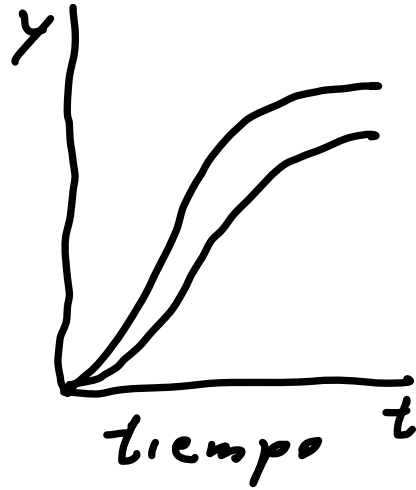
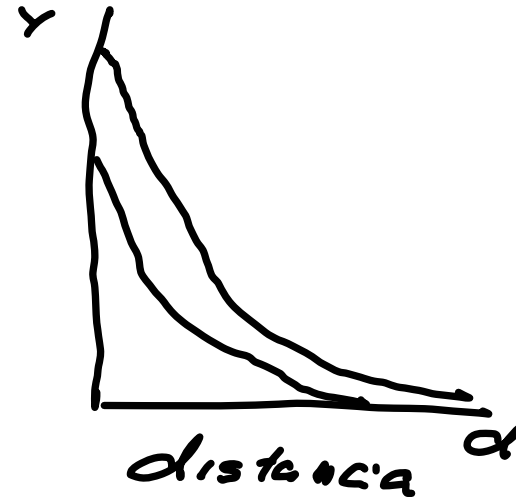


# Monitoreo de epidemias:



Curva de progreso de la enfermedad



Gradiente de enfermedad

# Monitoreo de epidemias:

Observación de la intensidad de la enfermedad en el tiempo, a través de observaciones múltiples, y en diferentes localidades

***Siguiendo el curso de la epidemia***

## Medición de la intensidad (evaluación):

Sin medidas precisas y justas, el progreso de la curvas y los gradientes de enfermedad pueden ser erróneo o desorientador de la interpretación y análisis final de un estudio

# Midiendo la enfermedad:

## Necesidad de algunas definiciones

(James, 1974)

- Incidencia
- Severidad
- Densidad

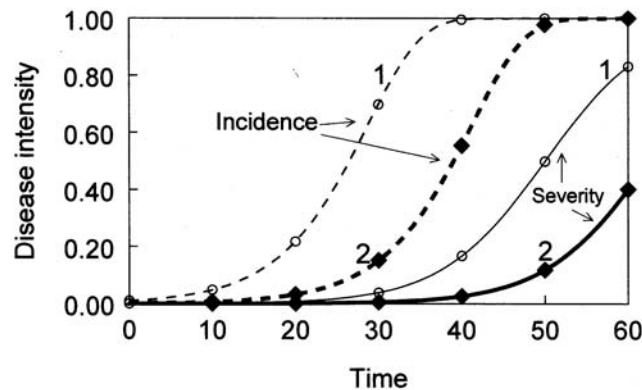


FIG. 2.1. Theoretical disease progress curves for two epidemics (e.g., corresponding to two treatments). Both incidence and severity of disease are shown. The relationship between severity and incidence is identical for both epidemics (see section 9.7). Epidemic 1: thin lines and open symbols. Epidemic 2: thick lines and closed symbols.

## Intensidad:

Número de plantas (o unidades de plantas) enfermas, o proporción de enfermedad

# **Incidencia:**

- A menudo, incidencia se refiere a plantas enfermas
- Sin embargo, la unidad de medida (observación) puede ser la hoja, foliolo, rama, frutos, etc.
  - **“Unidades de plantas (“individuos”)**
- Por lo tanto, nos podemos referir a incidencia de un fruto enfermo, incidencia de raíces enfermas, etc.
- Se puede usar tanto conteos o proporciones:
  - **10 hojas enfermas de 20 (50%)**
  - **= 50% de incidencia**

- A nivel de escala de planta o planta-unidad (individuos), la incidencia es **una variable binaria**
  - **enfermo (1,+,E); no enfermo (0,-, S)**
- A nivel de muestra/población, la incidencia es una **variable de conteo** (con un denominador natural)(discreto)
  - **Y/N (ej. 5/10) enfermo (N: N° de total de observaciones; Y: N° de enfermos)**
- Con un amplio rango posible de números (o proporciones en una muestra), la incidencia puede ser aproximada a una variable continua

# Nivel de medidas

## ■ Nominal

- “E”; “+”; “1” para enfermo
- “S”; “-”; “0” para sano

## ■ Ordinal

- 0=no enfermo; 1=leve; 2=moderado; 3=severo

## ■ Intervalo

- La medida de cada individuo no solo puede ser ordenado, sino que las diferencias en valor tienen una interpretación directa. Ej. 20 -25; 25-30. La temperatura ambiente en °C es un ejemplo

## ■ Relativo

- Igual que el caso anterior pero hay un “cero” u origen fijo. Ej. Altura de planta. Una característica es que la relación entre dos medidas tiene una interpretación directa



# Variable aleatoria discreta:

Números contables de posibles valores

- **Categoricos**
  - Binarios
  - Nominales
  - Ordenados
- **Conteo** (sin denominador natural)

**$N=5; Y=0,1,2,3,4,5$**

$y = Y/N = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$  números  
pequeños de valores posibles

**$N=100; Y=0,1,2,3,\dots,98,99,100$**

$y = Y/N = 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, \dots, 0.98, 0.99$   
 $1.00$  números grandes de valores  
posibles

A medida que  $N \rightarrow$  infinito, los posibles  
valores no son contables



# Severidad:

**Área relativa o absoluta de tejido vegetal afectada por la enfermedad**

Para muchas enfermedades fúngicas (y otras), severidad es el área de la superficie de la planta con lesiones

Muy a menudo se determina como una proporción o porcentaje del total

Para alguna enfermedades (causadas por virus, o enfermedades sistémicas), severidad es más nublosa ***“Grado de infección”***

# Severidad:

- La Severidad puede ser determinada en varios órganos de la planta (hojas, frutos, raíces, tallos, etc)
- Cuando la observación está referida a un área, (relativa o absoluta), la severidad es una **variable continua**
- Con áreas de individuos múltiples, se promedia la severidad para obtener la severidad media (algunas veces llamada severidad también)

Severidad media: es una **variable continua**

# Variable aleatoria continua:

**El número de posibles valores no es contable**

- Consideremos lesiones sobre hojas.....
- Por ejemplo, las áreas pueden ser 10.0 y 11.00 cm<sup>2</sup>
- Sin embargo, otras lesiones pueden tener áreas de 10.1, 10.02, 10.005 cm<sup>2</sup>, etc.
- En estos casos, ni es posible medir estos decimales, pero las áreas existen
- De la misma manera cuando esto está referido a porcentajes, que pueden ser 3.0 y 3.2%, pero es posible tener áreas de 3.01, 3.005, 3.1111, etc.

# Severidad:

A menudo se registra como porcentajes enteros

$$Y = 0, 1, 2, 3, \dots, 99, 100$$

Puede verse como una variable discreta, pero esto es por redondeo (sin embargo, sigue siendo continua)

# Severidad:

- Algunas veces el concepto de **área afectada** (absoluta o relativa) no es muy clara
- Ejemplos de, grado de marchitamiento, senescencia, etc.
- El concepto de **“grado de infección”**
- Aunque severidad puede ser un concepto de variable continua, es común medir severidad con un **escala de rangos ordinales**.
  - Variable categórica ordenada
    - (Discreta)

# Rangos de Severidad:

## Ejemplo:

0 (no enfermedad), 1 (leve), 2 (severo), 3 (muerto)

- Cada individuo (planta, hoja, etc.) puede tener más de dos valores posibles (pero solo un número contable o finito)
- El orden numérico tiene un sentido
- Los valores reales que se usa son solo para el orden
- La **diferencia** entre 0 y 1 no es necesariamente la misma que entre 1 y 2 (o 2 y 3)

# Conteo de enfermedad (densidad):

**Número de lesiones (u otras unidades de infección) por planta o por área de tejido vegetal**

- Aplicable para ciertos tipos de enfermedades
  - Es relevante cuando hay lesiones, pústulas, colonias, etc.
- A menudo considerado como versión (tipo) de severidad
- Si uno conoce el número de lesiones ( $m$ ), y el área real de cada lesión, se podría determinar el área media ( $A$ )
  - **Luego severidad es  $Y = A*m$** 
    - *Obtener el porcentaje o proporción a partir del tamaño de la hoja*  
 $m = 5$  y  $A = 2 \text{ cm}^2$ , luego  $Y = 10 \text{ cm}^2$   
*Si el tamaño de la hoja es  $50 \text{ cm}^2$ , luego  $y = 10/50 = 0.20$*

# Conteo de enfermedad

- Es un variable de conteo
  - Pero sin un denominador natural
    - Para incidencia (y rangos ordinales de severidad), uno puede observar una planta y ponerla dentro de una categoría (enferma o no; levemente enferma...) y luego obtener un conteo dentro de cada categoría
    - Con lesiones, no hay nada que categorizar
      - Hasta que son visibles, no hay nada para contar
      - Una vez observada, cualquier número puede ser encontrado
- Es un tipo de variable discreta
- Puede se aproximada como un variable continua (para algunos propósitos)

**Y = 0, 1, 2, 3, .....?? lesiones por planta**

Se puede decir que se desconoce el límite superior



# Variable aleatoria discreta:

incidencia

*Número contable de posible valores*

## •Categórica

rangos de severidad

–Binaria

Conteos (con denominador natural)

–Nominal

–Ordenada

Conteo de lesiones

## •Conteos

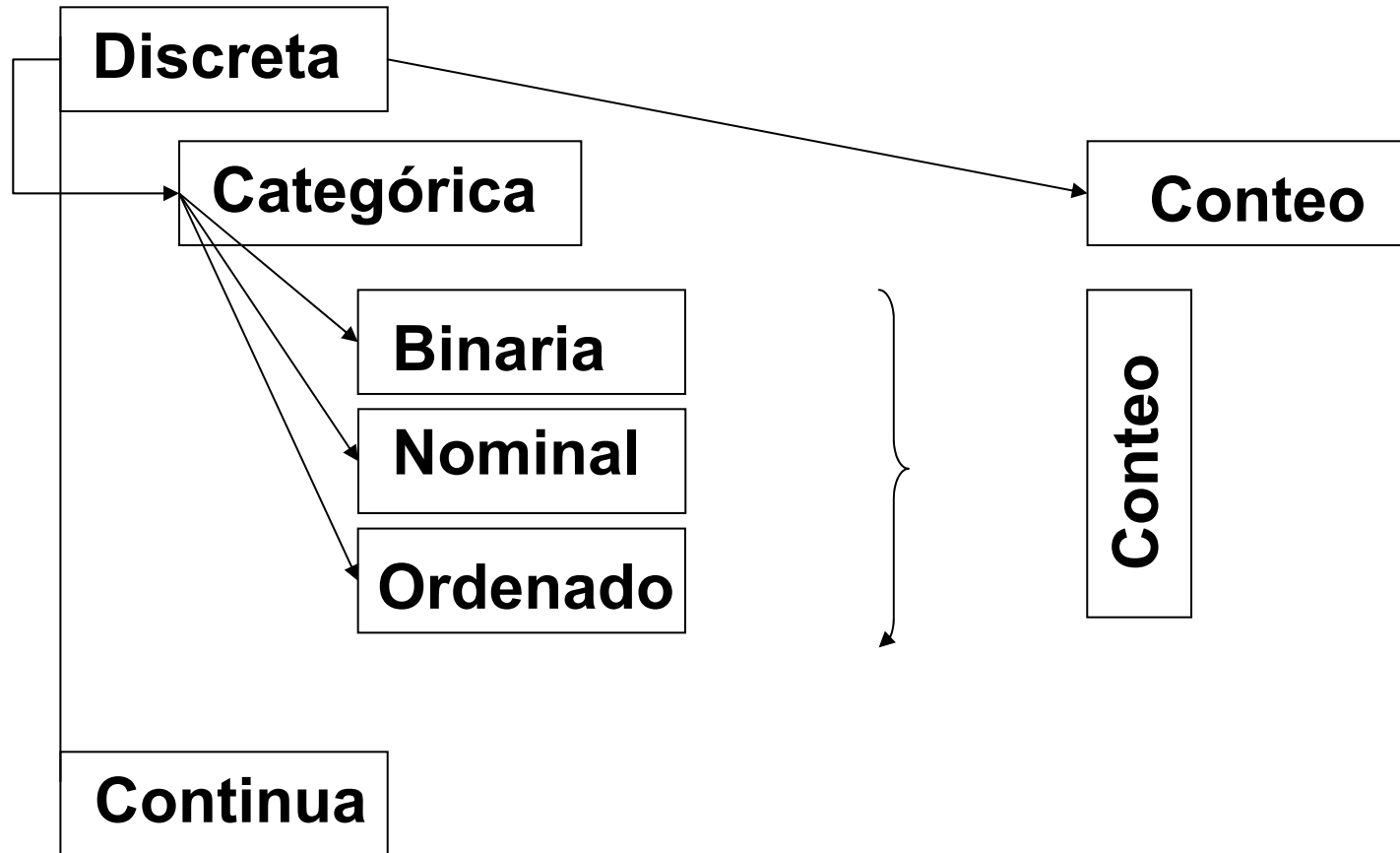
(sin denominador natural)

# Variable aleatoria continua

*No contable*

Severidad como  
área

# Variables aleatorias



# Intensidad de enfermedad

Término general, el cual incluye incidencia, severidad y densidad

- **Incidencia**

- Estatus de enfermedad de plantas individuales – **variable binaria**
- Número (o **proporción**) de enfermos – **variable de conteo con un denominador natural**

- **Densidad**

- **Número** de lesiones (u otras unidades de infección) – **variable de conteo si un denominador natural**

- **Severidad**

- **Área** (relativa o absoluta) de tejido vegetal afectado por la enfermedad – **variable continua**
- Rango ordinal del “grado de infección” – **variable categórica ordenada**

# Nota:

- Para muchos propósitos, la forma de las variables no importa (demasiado), para aquellos métodos de cuantificación y análisis aplicados a todas las variables de intensidad
  - Ejemplo: Curvas de progreso de enfermedad
  - Básicamente, se asume que la variable es aproximadamente una variable continua
  - Se puede utilizar algunas de las propiedades de la variable en análisis de datos (ej. Análisis de la varianza)

- Para algunos propósitos, la forma de las variables es muy importante
  - Ejemplo: **análisis del patrón espacial, muestreo**
  - En esos casos, los resultados pueden ser totalmente erróneos si no se tienen en cuenta las propiedades estadísticas de la variable analizada

# Nota:

- Hay otros términos
  - **Prevalencia**
    - Número o proporción de campos con plantas enfermas
    - Es un tipo de incidencia de enfermedad (con campos como la unidad de observación (hoja, planta,...., campo, región))
- No todos los patólogos usan los términos en la misma forma
  - Intensidad por severidad
  - In disciplinas médicas, prevalencia por incidencia

# Midiendo o evaluando la intensidad de la enfermedad

*“Our ability to understand a phenomenon is proportional to our ability to measure it.”*

Lord Kelvin

- Large (1952), James (1971), y muchos otros reconocieron la importancia y la potencial dificultad de medir la intensidad de la enfermedad (especialmente la severidad)
- Para evaluar nuestra habilidad para medir la intensidad y para determinar si las mediciones pueden ser mejoradas se ha puesto muchísimo esfuerzo

# Midiendo incidencia

- Relativamente muy simple, es asunto está puesto en el muestreo
- Aunque uno puede cometer claramente errores en determinar incidencia, se reconoce generalmente que es más simple que medir severidad

# Midiendo densidad

- Igual que lo anterior, no es muy complicado. Se cuenta “entidades”
- Como incidencia, el muestreo es el punto crítico



# Midiendo severidad

- Es el mayor desafío
- Generalmente se reconoce que es una dificultad potencial o muy difícil, pero a pesar de esto, se hace siempre
- Usualmente, NO se hacen esfuerzos para determinar cuán bien está realizada la evaluación de severidad
- Como en los otros casos, el muestreo es crítico.
- Aquí, nosotros ignoramos el tamaño de muestra, y enfocamos en medir la planta como unidad (hojas individuales, raíces, plantas enteras) en la muestra disponible
- Prestado de las ciencias médicas y otros campos, nos podemos referir a la planta unitaria como **espécimen**

# Midiendo severidad

- Para ciertos tipos de enfermedades, una aproximación podría ser la identificación de cada lesión (pústula, etc), determinar su tamaño (de alguna manera), y usar las áreas de todas las lesiones para determinar el área de la planta afectada
- Esto es a menudo (sino siempre) práctico o realizable en campo o estudios en invernáculos
- Por lo tanto, otras aproximaciones de evaluaciones son comunes

# Midiendo severidad -- aproximaciones

- Estimación visual
- Métodos electrónicos o sensores remotos
- Métodos indirectos

## Estimación visual – una clasificación

- a. Estimación directa
- b. Directa, con ayuda de diagramas
- c. Uso de escalas de enfermedad
- d. Uso de escalas de rango ordinales

# Estimación visual directa

- El estimador observa un espécimen y le asigna un valor de severidad de 0 a 100%
- Basado en el área percibida de planta afectada relativa a el área total de la planta
- No hay otras herramientas de ayuda
- Es una aproximación muy común aplicada a enfermedades foliares, especialmente aquella con lesiones (necróticas o cloróticas)
  - Quizás el método más común de evaluar severidad

# Estimación visual directa

- El estimador observa un espécimen y le asigna un valor de severidad de 0 a 100% (0 a 1.0)
  - Basado en el área percibida de la parte enferma relativa al total de el área
  - Puede asignar un área en cm<sup>2</sup>
- No se usan otras herramientas o ayudas
- Una aproximación muy común para enfermedades foliares especialmente para aquellas con lesiones (necróticas o cloróticas)
- Es el método más común para determinar enfermedades

# Estimación visual usando diagramas de enfermedad

## Diagrama de enfermedad:

**Representaciones gráficas o pictóricas de niveles (o clases) de severidad de enfermedad**

- El estimador observa un espécimen y asigna un valor de severidad (0-100%) basado en una aproximación de la severidad percibida del espécimen comparado con un diagrama
- Requiere mucha interpolación y extrapolación
- El valor que se asigna podría estar influenciado por las clases seleccionadas en el diagrama

# Estimación visual usando escalas

## Escala de enfermedad:

es una partición de valores de severidad continua desde 0 a 100% dentro de un finito número de clases

- El estimador observa un espécimen y asigna a éste un valor
- Para el análisis de datos y modelación, se deben convertir esos valores a porcentajes
  - La mejor aproximación es usar el punto medio de cada intervalo

Ejemplo:

<u>Clase</u>	<u>Rango</u>
0	0
1	1-20%
2	21- 40%
3	41- 60%
4	61- 80%
5	81- 100%



**Figure 6.3** Disease diagrams for use as an aid in assessment of severity of southern leaf blight of maize (after James, 1971b).



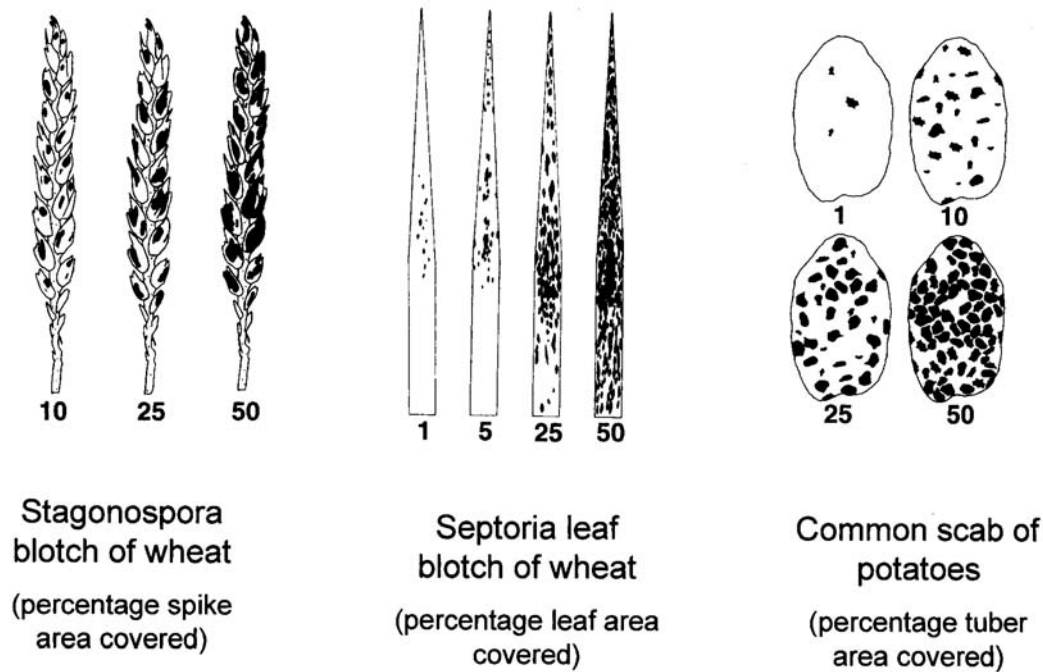


FIG. 2.3. Example disease diagrams, taken from James (1971). Selected severities as percentages are shown.

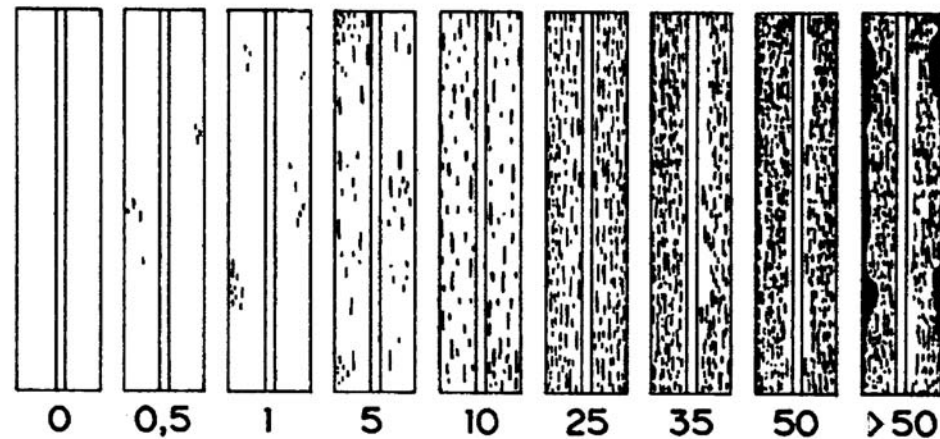


FIG. 2.4. Disease diagram for sugarcane rust (courtesy of A. Bergamin Filho and Lilian Amorim), which is similar to the C diagram for rust of small grains (Cobb, 1892). Each number represents disease severity (as a percentage).

# Cuáles son las razones para usar una escala de enfermedad:

- Conveniencia (ej. velocidad)
  - **Una muy buena razón**
- Inhabilidad para distinguir valores de severidad dentro de una clase (o un rango)
  - Limitaciones en las mediciones
  - No claro!!!!
- Considerar la más común de las escalas de enfermedad: Horsfall – Barrat (desde los 1940s)

# Escala de Horsfall – Barrat

<u>Clase</u>	<u>Severidad</u>	<u>Punto Medio</u>
0	0	0
1	0 <sup>+</sup> - 3	1.5
2	3 <sup>+</sup> - 6	4.5
3	6 <sup>+</sup> - 12	9
4	12 <sup>+</sup> - 25	18.5
5	25 <sup>+</sup> - 50	37.5
6	50 <sup>+</sup> - 75	62.5
7	75 <sup>+</sup> - 88	81.5
8	88 <sup>+</sup> - 94	91
9	94 <sup>+</sup> - 97	95.5
10	97 <sup>+</sup> - 100	98.5
11	100	100

# Se asumen dos puntos en H-B

1. Existe una relación logarítmica entre intensidad de un **estímulo** (ej. Luz reflejada desde un espécimen enfermo) y la **sensación** (ej. Estimada/percibida) de área enferma
  - Ley de “Weber-Fechner” de psicofísica
  - Por lo tanto los rangos de severidad en la escala se incrementa
2. Cuando el estimador observa un objeto consistiendo de dos componentes (ej. Lesión y área de la hoja sana), él o ella se enfoca en aquella que es más pequeña en tamaño
  - Por lo tanto, los rangos de severidad se estrechan por arriba del 50% (porque uno se enfoca en área libre de enfermedad)

# Monitoreando la epidemia

## Aproximaciones para medir severidad

- Estimación visual
- Métodos electrónicos y sensores remotos
- Métodos indirectos

## Estimación visual – una clasificación

- a. Estimación directa
- b. Directa con ayuda de diagramas de enfermedad
- c. Uso de escalas de enfermedad
- d. Uso de escalas de rangos ordinales

# Estimación de severidad usando escalas de rangos de severidad

- Escala de rangos: categorías (o clases) de severidad de enfermedad (o “grado de infección)
- Uno observa un espécimen y le asigna un valor de clase
- Los valores de clase son solo interpretables en términos de su arreglo y no en términos de sus valores reales

# Ejemplos de escalas de rangos de severidad

McKinney index para severidad de enfermedad (1923)

<u>Clase</u>	<u>Severidad</u>
0	sin enfermedad
0.75	muy leve
1	leve
2	Moderada
3	abundante

# Escalas rangos ordinales de enfermedad

**Punto positivo:** son fáciles y de rápido uso, permitiendo un gran número de muestras

## **Puntos negativos:**

- Valores de clases arbitrarios
- Las diferencias entre clases no tienen el mismo significado cuantitativo
- Requieren métodos estadísticos apropiados para datos categóricos



# Escalas rangos ordinales de enfermedad

- Los epidemiólogos prefieren:
  - Severidad como una variable continua
  - y con incidencia como una variable binaria
  - y contar lesiones, etc. Cuando se apropiado
- Sin embargo, para cierto tipo de enfermedades, no es práctico determinar objetivamente la severidad sobre un rango en una escala de 0 – 100%
  - Para esos casos, las escalas de rangos ordinales son de valor

# Monitoreando la epidemia

## Aproximaciones para medir severidad

- Estimación visual
- Métodos electrónicos y sensores remotos
- Métodos indirectos

## Sensores remotos

Es una técnica de medición que como tiene característica de medir la radiación electromagnética que una sustancia u objeto (planta) absorbe, transmite, emite, o refleja; usando un aparato a cierta distancia de esa sustancia u objeto

# Sensores remotos

- De alguna manera, la estimación visual es una técnica de sensor remoto
- Sin embargo la técnica en sí, involucra el uso de un sensor no humano, como el caso de una cámara, radiómetro, u otro instrumento electrónico
- Los sensores remotos se pueden clasificar por la distancia del sensor del objeto de interés
  - Satélites en órbita
  - Aviones volando sobre campos
  - **Sensores manuales a 1-2 m de distancia de la planta**
- Esta aproximación depende de la **firma espectral** del espécimen

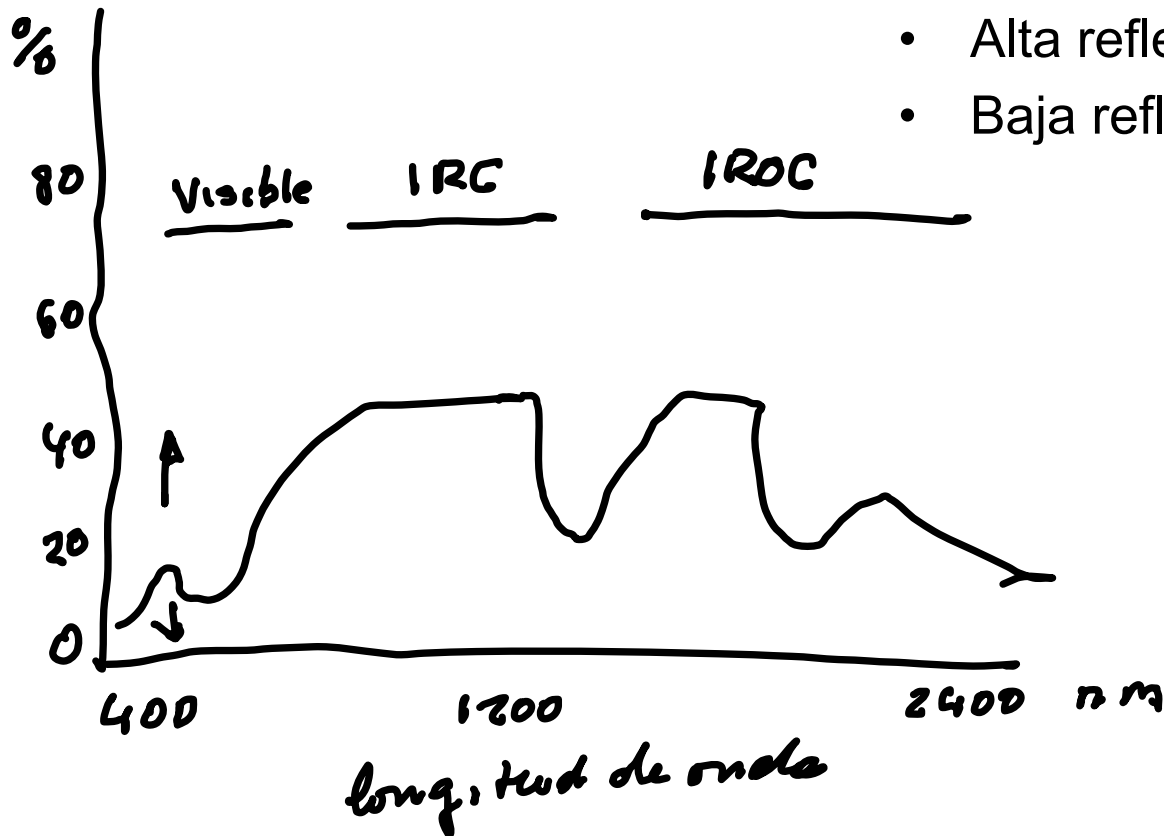
# Sensores remotos

- La radiación electromagnética emergente de una planta, hoja o canopia es determinada por muchas interacciones (reflecciones, transmisiones, absorciones) entre la radiación incidente (primariamente del sol) y los tejidos de la planta
- Con varios instrumentos (radiómetros) uno puede medir la radiación reflejada por la planta y la incidente. Dividiendo reflejada por incidente, se obtiene lo que se llama la **firma espectral**
- Muchos atributos de las plantas y enfermedades pueden ser cuantificados basándose en la firma espectral



# Sensores remotos

radiación reflejada



Planta sana:

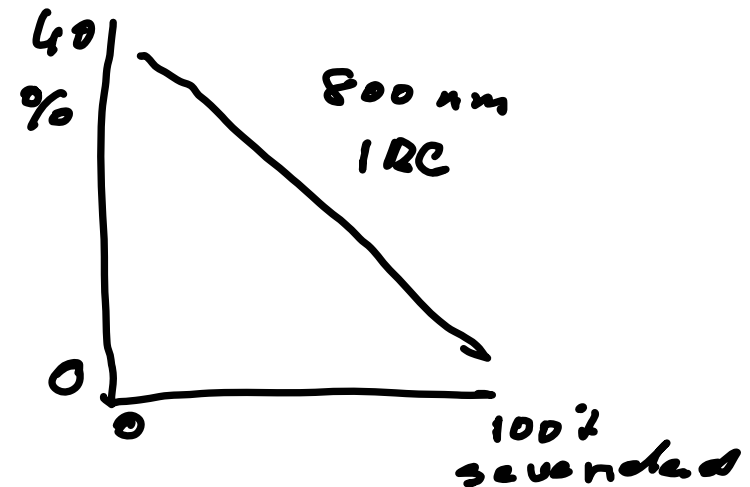
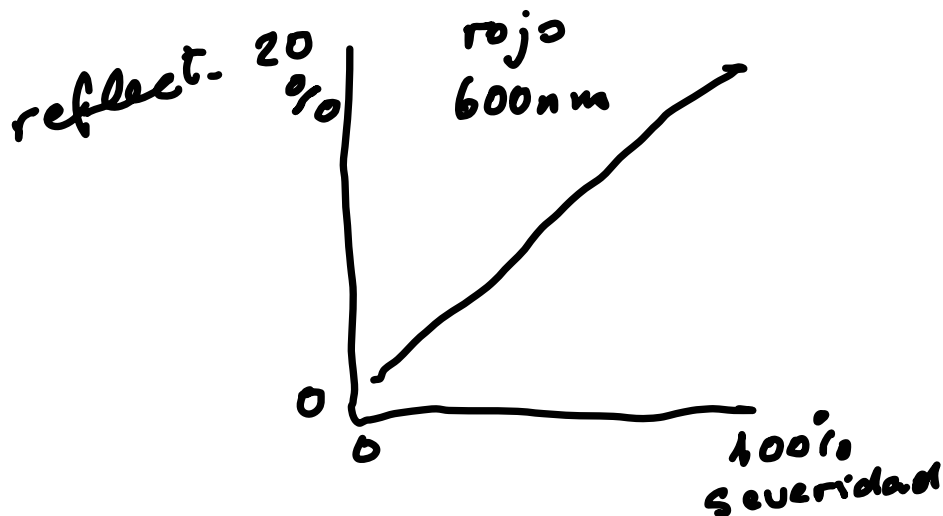
- Baja reflectancia en luz visible
  - Pero alta para los verdes
- Alta reflectancia en IRC
- Baja reflectancia para IROC

# Sensores remotos

Planta enferma:

- Incrementa la reflectancia general en la región del visible (pero decrece en los verdes)
- Decrece la reflectancia general en IRC

**Específicamente el incremento de la severidad significa (entre otras cosas) incremento de la reflectancia a 600 nm y descenso a 800 nm**



# Sensores remotos

- Puede ser usado para más de una medida de severidad
  - Sirve para: detección antes de los síntomas, diagnosis, patogénesis, productividad, etc.
- Leer West et al. (2003) *Annu. Rev. Phytopathol.*
- Una forma especial de sensores remotos es el

## **Análisis de Imágenes**

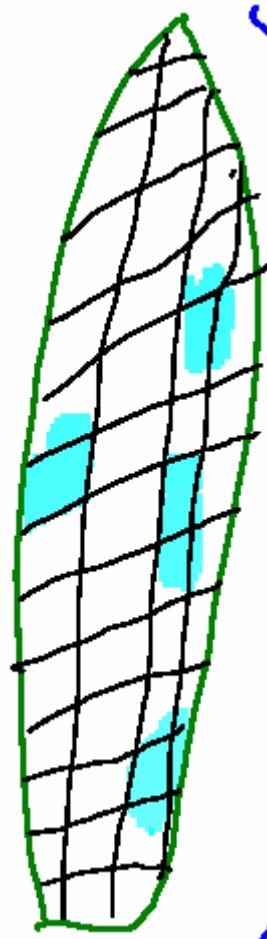
- La radiación reflejada es grabada
- La imagen es digitalizada (dividida en pixels)
- Cada pixel es clasificado dentro de categorías concretas
  1. Planta sana; 2. enferma, 3. background

**-----Basado en % reflectancia-----**

# Análisis de imágenes

- La severidad está determinada de la siguiente manera:
  - Número de **“pixeles enfermos”** dividido por el número de **“pixeles enfermos”** + **“pixeles sanos”**
  - Multiplicado x 100 = porcentaje
- Se puede decir que el observador realiza el mismo procedimiento (subconscientemente divide el espécimen en dos categorías)
- Esta aproximación es muy tediosa y requiere equipos especializados y “software” específico





# Diferencias entre sensores remotos y análisis de imágenes

- Típicamente, sensores remotos se involucran con la medida de la reflectancia en una escala continua (0-100%) para un objeto dado, estando relacionado con el % de área afectada por la enfermedad (severidad continua) u otros componentes
  - Pueden ser realizados para cada longitud de onda
- En el caso de análisis de imágenes, los valores continuos de reflectancia están asignados a categorías (para cada pixel)
  - Ejemplo: baja reflectancia del verde podría ser enfermo
  - Los números son luego sumados
    - Aunque es discreta, existen un número muy alto de pixeles
    - Por lo tanto, la variable se aproxima a la continuidad

# Diferencias entre sensores remotos y análisis de imágenes

- Típicamente, sensores remotos se involucran con la medida de la reflectancia en una escala continua (0-100%) para un objeto dado, estando relacionado con el % de área afectada por la enfermedad (severidad continua) u otros componentes
  - Pueden ser realizados para cada longitud de onda
- En el caso de análisis de imágenes, los valores continuos de reflectancia están asignados a categorías (para cada pixel)
  - Ejemplo: baja reflectancia del verde podría ser enfermo
  - Los números son luego sumados
    - Aunque es discreta, existen un número muy alto de pixeles
    - Por lo tanto, la variable se aproxima a la continuidad

# Monitoreando la epidemia

## Aproximaciones para medir severidad

- Estimación visual
- Métodos electrónicos y sensores remotos
- **Métodos indirectos**
  - o Como se mencionó, es difícil determinar directamente la severidad directamente como % del área afectada por enfermedad
    - o Por ej. Enfermedades de raíz requieren métodos destructivos
  - o Además, puede ser lento y tedioso
  - o Por lo tanto, otras alternativas pueden ser usadas ---- **métodos indirectos**

# Midiendo indirectamente la severidad

- Midiendo otra parte de la planta como un sustituto de lo que interesa
  - Ej. Estimar la severidad de enfermedades de la raíz basado en síntomas aéreos (grado de severidad)  
Campbell & Neher (1994)
- Usar una medida *diferente* de intensidad
  - Ej.:
    - Estimar la severidad *media* a partir de la incidencia *media*
    - Los resultados pertinentes se refieren solo a poblaciones o muestras y no a individuos
    - Esto es, una hoja enferma podría tener cualquier severidad, pero la incidencia media es a menudo un buen predictor de la media de la severidad

$N = 5$

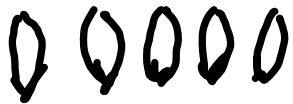
Incidencia

Severidad (media)



60 %

10 %  $\longrightarrow$  sev. cond. =  $\frac{.1}{.6}$



0 %

0 %



40 %

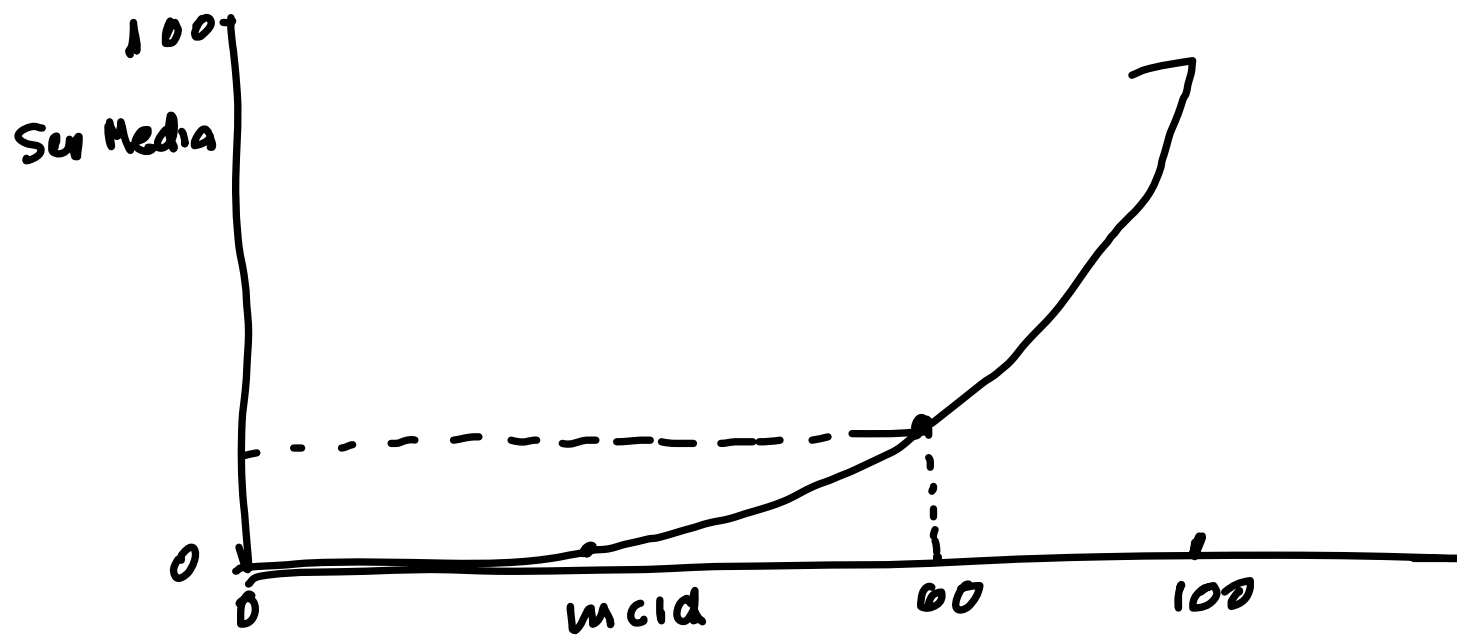
7 %



80 %

20 %

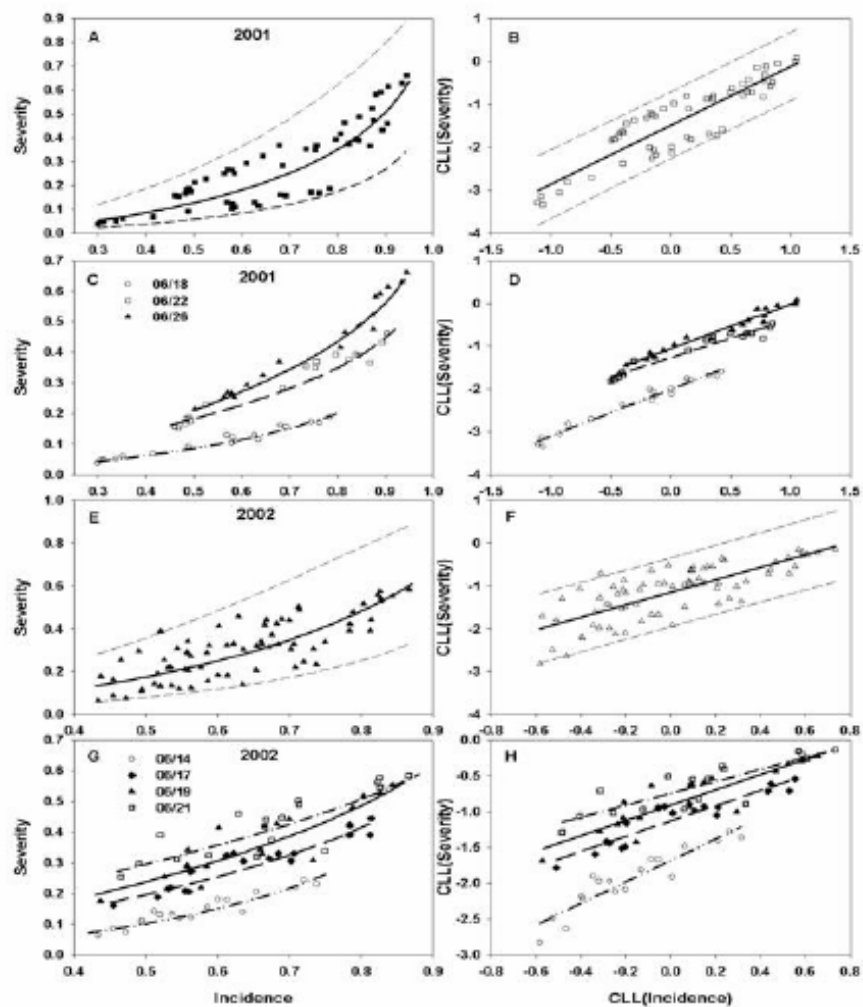
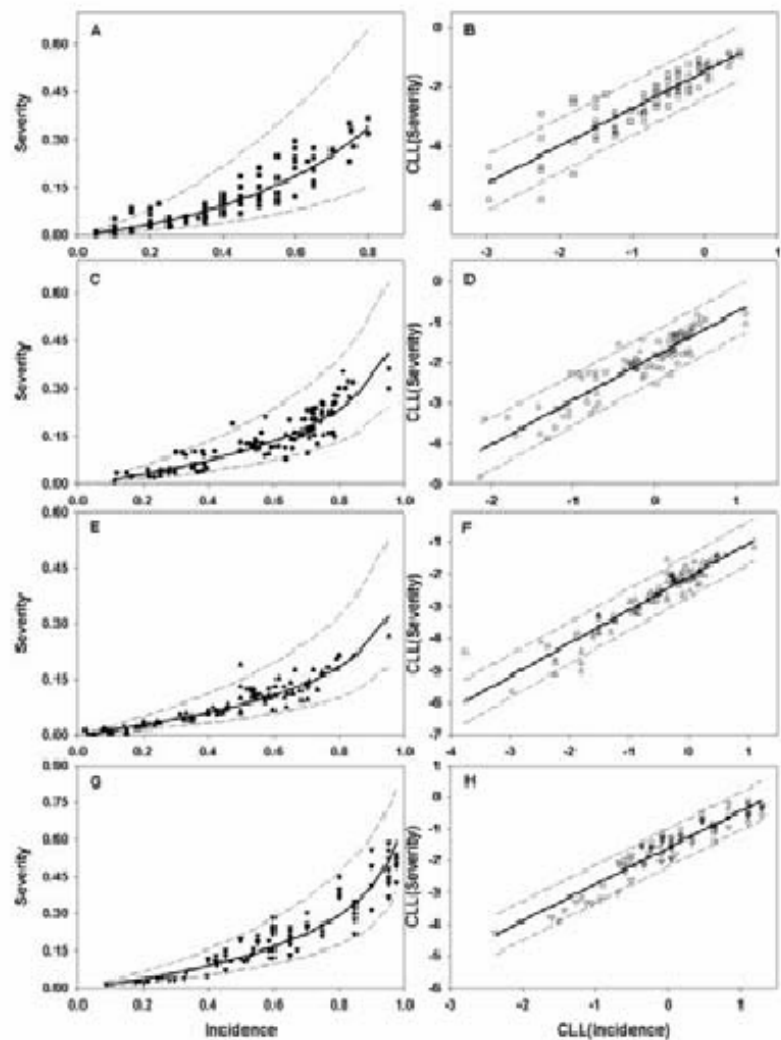
$\frac{.2}{.8}$



# Severidad (S)-Incidencia (I) relaciones (S-I)

- Tema estudiado por muchos años, al menos desde los 1970s
  - Existen contribuciones muy importantes como las de James, Seem y otros
- Es un fenómeno población-nivel de fenómeno, no es un fenómeno individual
  - Conociendo que una planta está enferma, no nos dice nada acerca de su severidad
  - Pero la severidad media de muchos individuos puede ser predicho desde el % de plantas enfermas (incidencia)
  - Se necesitan modelos estadísticos y puede existir una variación considerable





## Severidad (media)

- Media de todos los especímenes medidos (plantas, individuos) incluyendo aquellos que están libres de enfermedad
  - Estima la severidad esperada para una población en un tiempo dado, localidad, etc.
  - La severidad media de un individuo infectado es realmente una **“severidad condicional”**
  - Por lo tanto, el resultado es condicional al estatus de los individuos
- Severidad = (incidencia) x (severidad condicional)

# Concordancia en la medición

*Las mediciones necesitan ser confiables y justas*

- Consideremos la medición de la temperatura del aire con un termómetro (sensor)
- Supongamos que existe una cámara con una temperatura de aire (que no cambia)
- Idealmente, se podría obtener la misma medición de temperatura cuando el:
  - Se usa el mismo termómetro a diferentes momentos
    - **Confiability intra-sensor**
  - Se usan dos termómetros
    - **Confiability inter-sensor**

# Concordancia en la medición

*Las mediciones necesitan ser confiables y justas*

- Consideremos la medición de la temperatura del aire con un termómetro (sensor)
- Supongamos que existe una cámara con una temperatura de aire (que no cambia)
- Idealmente, se podría obtener la misma medición de temperatura cuando el:
  - Se usa el mismo termómetro a disferentes momentos
    - **Confiability intra-sensor**
  - Se usan dos termómetros
    - **Confiability inter-sensor**
- Además, la medición de temperatura (a dos tiempos diferentes o por dos termómetros diferentes) podría dar igual a valor real
  - **Exactitud**

# Concordancia en la medición

- Ahora vamos a considerar la concordancia de la medición para la determinación visual de la **severidad como una variable continua**
  - Uno podría también hacer esto para incidencia, conteo de lesiones, severidad como una variable ordinal
- Aquí, el observador está es el “instrumento medidor”, y la planta es el objeto a ser medido

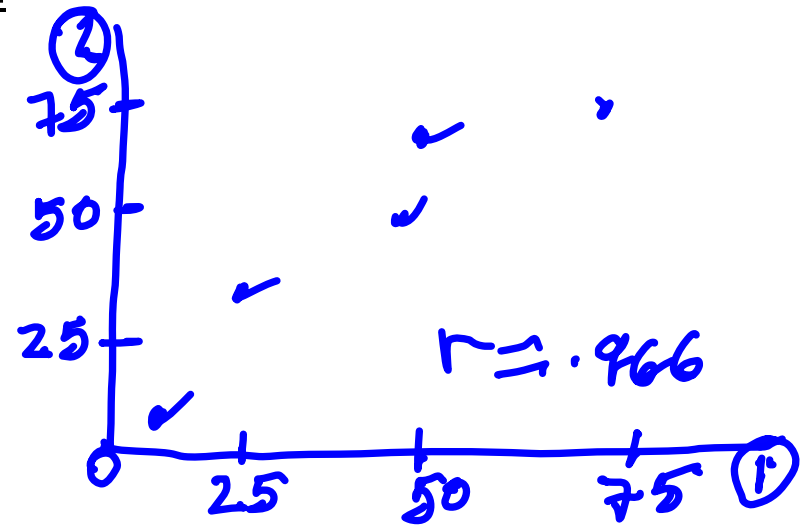
# Fiabilidad (una definición desde la ciencia de las mediciones)

**El alcance al cual la misma mediciones obtenidas de individuos bajo diferentes condiciones producen el mismo resultado**

- Las condiciones diferentes pueden ser observadores diferentes (inter-fiabilidad) o diferentes tiempos (intra-fiabilidad)
- Hay otros términos usados para estos conceptos
  - **Precisión** (porque trata con variabilidad)
- Para caracterizar la fiabilidad, una muestra de  $N$  individuos es observada para medir severidad (dos o más veces, dos o más observadores)
  - Debido a que cada individuo tiene una severidad diferente (probabilidad), se emplean técnicas para datos bivariados

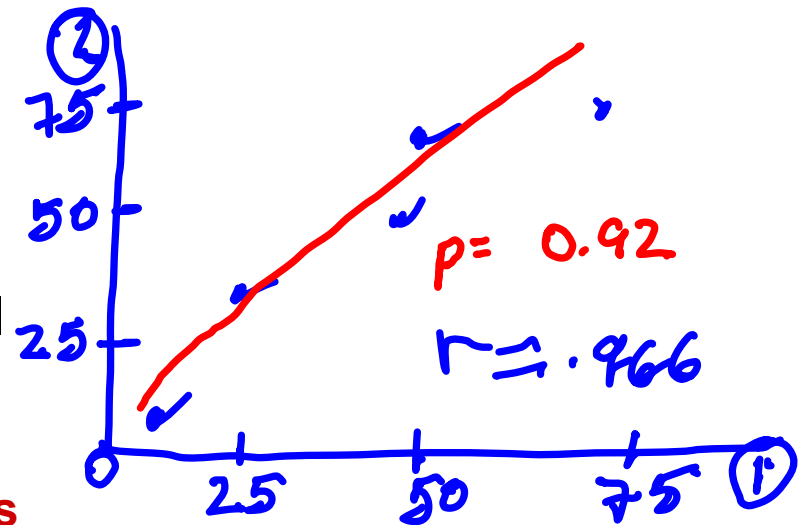
Consideremos  $N = 5$  hojas (inter fiabilidad)

<u>Hoja</u>	<u>Observador 1</u>	<u>Observador 2</u>
1	10	10
2	20	35
3	40	45
4	50	55
5	70	75



- La concordancia puede ser determinada por el **coeficiente de correlación** ( $r$ )
- La correlación cuantifica la variabilidad alrededor de una línea recta cuando se relacionan dos variables
  - Por lo tanto,  $r$  da información de precisión

- **Correlación ( $r$ )** cuantifica la variabilidad alrededor de una línea recta entre dos variables
  - **Por lo tanto,  $r$  da información de precisión**
- Correlación no muestra si un observador mide más o menos que el otro, solo la asociación
  - **Concordancia perfecta es cuando dos observadores obtiene idénticos resultados**
- La mejor medida es el **coeficiente correlación intra clase** (determinado por efectos aleatorios de un ANOVA) ( $p$ )





$$\hat{\rho} = \frac{590}{27.5 + 590.0 + 22.3} = \frac{590}{640} = 0.92 = \frac{\sigma^2_{\text{Spec.}}}{\sigma^2_{\text{Rater}} + \sigma^2_{\text{Spec.}} + \sigma^2_{\text{error}}}$$

The screenshot displays the Minitab interface with three main components: the Session window, the Balance d Analysis of Variance dialog box, and the Worksheet 1 data table.

**Session Window:** Shows the ANOVA results. A red arrow points to the 'Variance component' column.

Source	Variance component	Error term	Expected Mean Square for Each Term (using unrestricted model)
1 rater	27.50	3	(3) + 5 (1)
2 specimen	590.00	3	(3) + 2 (2)
3 Error	22.50	(3)	

**Balance d Analysis of Variance Dialog Box:** Shows the model setup. The 'Responses' field is 'Y'. The 'Model' field contains 'rater specimen'. The 'Random factors' field contains 'rater specimen'.

**Worksheet 1 Data Table:** Contains data for columns C16 through C30. A red circle highlights the data for columns C21 (Y), C22 (rater), and C23 (specimen).

	C16	C17	C18	C19	C20	C21 (Y)	C22 (rater)	C23 (specimen)
1	20					10	1	1
2	0					20	1	2
3	0					40	1	3
4	0					50	1	4
5						70	1	5
6						10	2	1
7						35	2	2
8						45	2	3
9						65	2	4
10						75	2	5

# Fiabilidad (resumen)

- Usa el coeficiente de correlación o correlación intra clase
- Para un observador individual a diferentes tiempos: **intra fiabilidad**
  - La última puede ser fácilmente determinada por más de dos observadores
- Para diferentes observadores: **inter fiabilidad**
  - Los especímenes deben ser los mismos a diferentes momentos
- En estudios de fiabilidad en general, es posible que ninguna de las mediciones sea igual a lo real o a la severidad real individuo
- En muchos estudios, uno no conoce el verdadero valor, y el investigador quedará satisfecho en determinar la intra e inter fiabilidad

# Exactitud

- En muchas disciplinas, un método particular se acepta como mejor (**estándar dorado**) para la mediciones de un interés propio
- Los estándares dorados cambian con nuevas investigaciones, y nuevas tecnologías
  - (ej. **DIAGNOSIS: morfología----reacciones bioquímicas---- anticuerpos policlonales ----- antígenos monoclonales --- PCR---- DNA**)
- Con evaluaciones de severidad, el análisis de imágenes a menudo son considerados como estándares dorados
- La exactitud es determinada por estadísticos fiables generalizados

## Exactitud (definición)

Grado de conformidad o cercanía de dos valores medidos con un estándar reconocido (“valor verdadero”)

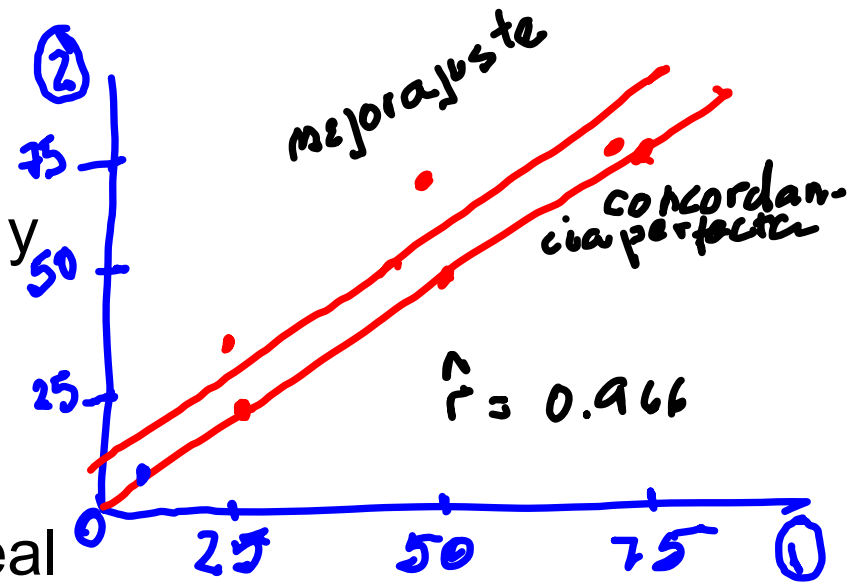
Como se ve, involucra precisión y sesgo

**Precisión:** algún aspecto de variabilidad

**Sesgo:** algún aspecto del desvío sistemático a la realidad

## Exactitud:

- Uno usa una muestra de N individuos, y la medición de severidad está hecha por dos métodos (ej. Estimación visual y estándar dorado)
- Consideremos que las mediciones del observador 1 corresponden a la severidad real



<u>Hoja</u>	<u>Observ. 1</u>	<u>Observ. 2</u>
1	10	10
2	20	35
3	40	45
4	50	65
5	70	75

## Concordancia:

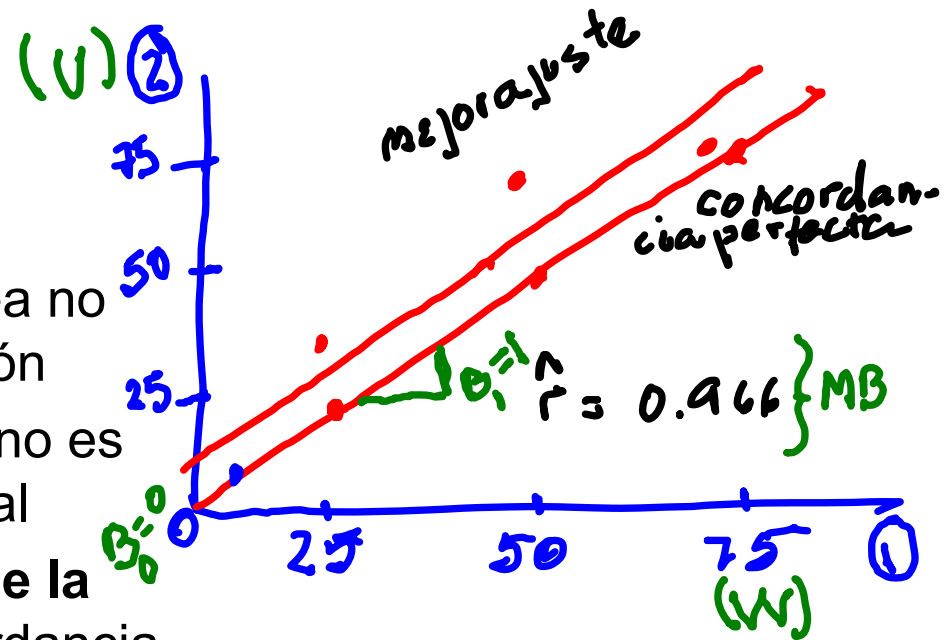
$$U = 0 + 1.W$$

$$U = W$$

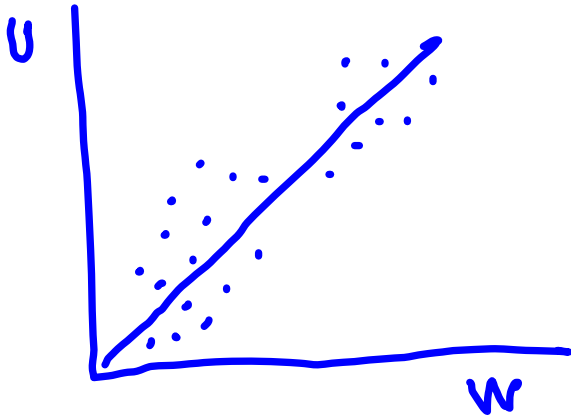
Línea real (mejor ajuste)

$$U = B_0 + B_1.W$$

- Si la intercepción de la mejor línea no es 0, hay un **sesgo** en la medición
- Si la pendiente de la mejor línea no es 1, el **sesgo** depende del valor real
- Es muy común usar el **análisis de la regresión** para evaluar la concordancia

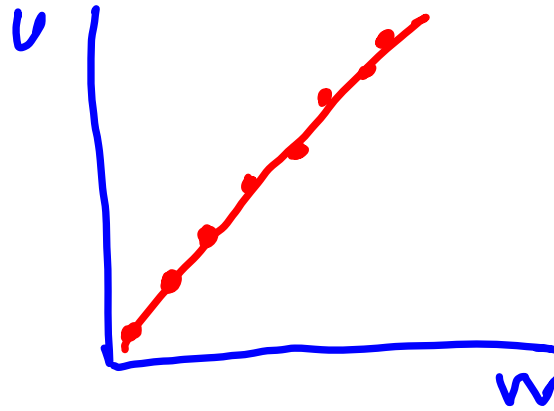


Baja precisión ( $r \approx 0$ )



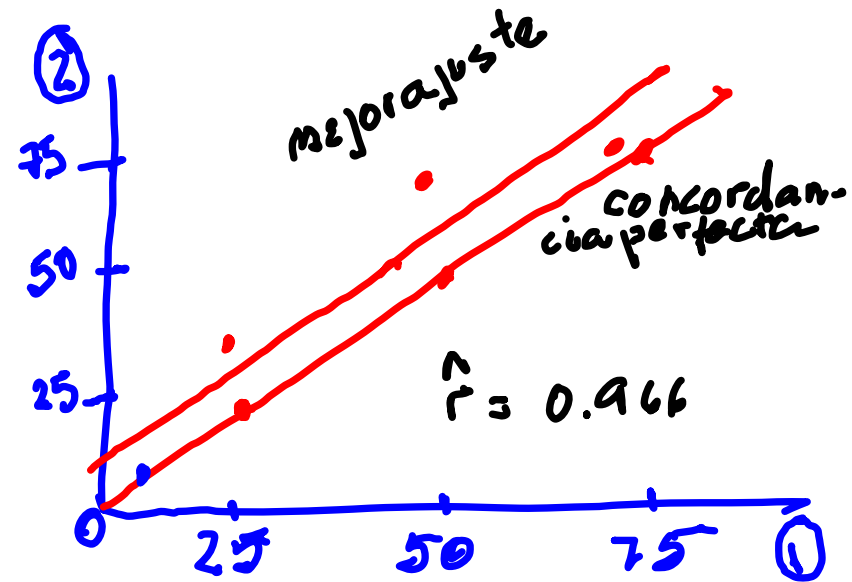
Aquí la intercepción y la pendiente pueden ser muy parecidas a 0 y 1 respectivamente, pero la exactitud es pobre (y también la precisión)

Alta precisión ( $r \approx 1$ )



Aquí la estimación de la intercepción y de la pendiente son probablemente muy cercanas a 0 y 1 respectivamente, por lo tanto hay exactitud (y alta precisión)

- Existen varios métodos para determinar exactitud o concordancia
- Vamos a considerar solo el método del coeficiente de correlación concordancia ( $p_c$  o CCC)
- Es un tipo de correlación intra clase
- No usado mucho en patología vegetal hasta ahora (Madden)
- Usado en muchos otros campos
- También se usa en validación de modelos





El cálculo del pc requiere solo el coeficiente de correlación, medias y desvíos estándar de las mediciones (U) y de los valores verdaderos (W)

Para el caso simple, de un solo observador, con una muestra de mediciones y valores verdaderos o reales

$$\text{Exactitud } (p_c) = (\text{precisión}) \times (\text{sesgo})$$

El cálculo del  $p_c$  requiere solo el coeficiente de correlación, medias y desvíos estándar de las mediciones (U) y de los valores verdaderos (W)

$$p_c = \underline{r} \cdot \underline{C_b}$$

$$C_b = \frac{2}{\mu^2 + V + \frac{1}{V}}$$

$$\mu = (\text{media}_U - \text{media}_W) / \sqrt{\sigma_U \cdot \sigma_W}$$

$$V = \sigma_U / \sigma_W$$

$r$ : una medida de precisión

$C_b$ : una medida del sesgo

## Exactitud:

$$p_c = r \cdot C_b$$

$$p_c = .8 \times .98 = .91$$

$r$  precisión

variabilidad acerca del mejor  
ajuste

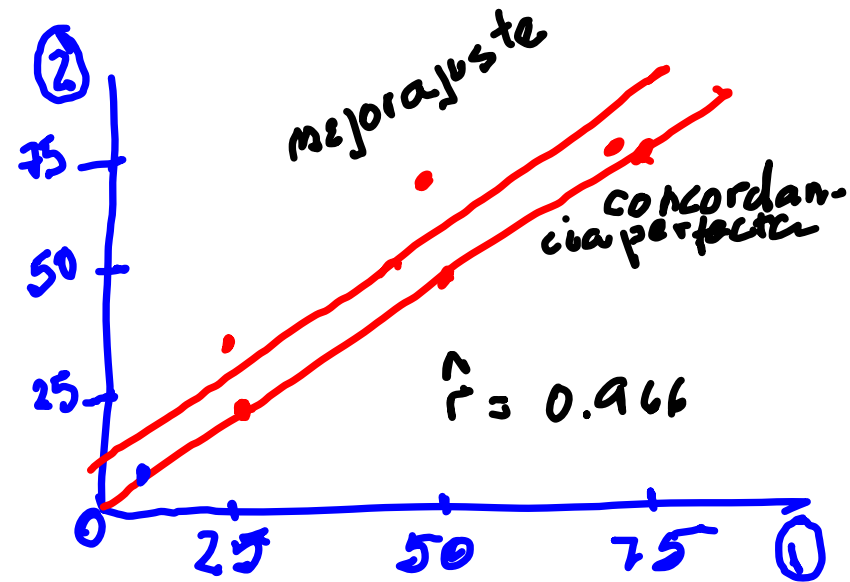
$C_b$  sesgo (o sesgo generalizado)

**Diferencia entre la línea de mejor  
ajuste y la concordancia de la línea**

(pendiente de 1, intercepción de 0)

**0:** no concordancia entre la línea de  
mejor ajuste y línea de concordancia

**1:** mejor ajuste = línea de  
concordancia



$$p_c = 0.91$$
$$C_b = 0.94$$

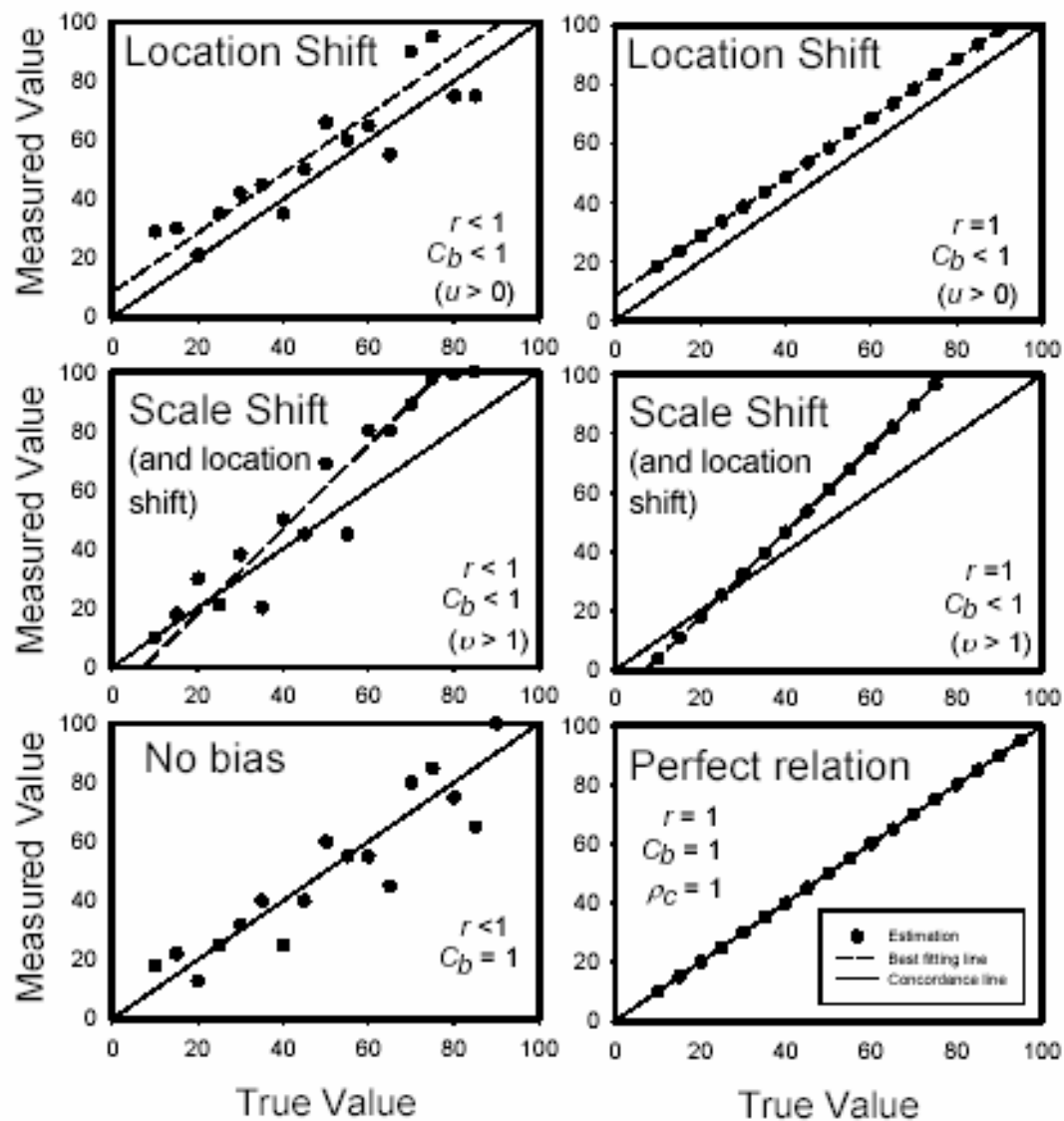
## Estadística descriptiva: W (real) U (medido)

Variable	N	Media	ES medio	DS
W	5	38.0	10.7	23.9
U	5	46.0	11.4	25.6

$$C_b = \frac{2}{\left( \frac{(38 - 46)^2}{23.9 \times 25.6} + \frac{23.9}{25.6} + \frac{25.6}{23.9} \right)} = \frac{2}{2.109} = 0.94$$

$$P_c = 0.966 \times 0.94 = 0.91$$

# Exactitud:



## **Fiabilidad y Exactitud:**

- De valor para determinar la utilidad de una medición de enfermedad
- Puede ser usado para encontrar (el mejor) observador
- Puede ser usado para comparar diferentes métodos visuales
- Puede ser usado para entrenamiento