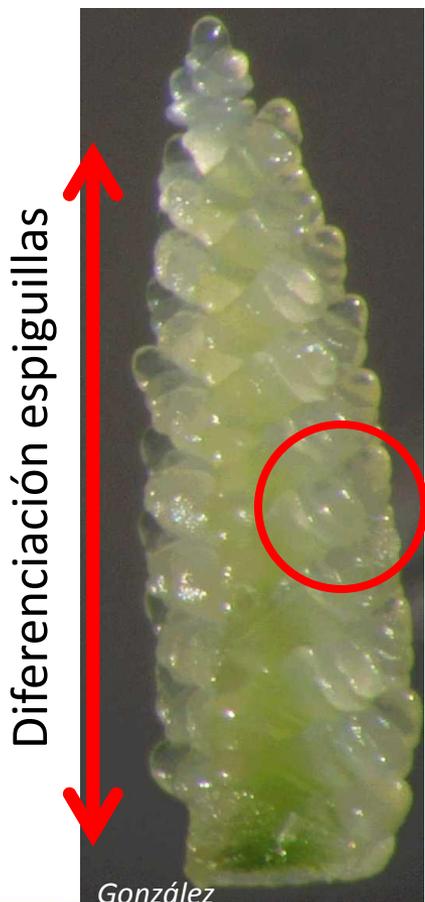
Desarrollo floral



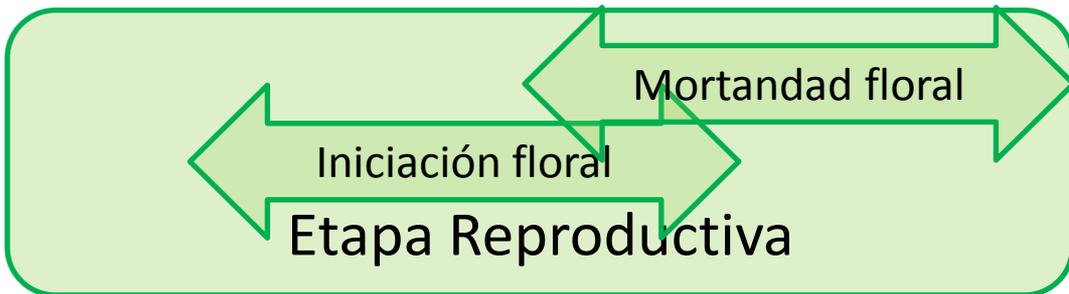
Diferenciación floral



Trigo

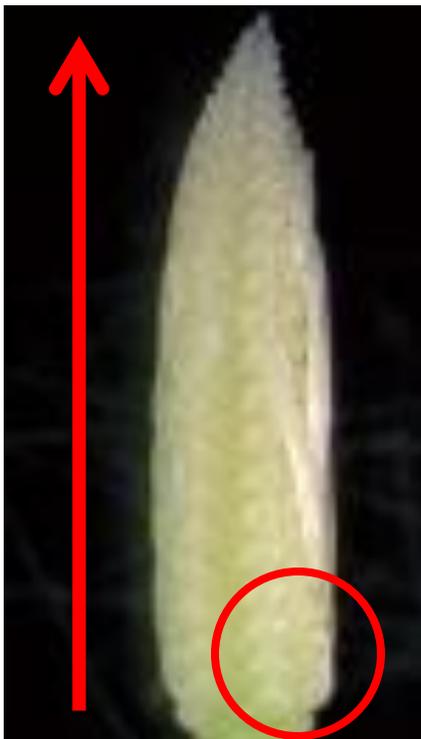


Diferenciación floral

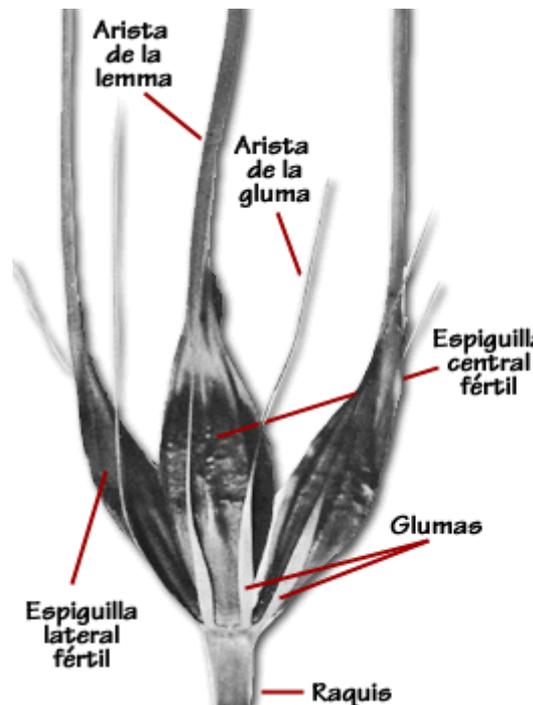


Cebada

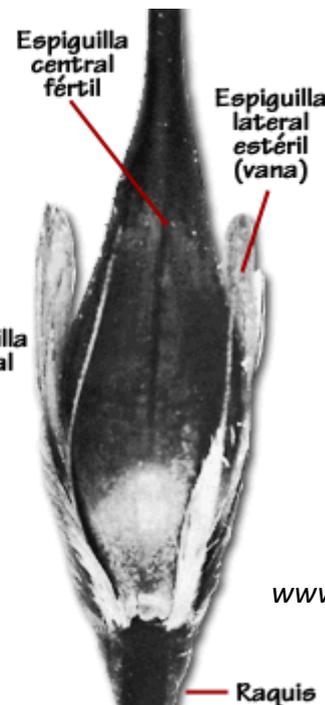
Diferenciación espiguillas



Arisnabarreta



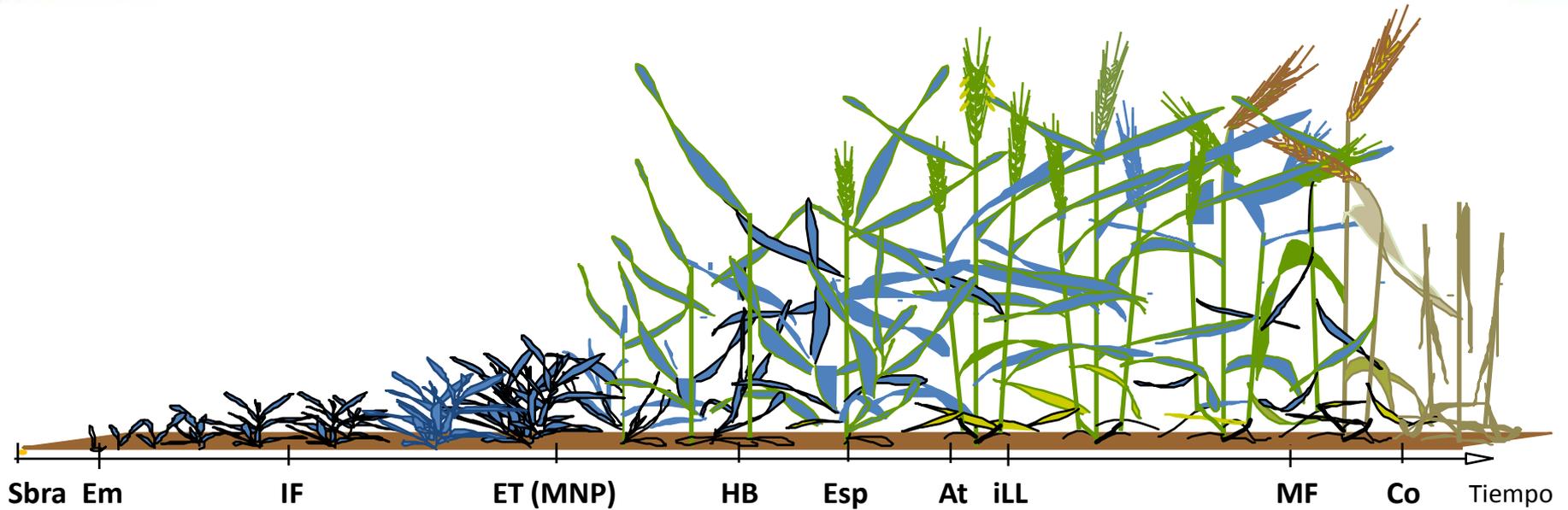
Forrajera (6 hileras)



Cervecera (2 hileras)

www7.uc.cl

Ciclo ontogénico



Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

Llenado de Granos/Cosecha

Cuaje

Llenado

Iniciación foliar

Llenado de granos

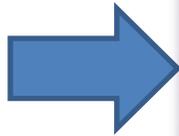
Llenado de granos/Cosecha

Antesis (Espigazón) - Madurez fisiológica

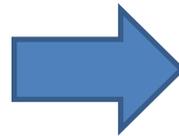
Crecimiento de los granos y aceleración progresiva de la senescencia foliar.



Antesis(DC6.5)



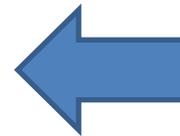
Cuaje(DC7.0)



Grano lechoso(DC7.x)



Grano pastoso(DC8.x)



Grano maduro(DC9.x)

Cambios en la morfología externa

Cuaje

Llenado

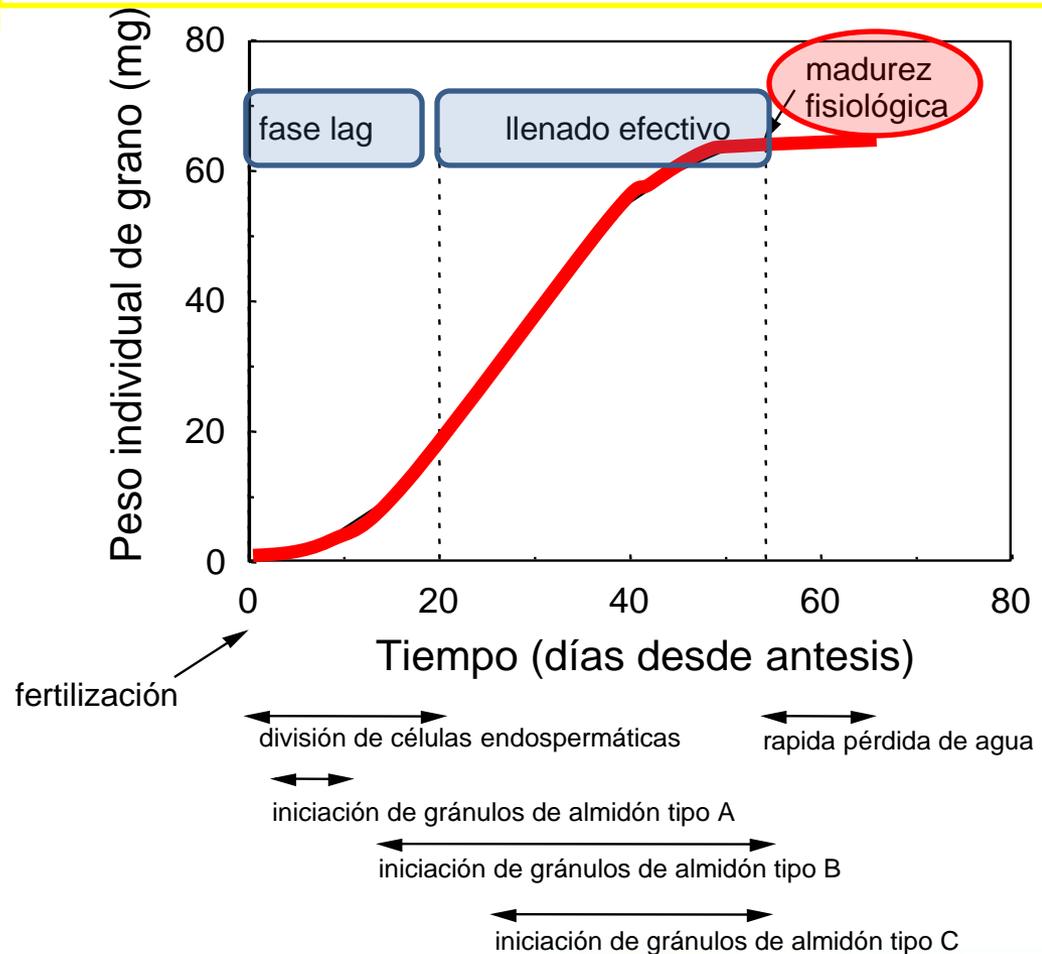
Iniciación foliar

Llenado de granos

Determinación peso de grano y calidad

Peso potencial y acumulación de materia seca.

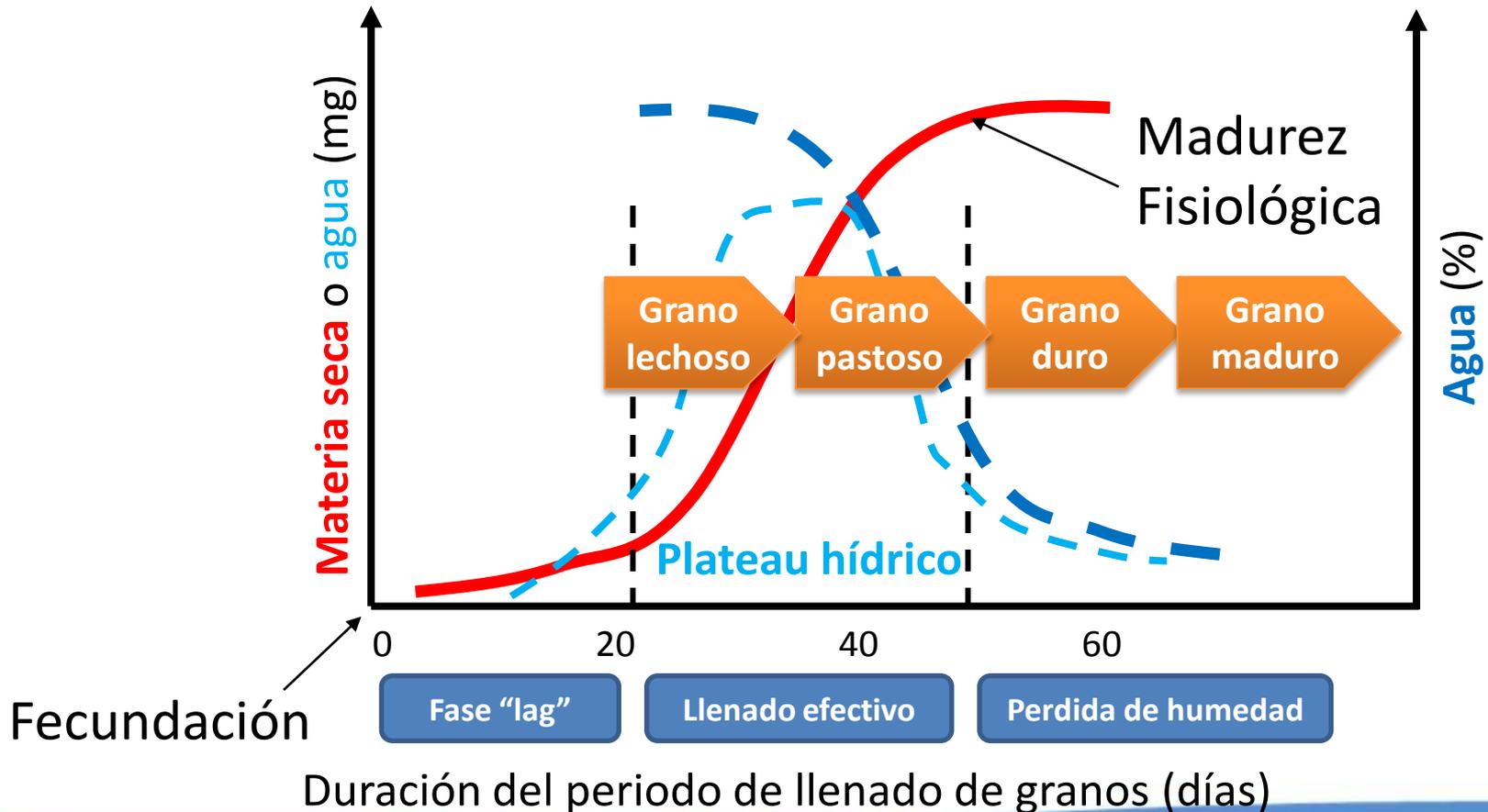
Diferenciación 3-4 hojas embrión.



Cambios en la morfología externa

Llenado de granos/Cosecha

Cuaje	Llenado
	Iniciación foliar
Llenado de granos	



Llenado de granos/Cosecha

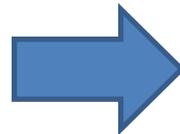
Madurez fisiológica - Madurez cosecha

Perdida progresiva de humedad del grano.



Grano maduro(DC9.x)

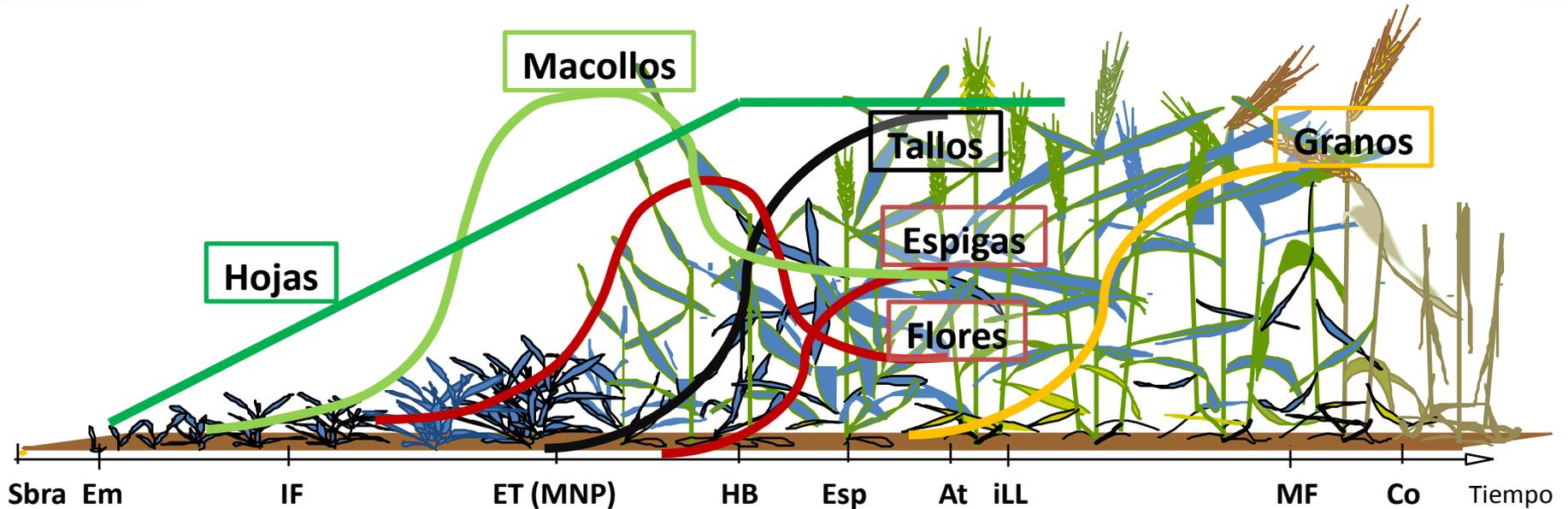
ca. 35% humedad



Grano cosechado

ca. 14% humedad

Ciclo ontogénico

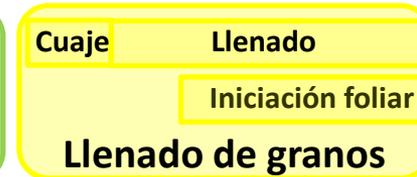


Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

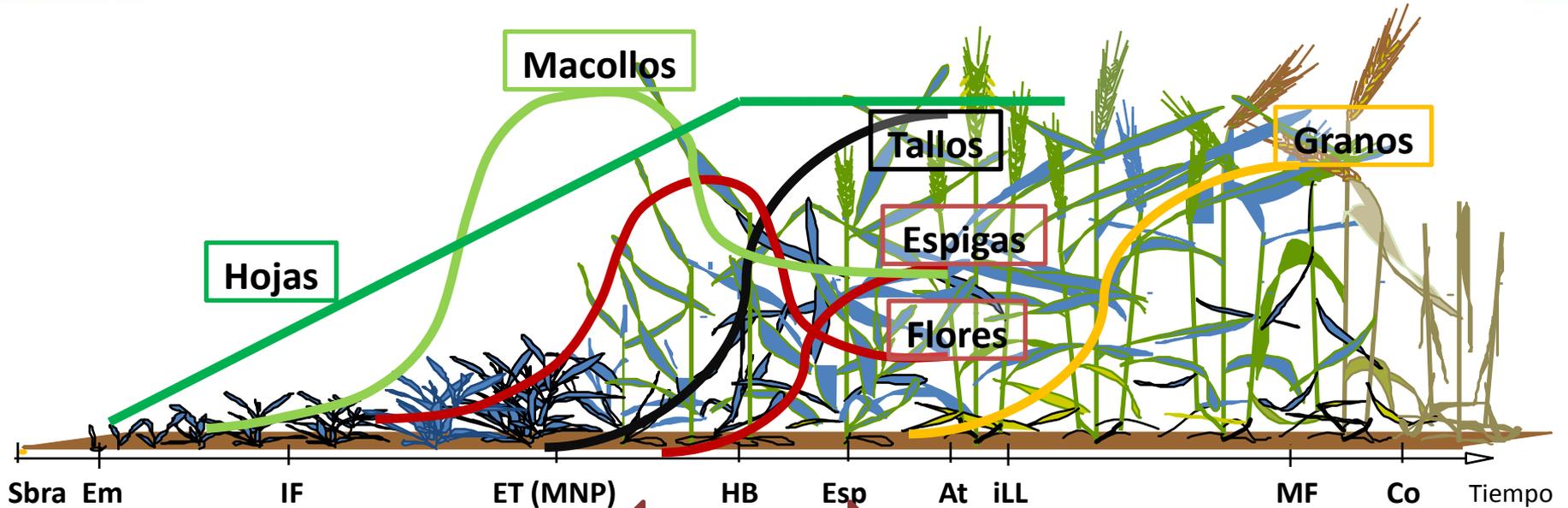
Establecimiento/Macollaje

Encañazón/Floración

Llenado de Granos/Cosecha



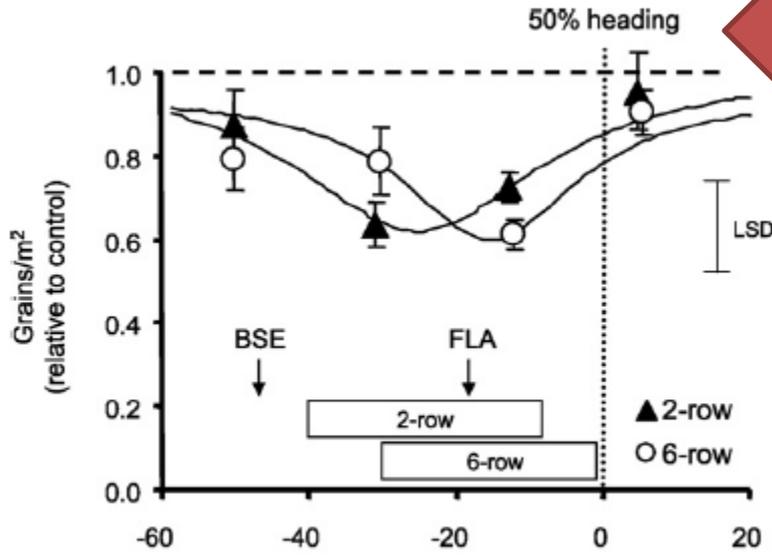
Ciclo ontogénico (Períodos críticos)



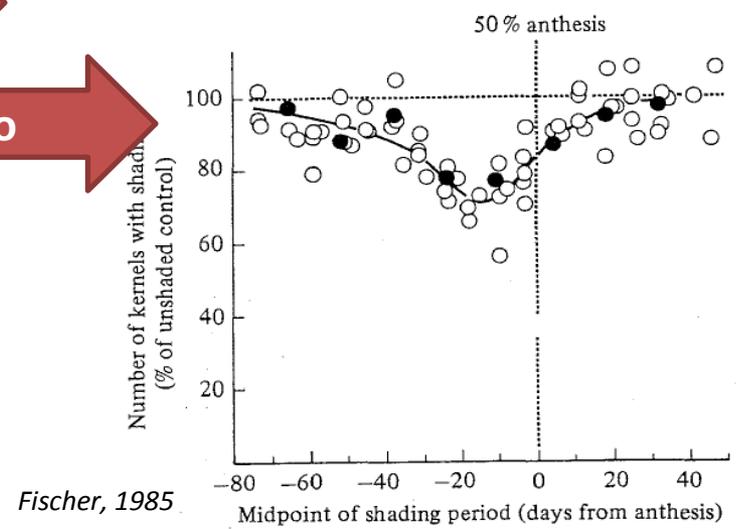
Adaptado de Slafer & Rawson, 1994

← Cebada →

← Trigo →



Midpoint of shading period (days from heading) Arisnabarreta & Miralles, 2008



Fischer, 1985

MUCHAS GRACIAS



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Curso Internacional - Red METRICE
Ecofisiología de Cereales de Invierno
Paysandú 5, 6 y 7 de Diciembre de 2012 EEMAC-UdelaR