

Control genético de enfermedades fúngicas: acercamientos para identificación y utilización de genes de resistencia cualitativa, cuantitativa y tolerancia

Ariel Castro

EEMAC, Facultad de Agronomía, Universidad de la República

Taller CYTED “Zonas agrícolas en expansión: impactos y desafíos impuestos por limitaciones a la productividad de cereales”

Paysandú, 27 de octubre de 2010

Los problemas

Identificar los componentes genéticos responsables de la resistencia (cuantitativa y cualitativa) y la tolerancia

Desarrollar una estrategia de integración de los componentes identificados en el germoplasma en uso en producción sin perder caracteres deseables

Las herramientas

Uso de instrumentos genómicos para la identificación y localización de los componentes genéticos (Análisis de QTL, Mapeo por DL)

Uso de estrategias de acumulación de genes vía piramidización y selección asistida

Algunos cuellos de botella

HUESPED

**ESCAPE
TOLERANCIA
RESISTENCIA**

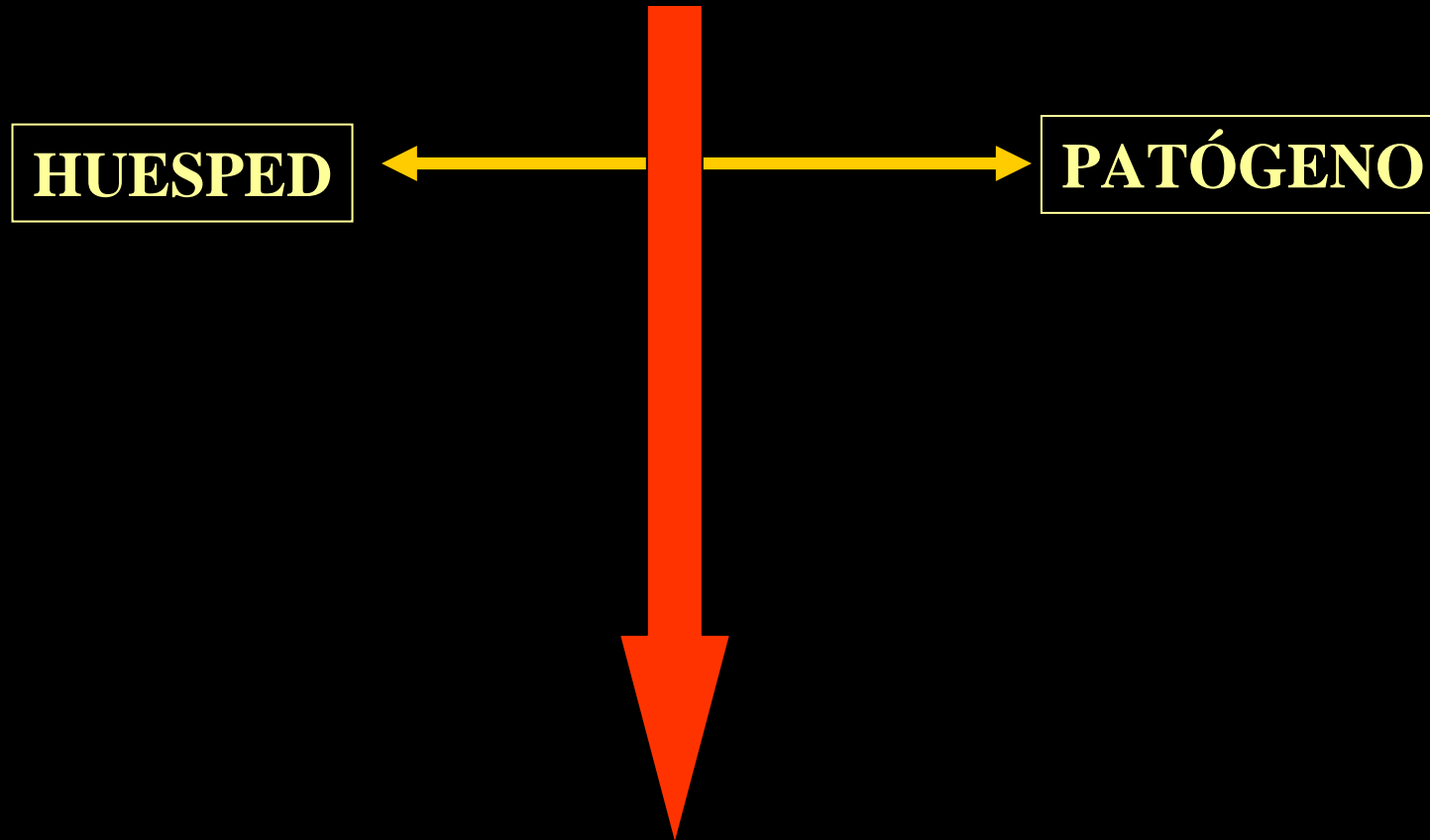
PATÓGENO



RESISTENCIA

- Factores morfológicos (altura, barreras físicas, etc)
- Factores fisiológicos (ciclo, tolerancia a estrés, etc)
- Resistencia “verdadera”

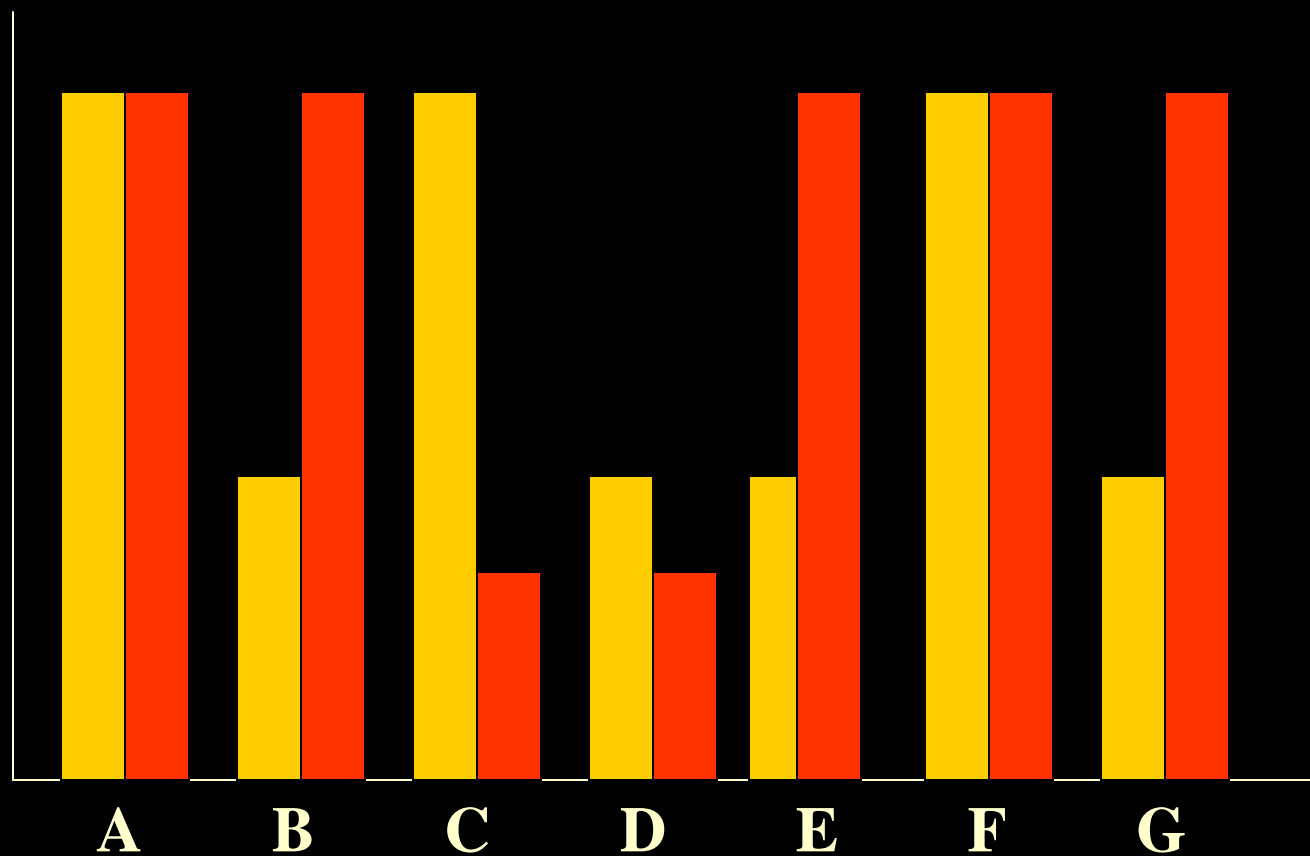
MECANISMOS - ESPECIALIZADOS



MECANISMOS + ESPECIALIZADOS

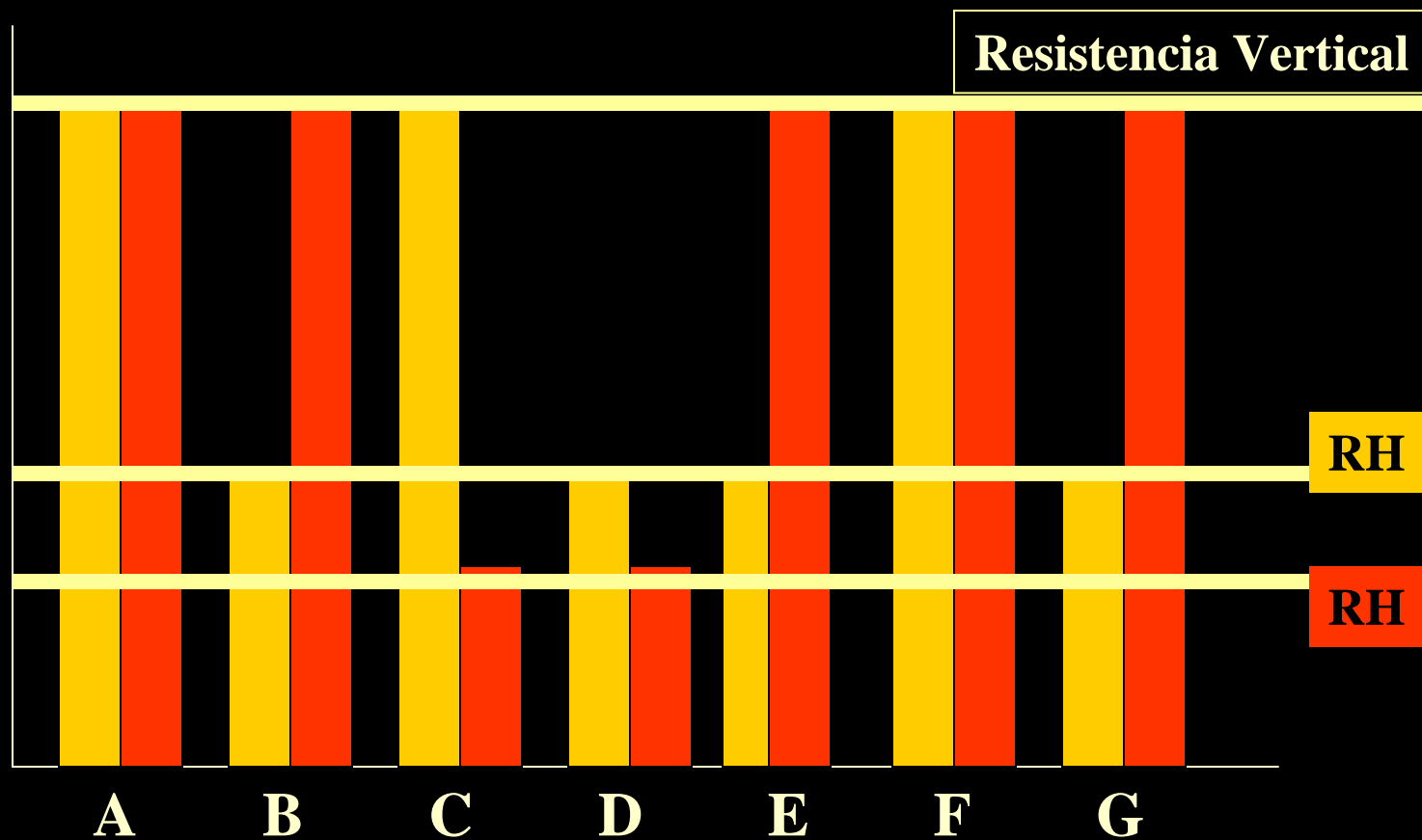
TIPOS DE RESISTENCIA

Nivel de resistencia



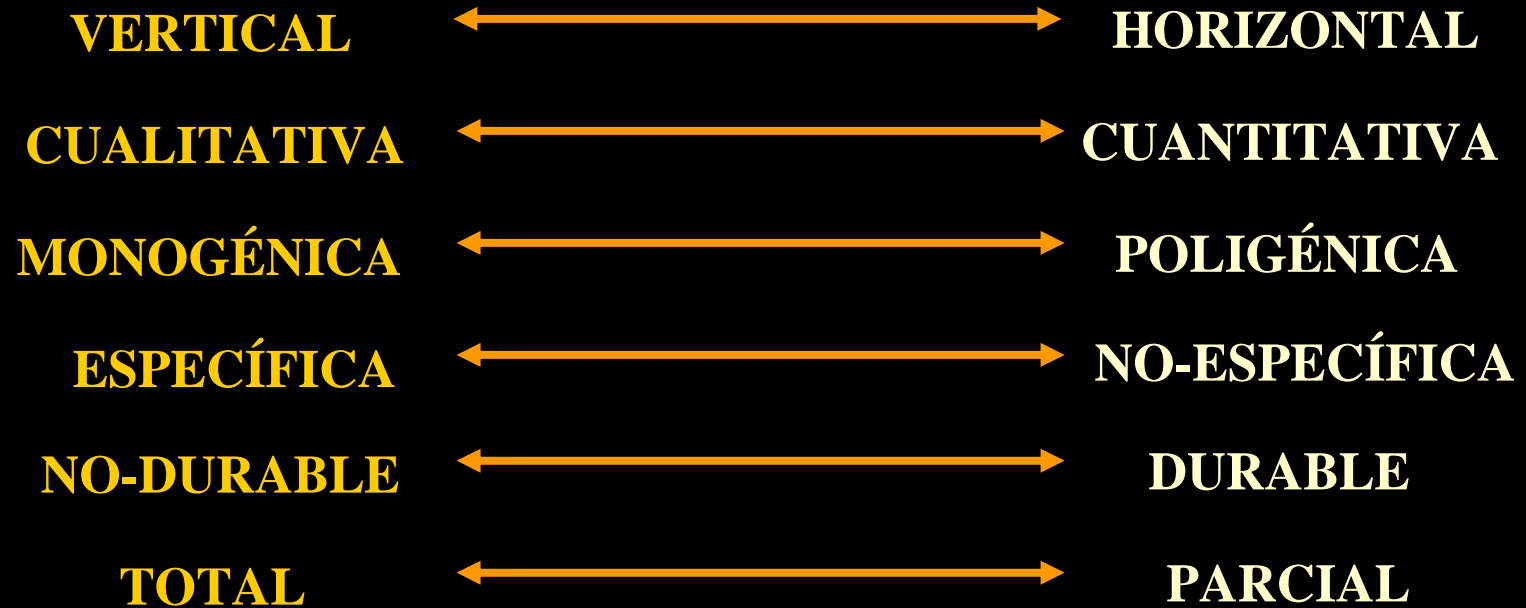
Razas o aislamientos del patógeno

Nivel de resistencia

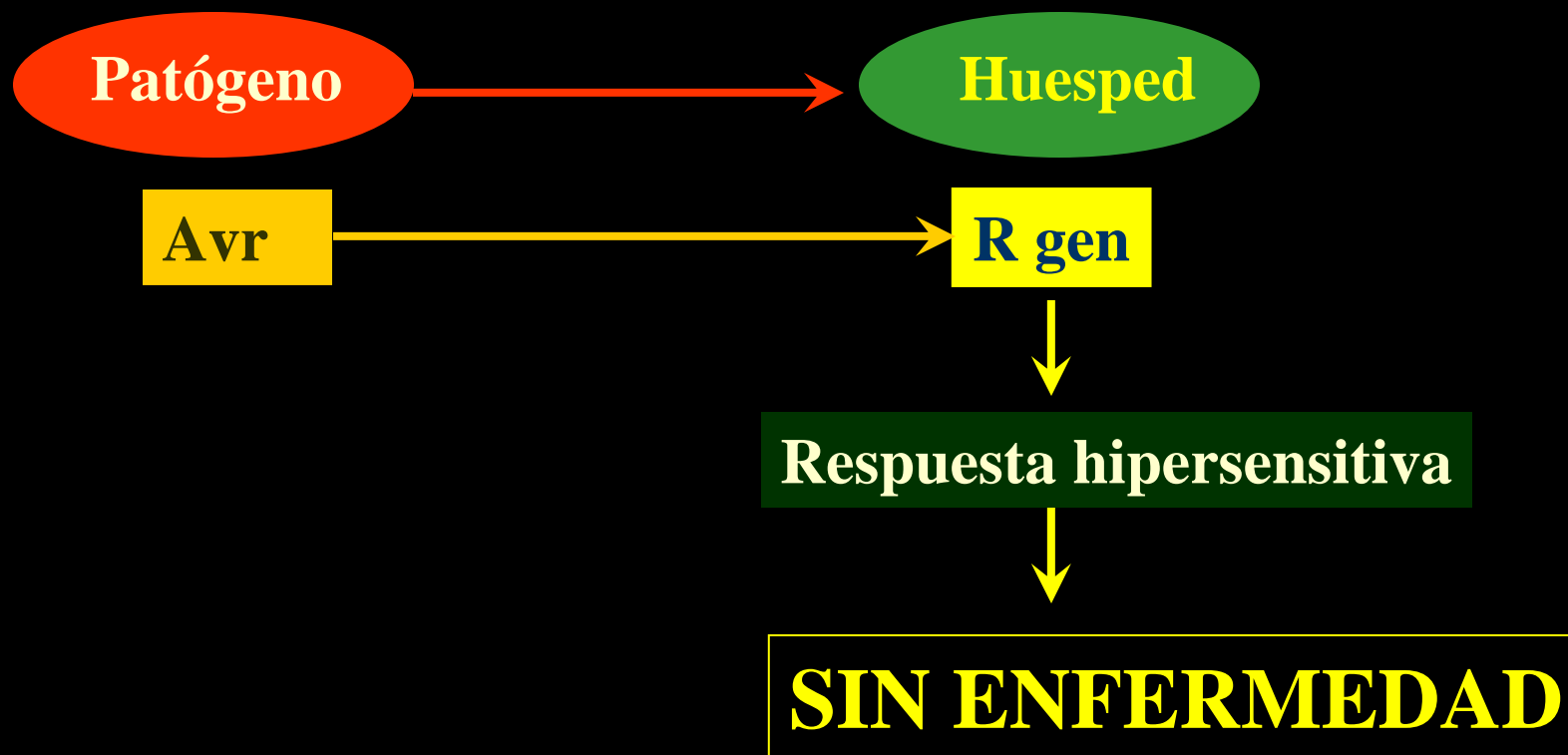


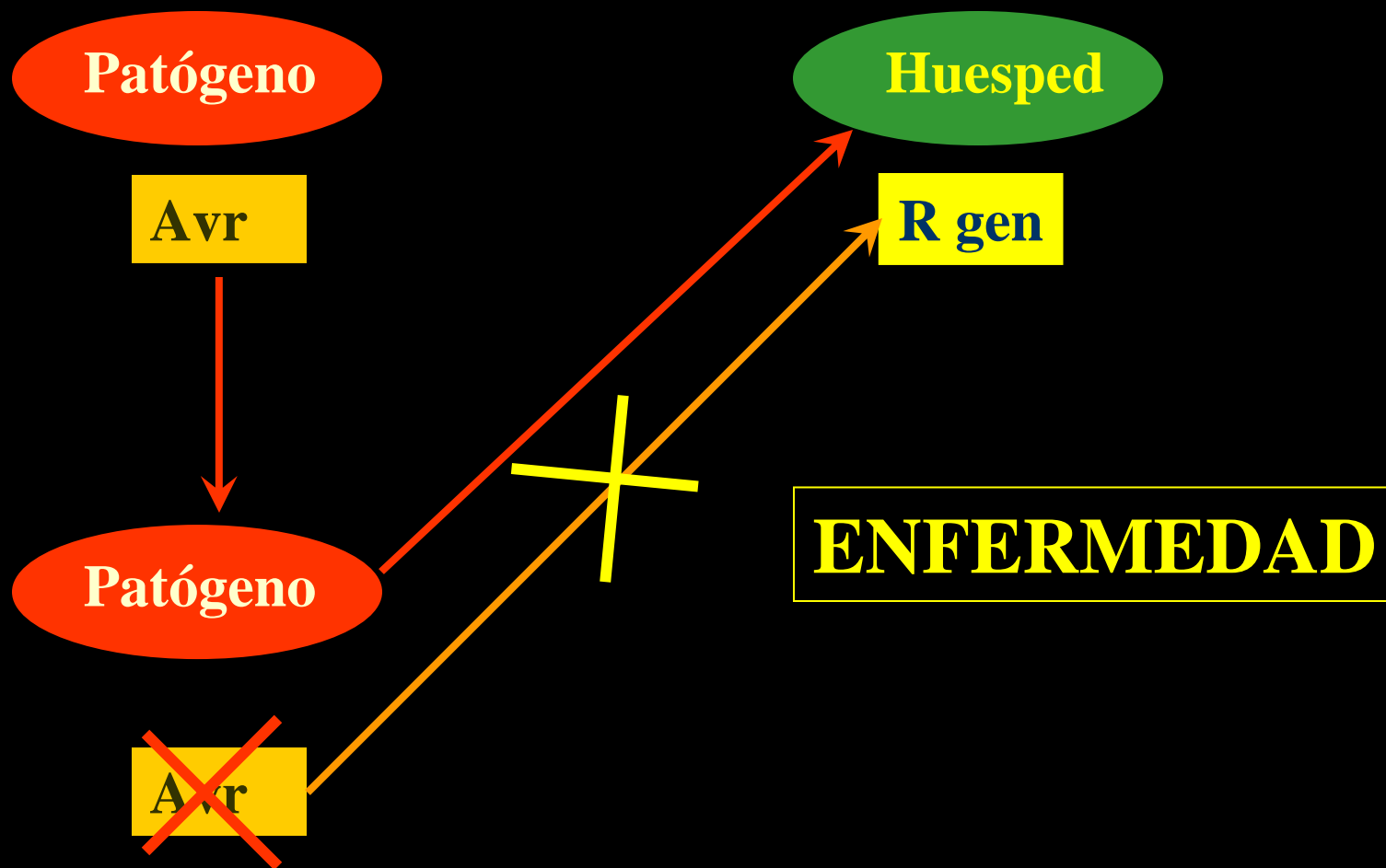
Razas o aislamientos del patógeno

TIPOS DE RESISTENCIA

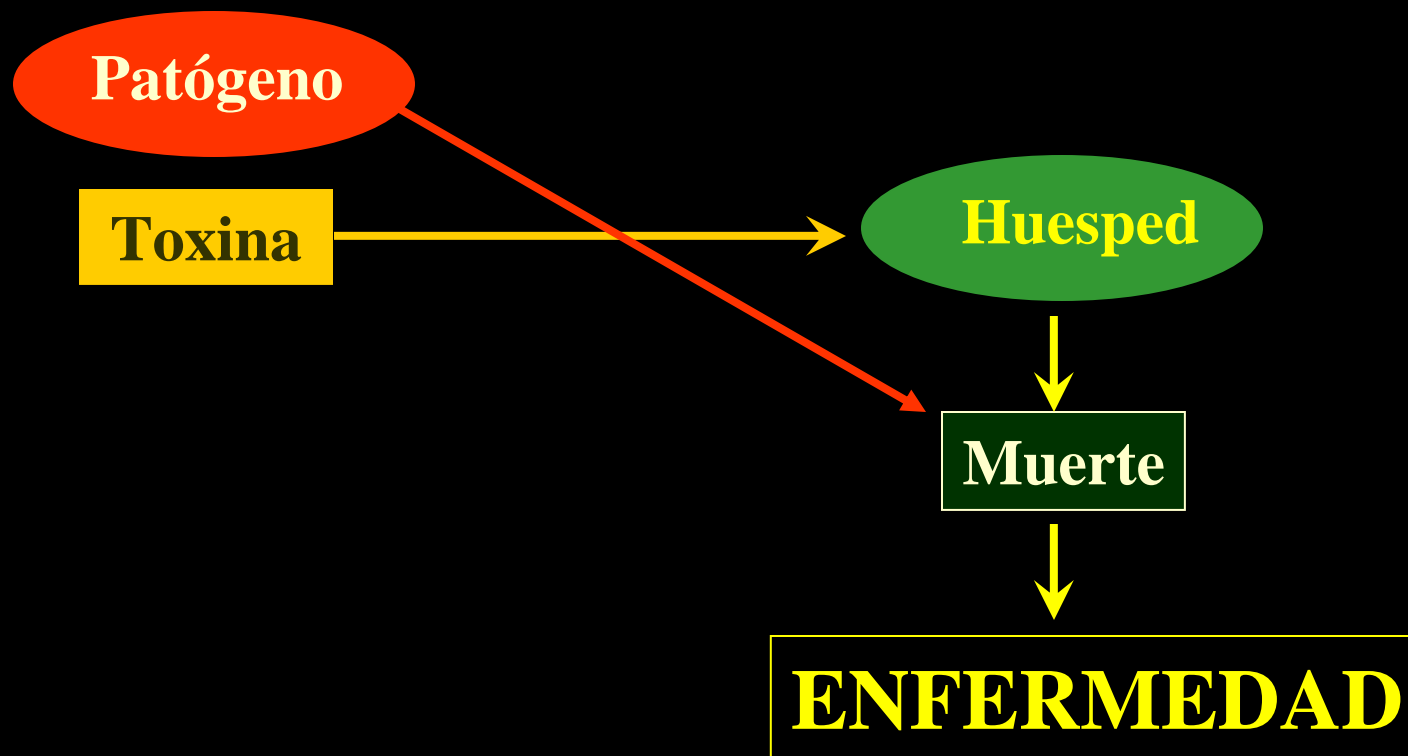


MODELO BIOTROFOS: HIPERSENSIBILIDAD

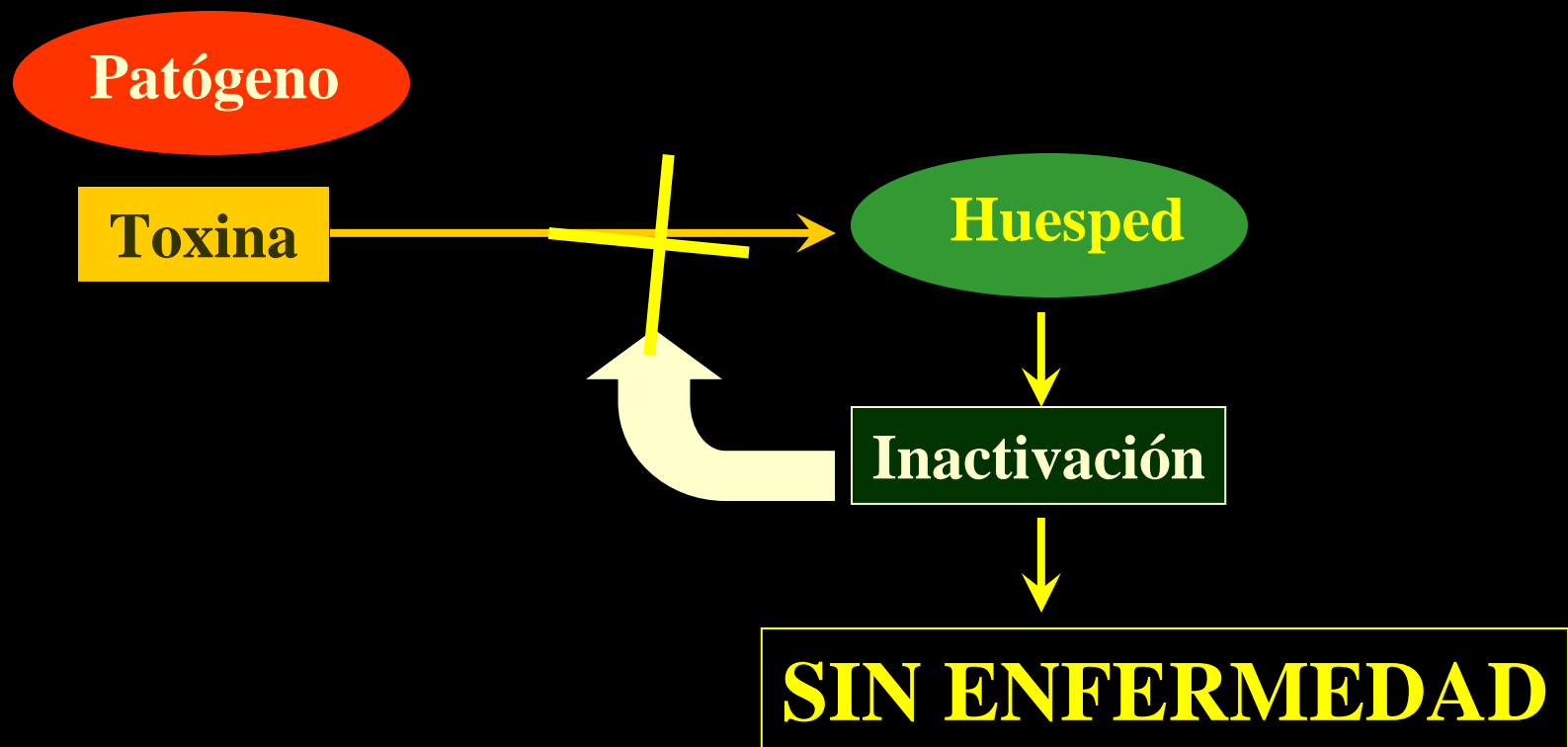




MODELO NECROTROFOS: DETOXIFICACIÓN



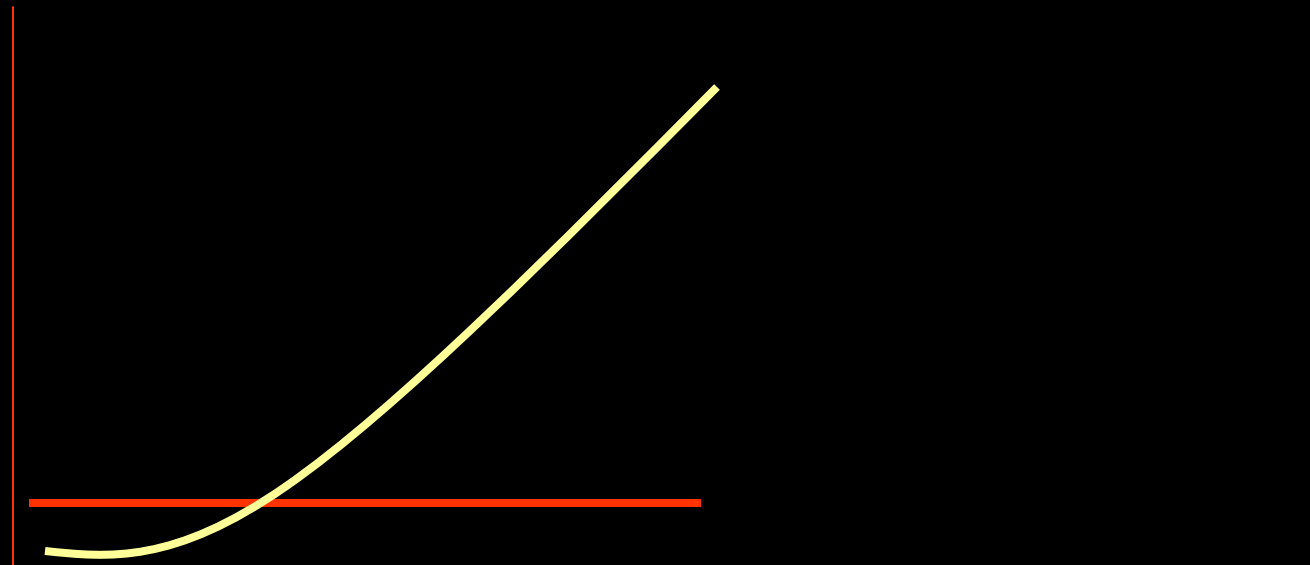
MODELO NECROTROFOS: DETOXIFICACIÓN



UTILIZACIÓN DE LA RESISTENCIA

INFECCIÓN

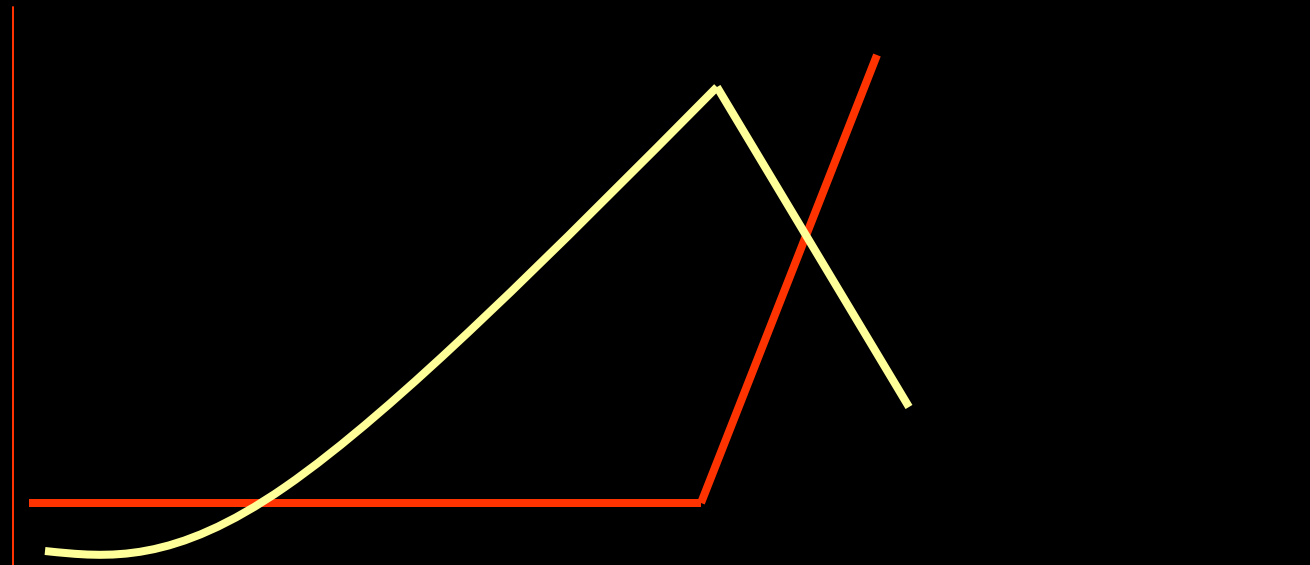
AREA



TIEMPO

INFECCIÓN

AREA

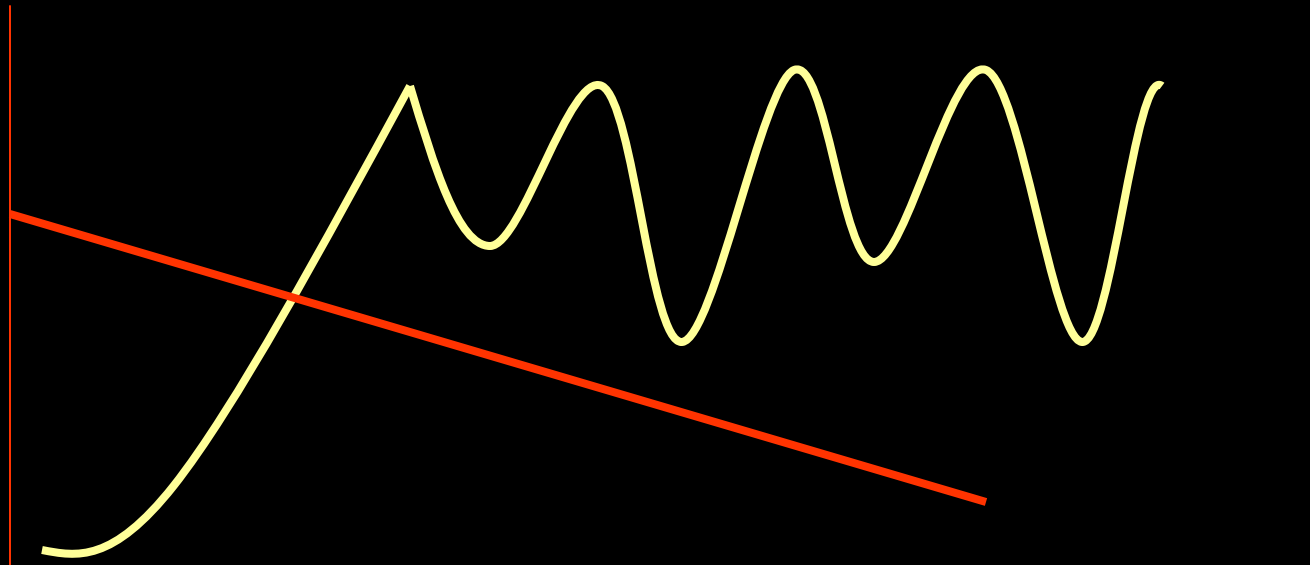


TIEMPO

EFEECTO “VERTIFOLIA”

RESISTENCIA
HORIZONTAL

RESISTENCIA
VERTICAL

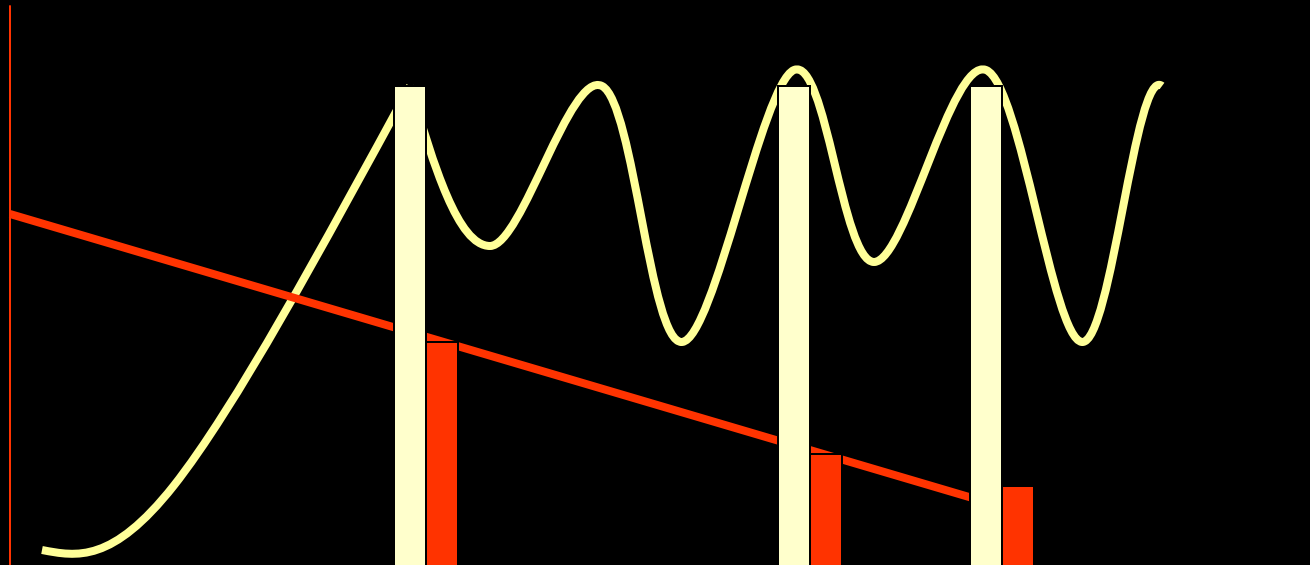


TIEMPO

EFEECTO "VERTIFOLIA"

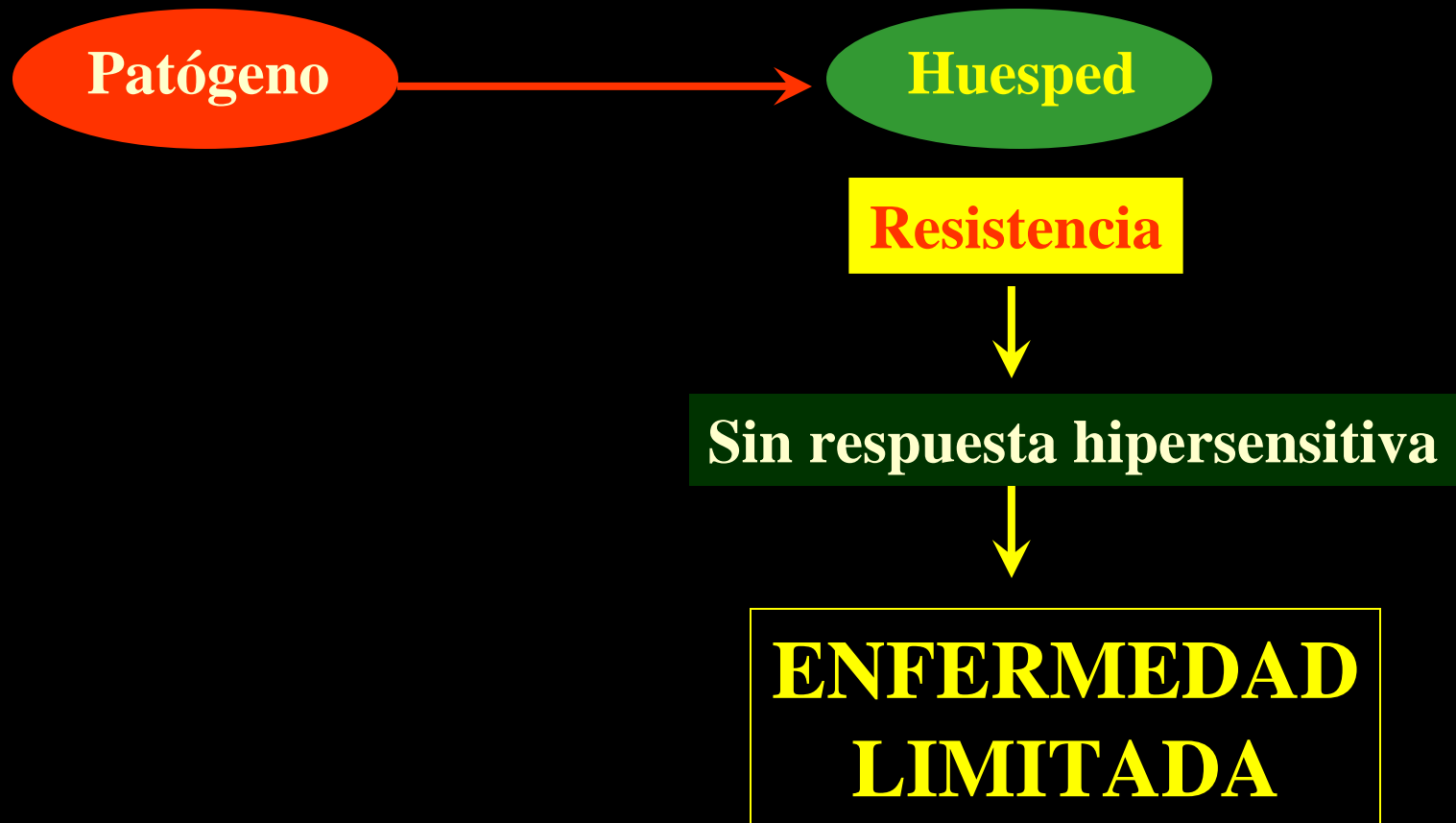
RESISTENCIA
HORIZONTAL

RESISTENCIA
VERTICAL

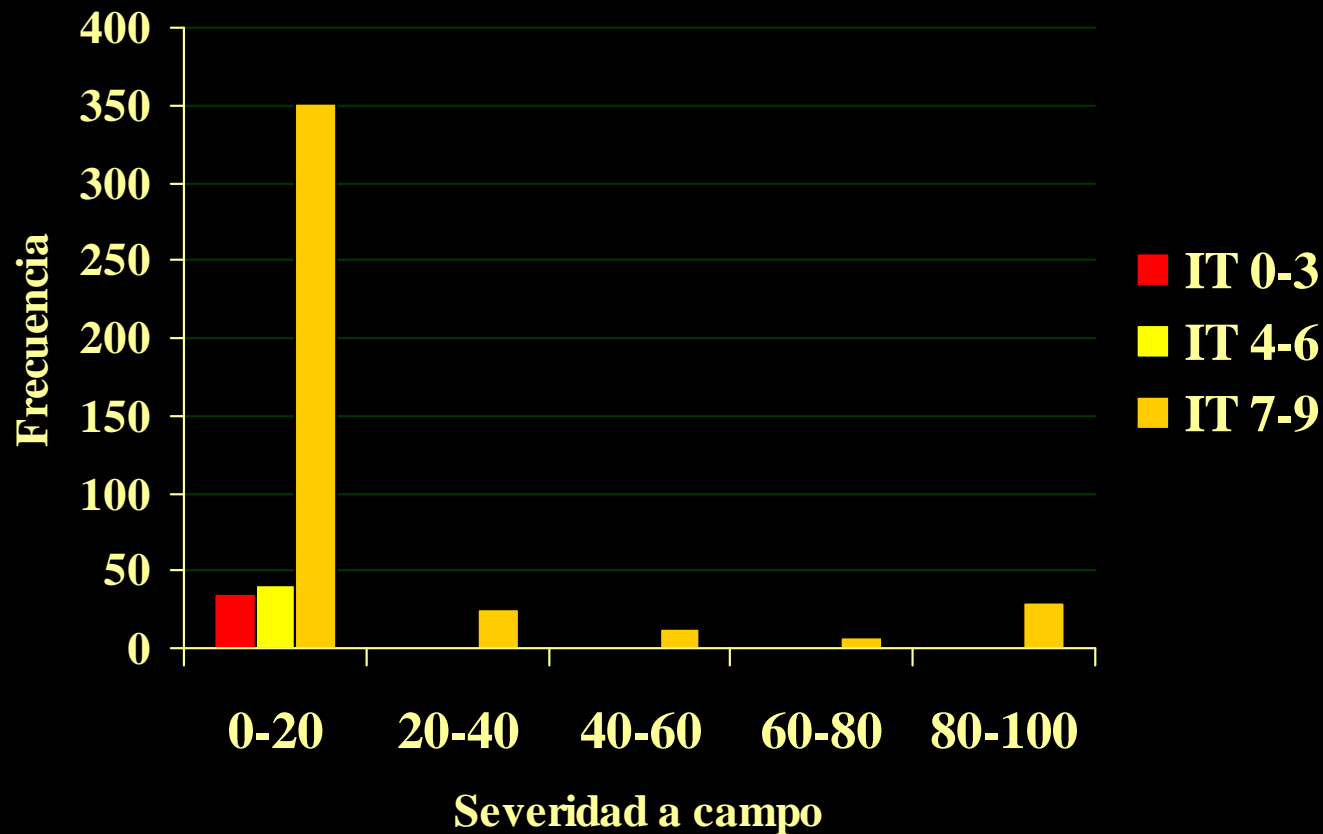


TIEMPO

RESISTENCIA CUANTITATIVA

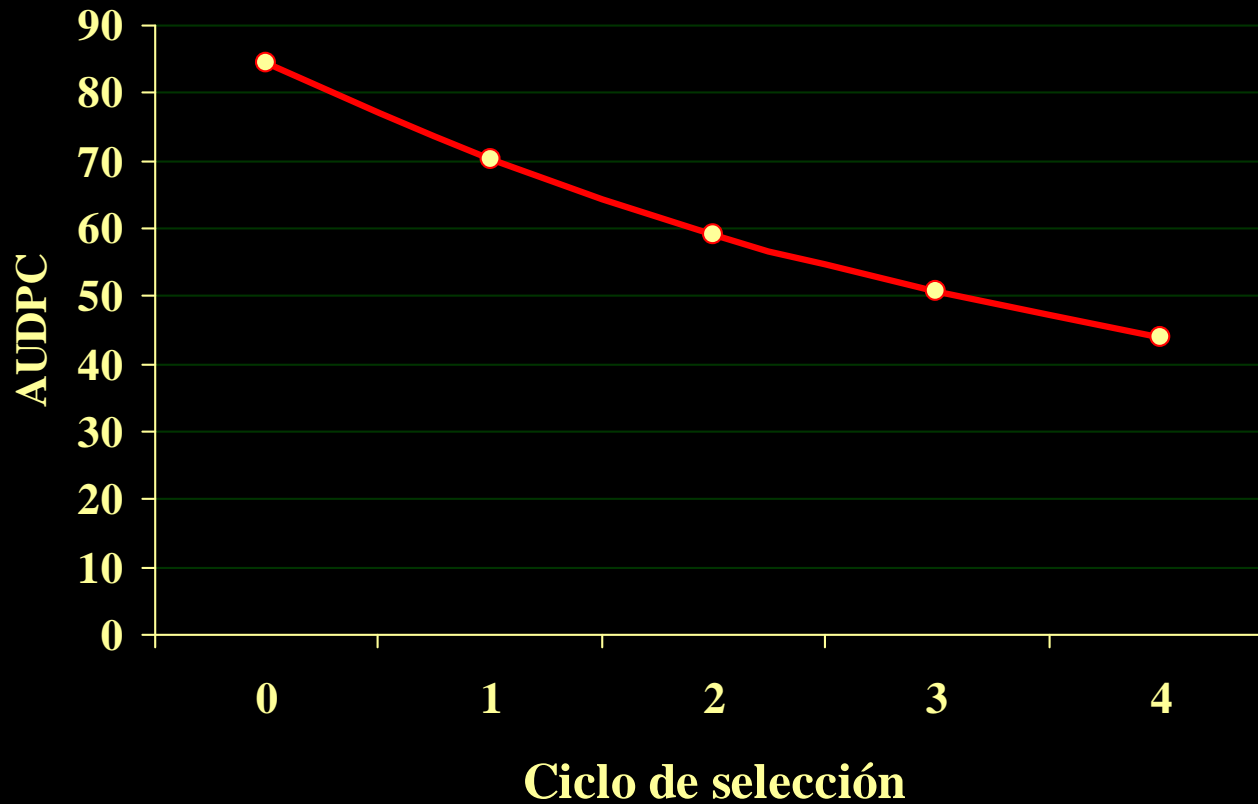


Distribución del comportamiento de líneas avanzadas de cebada del programa de ICARDA/CIMMYT frente a roya estriada en condiciones de campo de acuerdo a su reacción a la inoculación en invernadero.



Sandoval-Islas et al., 1998

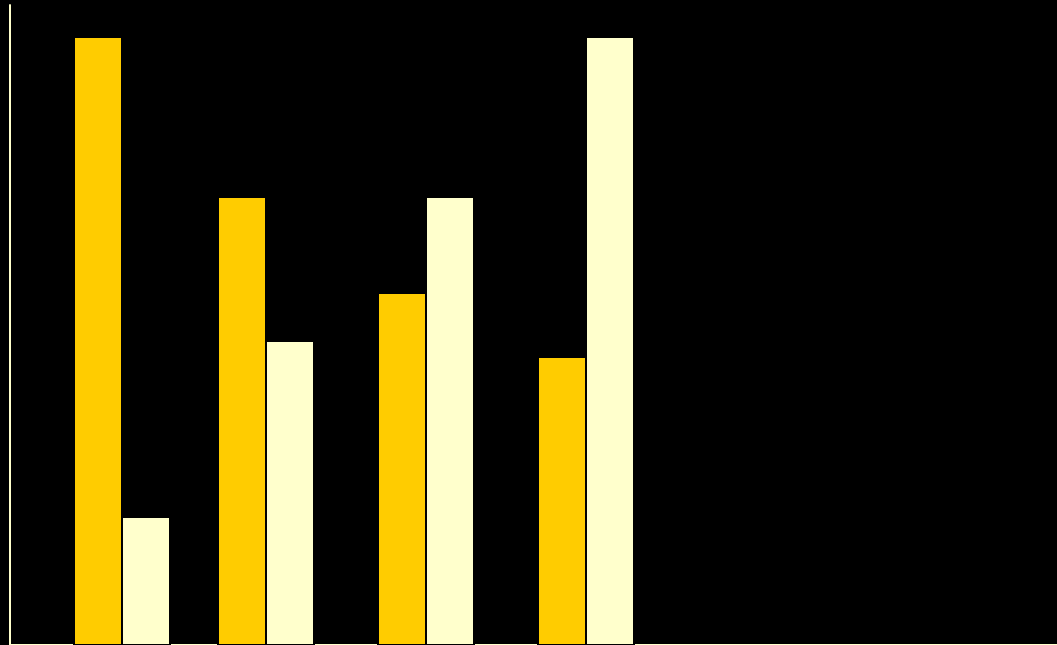
Respuesta a 4 ciclos de selección recurrente por resistencia parcial a roya de la avena



Díaz-Lago et al., 2002

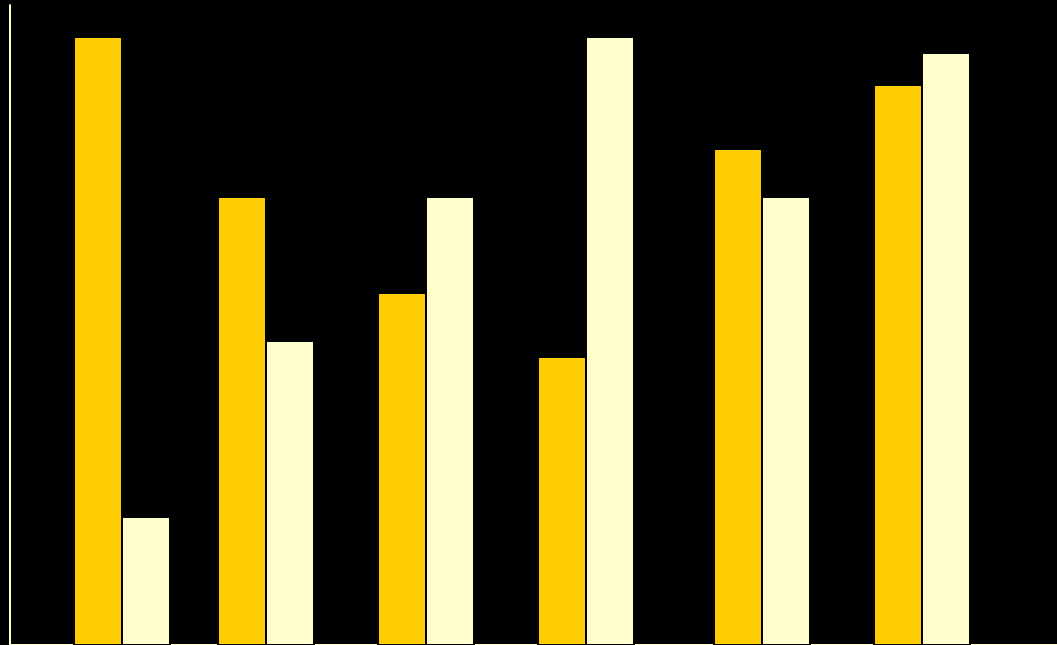
INFECCIÓN

RENDIMIENTO



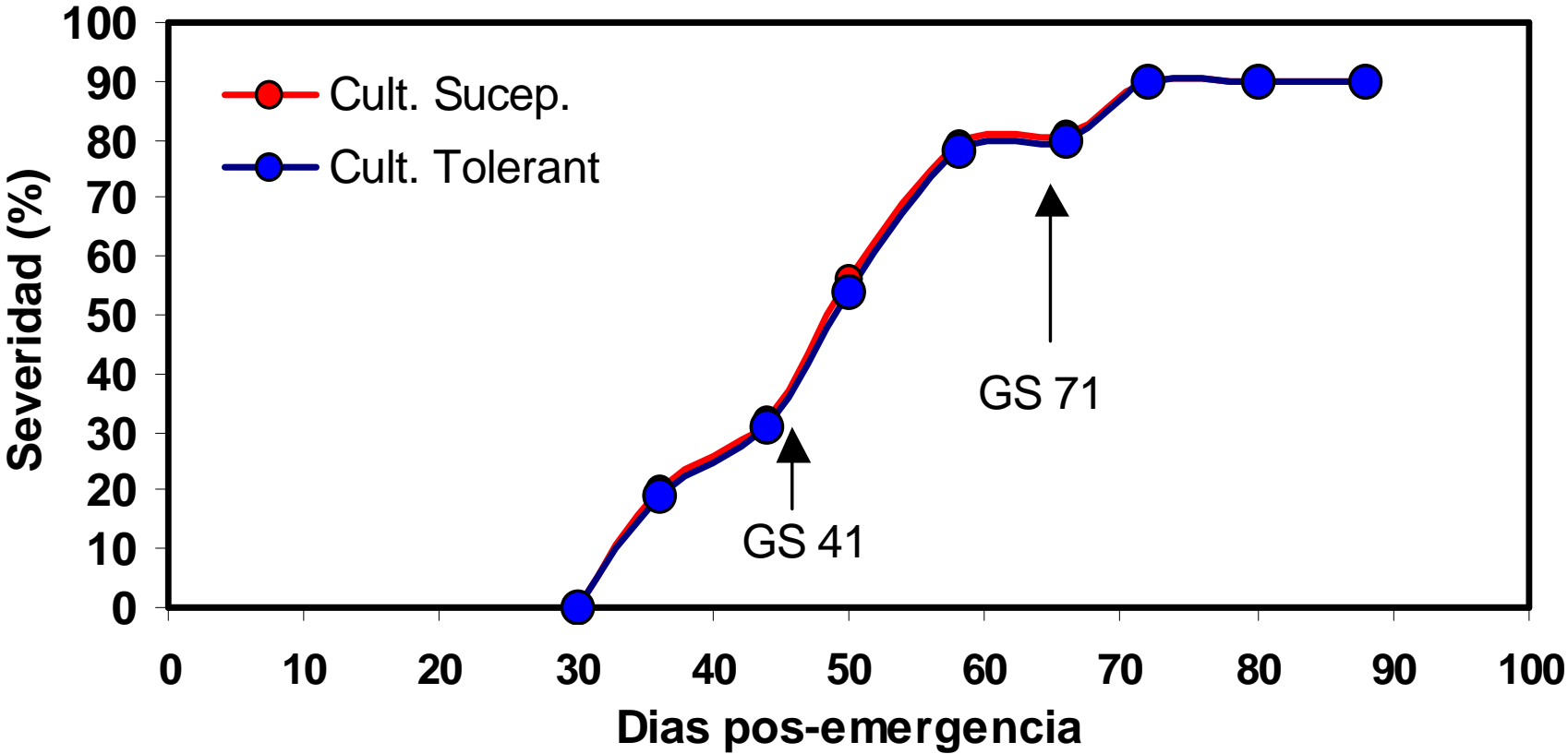
INFECCIÓN

RENDIMIENTO



¿TOLERANCIA?

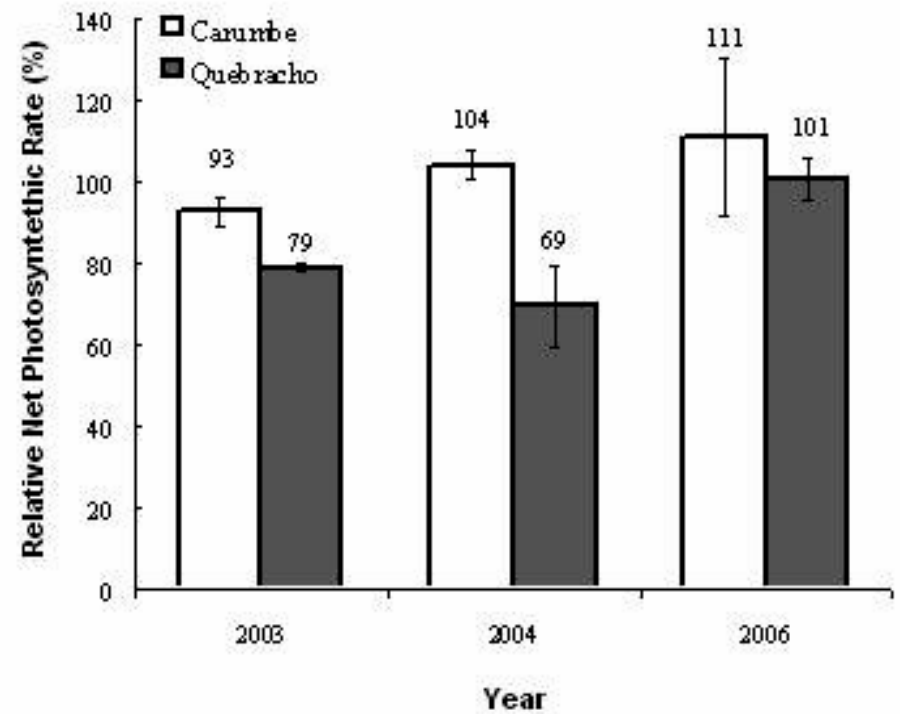
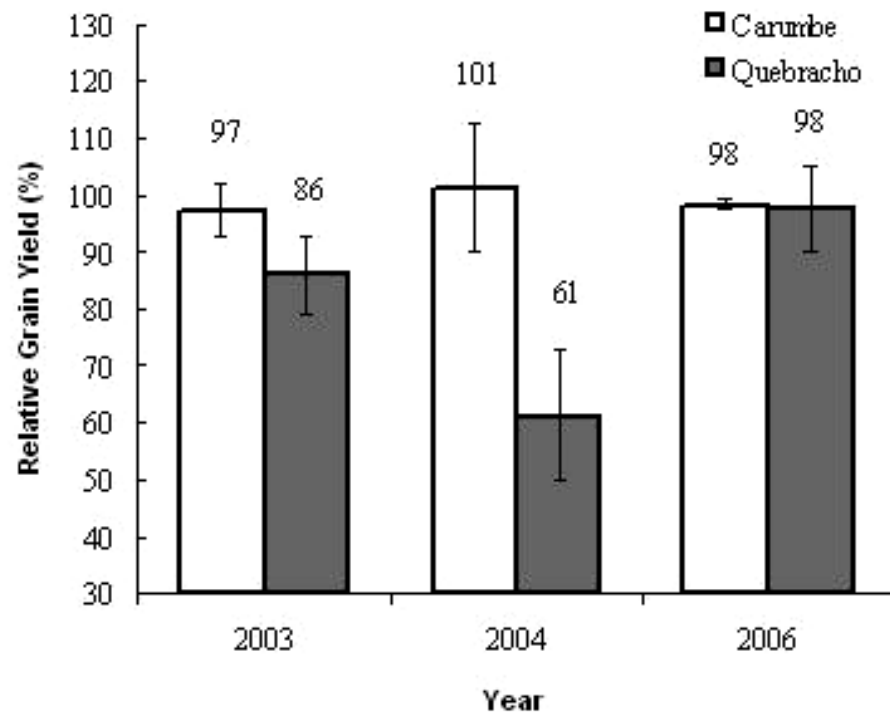
**Evolución del área foliar afectada por *Septoria tritici* para dos cultivares contrastantes (Barkai y Miriam).
Zuckerman et al. 1996**



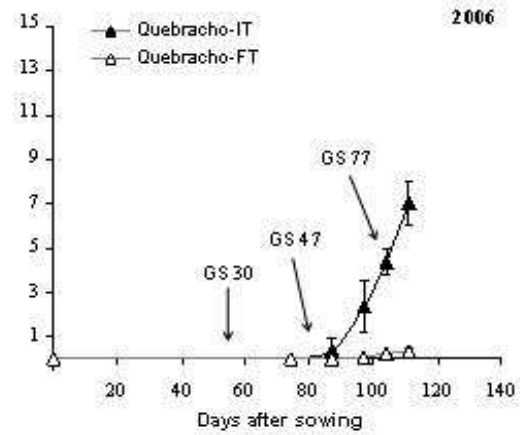
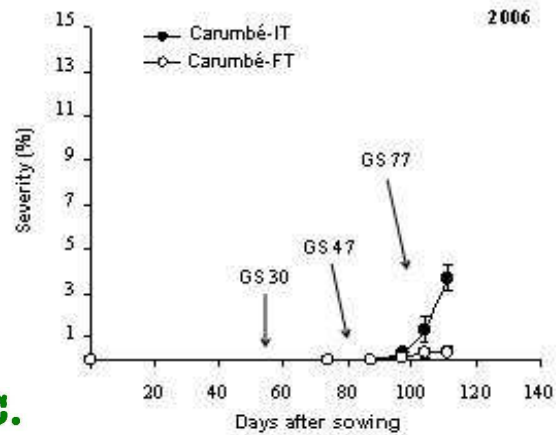
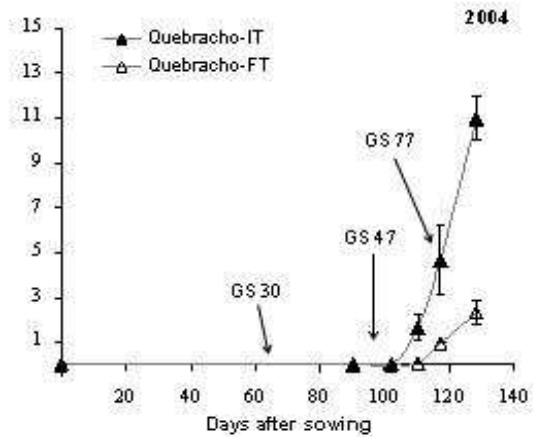
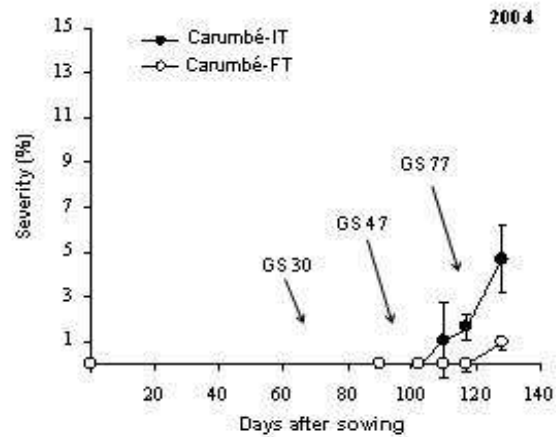
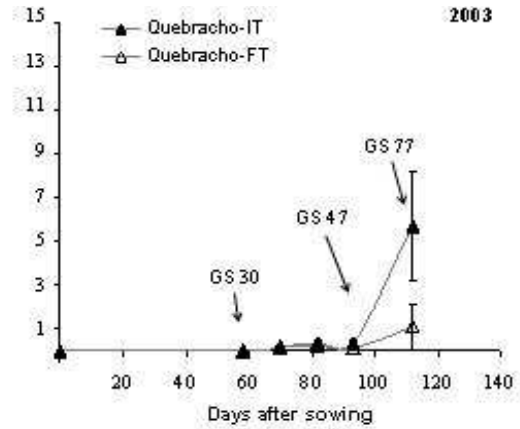
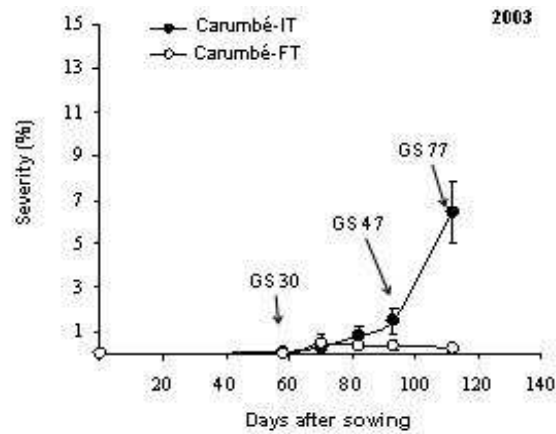
Adaptado por Hoffman, 2006

Cultivar		Peso grano (mg)	A nivel de AF verde		Flujo CO ₂ en espiga
			Clorofila µg/cm ²	T. fijación CO ₂	
Susceptible	Protegido	35.8 a	61	2.25 a	-69.6
	Inoculado	29.8 b	8	1.14 b	-163.2
Tolerante	Protegido	37.3 a	91	2.14 a	-12
	Inoculado	35.5 a	36	2.00 a	-12

Zuckerman et al., 1996, adaptado por Hoffman, 2006

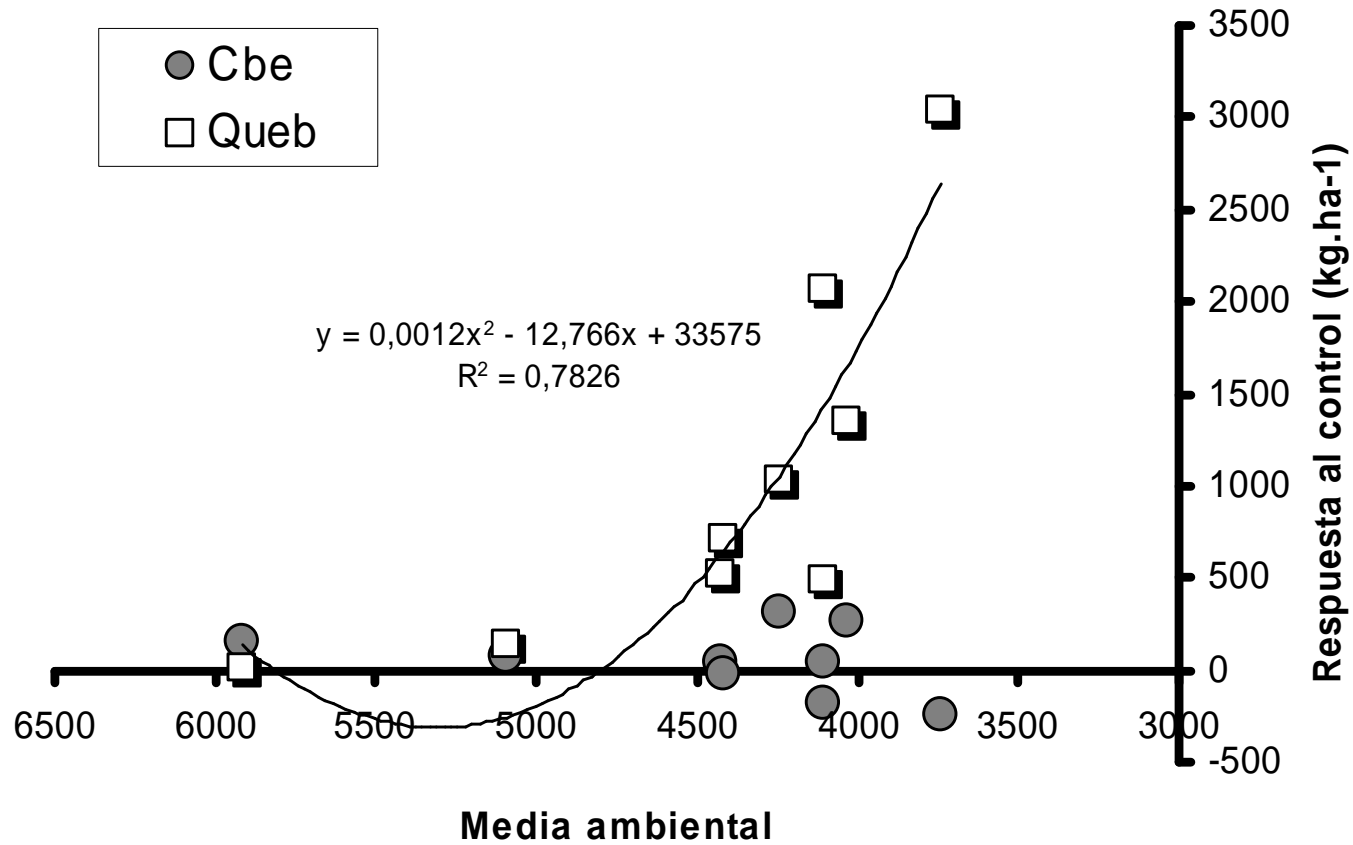


Hoffman et al., sp.



Hoffman et al., sp.

2003, 2004 y 2006



Hoffman et al., sp.

TOLERANCIA

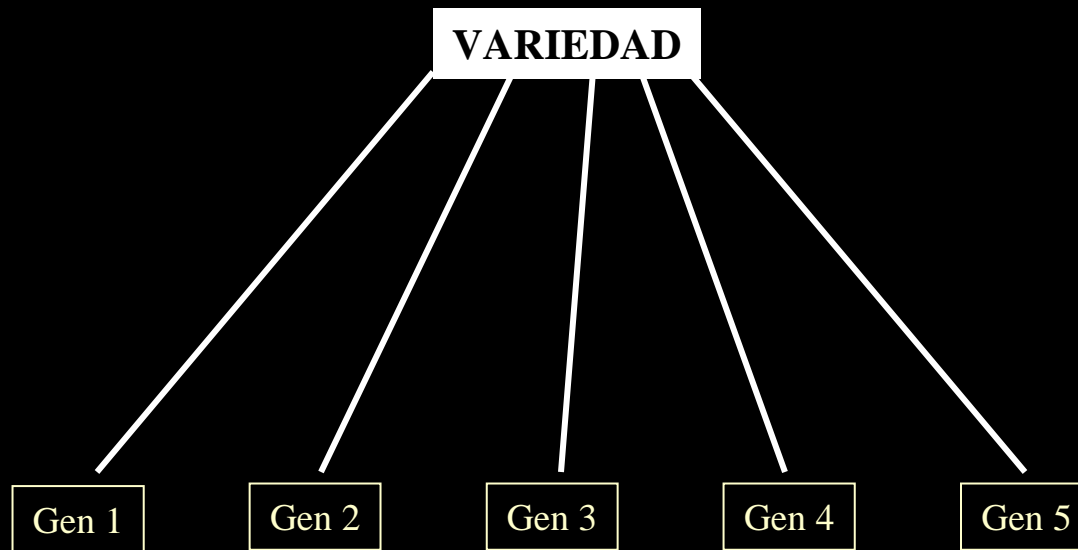
- Aparece como altamente deseable en nuestro “fenotipo ideal”
- Sin una definición ajustada
- De muy costosa medición

Los problemas

Identificar los componentes genéticos responsables de la resistencia (cuantitativa y cualitativa) y la tolerancia

Las herramientas

Uso de instrumentos genómicos para la identificación y localización de los componentes genéticos (Análisis de QTL, Mapeo por DL)



HERRAMIENTAS:

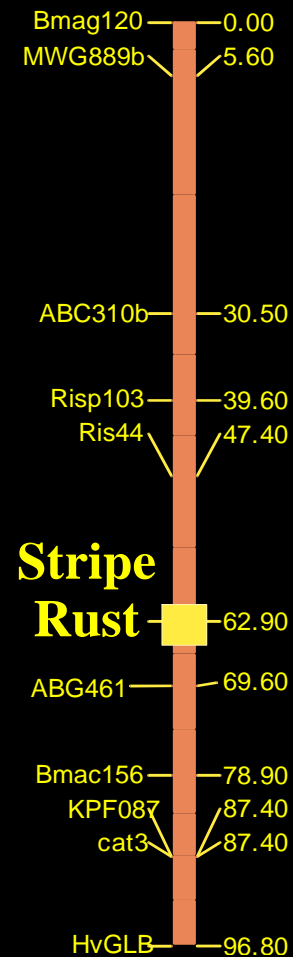
Resistencia cualitativa (distribución discreta mendeliana)

Mapeo directo por análisis de ligamiento (el carácter es utilizado como un marcador más)

CEBADA

Población: CI 10987 x Galena

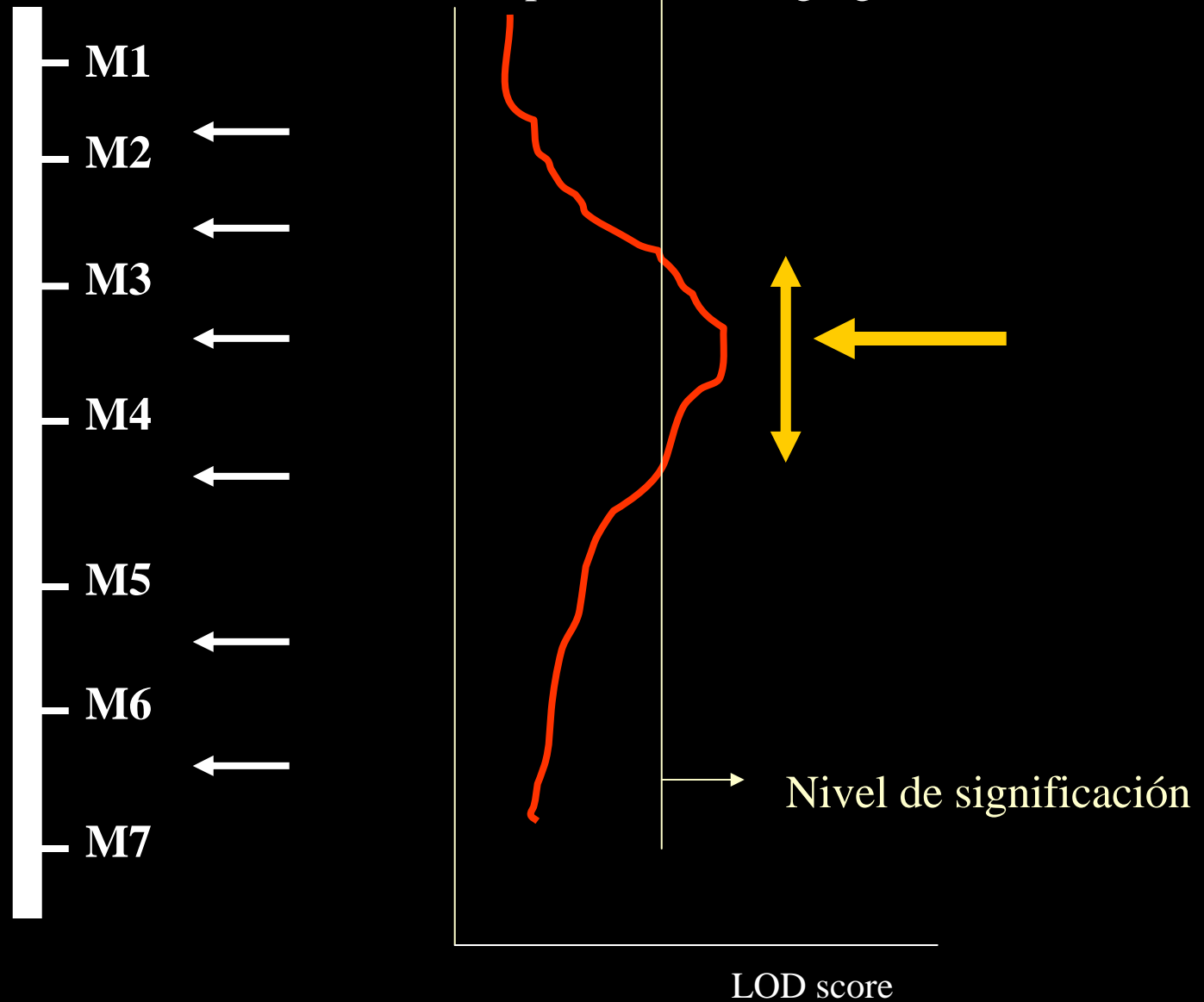
Resistencia a roya estriada



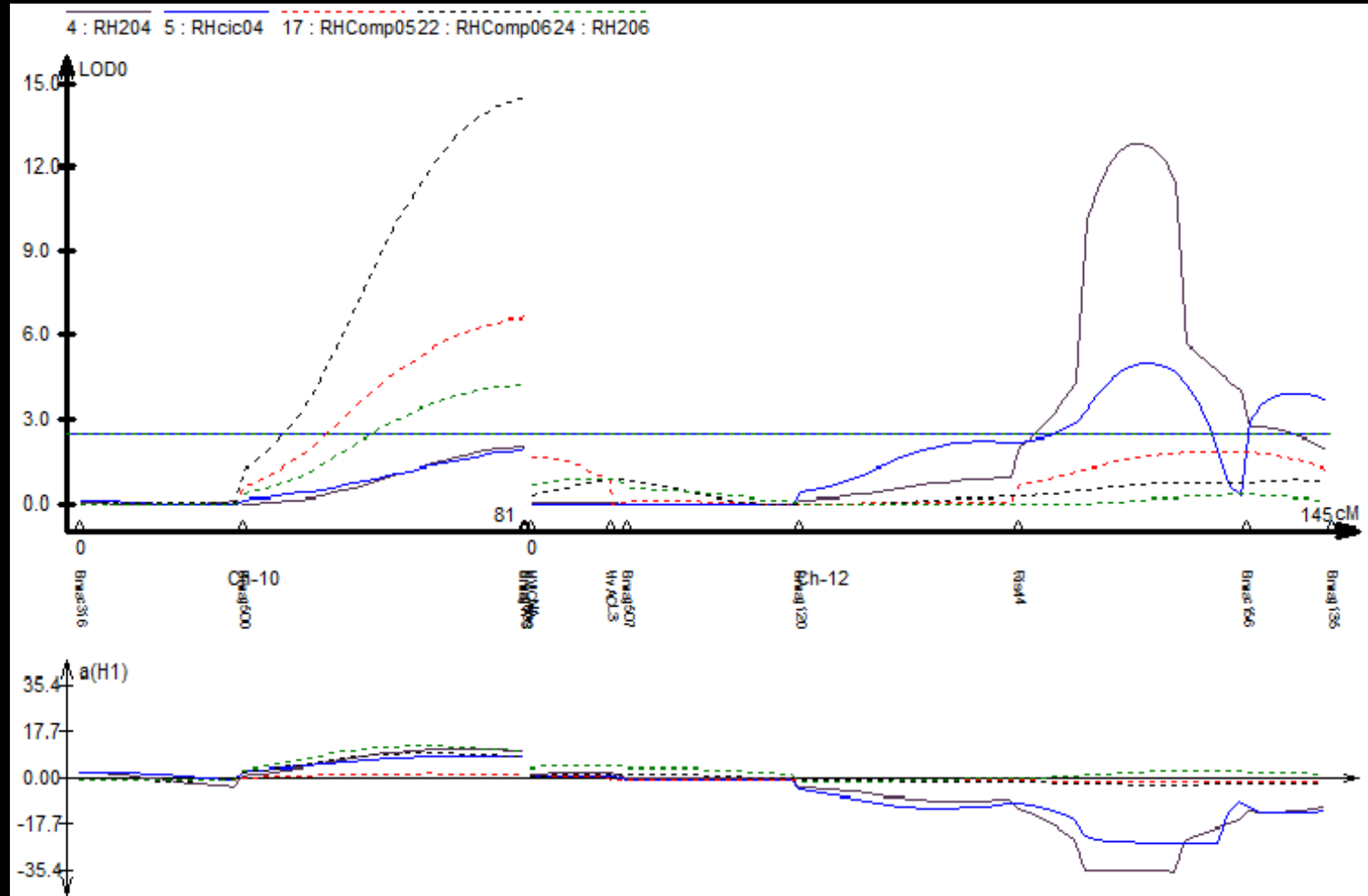
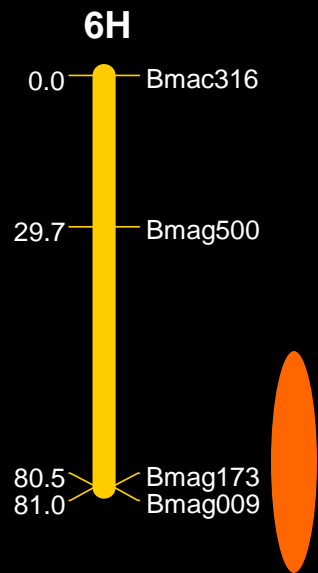
Castro et al., 2003

Resistencia cuantitativa

Mapeo mediante análisis de QTL (poblaciones segregantes balanceadas)



Resistencia cuantitativa



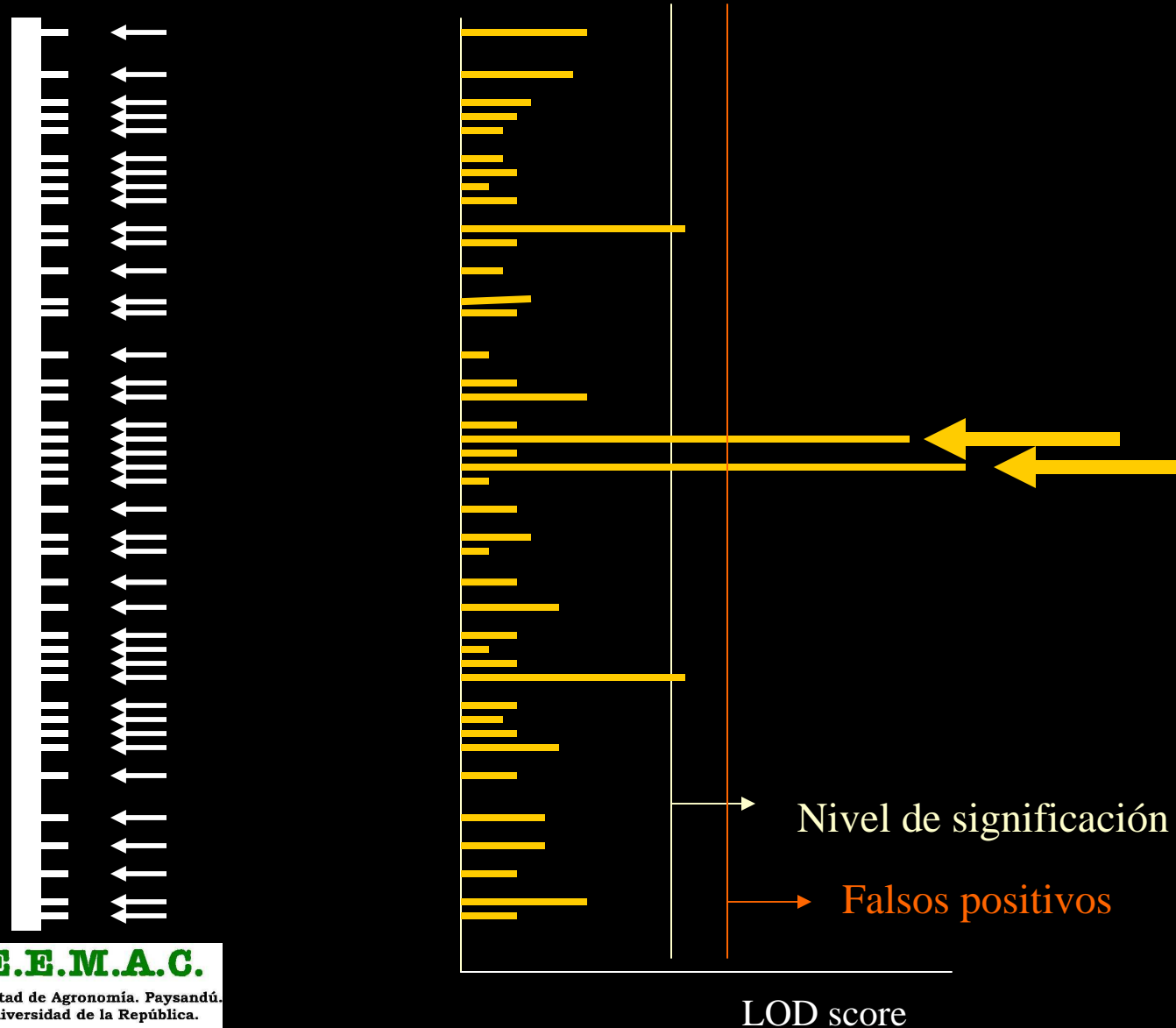
CEBADA

Población: BCD47 x Baronesse

Resistencia a roya de la hoja

Resistencia cuantitativa

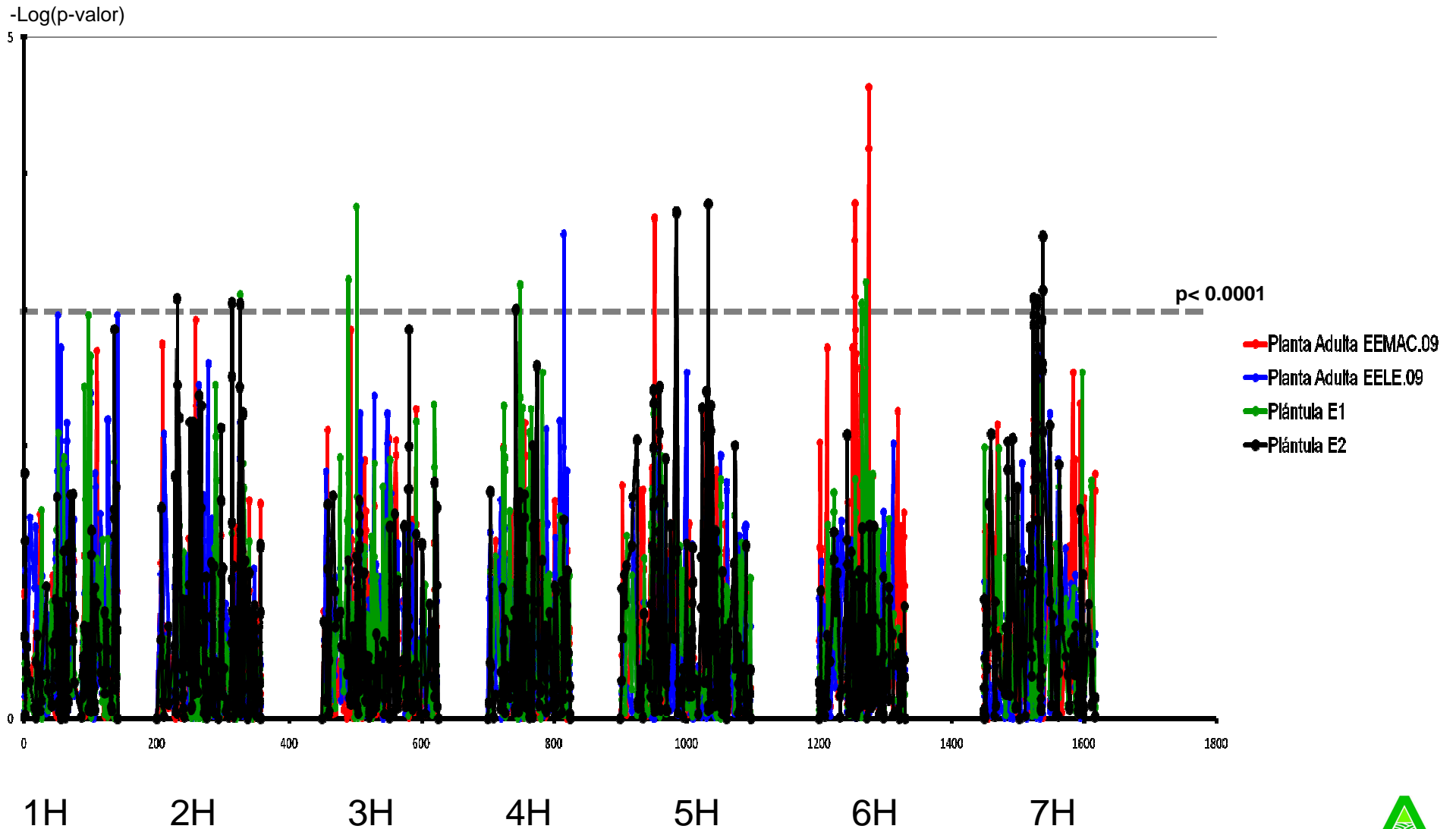
Mapeo mediante desequilibrio de ligamientos (colecciones sin requerimientos específicos)



Resistencia cuantitativa

Mapeo mediante desequilibrio de ligamientos (colecciones sin requerimientos específicos)

DETECCION DE GENES Y QTL DE RESISTENCIA: MANCHA BORROSA (URUGUAY)



CUELLO DE BOTELLA

DISPONIBILIDAD DE FUENTES DE RESISTENCIA DURABLE

Tolerancia?

- **Análisis de QTL**

Limita el rango de variación y define mejor las clases.
Parecería la mejor opción en una primera etapa

$$N = 100$$

- **Mapeo por DL**

Si existe una variación muy amplia o mecanismos contrapuestos los resultados pueden ser confusos.
Podría funcionar en una etapa mas desarrollada del tema

$$N = 100-200?$$

CUELLO DE BOTELLA

DISPONIBILIDAD DE FUENTES DE RESISTENCIA DURABLE

IDENTIFICACION DE LOS FACTORES GENETICOS QUE DETERMINAN LA TOLERANCIA: COMO CARACTERIZAR FENOTIPICAMENTE?

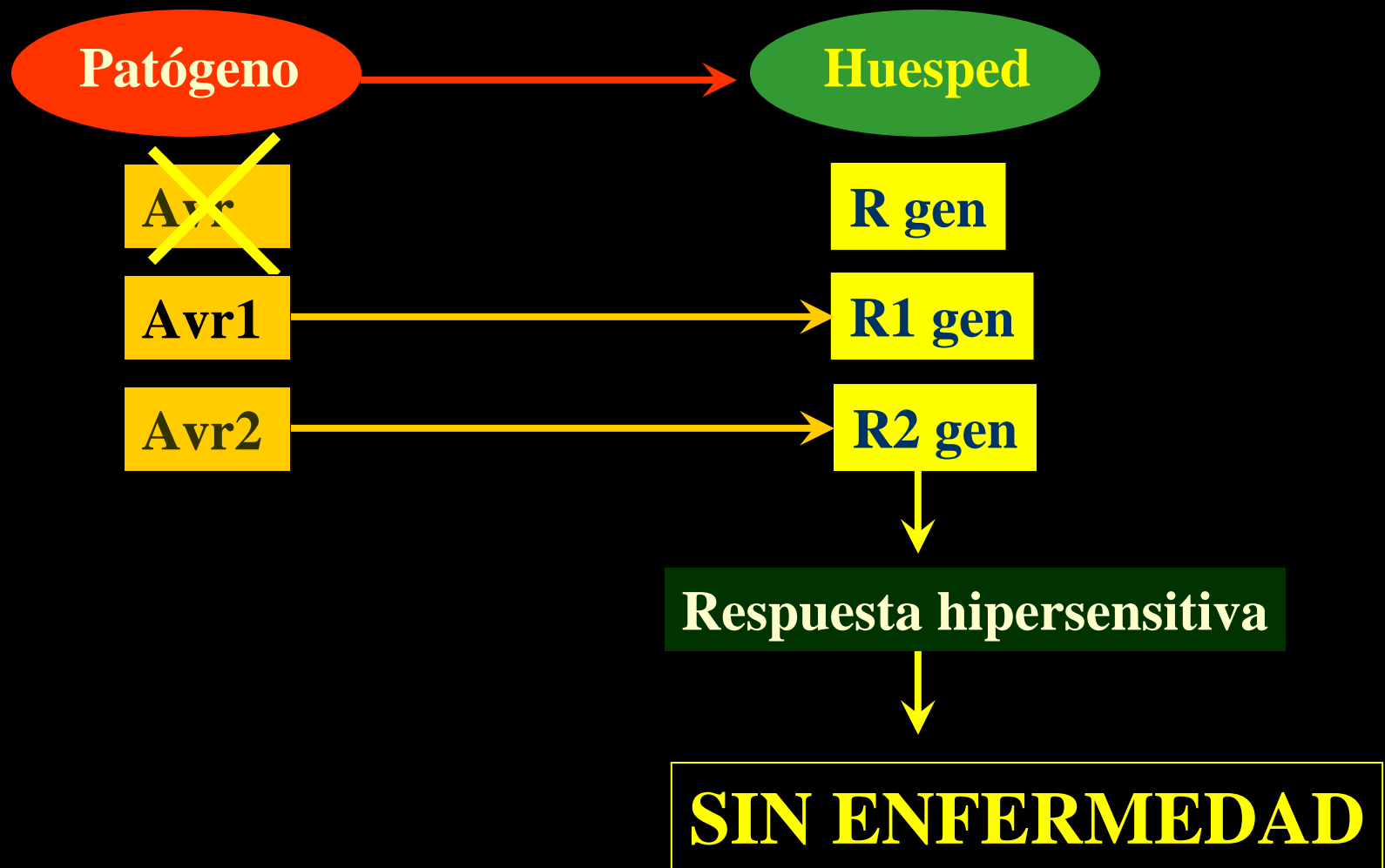
Los problemas

Desarrollar una estrategia de integración de los componentes identificados en el germoplasma en uso en producción

Las herramientas

Uso de estrategias de acumulación de genes vía piramidización y selección asistida

ACUMULACIÓN DE GENES



- Alto rendimiento
- Alta susceptibilidad a *X.oryzae*

PR-106

IRBB62

- 3 genes de resistencia a *X.oryzae*

F₁

BC₁F₁

Selección asistida con marcadores ligados a resistencia

BC₂F₁

Selección asistida con marcadores ligados a resistencia

BC₂F₂

BC₃F₁

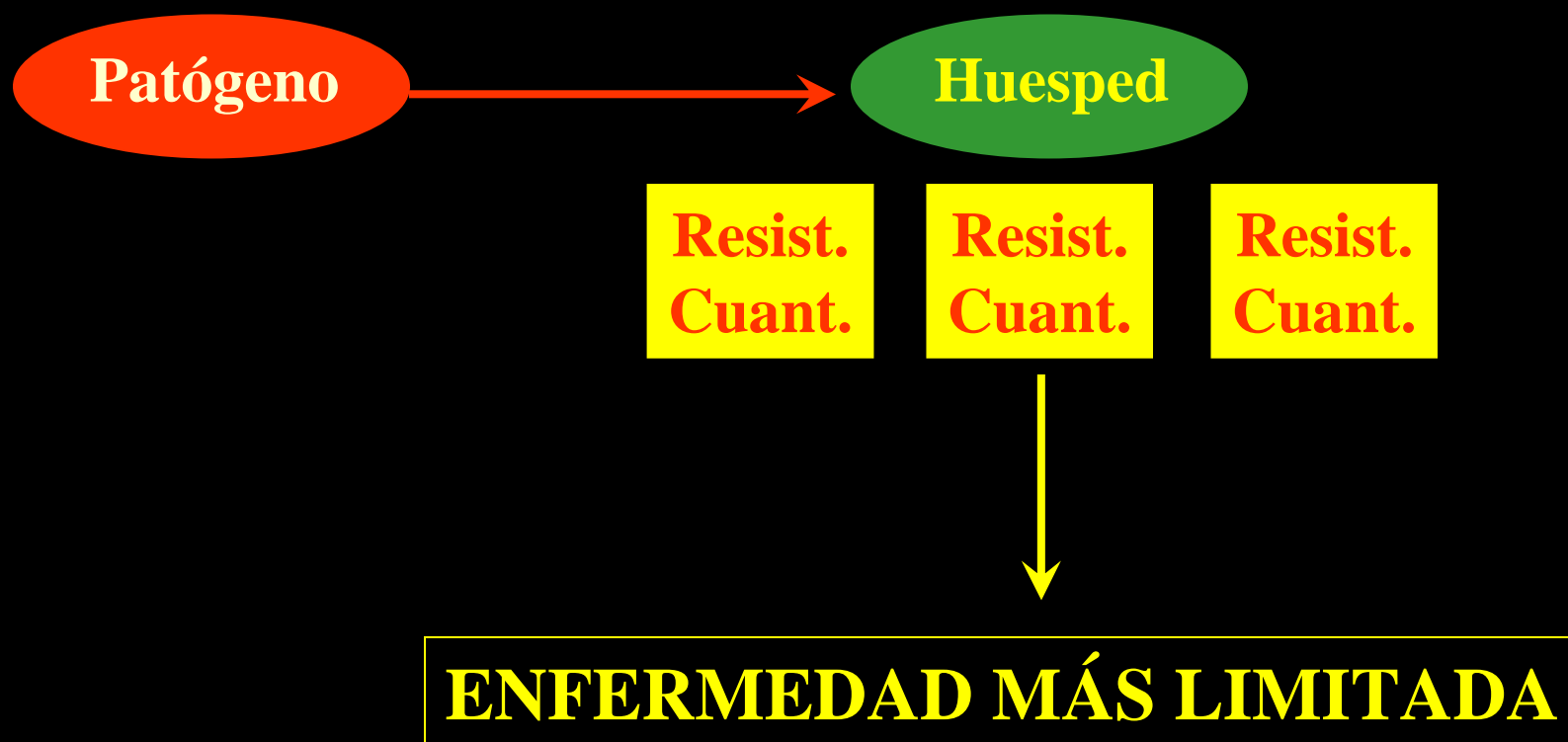
Adaptado de Singh et al., 2001

Tamaños de lesión (en centímetros) en líneas derivadas de PR-106 con diversas combinaciones de alelos de resistencia a *X. oryzae* al ser inoculadas con distintos aislamientos del patógeno.

	Aislamientos de <i>X. oryzae</i>			
	1	2	3	4
PR-106 + <i>xa5</i>	3.5	4.8	12.8	7.5
PR-106 + <i>xa13</i>	5.5	14.0	2.0	4.0
PR-106 + <i>Xa21</i>	0.5	2.5	2.5	1.0
PR-106 + <i>xa5</i> + <i>xa13</i>	2.5	4.0	4.0	3.0
PR-106 + <i>xa5</i> + <i>Xa21</i>	0.4	1.5	2.0	0.8
PR-106 + <i>xa13</i> + <i>Xa21</i>	0.5	2.6	0.3	0.5
PR-106 + <i>xa5</i> + <i>xa13</i> + <i>Xa21</i>	0.2	0.4	0.5	0.2
PR-106	10.5	25.0	21.0	16.0

Singh et al., 2001

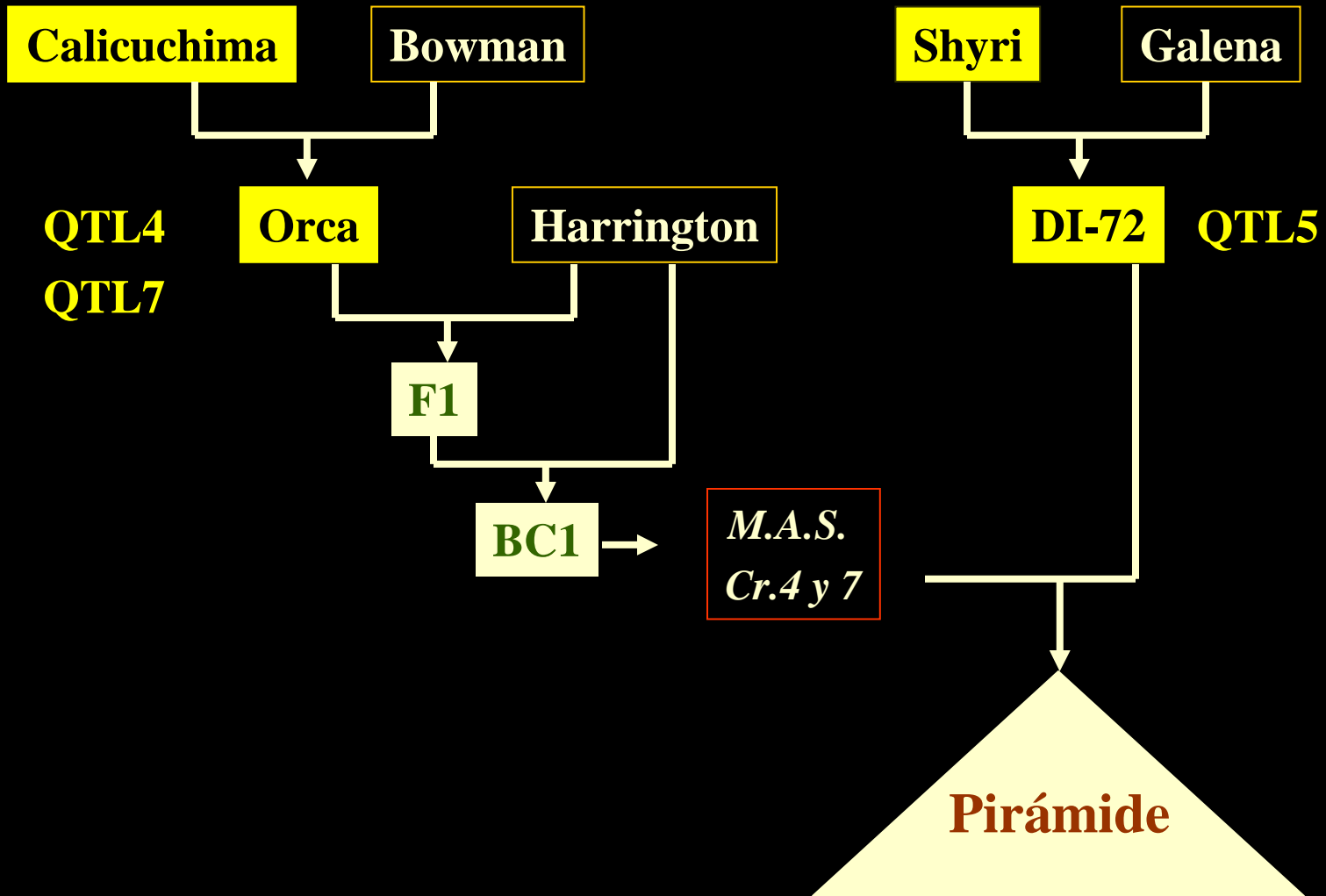
ACUMULACIÓN DE QTL (RESISTENCIA CUANTITATIVA)

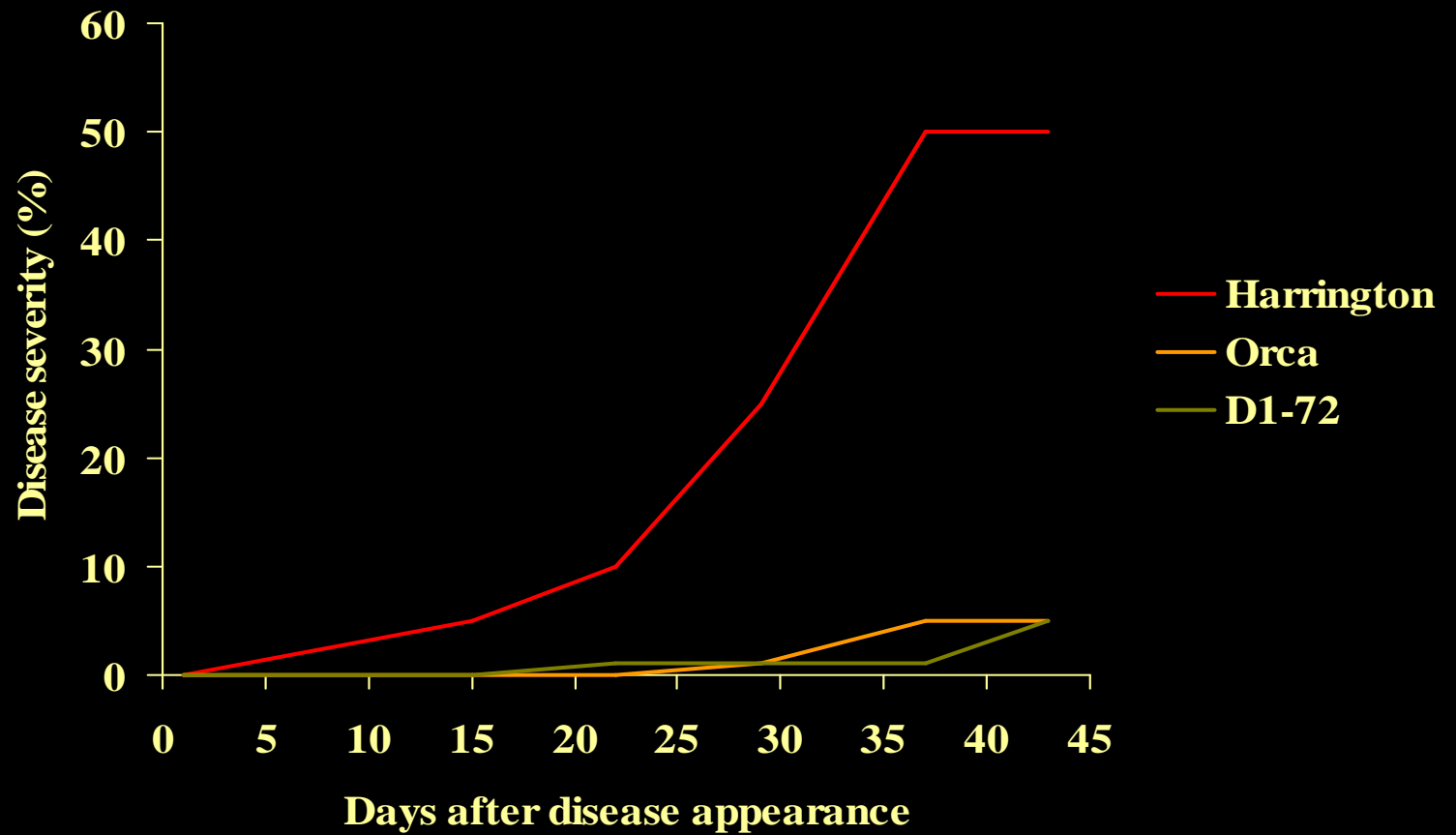


Resistencia cuantitativa en planta adulta

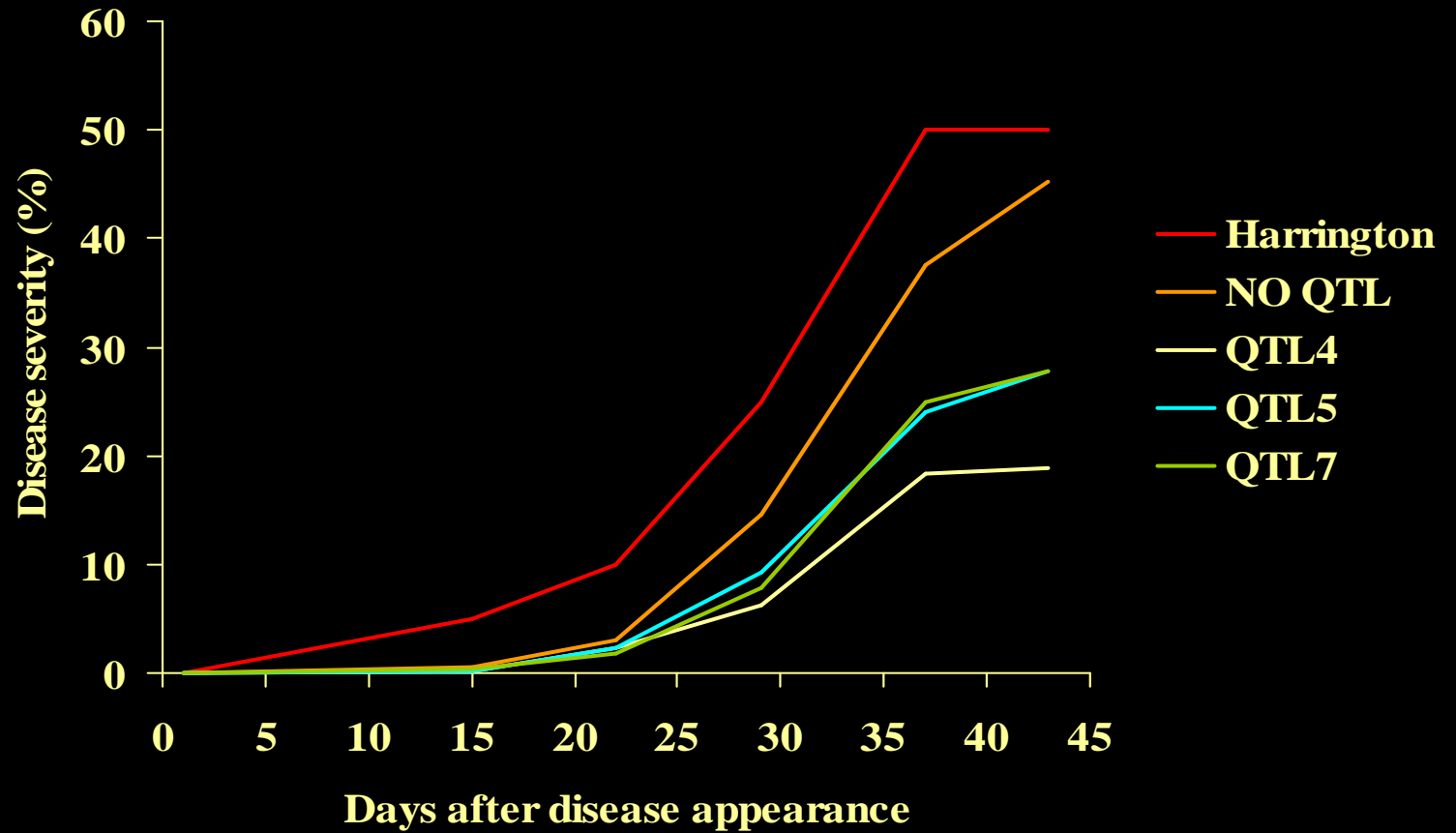
Cali/Bowman
Shyri/Galena



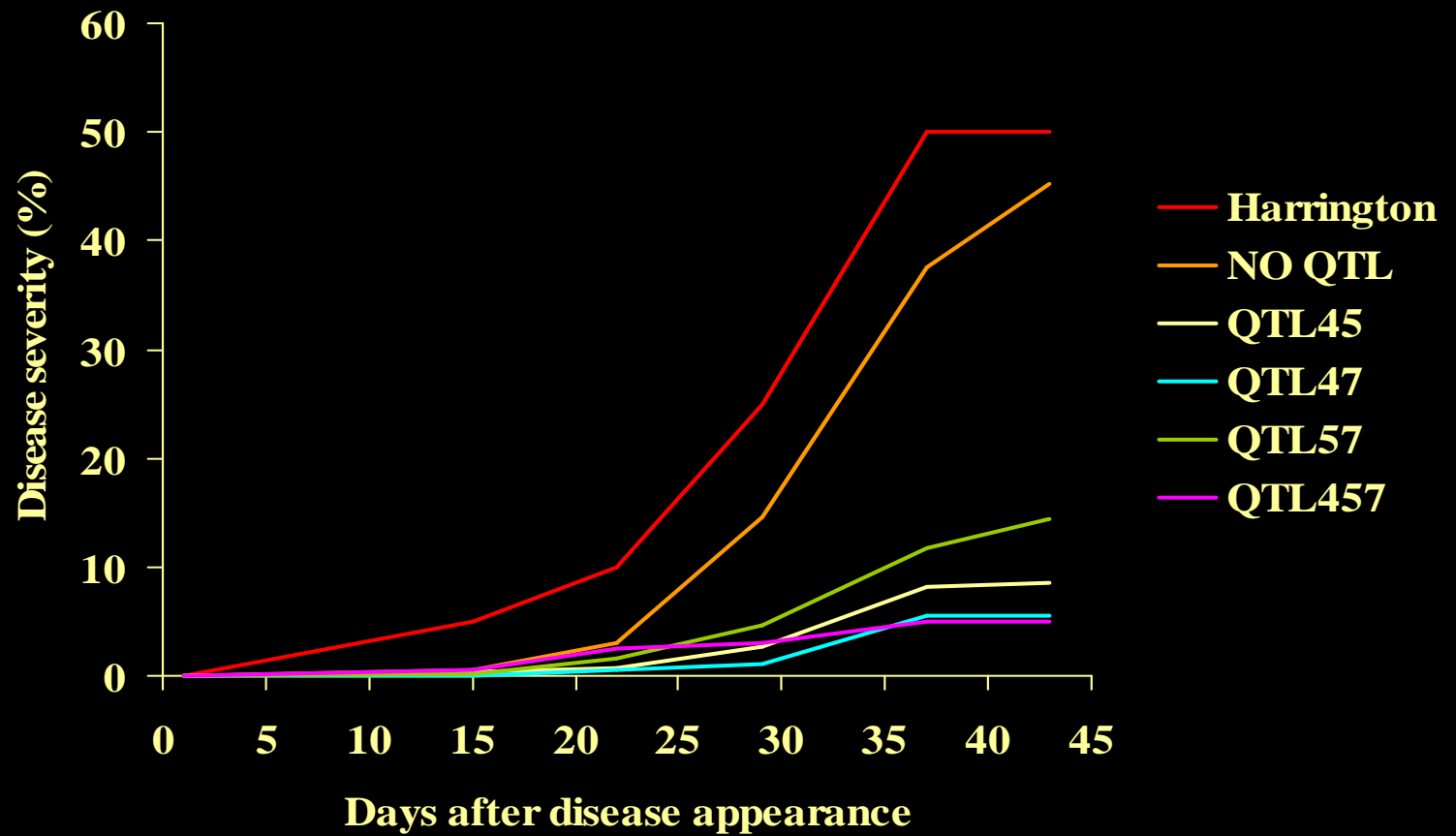




Castro et al., 2003



Castro et al., 2003



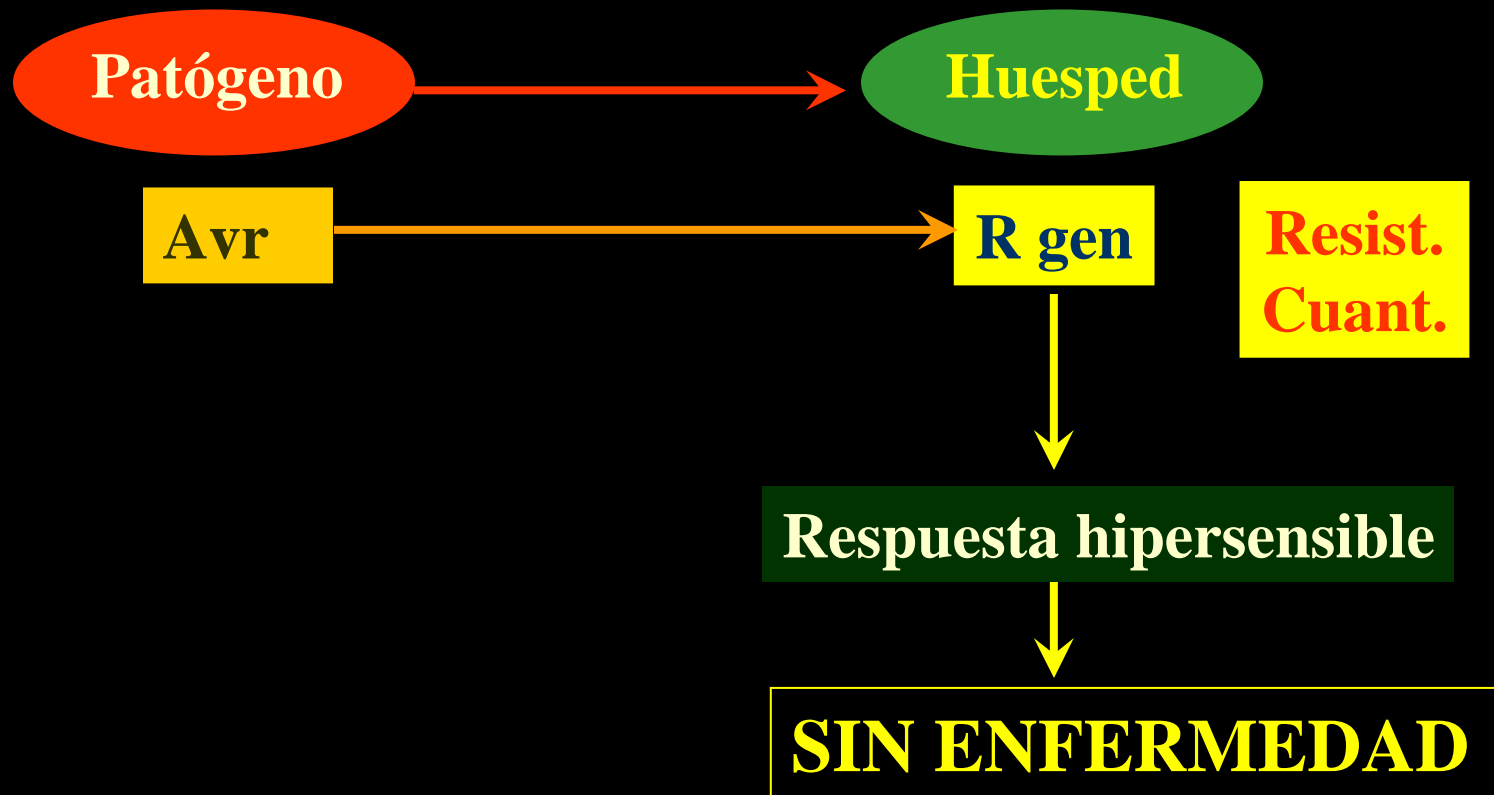
Castro et al., 2003

QTL4	QTL5	QTL7	Severidad	ABCDE	Tasa de infeccion
-	-	-	50.8 A	850 a	0.0402 a
+	-	-	25.0 D	438 c	0.0227 d
-	+	-	31.7 C	587 b	0.0278 c
-	-	+	40.2 B	648 b	0.0317 b
+	+	-	15.8 E	241 d	0.0137 f
+	-	+	7.7 F	160 d	0.0085 g
-	+	+	21.1 D	341 cd	0.0194 e
+	+	+	8.9 EF	226 d	0.0130 f
r^2			46.0	44.6	61.1

Castro et al., 2003

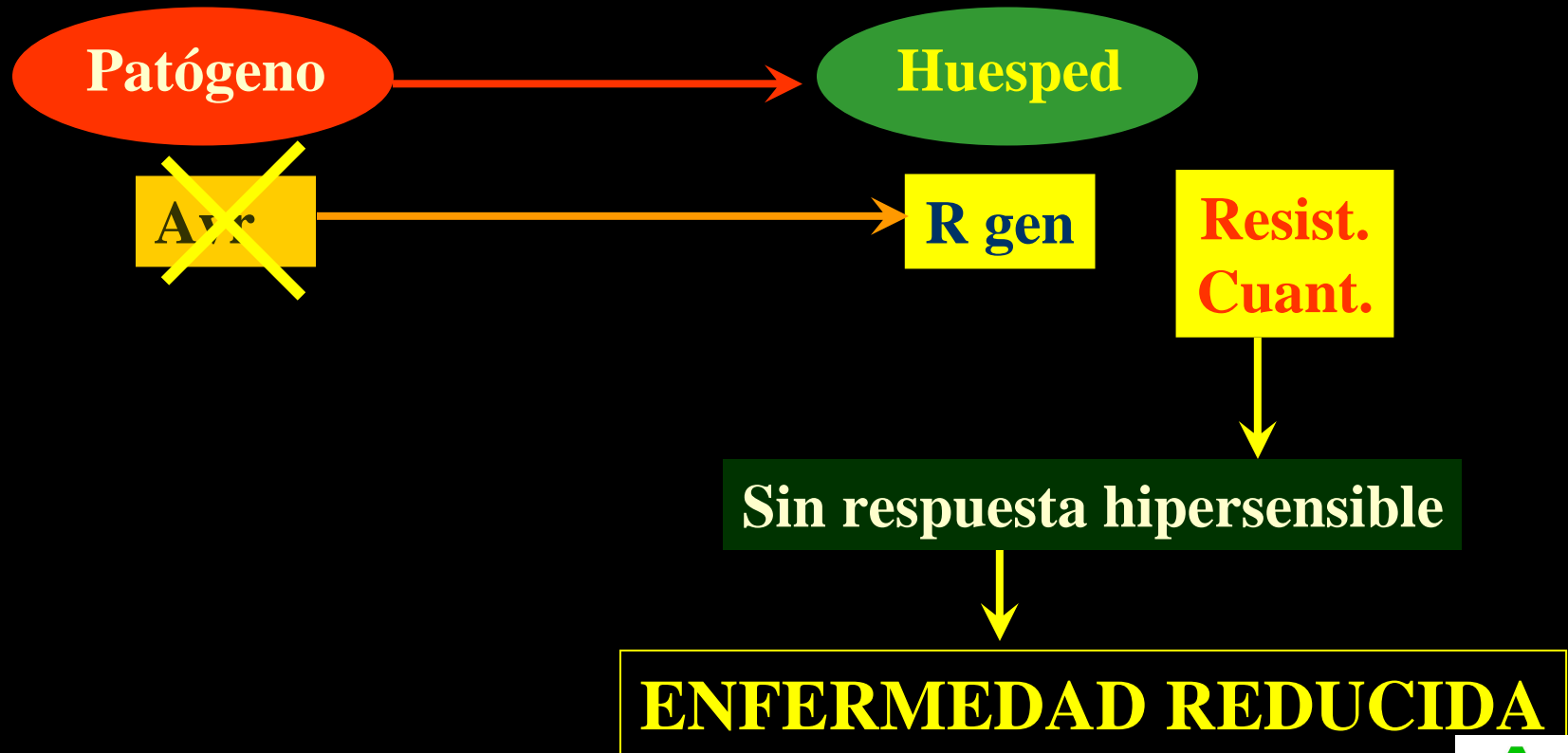
ACUMULACIÓN DE RESISTENCIA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA

Reversión del efecto “vertifolia”

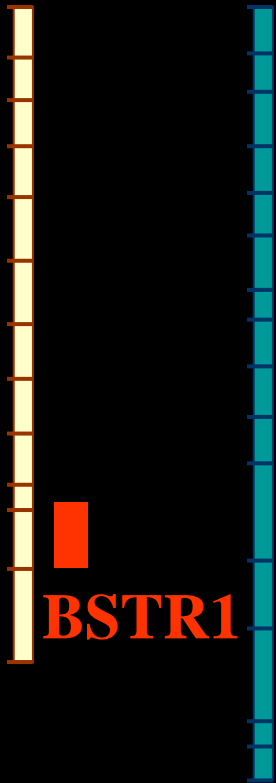


ACUMULACIÓN DE RESISTENCIA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA

Reversión del efecto “vertifolia”

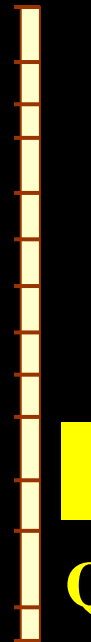


1(7H)



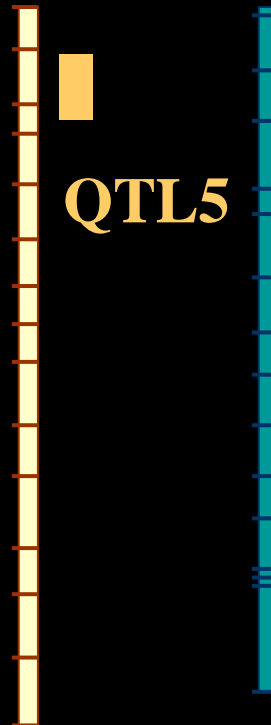
BSTR1

4(4H)



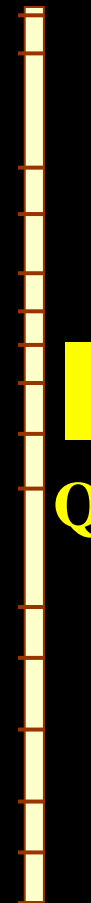
QTL4

5(1H)

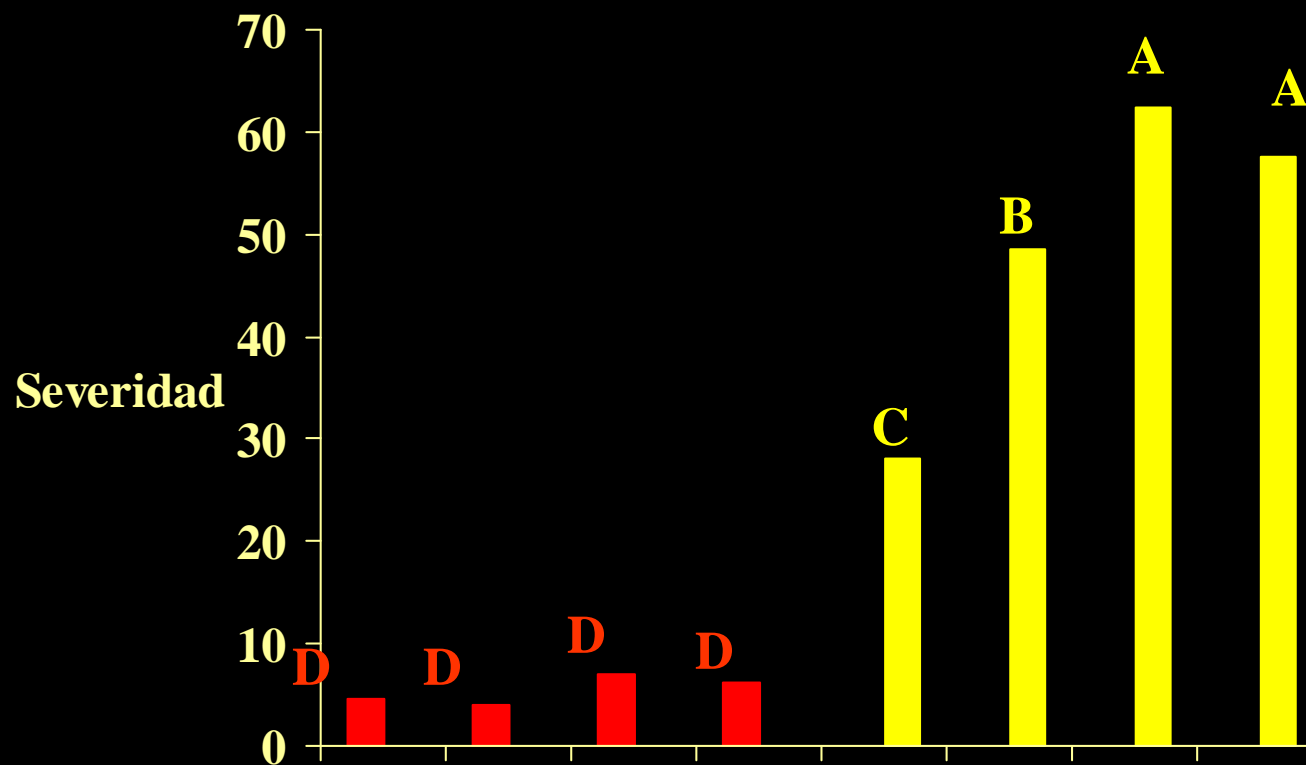


QTL5

7(5H)



QTL7



BSTR1

+ + + + - - - -

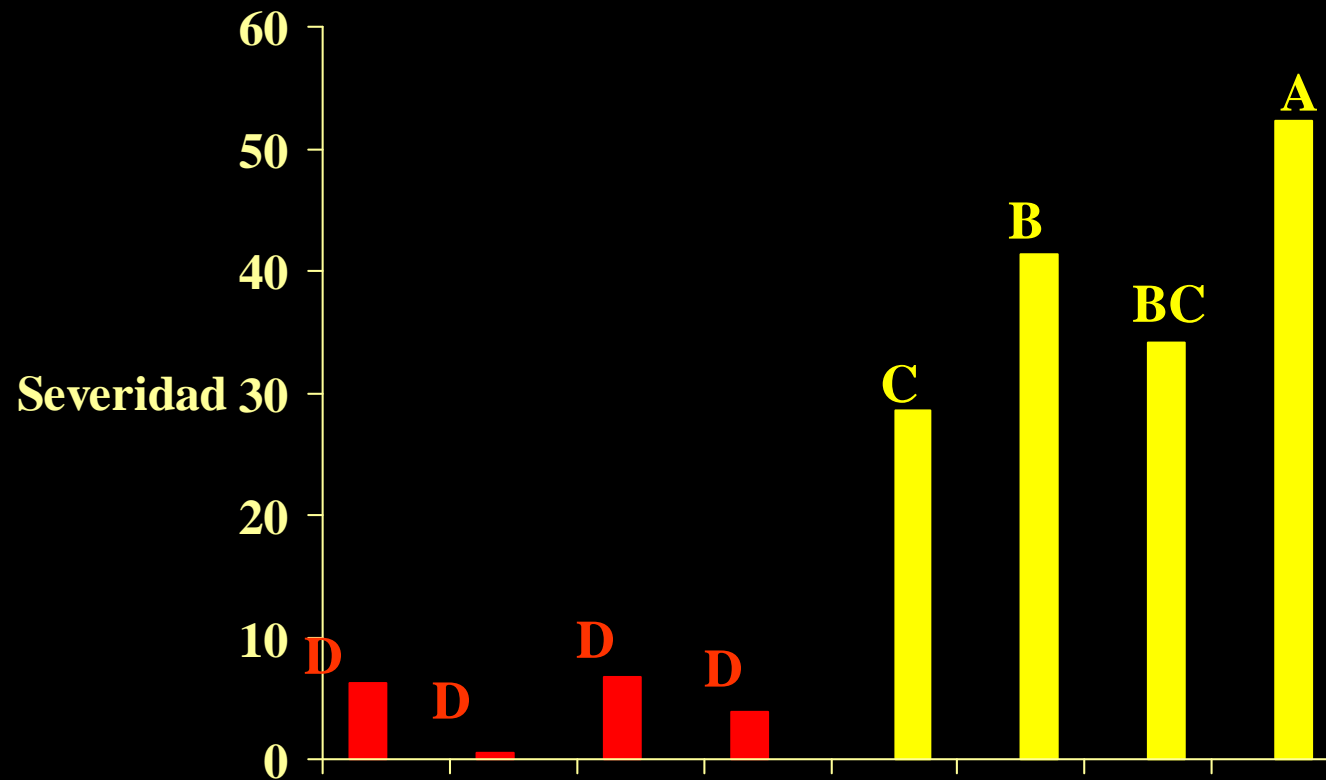
QTL4

+ + - - + + - -

QTL4b

+ - + - + - + -

Castro et al., 2003



BSTR1	+	+	+	+	-	-	-	-
QTL5	+	+	-	-	+	+	-	-
QTL4c	+	-	+	-	+	-	+	-

Los problemas

Desarrollar una estrategia de integración de los componentes identificados en el germoplasma en uso en producción

Las herramientas

Uso de estrategias de acumulación de genes vía piramidización y selección asistida

Nuevas estrategias de acumulación/selección (Selección genómica)

Identificación y utilización de genes de resistencia cualitativa, cuantitativa y tolerancia

HABERES

- Capacidad de caracterización fenotípica
- Capacidad de caracterización genotípica (local e internacional)
- Recursos humanos
- Laboratorios descentralizados (cercaos al proceso de selección)
- Equipos de apoyo (fitopatología, fisiología)

Identificación y utilización de genes de resistencia cualitativa, cuantitativa y tolerancia

LIMITANTES

- Disponibilidad de fuentes de resistencia (ambos tipos)
- Sobre-utilización de un número reducido de fuentes cuantitativas
- Poca “financiabilidad” de la creación de germoplasma de base
- Dificultades para la identificación PRACTICA de la tolerancia
- Financiación del desarrollo sistemático de nuevas pirámides