



Red 110RT0394 METRICE



Nociones básicas sobre Modelos de Simulación de Cultivos

Dra. Susana Valle T.
IIAS, CISVo

Temario

¿Qué son los modelos de simulación de cultivos (MSC)?

Definiciones generales

Pasos en la construcción de los modelos

Fuentes de error en los modelos

Ejemplos de estructuras de MSC:

DSSAT-CERES

CropSyst



¿Qué son los Modelos de Simulación de Cultivos (MSC)?

¿Qué son los Modelos de Simulación de Cultivos (MSC)?

Los MSC son una combinación de ecuaciones matemáticas y lógicas, utilizadas para representar conceptualmente un sistema de producción de cultivos simplificado (Ritchie, 1991)

Jerarquía de los modelos utilizados en agricultura

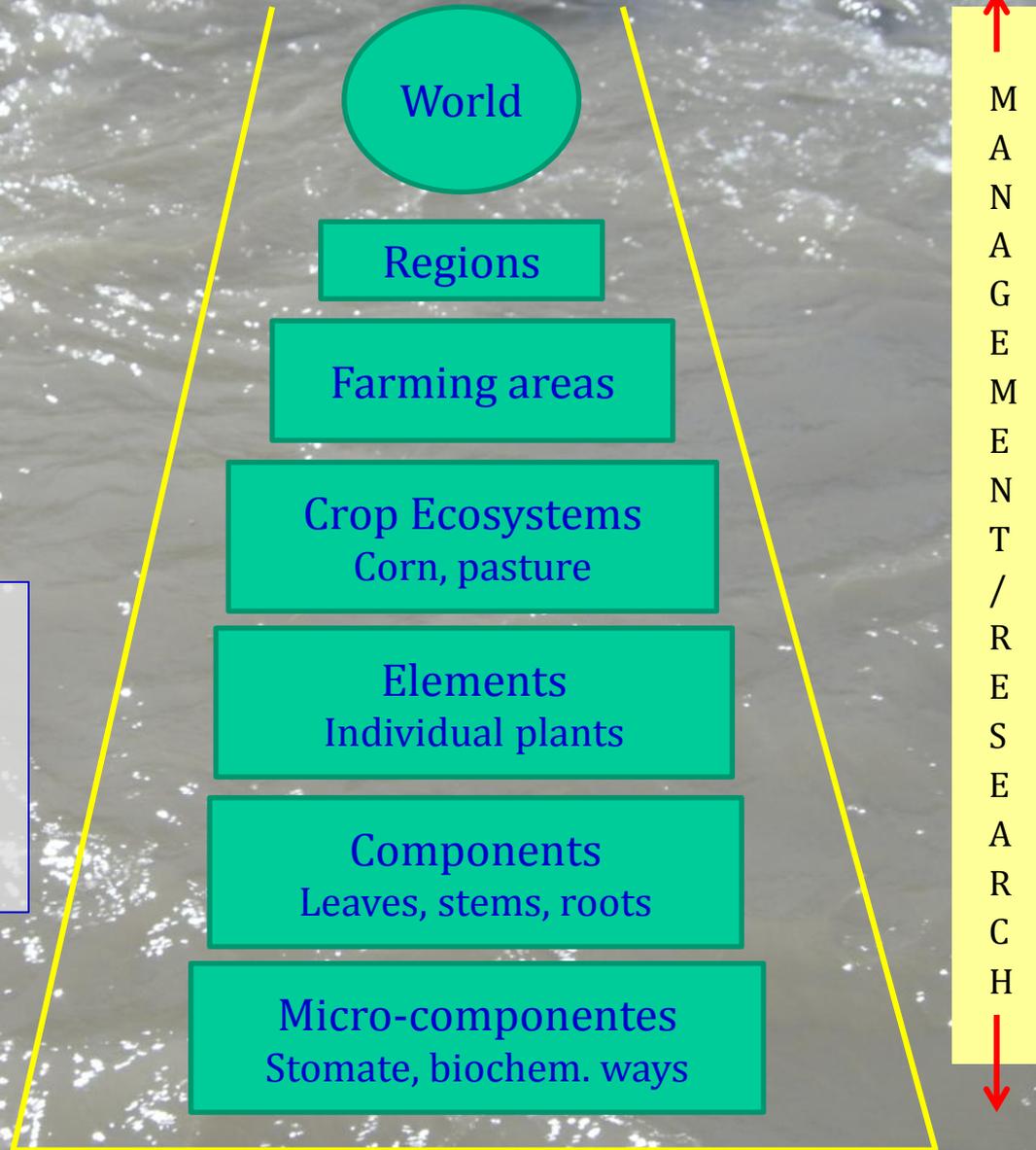
Empíricos

Funcionales

Mecanísticos

Diferencias:

- Escalas temporales
- Escalas espaciales
- Nivel de conocimiento



Componentes generales de los modelos



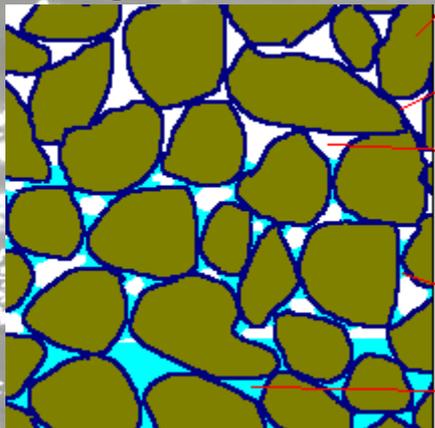


Temperatura
Fotoperíodo
Radiación

INPUTS



Agua del suelo



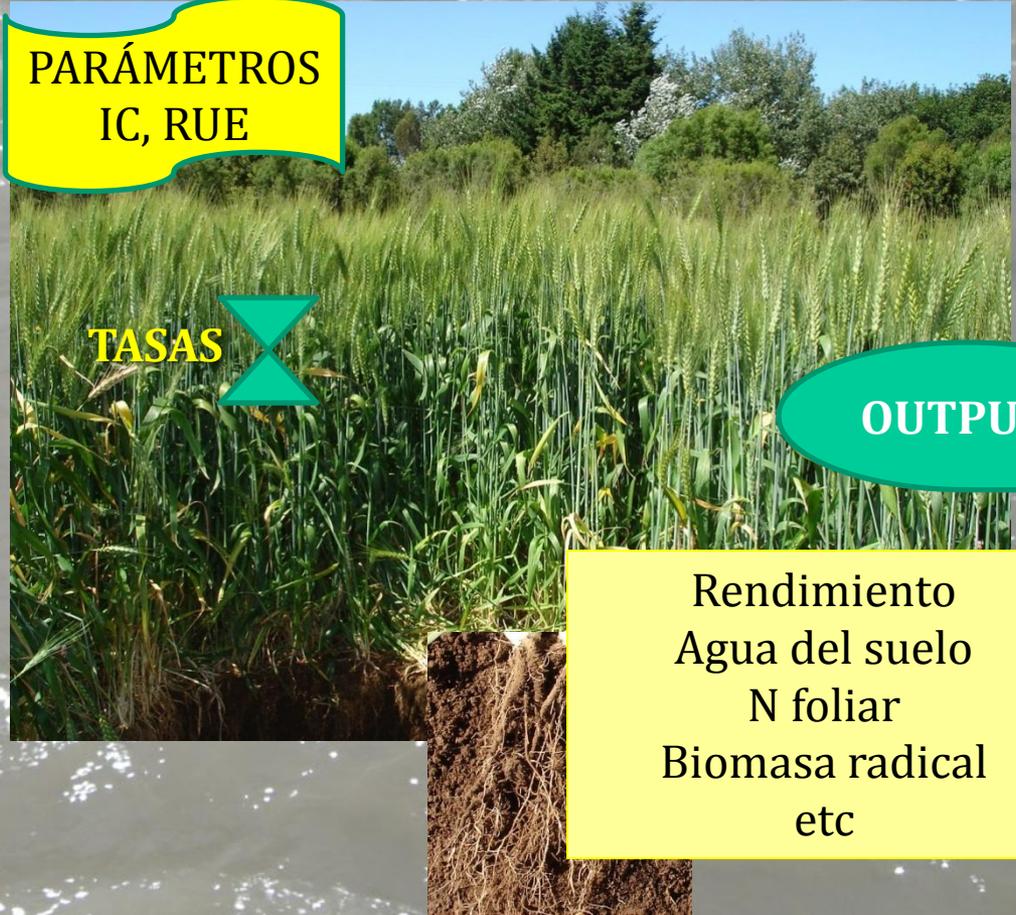
LÍMITES DEL SISTEMA

PARÁMETROS
IC, RUE

TASAS

OUTPUTS

Rendimiento
Agua del suelo
N foliar
Biomasa radical
etc

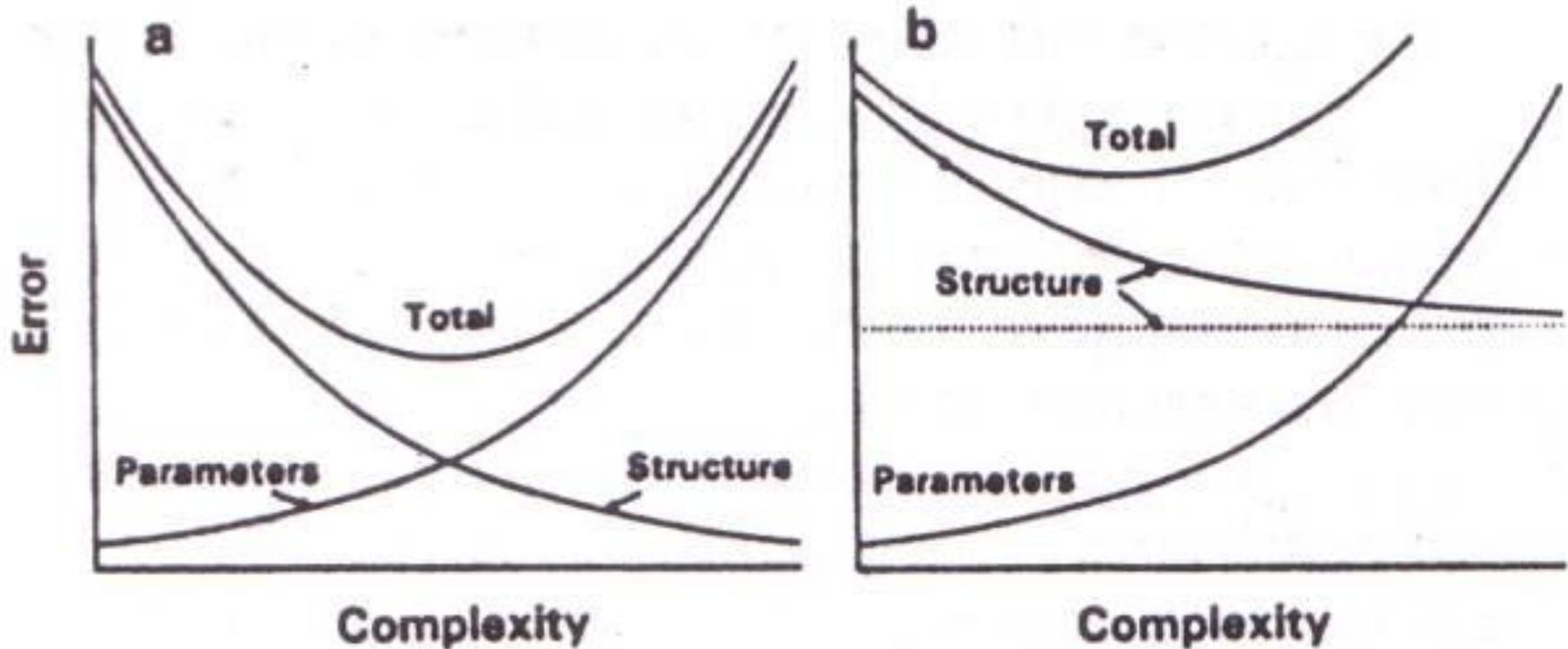


Pasos en la construcción de Modelos



Rodríguez 2003

Fuentes de error en los Modelos





Ejemplos de Estructuras de Modelos



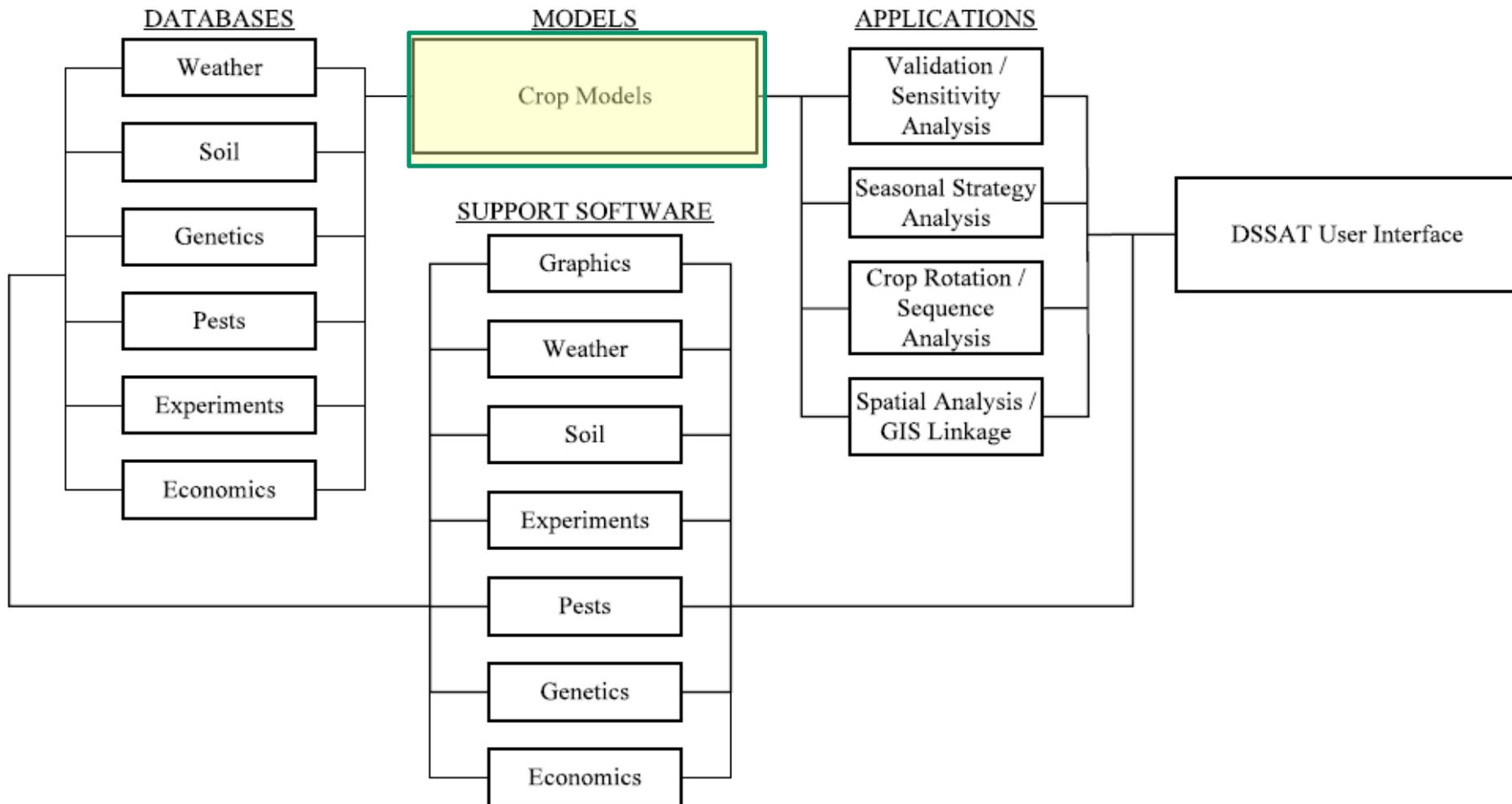
DSSAT
Crop Model System
Decision support system for
agrotechnology transfer

Jones et al., 2003

Características generales de DSSAT-CSM

- Es una colección de programas que operan en conjunto, en donde los modelos de simulación de cultivos son el centro
- *Ayuda en la **toma de decisiones de planificación y manejo** en los sistemas agrícolas*
- Reduce el tiempo y recursos humanos requeridos para ***analizar decisiones complejas*** (los sistemas agrícolas son complejos)
- Provee una estructura científica de cooperación a través de la investigación para integrar nuevo conocimiento y aplicarlo en preguntas de investigación y en **soluciones** derivadas de ella

Diagrama de DSSAT-CSM



Objetivos del DSSAT-CSM

- ✓ Simular los sistemas de producción de monocultivos considerando clima, genética, agua, C y N del suelo, en una o más estaciones y en rotaciones en cualquier localidad
- ✓ Provee una plataforma para la fácil incorporación de módulos de:
 - Estreses bióticos y abióticos
 - Para mejorar componentes específicos
- ✓ Se pueden introducir módulos de CSM

Posibilidades de Simulación

- ✓ Simulación básica:
 - Análisis de sensibilidad
 - Simulado vs Medido
- ✓ Simulación de cultivos en el tiempo
 - Variaciones climáticas, evaluaciones de riesgo
- ✓ Simulación de rotaciones de cultivos
- ✓ Simulación de cultivos de varios cultivos en un mismo espacio

Datos requeridos para la simulación

(a) For operation of model

Site	Latitude and longitude, elevation; average annual temperature; average annual amplitude in temperature Slope and aspect; major obstruction to the sun (e.g. nearby mountain); drainage (type, spacing and depth); surface stones (coverage and size)
Weather	Daily global solar radiation, maximum and minimum air temperatures, precipitation
Soil	Classification using the local system and (to family level) the USDA-NRCS taxonomic system Basic profile characteristics by soil layer: in situ water release curve characteristics (saturated drained upper limit, lower limit); bulk density, organic carbon; pH; root growth factor; drainage coefficient
Initial conditions	Previous crop, root, and nodule amounts; numbers and effectiveness of rhizobia (nodulating crop) Water, ammonium and nitrate by soil layer
Management	Cultivar name and type Planting date, depth and method; row spacing and direction; plant population Irrigation and water management, dates, methods and amounts or depths Fertilizer (inorganic) and inoculant applications Residue (organic fertilizer) applications (material, depth of incorporation, amount and nutrient concentrations) Tillage Environment (aerial) adjustments Harvest schedule

(b) For evaluation of models

Date of emergence
Date of flowering or pollination (where appropriate)
Date of onset of bulking in vegetative storage organ (where appropriate)
Date of physiological maturity
LAI and canopy dry weight at three stages during the life cycle
Canopy height and breadth at maturity
Yield of appropriate economic unit (e.g. kernels) in dry weight terms
Canopy (above ground) dry weight to harvest index (plus shelling percentage for legumes)
Harvest product individual dry weight (e.g. weight per grain, weight per tuber)
Harvest product number per unit at maturity (e.g. seeds per spike, seeds per pod)
 Harvest product number per unit at maturity (e.g. seeds per spike, seeds per pod)
 Soil water measurements vs. time at selected depth intervals

Soil nitrogen measurements vs. time
Soil C measurements vs. time, for long-term experiments
Damage level of pest (disease, weeds, etc.) infestation (recorded when infestation first noted, and at maximum)
Number of leaves produced on the main stem
N percentage of economic unit
N percentage of non-economic parts



Uso de Modelos en Simulación de Crecimiento

Simulación de Rendimiento

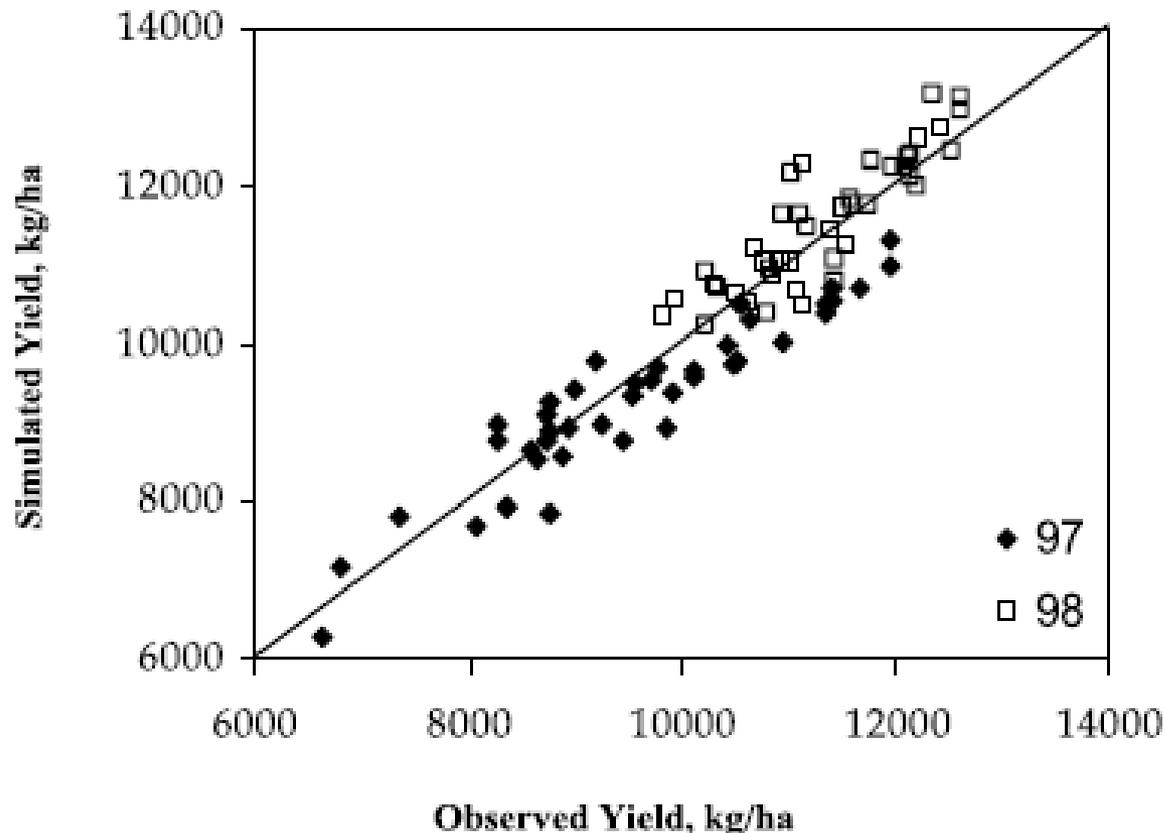
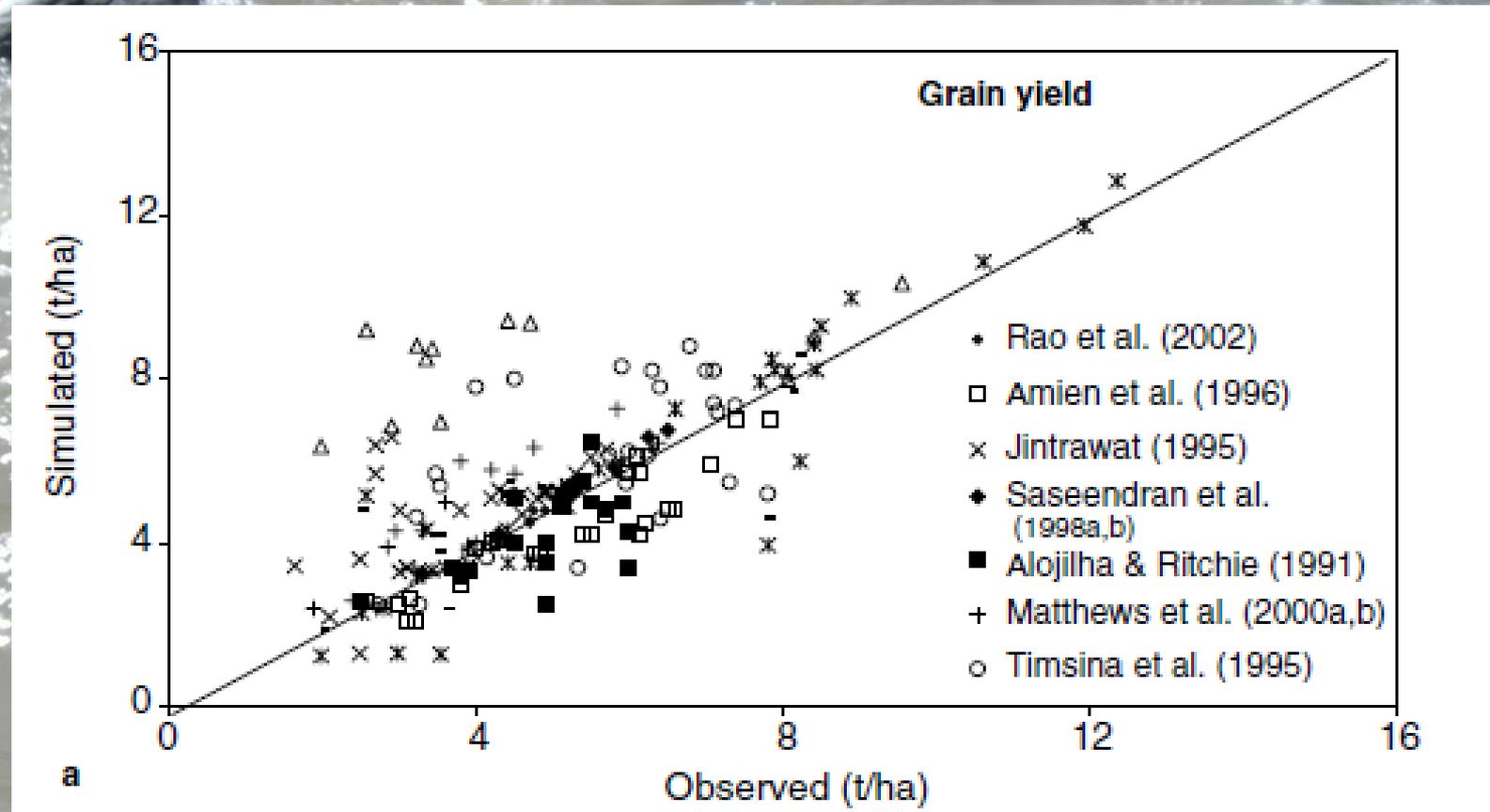


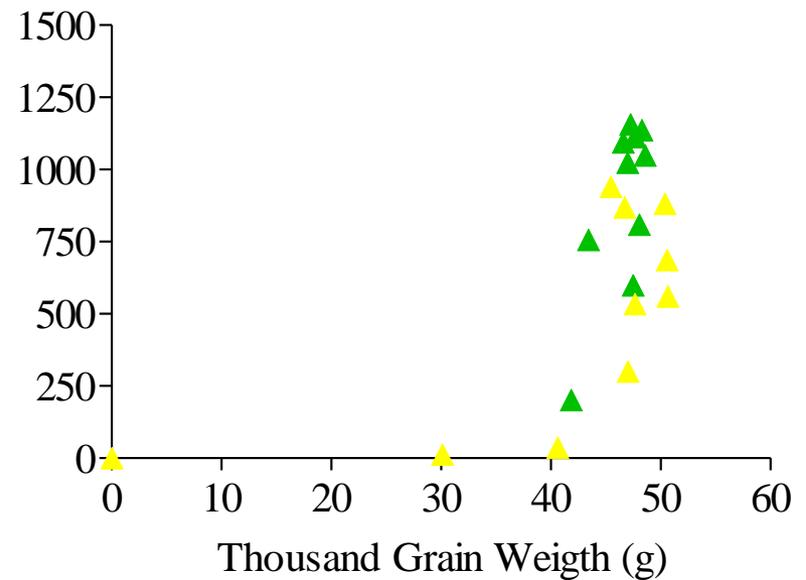
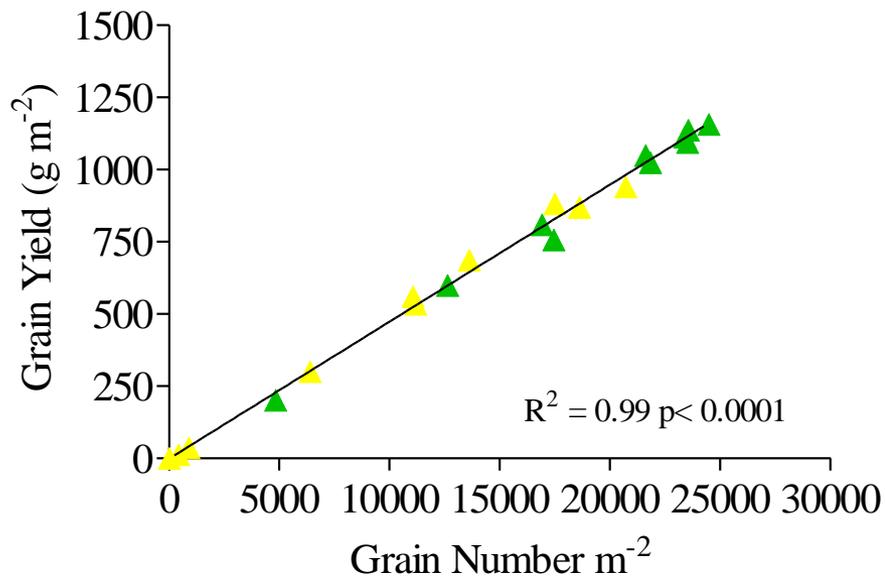
Fig. 3. Simulated versus observed maize grain yield over two years using field-measured, spatially varying soil parameters in Michigan (Braga, 2000).

Simulación de Rendimiento



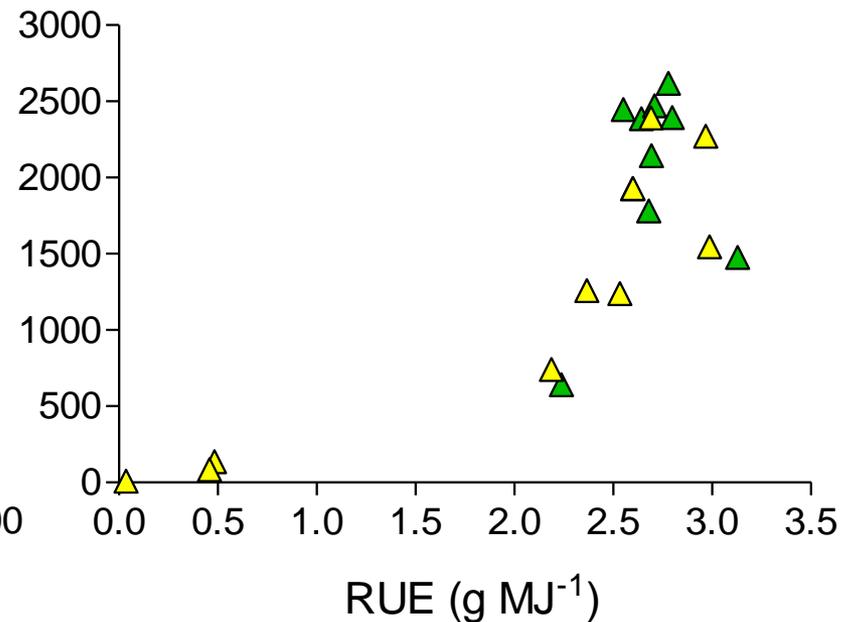
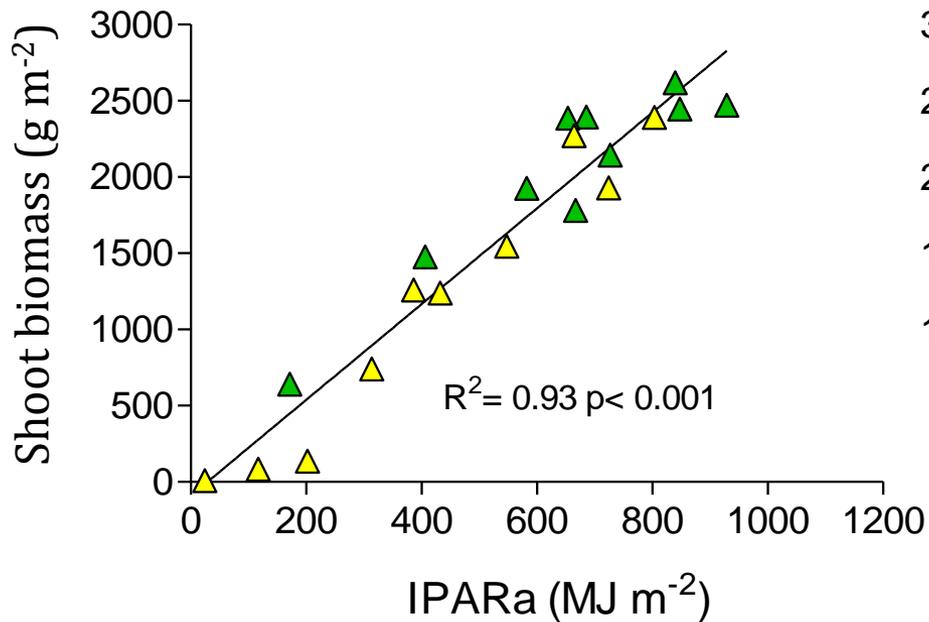
$$R = GN * GW$$

Valor cte.



Crecimiento

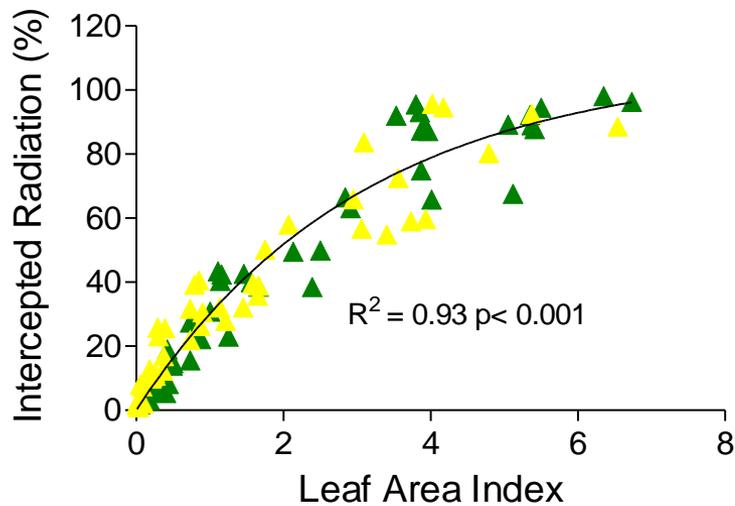
$$B = \text{PAR} * e_i * \text{EUR}$$



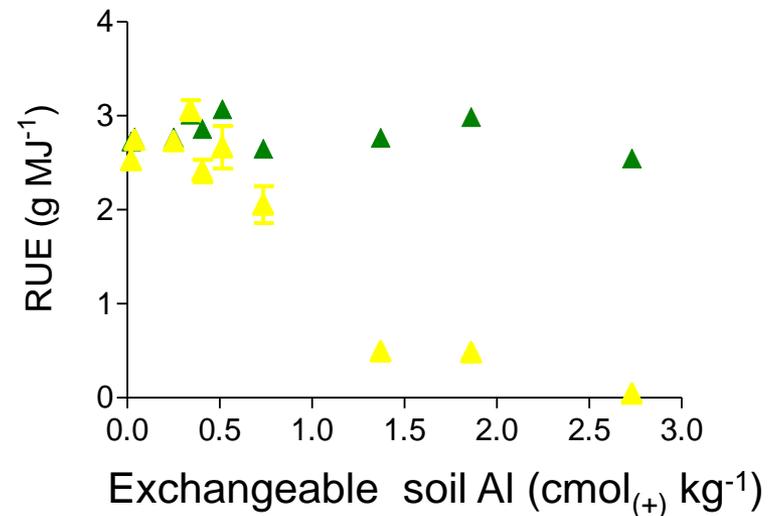
Crecimiento

$$B = \text{PAR} * e_i * \text{EUR}$$

Función de LAI



Valor cte. 2.9 g MJ^{-1}



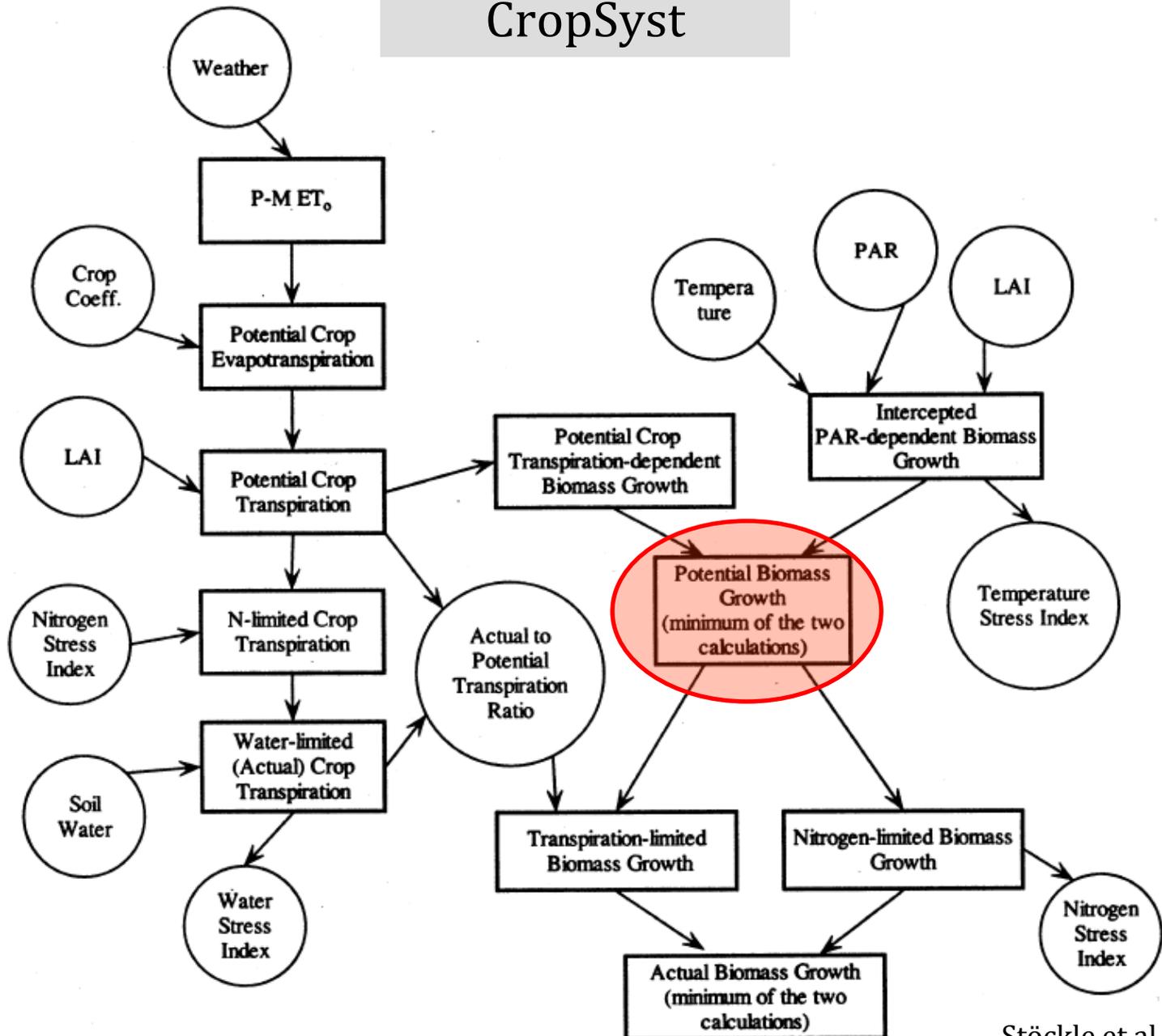
Ejemplos de Estructuras de Modelos

CropSyst
Cropping systems simulation
model

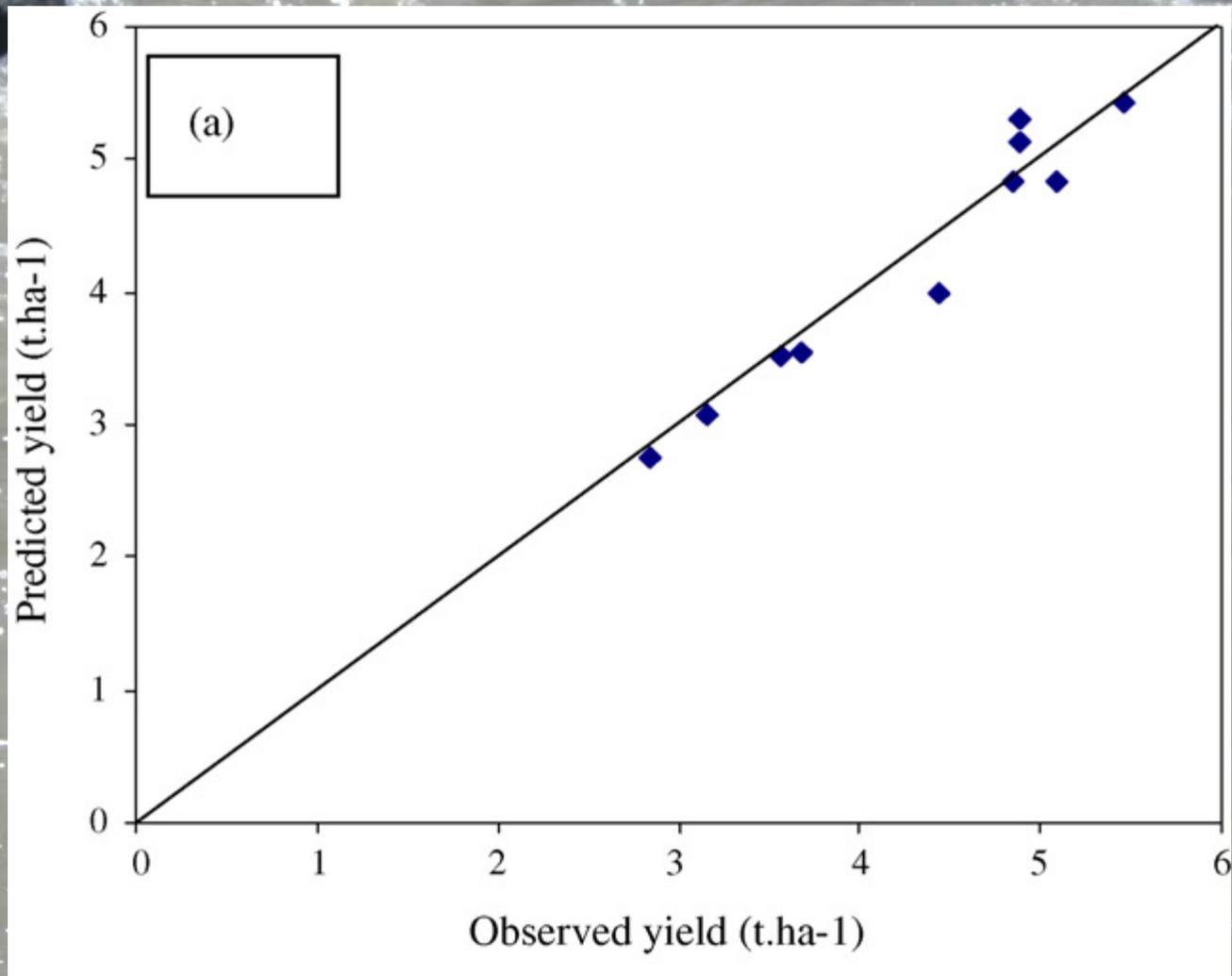
Stöckle et al., 2003

Diagrama de flujo para el cálculo de acumulación de biomasa en

CropSyst



Simulación de Rendimiento





Uso de Modelos en Simulación del Desarrollo

Simulación de Desarrollo en Trigo y Cebada

Etapas simuladas por el modelo DSSAT CERES-maize, wheat, barley

Maize	Wheat	Barley
Germination	Germination	Germination
Emergence	Emergence	Emergence
End of juvenile		
Floral induction	Terminal spikelet	Maximum primordia
	End ear growth	End ear growth
75% Silking		
Beginning grain fill	Beginning grain fill	Beginning grain fill
Maturity	Maturity	Maturity
Harvest	Harvest	Harvest

Coeficientes genéticos para el modelo DSSAT CERES-maize, wheat and barley

(A) Maize

- P1 Degree days (base 8 °C) from emergence to end of juvenile phase
- P2 Photoperiod sensitivity coefficient (0–1.0)
- P5 Degree days (base 8 °C) from silking to physiological maturity
- G2 Potential kernel number
- G5 Potential kernel growth rate mg/(kernel d)
- PHINT Degree days required for a leaf tip to emerge (phyllochron interval) (°C d)

(B) Wheat and barley

- P1D Photoperiod sensitivity coefficient (% reduction/h near threshold)
- P1V Vernalization sensitivity coefficient (%/d of unfulfilled vernalization)
- P5 Thermal time from the onset of linear fill to maturity (°C d)
- G1 Kernel number per unit stem + spike weight at anthesis (#/g)
- G2 Potential kernel growth rate (mg/(kernel d))
- G3 Tiller death coefficient. Standard stem + spike weight when elongation ceases (g)
- PHINT Thermal time between the appearance of leaf tips (°C d)

Control de la Fenología

Avance fenológico es controlado por:

La acumulación de TT

T media diaria

T base 0°C en trigo ($T_b = 8-11^\circ\text{C}$ maíz)

$T > T$ óptima (29°C), dism. la acumulación de GD

En función del genotipo también por:

Fotoperíodo

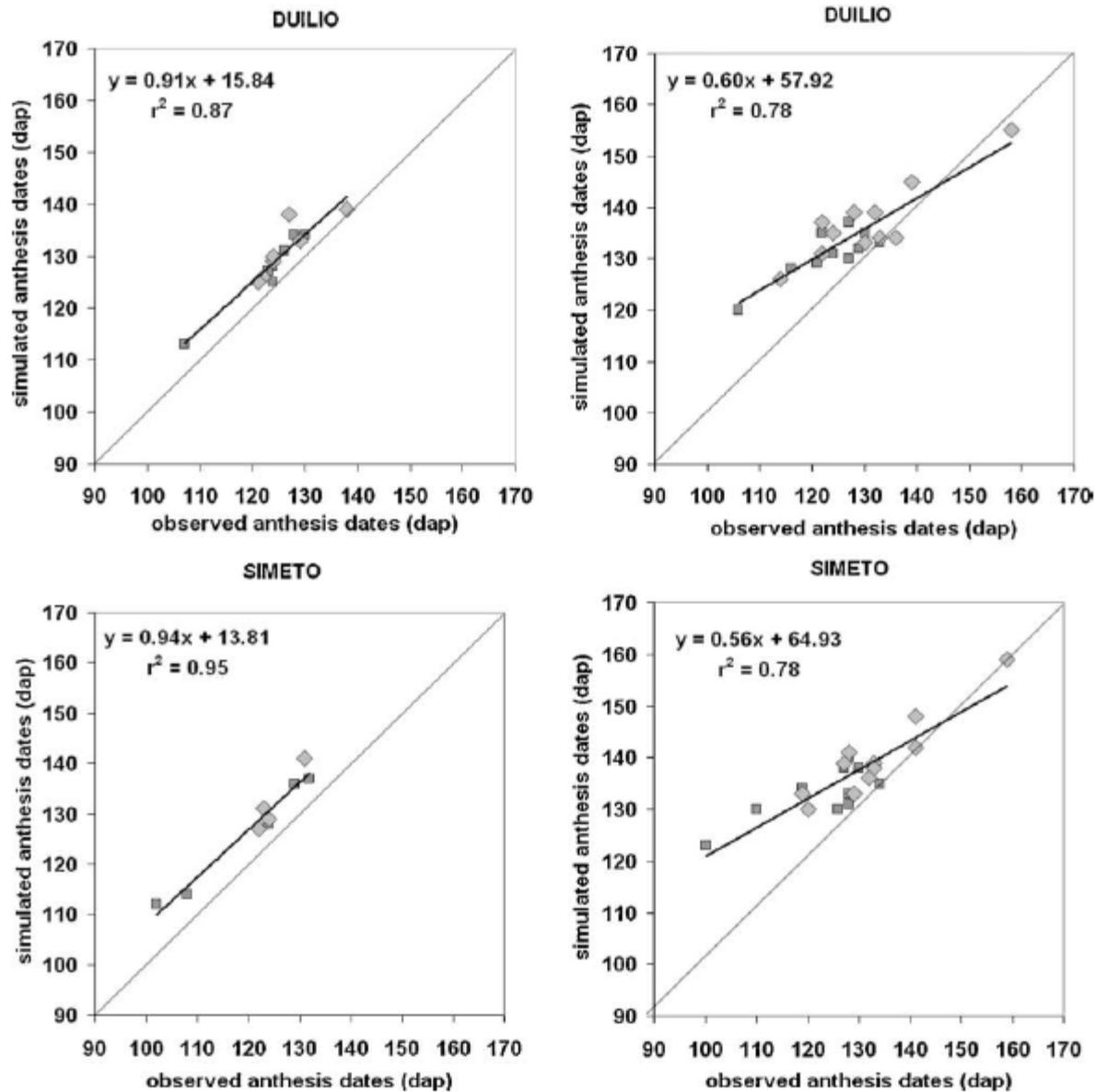
Vernalización, máxima entre $0-6^\circ\text{C}$ (sin vernalización en $T < 0^\circ\text{C}$ ó $> 15^\circ\text{C}$)

La tasa de aparición de hojas es constante



Uso de Modelos en Simulación del Desarrollo

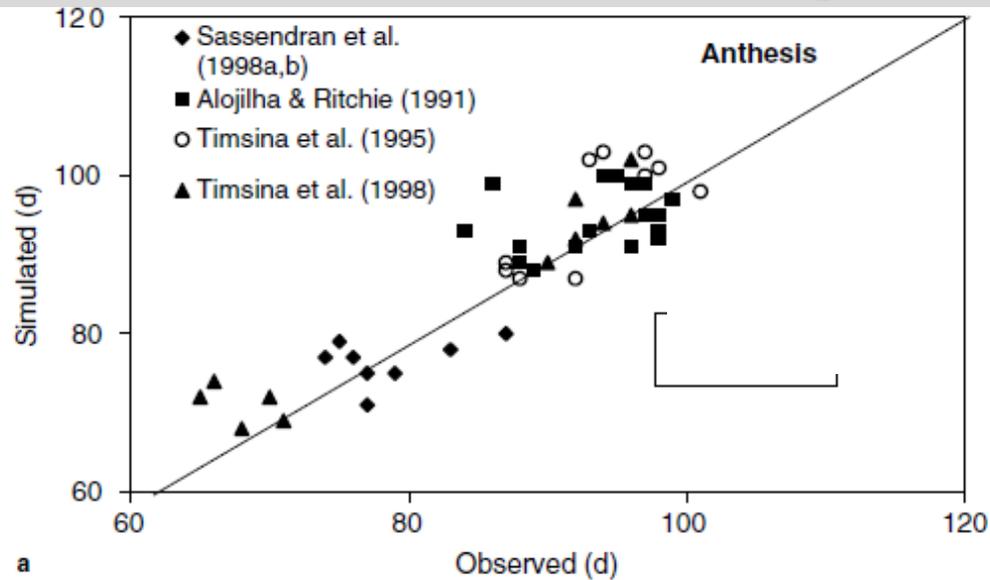
Simulación de Fenología



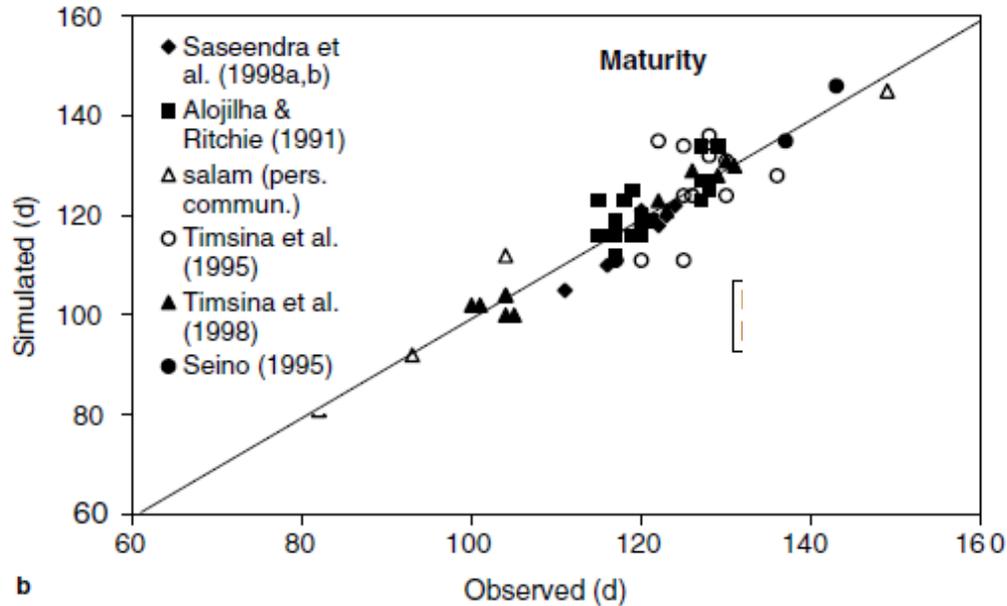
Dettori et al., 2011

Fig. 3. Calibration (left) and validation (right) results of CERES-Wheat model for anthesis date using data sets of Creso, Duilio, and Simeto varieties at Benatzu and Ussana experimental sites (Southern Sardinia, Italy).

Simulación de Fenología



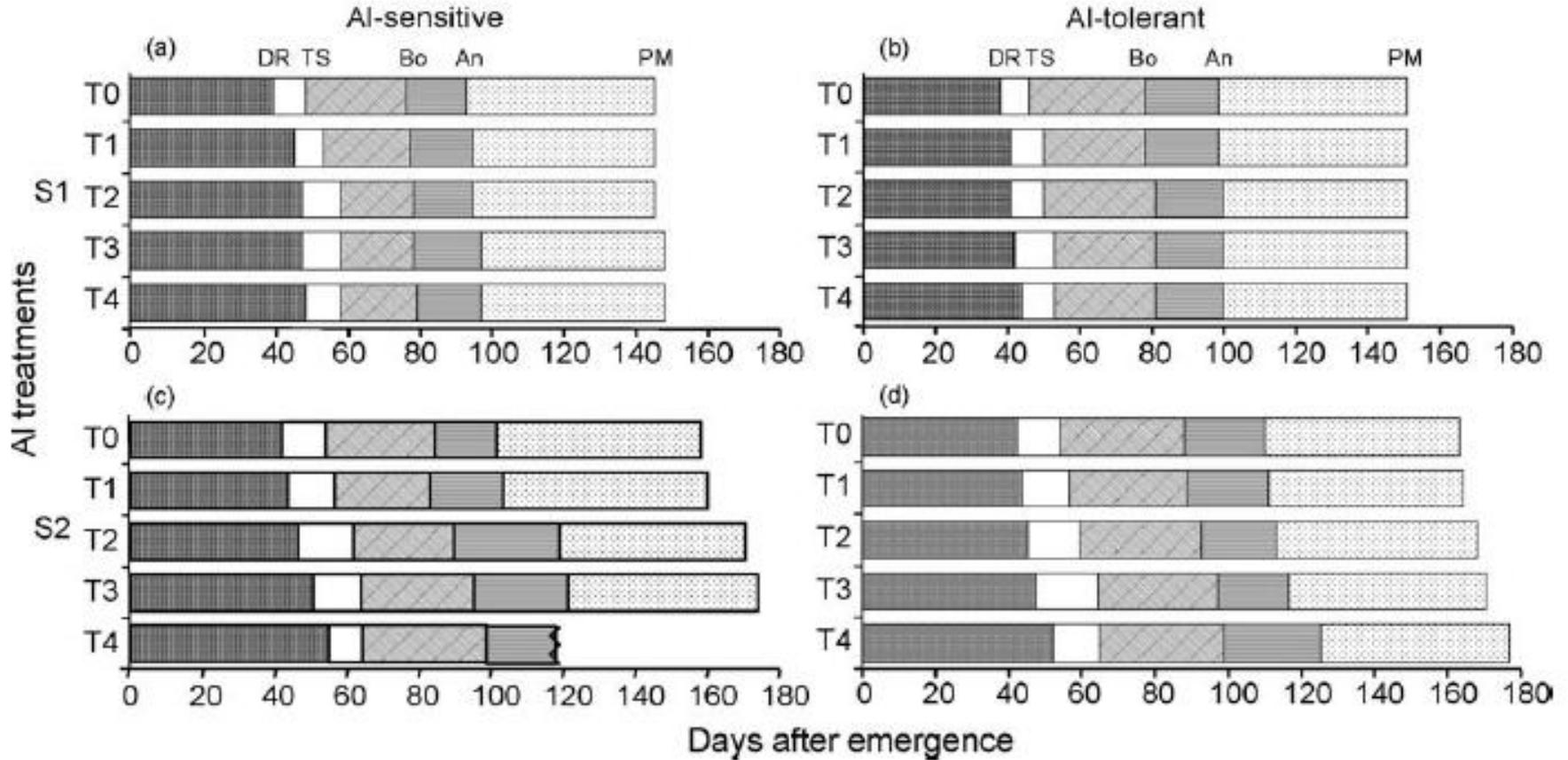
a



b

Fig. 1. Simulated and observed days to (a) anthesis and (b) maturity of rice across a range of experiments in Asia.

Toxicidad por Aluminio



Valle et al., 2009



Gracias por su atención