

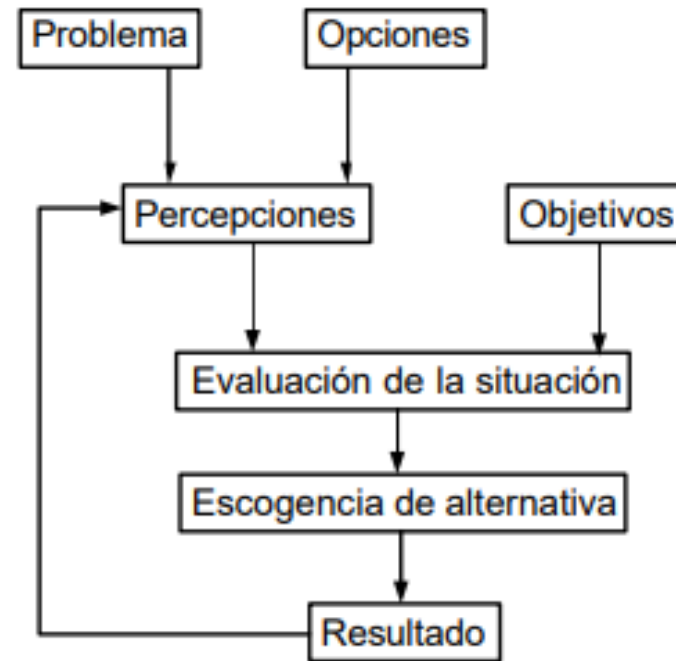
# Semana 12

## Cuantificación de pérdidas causadas por las enfermedades

SP6350 Manejo de Enfermedades

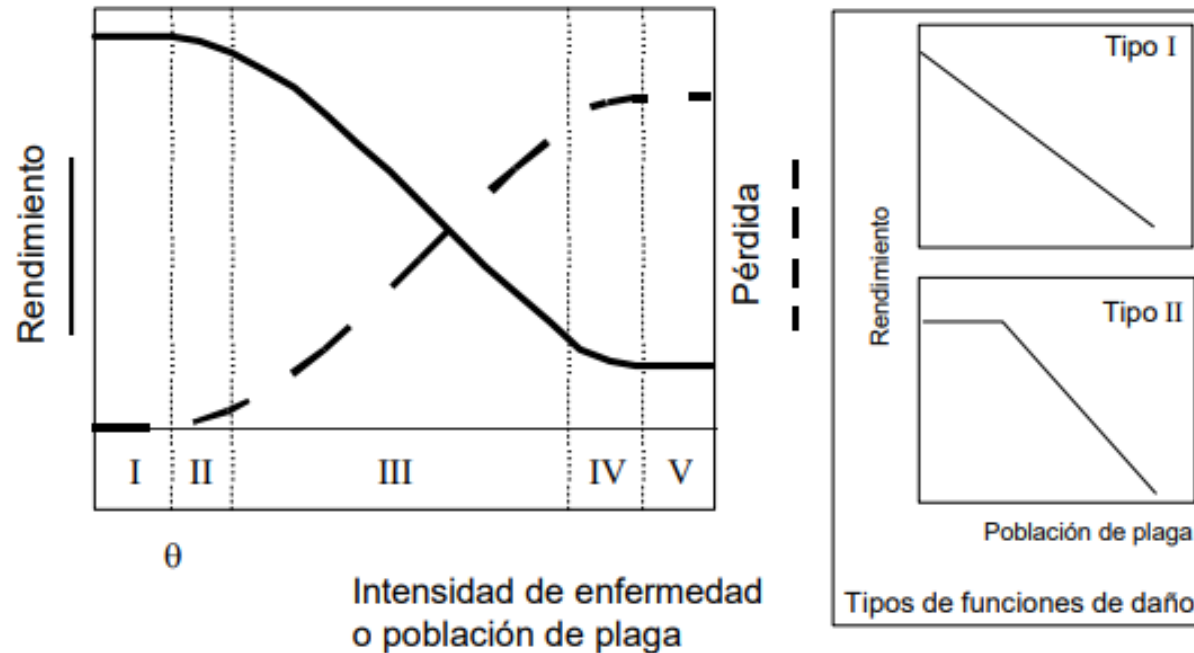
Ciclo I-2025

Dr. Mauricio Serrano



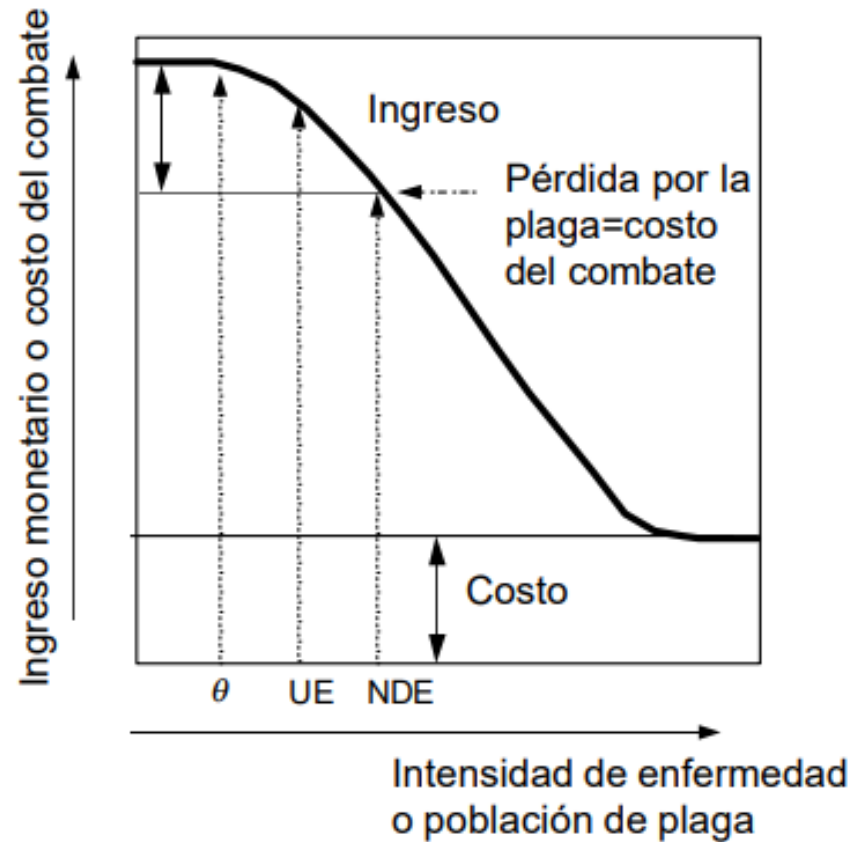
**Figura 20.1. Pasos en la toma de decisiones. (Traducido de Norton y Mumford. 1993. Decision Tools for Pest Management. © 1993 por CAB International. Reproducido con permiso de CAB International. Reservados todos los derechos)**

# Función de daño y nivel de daño económico



Note que la función de daño no es totalmente lineal, pero en la etapa III proporciona una aproximación razonable el uso de una función lineal

Figura 202. Relación entre el nivel de enfermedad o plaga y el rendimiento. Las regiones del gráfico de la izquierda son: I, región de tolerancia; II, región de compensación; III, región de efecto proporcional de daño; IV, región de competencia, y V, región de máximo daño. El nivel de población  $\theta$  representa el umbral fisiológico de daño. El tamaño de la región de tolerancia da como resultado dos tipos generales de funciones de daño (derecha), la relación lineal, también llamada Tipo I y la relación de tipo umbral o Tipo II. (Adaptado de Waibel, 1986; Mumford y Norton, 1987, y Norton y Mumford, 1993)



- **Nivel de Daño económico:** el nivel de plaga o enfermedad en el cual las pérdidas debidas a la plaga son iguales que el costo del tratamiento requerido para evitar dichas pérdidas.

Figura 20.3. El concepto de umbral económico:  $\theta$  = umbral fisiológico; UE= umbral económico; NDE=Nivel de daño económico. El umbral fisiológico es el nivel de la plaga o enfermedad que ocasiona alguna pérdida en rendimiento y por ende en el ingreso bruto. El NDE es el nivel de plaga o enfermedad en el cual la pérdida en ingreso equivale al costo del tratamiento para combatirla. El UE es el nivel de plaga o enfermedad al cual se deben iniciar las medidas de combate para evitar que la población alcance el NDE.

# Ventajas y limitaciones del umbral económico como herramienta de decisión

- Limitantes
  - Para muchas enfermedades se desconoce la función de daño.
  - Periodo de incubación largo no permite ver el daño real.
    - En muchos casos el umbral se define con un sistema de pronóstico basado en condiciones ambientales favorables para la enfermedad.
  - Solo considera una plaga y no las posibles interacciones.

# Situaciones en las que no se usa el Nivel de Daño y Umbral Económico

- **No se conoce relación Intensidad de la Enfermedad – Pérdidas**
  - No existe literatura o experiencia
- **Periodo de incubación ( $\pi$ ) largo**
  - Se podría subestimar la intensidad de la enfermedad
  - Puede causar confusión sobre la eficacia de fungicidas protectantes
- **Tasa de infección aparente ( $r$ ) alta (enfermedades de muy rápido desarrollo)**
  - Frecuencia de muestreo podría no ser la adecuada.
- **Enfermedades causadas por algunos patógenos de suelo (mal del talluelo)**
  - La semilla es costosa y el riesgo económico es alto
  - Tratamiento de semilla
  - Producción de almácigo

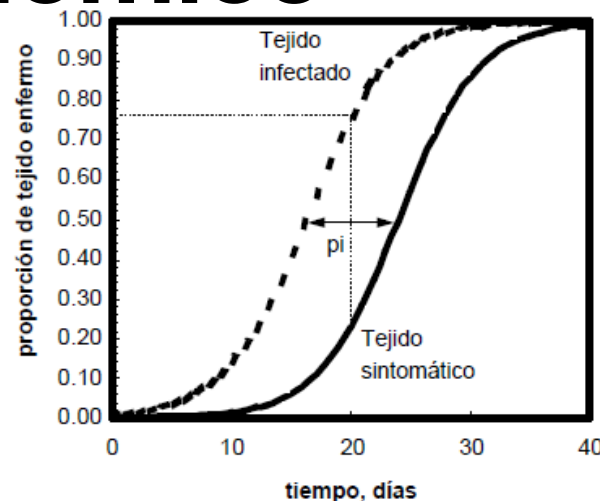
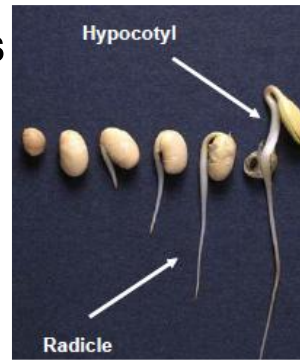
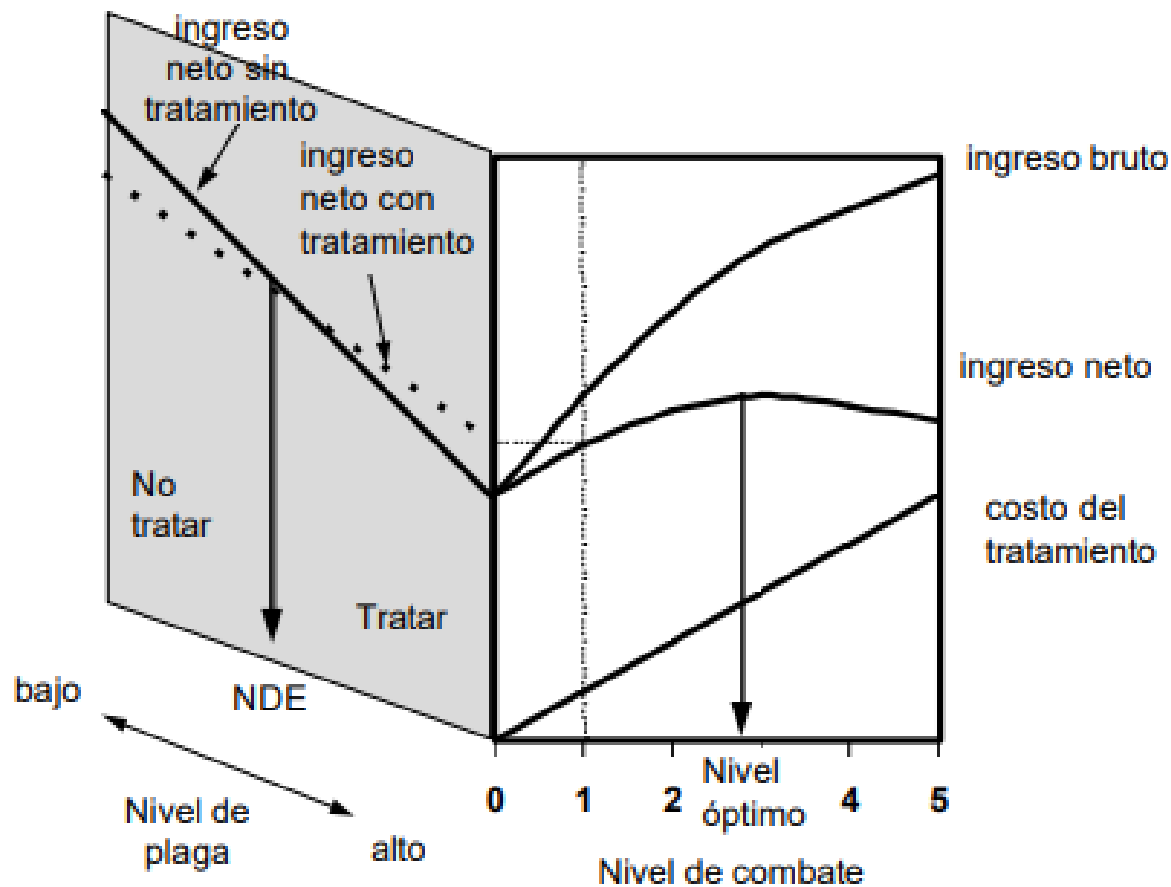


Figura 14.3. Efecto del periodo de incubación ( $\pi$ ) en la estimación visual del nivel de infección. En este caso un 20% de enfermedad visible corresponde con casi un 80% de tejido enfermo total (sintomático y asintomático). El periodo de incubación es de aproximadamente ocho días. En estas condiciones la aplicación de una medida de combate con base en la estimación visual podría resultar demasiado tardía.

(Arauz, 2011)





- **Análisis marginal:** parte del supuesto de que de hecho se va a presentar un nivel de plaga o enfermedad que es necesario combatir, y que existe un nivel óptimo de combate que dará las máximas ganancias
- Ejemplo: Ciclos de nematicida y su relación con rendimiento.

Figura 20.4. Representación gráfica de la diferencia entre el nivel de daño económico y el nivel óptimo de combate de una plaga. En el caso del nivel de daño económico, la decisión de aplicar o no aplicar se basa en el nivel de plaga (ej. huevos de nematodo) que justifica económicamente el tratamiento. En el caso del nivel óptimo de combate, se da por un hecho que existen condiciones para la presencia de un nivel alto de la plaga, y que el daño provocado por ésta es una función del nivel de combate (ej. número de aplicaciones). En este caso se recomienda el nivel de combate que maximice el ingreso neto. Obsérvese que a nivel alto de plaga la línea de "tratamiento" equivale al nivel de combate 1, y la línea de "no tratar" equivale al nivel de combate 0. (Adaptado de Mumford, J.D. y Norton, G.A. 1984. Annual Review of Entomology 29:157-174).

# Costo marginal e ingreso marginal

- **Costo marginal:** el aumento del costo total si se produce una unidad adicional del bien o servicio

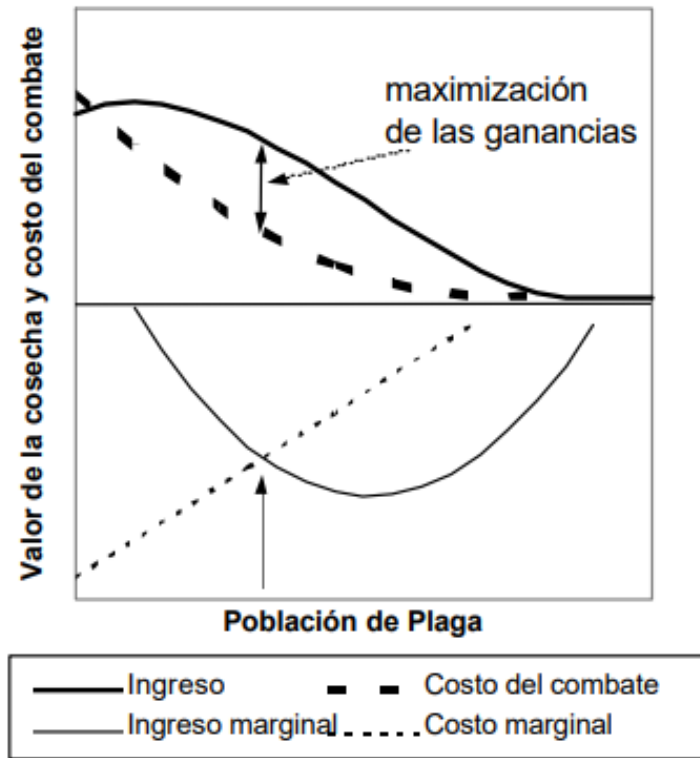
$$\text{Costo marginal} = \frac{\Delta \text{Costo Total}}{\Delta \text{Cantidad Producida}}$$

- **Ingreso marginal:** el aumento del ingreso total que se obtiene por producir una unidad adicional del bien o servicio.

$$\text{Ingreso marginal} = \frac{\Delta \text{Ingreso Total}}{\Delta \text{Cantidad Vendida}}$$

- Observe la formula y note que equivale al calculo de una pendiente o bien de la primera derivada de una función lineal.





**Figura 20.5.** Determinación del umbral económico óptimo mediante la maximización de la diferencia entre la curva de reducción de ingresos en función de la densidad de plaga y la curva de reducción de costos de combate en función también de la densidad de plaga. La parte inferior del gráfico muestra el umbral óptimo como el punto en que las derivadas de ambas funciones se intersectan (flecha). Las derivadas corresponden al ingreso marginal, o ingreso por cada unidad adicional de plaga, y al costo marginal, o el costo por cada unidad adicional de plaga

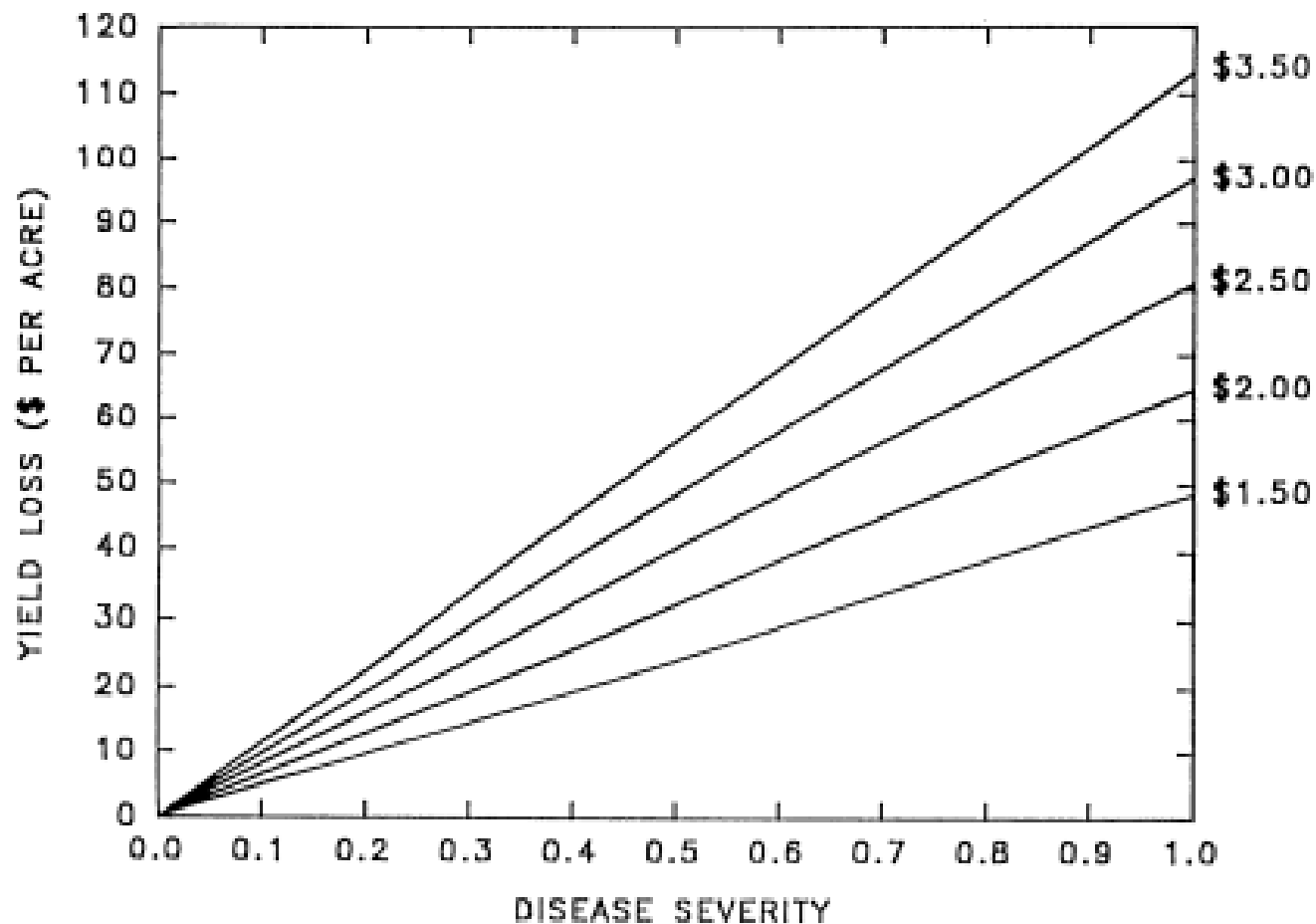


Fig. 2. Effect of barley price (\$/bu) and level of disease severity on yield loss (\$/acre).

(Nutter 1993)

- **“Crop loss”**: función de uno o mas factores bióticos que contribuyen a la reducción en rendimiento.
- **“Yield loss”**: reducción en rendimiento causada por una plaga o enfermedad.

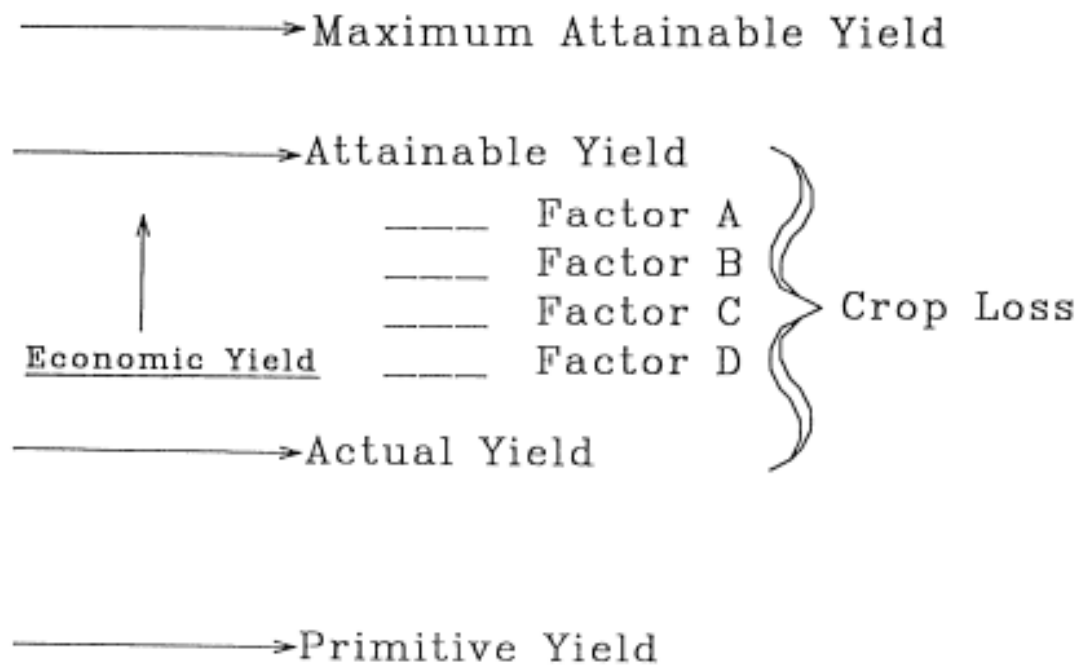


Fig. 1. Reference points for crop loss assessment.

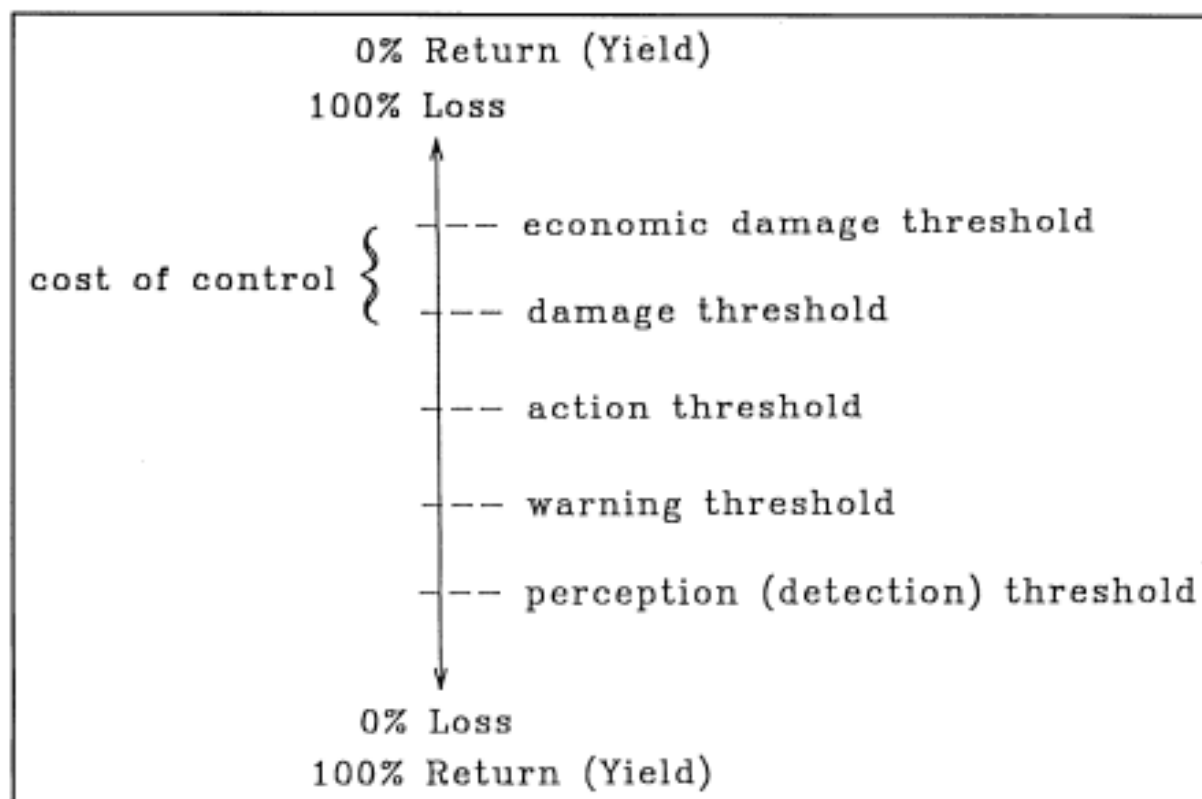
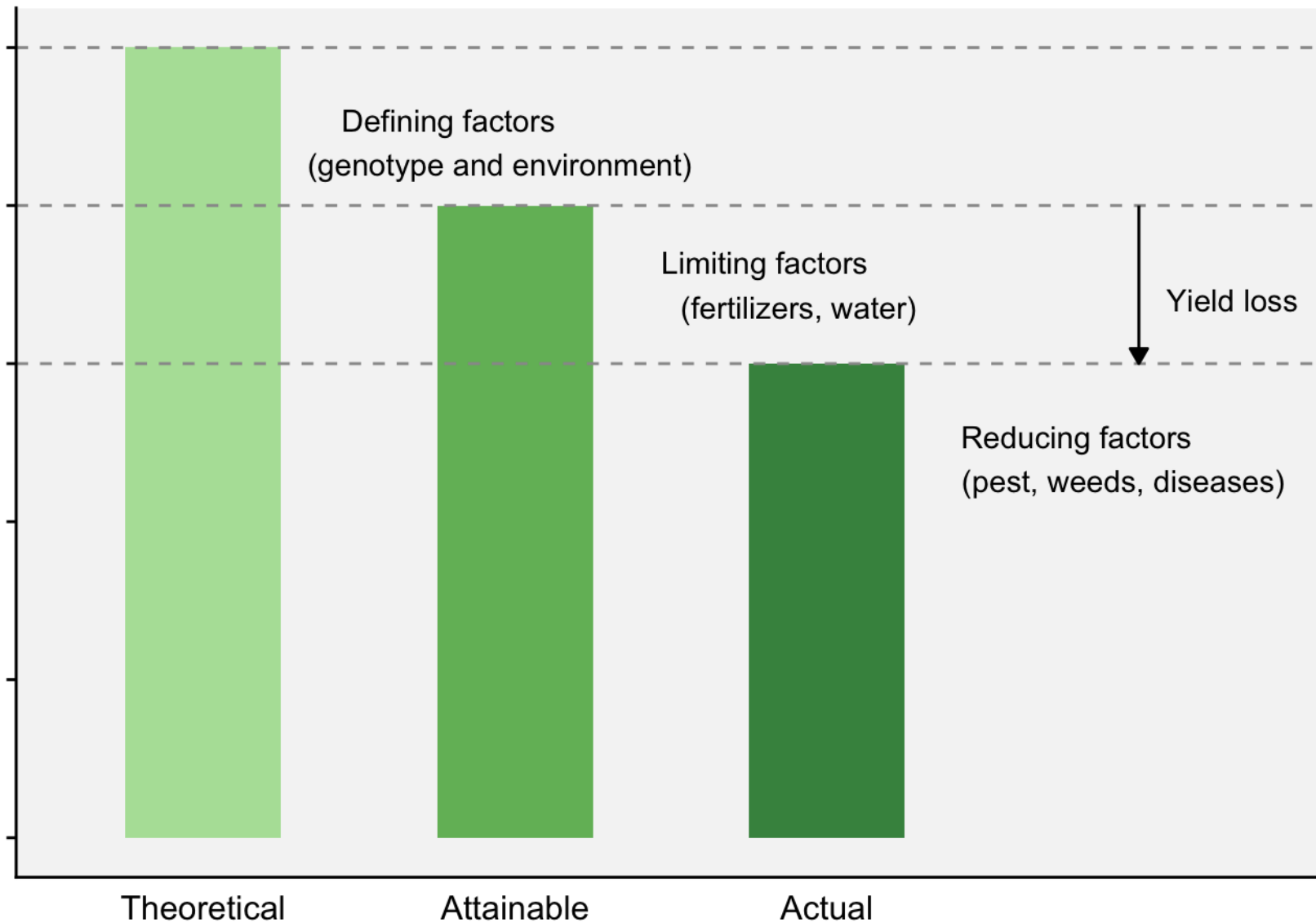


Fig. 3. Hierarchy of thresholds for decision making.



- **Yield loss** (expressed in absolute or relative terms) is the difference between the attainable and the actual yield.

# Como obtener los datos de rendimiento

- En experimentos en campo o invernadero
  - Inocular diferentes niveles para obtener diferentes niveles de la enfermedad y por tanto diferente reducción en rendimiento
  - Diferente numero de aplicaciones de fungicida para permitir varios niveles de severidad de la enfermedad.
  - Uso de variedades con diferentes niveles de susceptibilidad/tolerancia a la enfermedad.

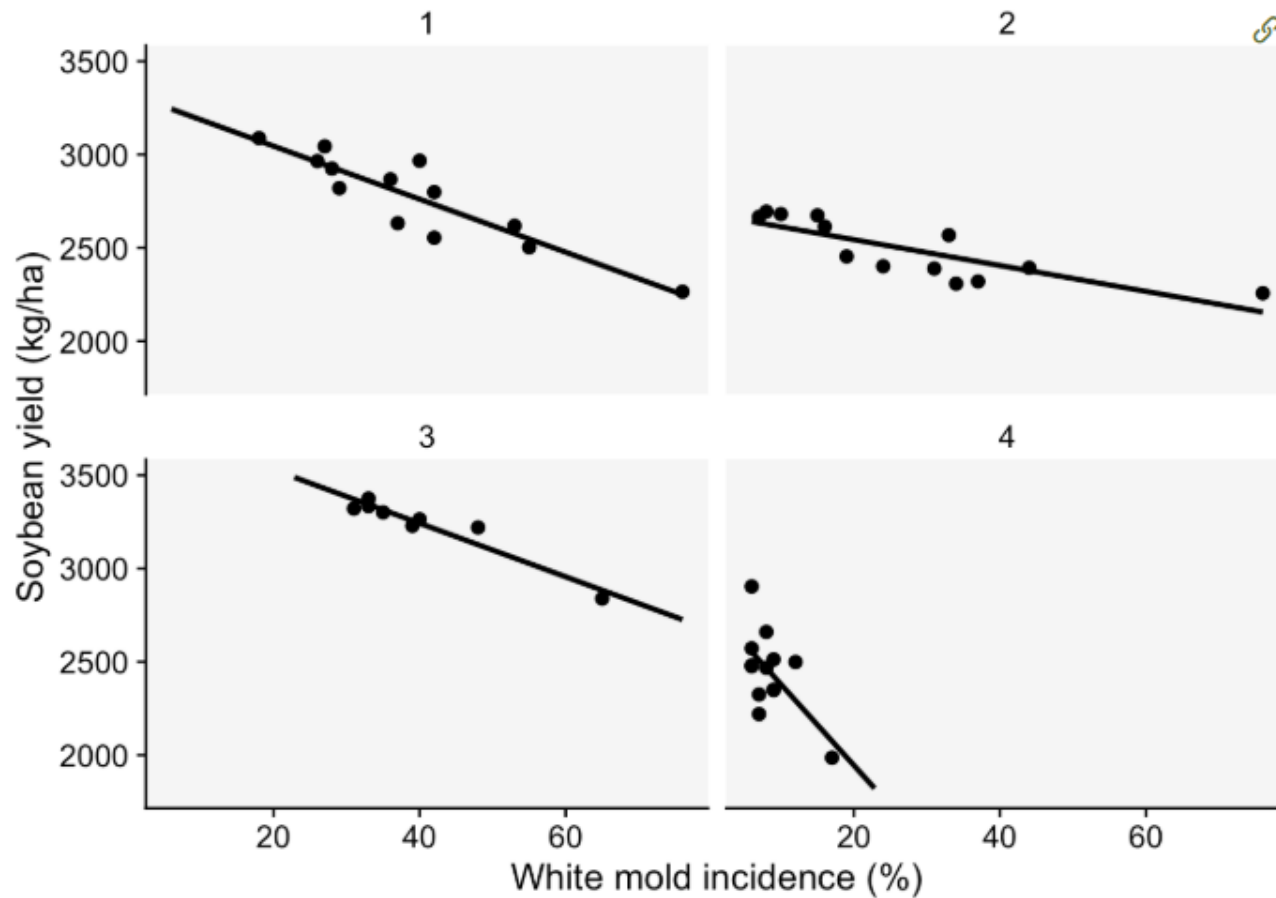


Figure 17.3: Relationship between soybean yield and incidence of white mold in two experiments

- Aplicaciones de fungicidas de diferente eficacia para el control de White Mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) en el cultivo de soya en 4 localidades de Brazil.

# Modelo estadístico para la perdida de rendimiento

$$YLD = \beta_0 - \beta_1 y$$

where  $\beta_0$  and  $\beta_1$  are parameters and  $y$  is a disease measure. For this particular case, the intercept is a yield property of a given plant genotype in a given environment when the disease of interest is absent (or the attainable yield). The (negative) slope represents the change (reduction) in yield with change (increase) in disease intensity.

- En este caso la variable de respuesta es el rendimiento
- La pendiente es negativa: reducción de rendimiento por cada unidad de intensidad de la enfermedad.

```
lm1 <- lm(yld ~ inc, data = wm1)
jtools::summ(lm1)
```

Observations	13
--------------	----

Dependent variable	yld
--------------------	-----

Type	OLS linear regression
------	-----------------------

F(1,11)	46.86
---------	-------

R <sup>2</sup>	0.81
----------------	------

Adj. R <sup>2</sup>	0.79
---------------------	------

	Est.	S.E.	t val.	p
(Intercept)	3329.14	86.84	38.33	0.00
inc	-14.21	2.08	-6.85	0.00

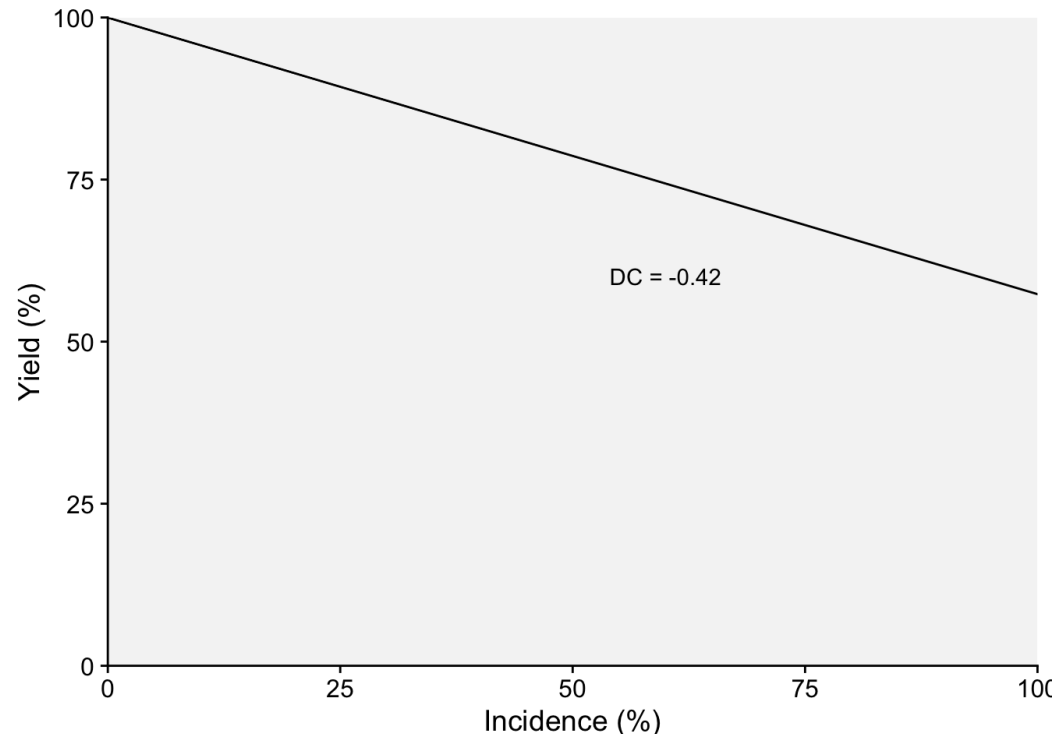


# Coeficiente relativo de daño

$$YLD = \beta_0 - \beta_1 y$$

```
# Extract the coefficients from model fit
dc <- (lm1$coefficients[2]/lm1$coefficients[1])*100
dc
```

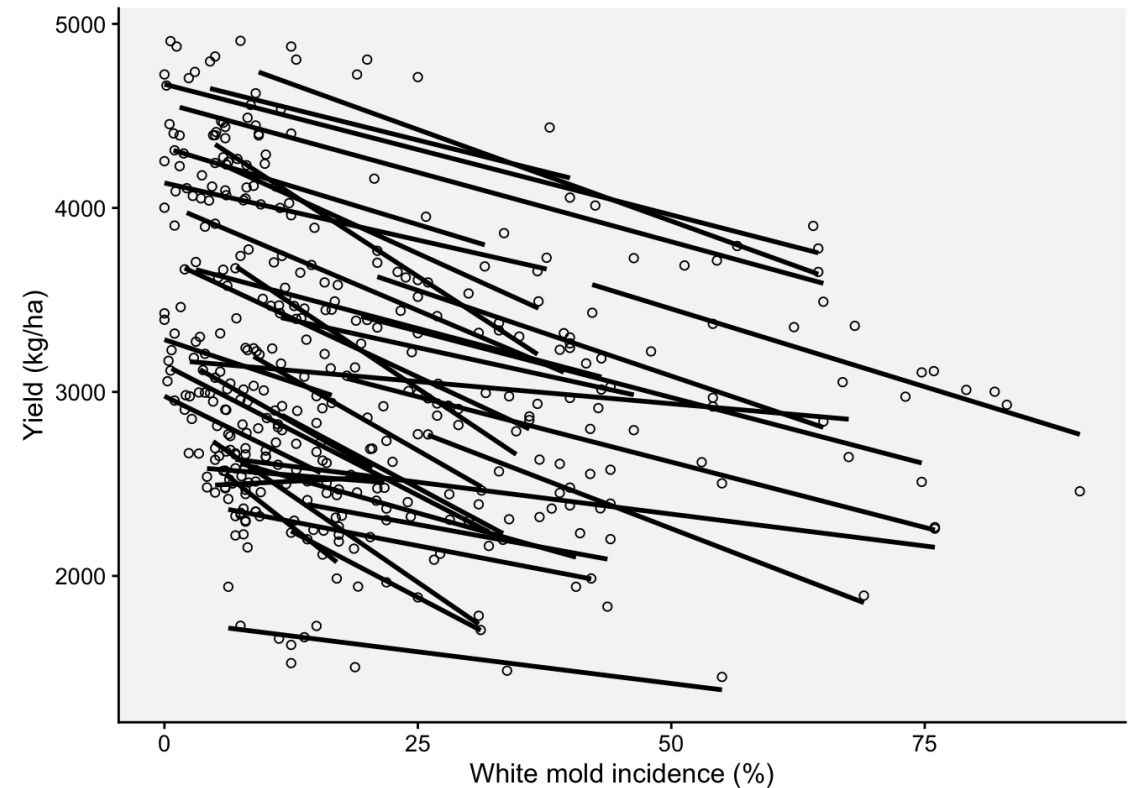
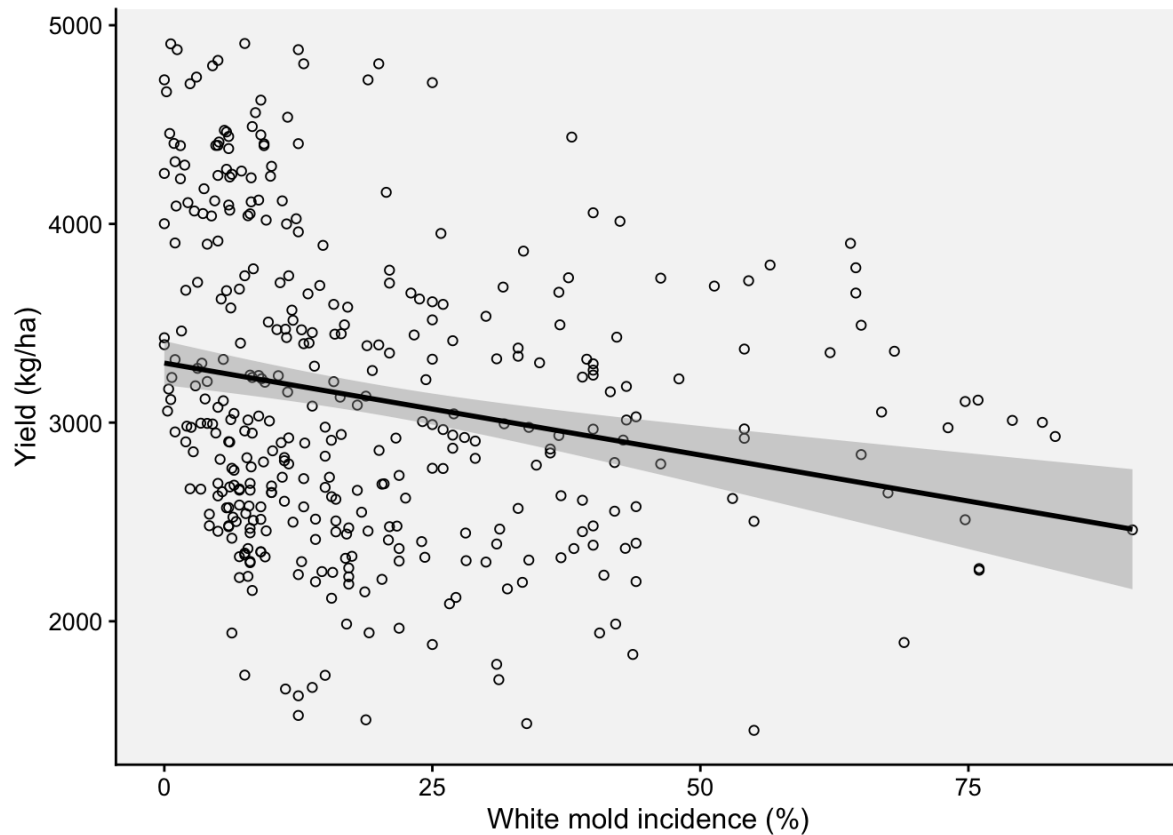
inc  
-0.426775

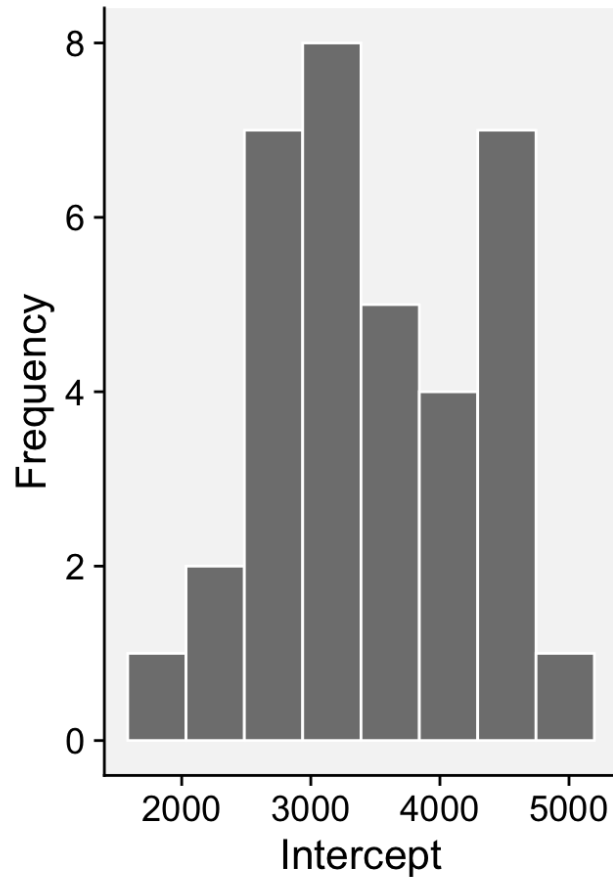


- Es conveniente obtener un valor que podamos comparar en diferentes condiciones
- El coeficiente relativo de daño se obtiene al dividir  $B_1$  entre  $B_0$
- El resultado se multiplica por 100 para expresarlo en terminos porcentuales.

# Global regression

- Cuando se tienen varios estudios una opción es realizar una regresión global con todos los datos.

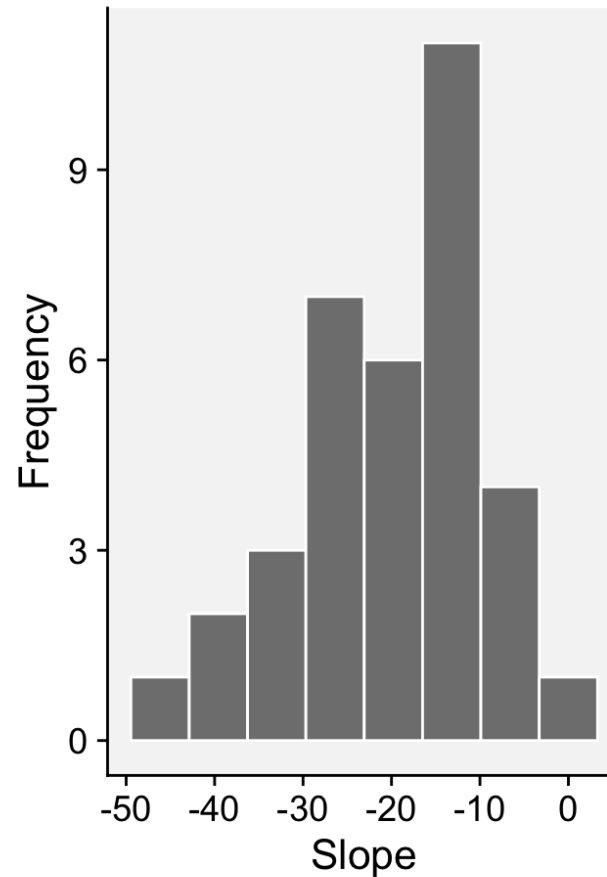




```

estimate
Min.    :1760
1st Qu.:2863
Median  :3329
Mean    :3482
3rd Qu.:4080
Max.    :4923

```



```

estimate
Min.    :-43.455
1st Qu.: -27.676
Median  : -16.926
Mean    : -19.529
3rd Qu.: -13.054
Max.    :  2.712

```

## Medias de las regresiones

- Creamos el modelo lineal para cada estudio y obtenemos la media de los coeficientes  $B_1$  entre  $B_0$
- Usamos estos valores para ver la tendencia central de los datos y calcular el coeficiente relativo de daño.

- **Meta análisis:**

- Combina los estimados de múltiples estudios en un único estimado usando un meta-análisis de los efectos aleatorios.
- Busca capturar la tendencia central de los datos y la variabilidad de esos estimados individuales.

- **Coeficientes de modelo mixto (con efecto aleatorio)**

- Incluye un intercepto y pendiente en el modelo para considerar el efecto aleatorio de cada estudio.

```
library(lme4)
rc1 <- lmer(yld ~ inc + (inc | study), data = wm,
            REML = F)
summary(rc1)
```

# Resumen de los cuatro métodos

Table: Intercept, slope and damage coefficients for the four regression approaches to summarize the relationship between soybean yield and white mold incidence.

Model	intercept	slope	damage coefficient
Global regression	3299.6	-9.261	-0.28
Mean of regressions	3482	-19.529	-0.56
meta-analysis	3479.3	-18.1869	-0.52
mixed-models	3455.43	-17.236	-0.49

- Note que la técnica más sencilla tiene el valor más conservador de coeficiente de daño
- Las técnicas más avanzadas tienen valores congruentes entre sí.
  - Logran capturar de mejor manera la incertidumbre que se desprende de los datos.