

# Epidemiología

## 4. Validez y confiabilidad de las pruebas diagnósticas.



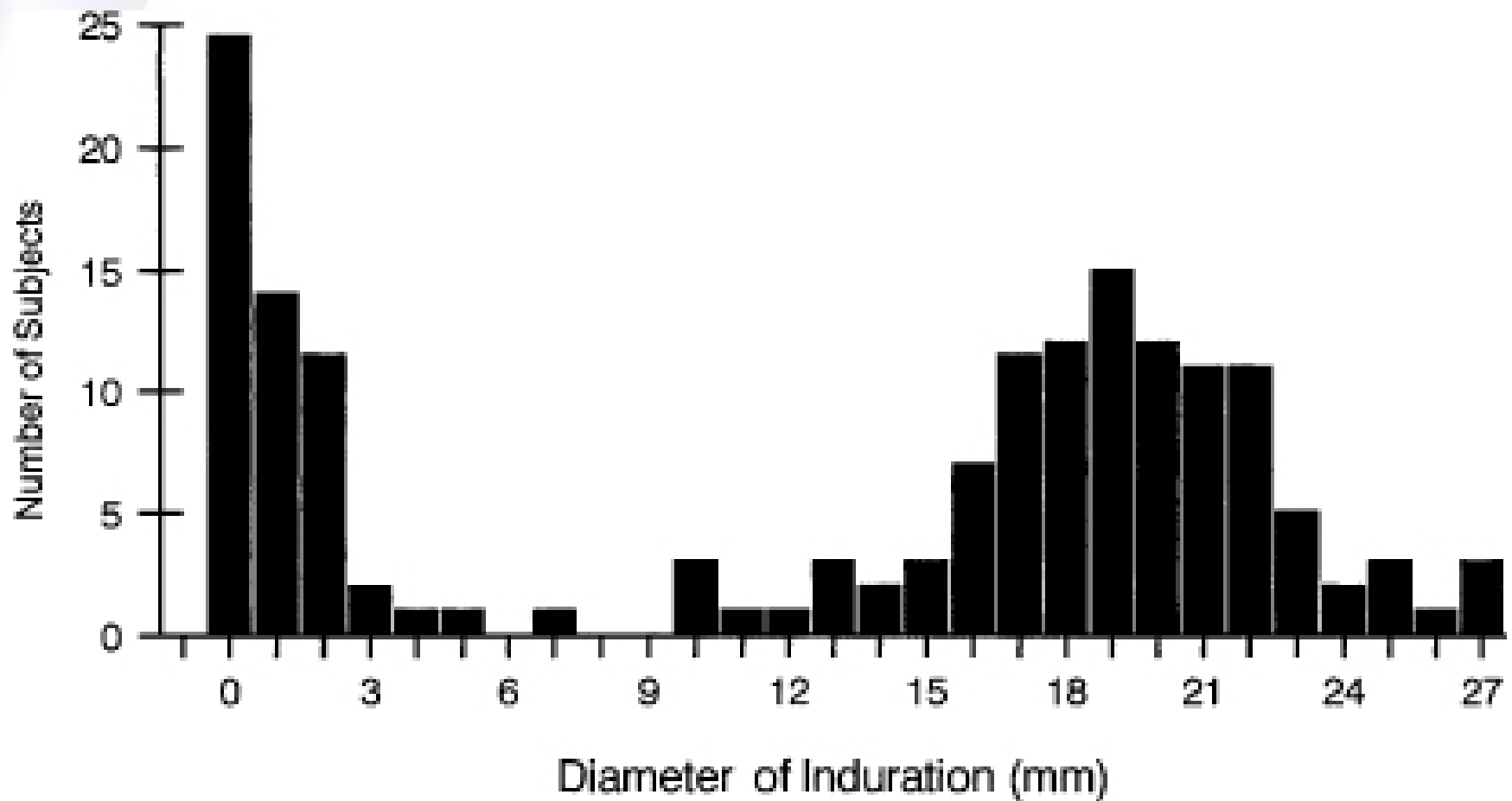


# Pruebas diagnósticas.



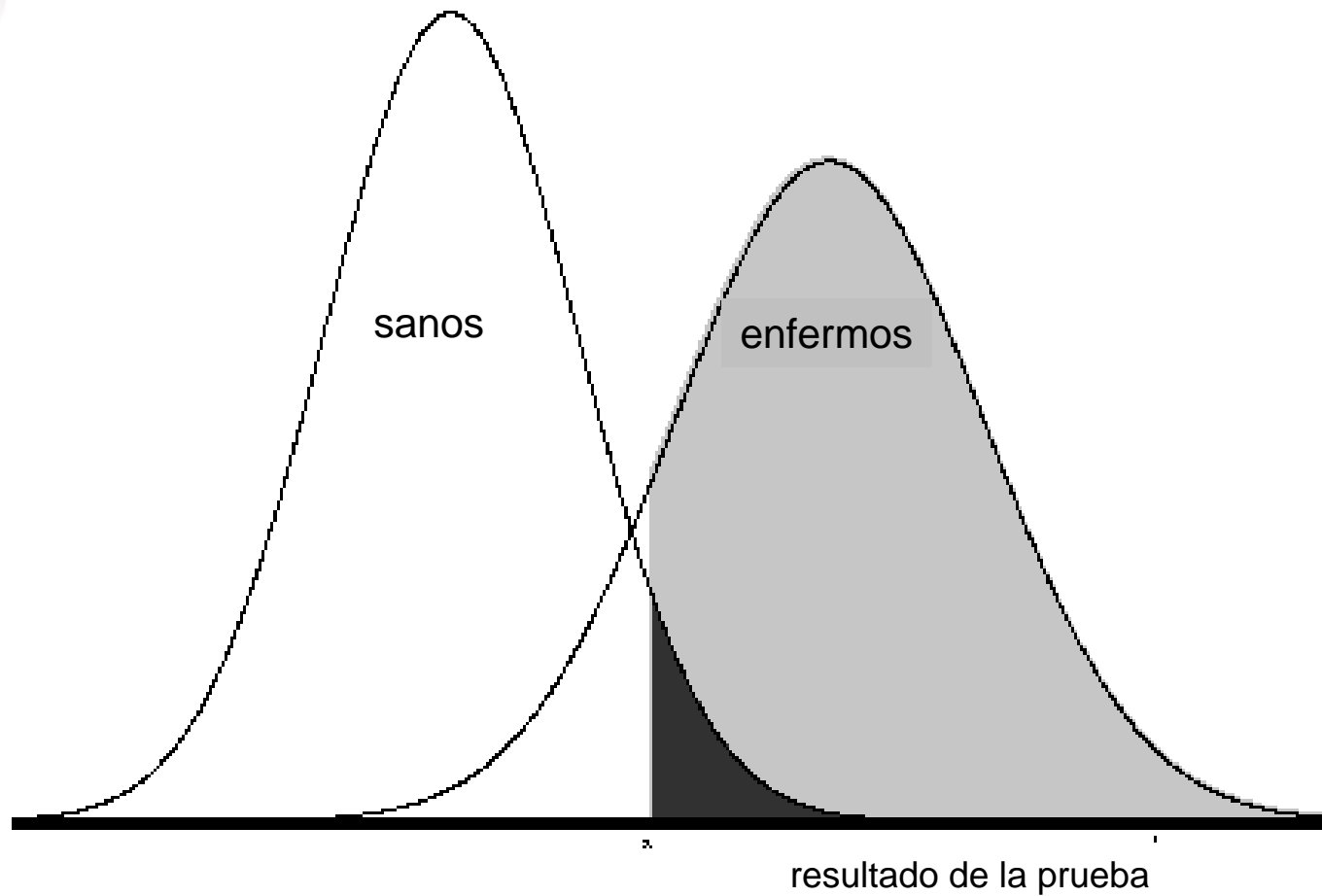


# Variación biológica de la población.



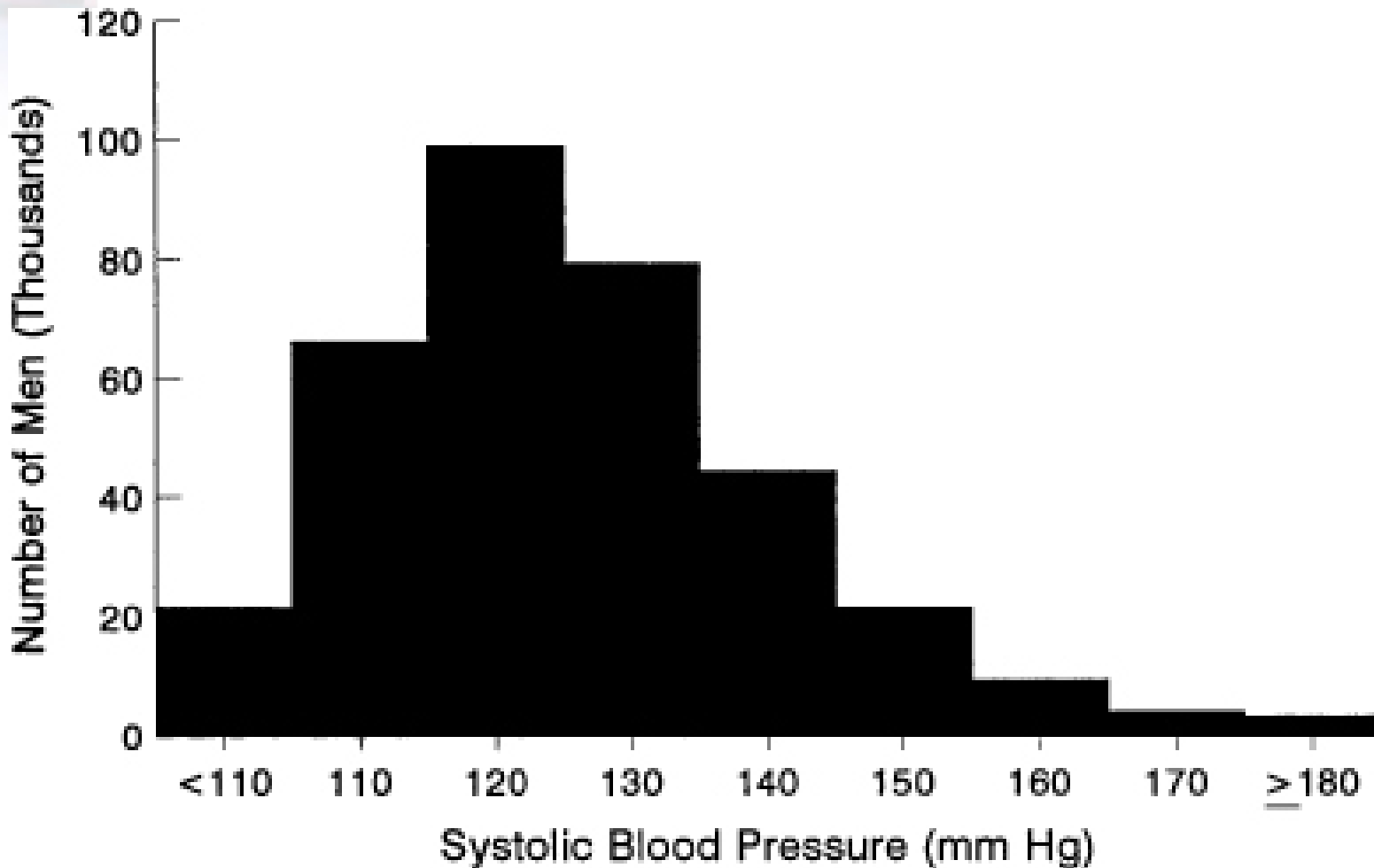


# Variación biológica de la población.





# Variación biológica de la población.





# Pruebas diagnósticas.

- Validez:

- Capacidad de una prueba para distinguir entre los que tienen la enfermedad o condición y los que no la tienen.
  - Sensibilidad: Capacidad de una prueba para identificar correctamente a aquellos que tienen la enfermedad cuando la prueba es positiva.
  - Especificidad: Capacidad de una prueba para identificar correctamente a aquellos que no tienen la enfermedad cuando la prueba es negativa.



# Pruebas con resultados dicotómicos.

Población de 1,000.  
100 padecen la enfermedad  
900 están sanos.

Prueba de tamizaje para  
identificar a las 100  
personas con la enfermedad

RESULTADO DEL TAMIZAJE	Verdadera característica		TOTAL
	Enfermos	Sanos	
Positivos	80	100	180
Negativos	20	800	820
TOTAL	100	900	1,000

$$\text{Sensibilidad} = \frac{80}{100} = 80\%$$

$$\text{Especificidad} = \frac{800}{900} = 89\%$$



# Pruebas con resultados dicotómicos.

RESULTADO DE LA PRUEBA

Enfermos

Sanos

Positivos

Verdaderos positivos (VP)  
Tienen la enfermedad y  
resultaron positivos

Falsos positivos (FP) No tienen  
la enfermedad pero resultaron  
positivos

Negativos

Falsos negativos (FN) Tienen la  
enfermedad pero resultaron  
negativos

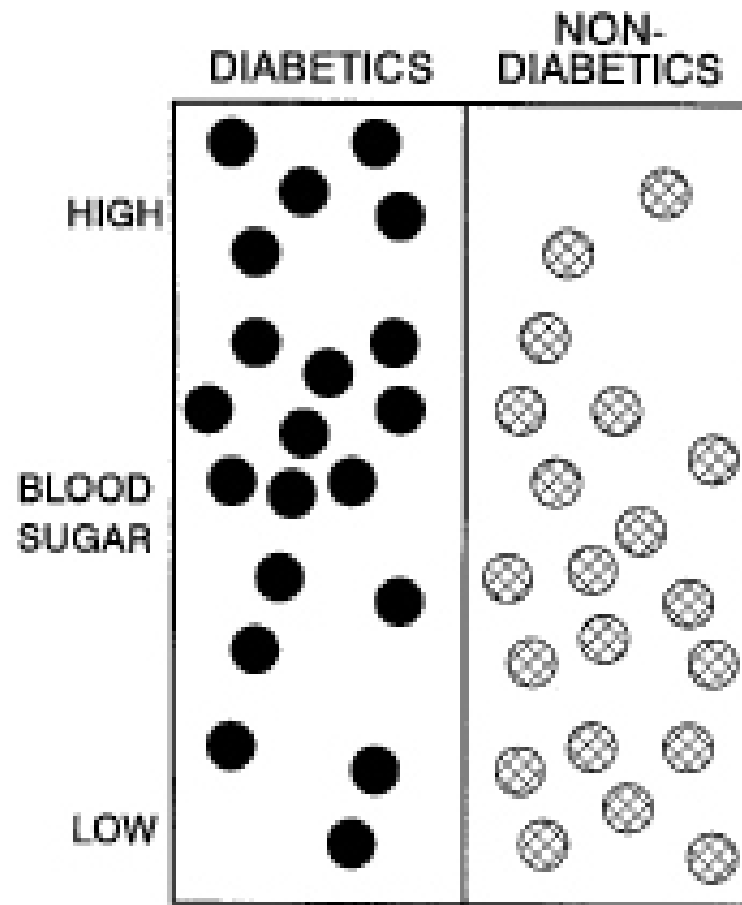
Verdaderos negativos (VN) No  
tienen la enfermedad y son  
negativos

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$$

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$$



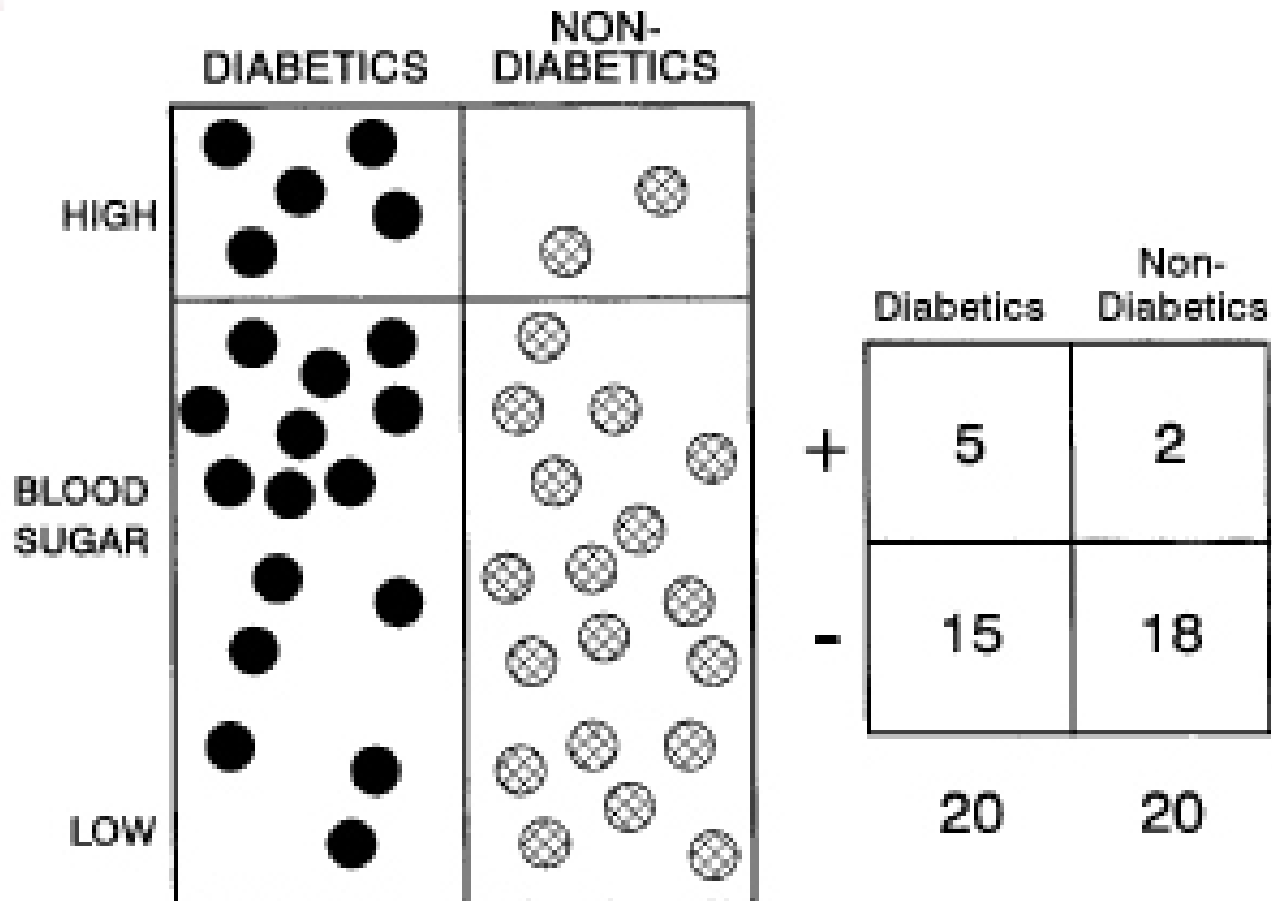
# Pruebas con resultados continuos.



A



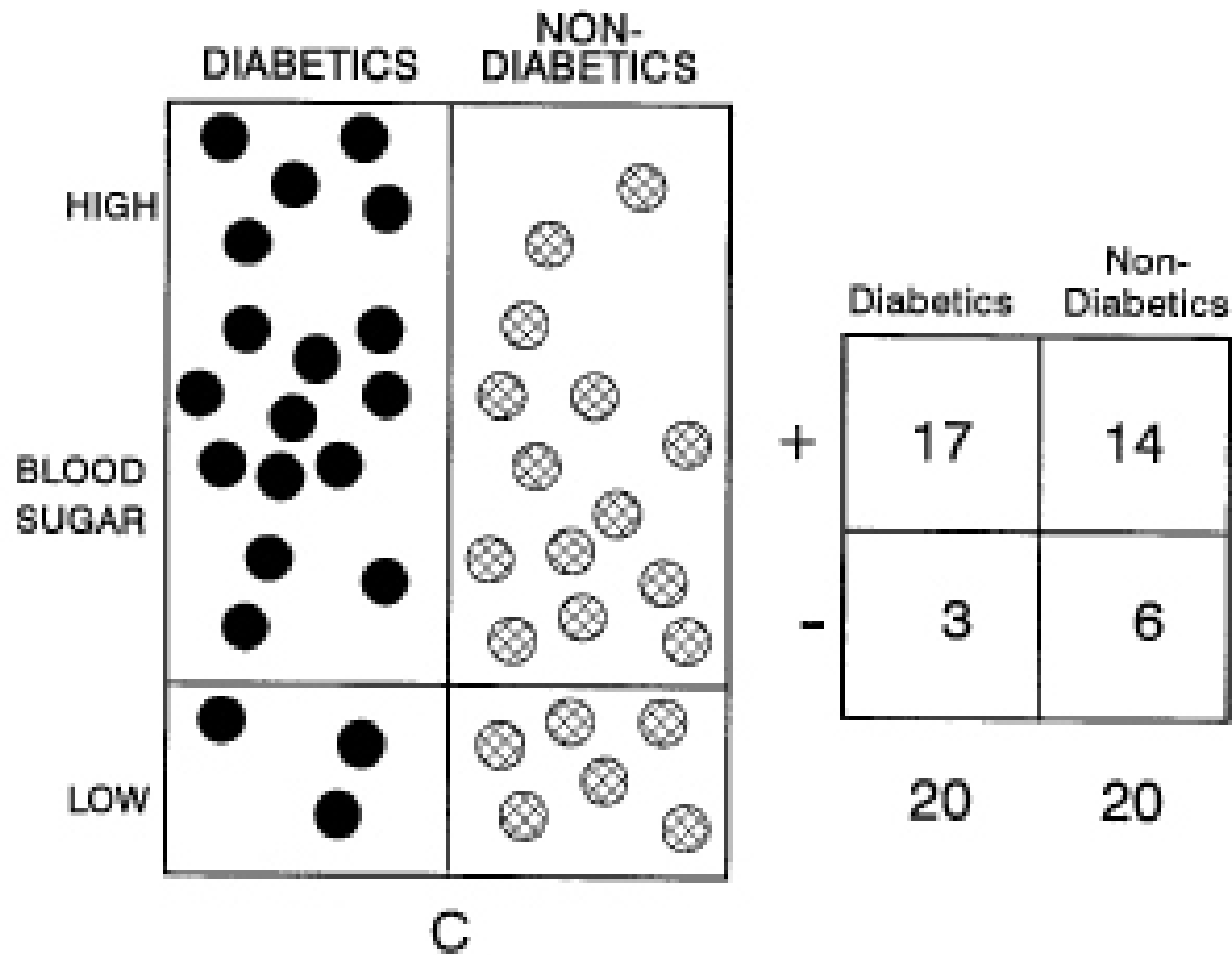
# Pruebas con resultados continuos.



B



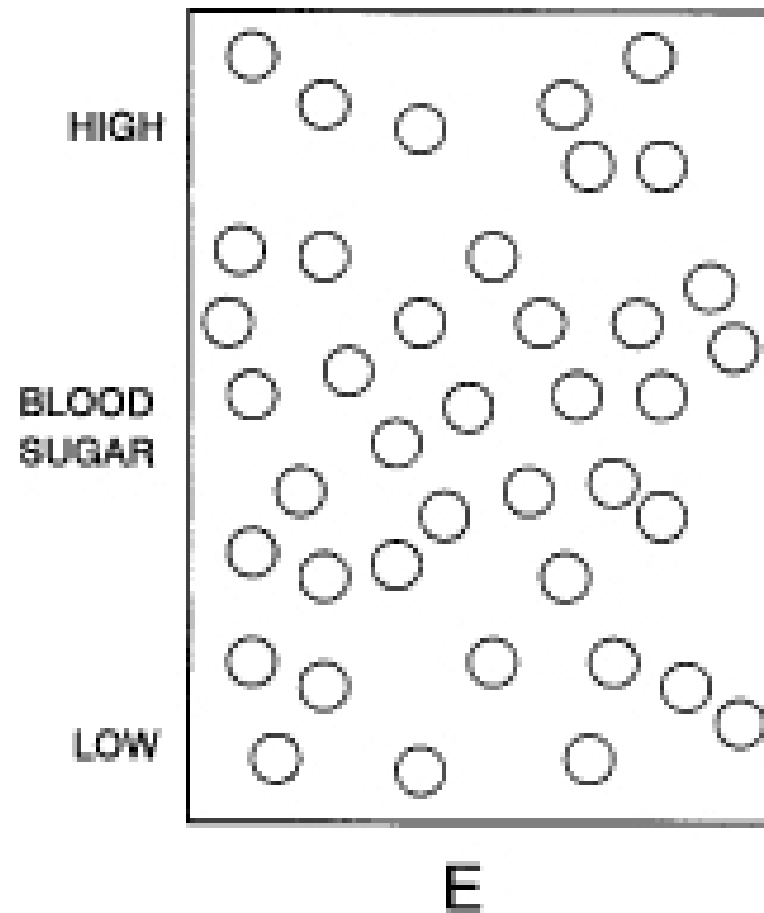
# Pruebas con resultados continuos.





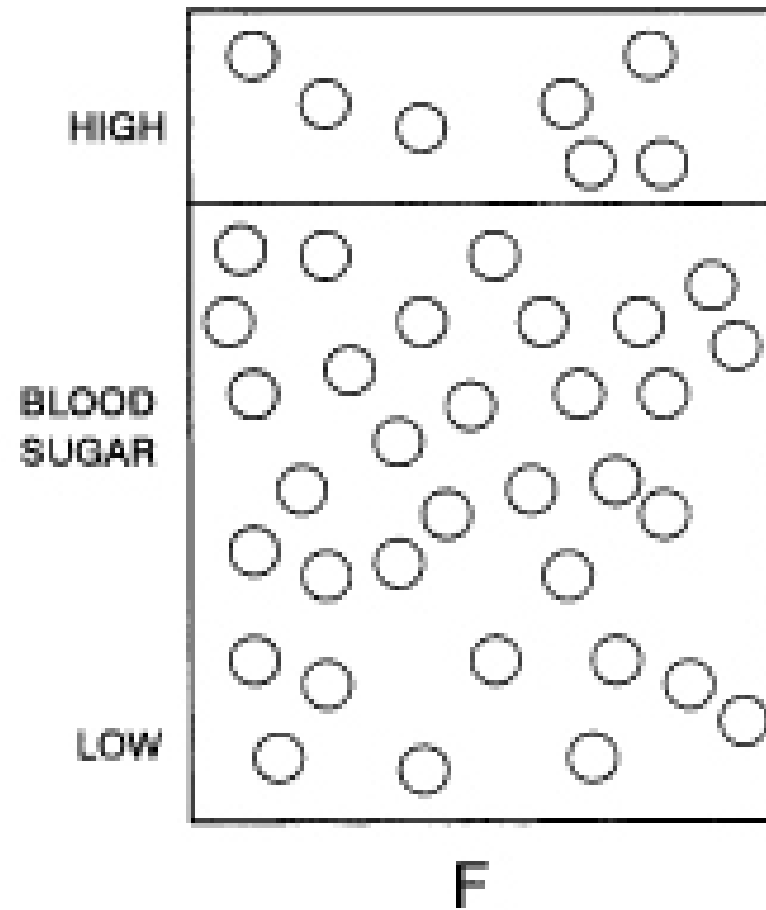


# Pruebas con resultados continuos.



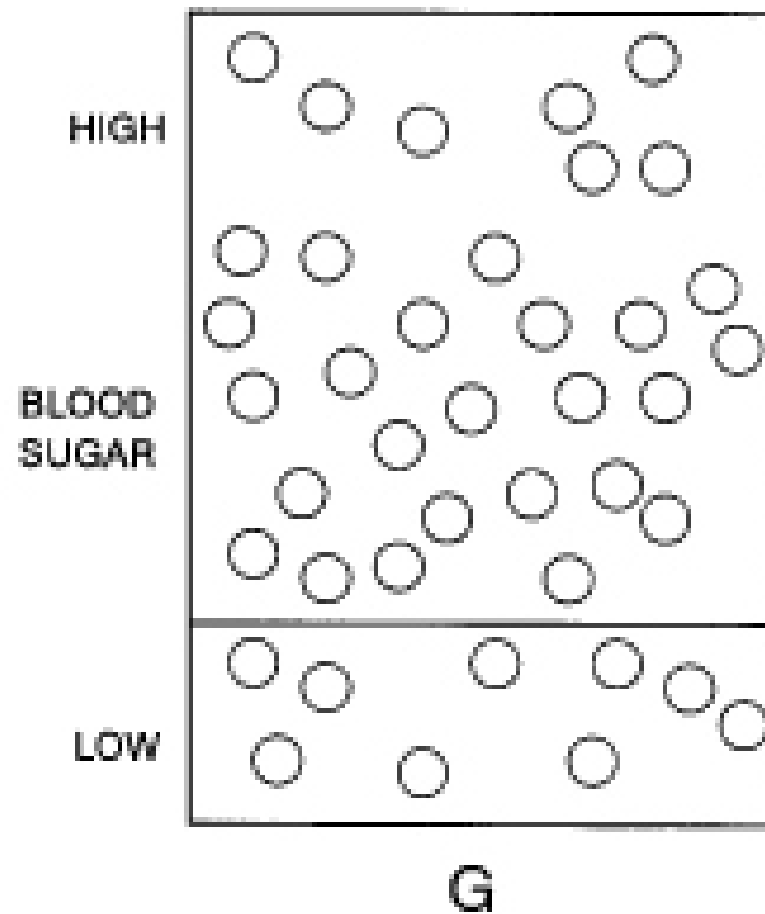


# Pruebas con resultados continuos.



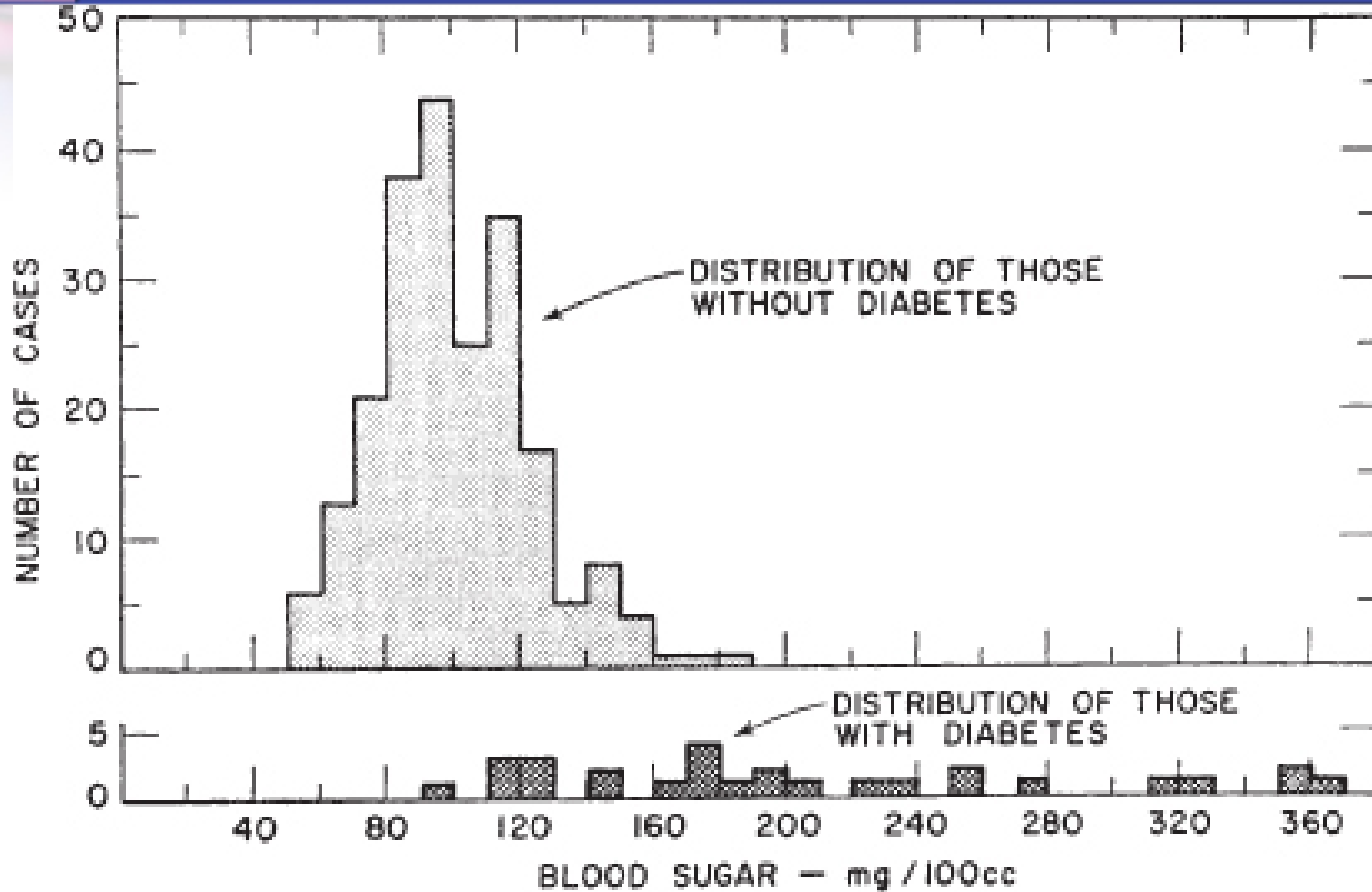


# Pruebas con resultados continuos.





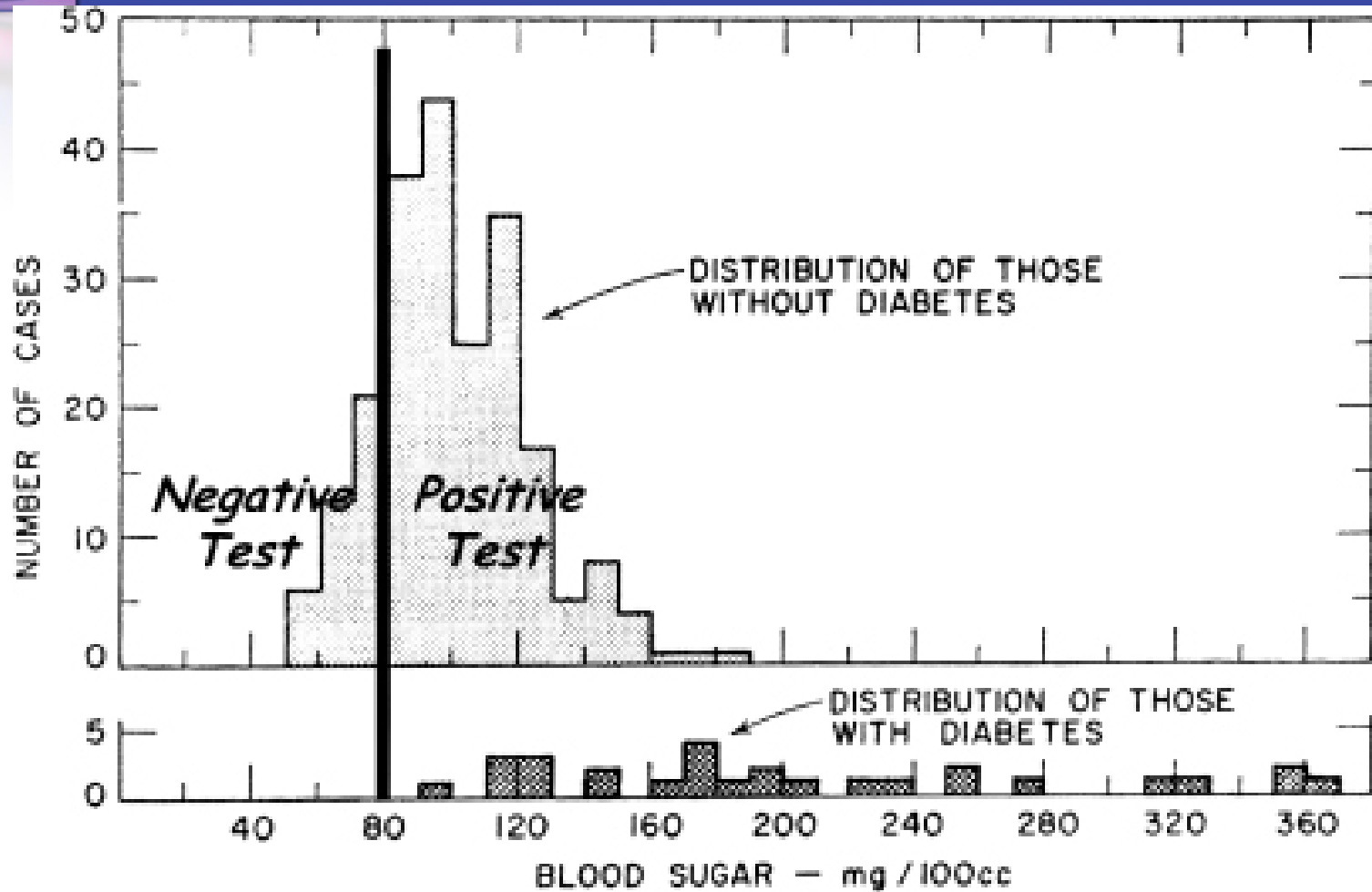
# Pruebas con resultados continuos.



A



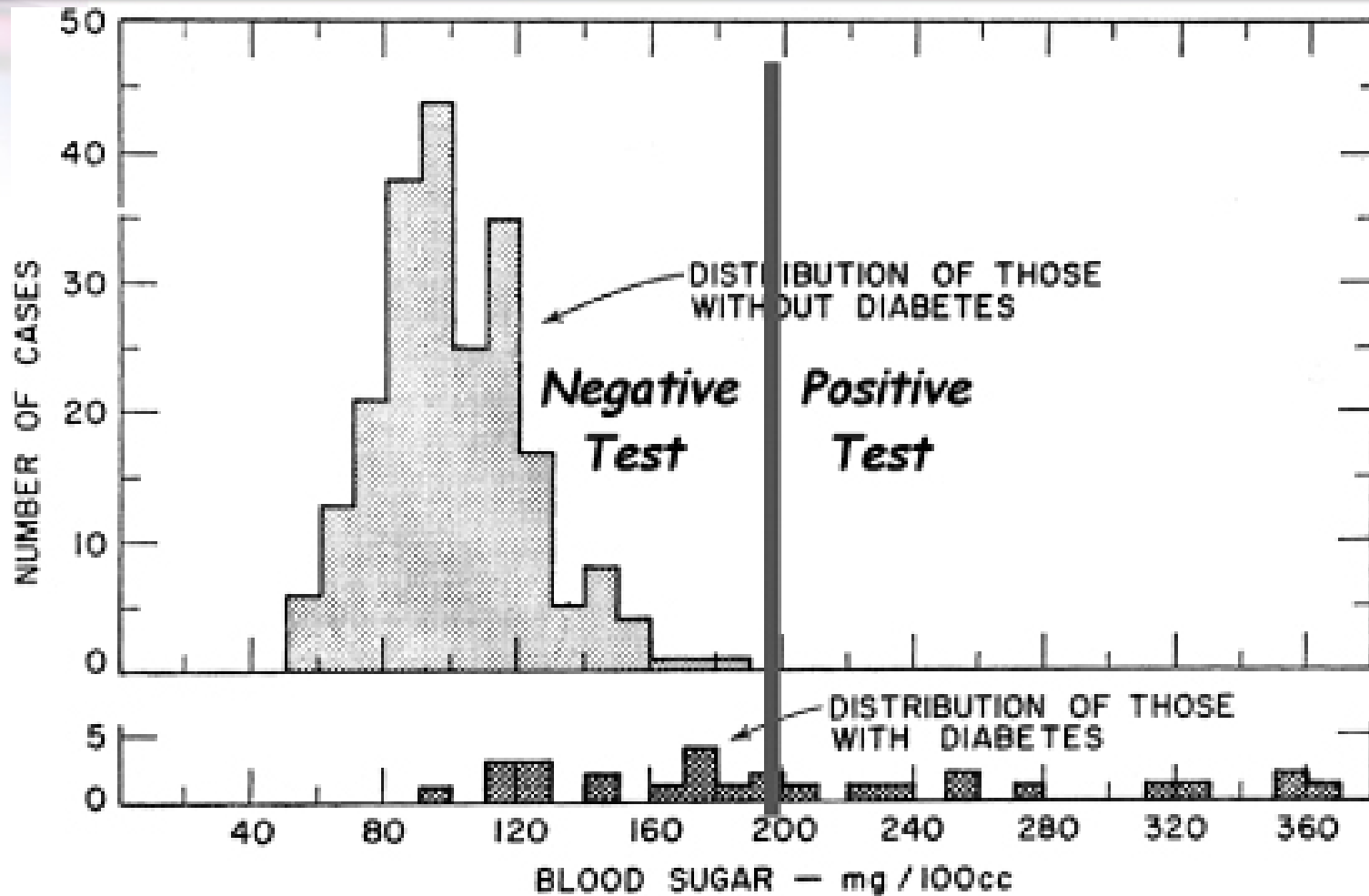
# Pruebas con resultados continuos.



B

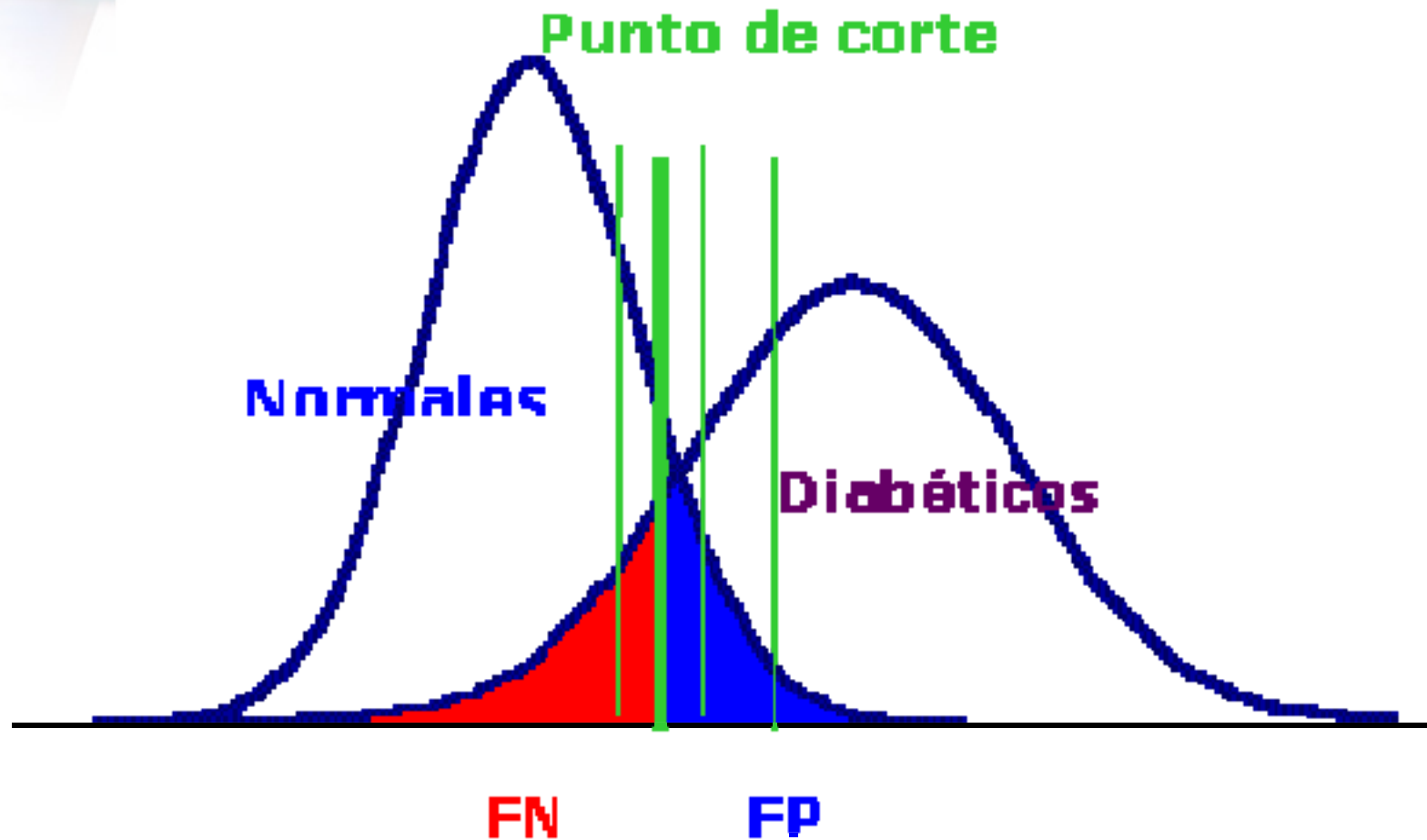


# Pruebas con resultados continuos.



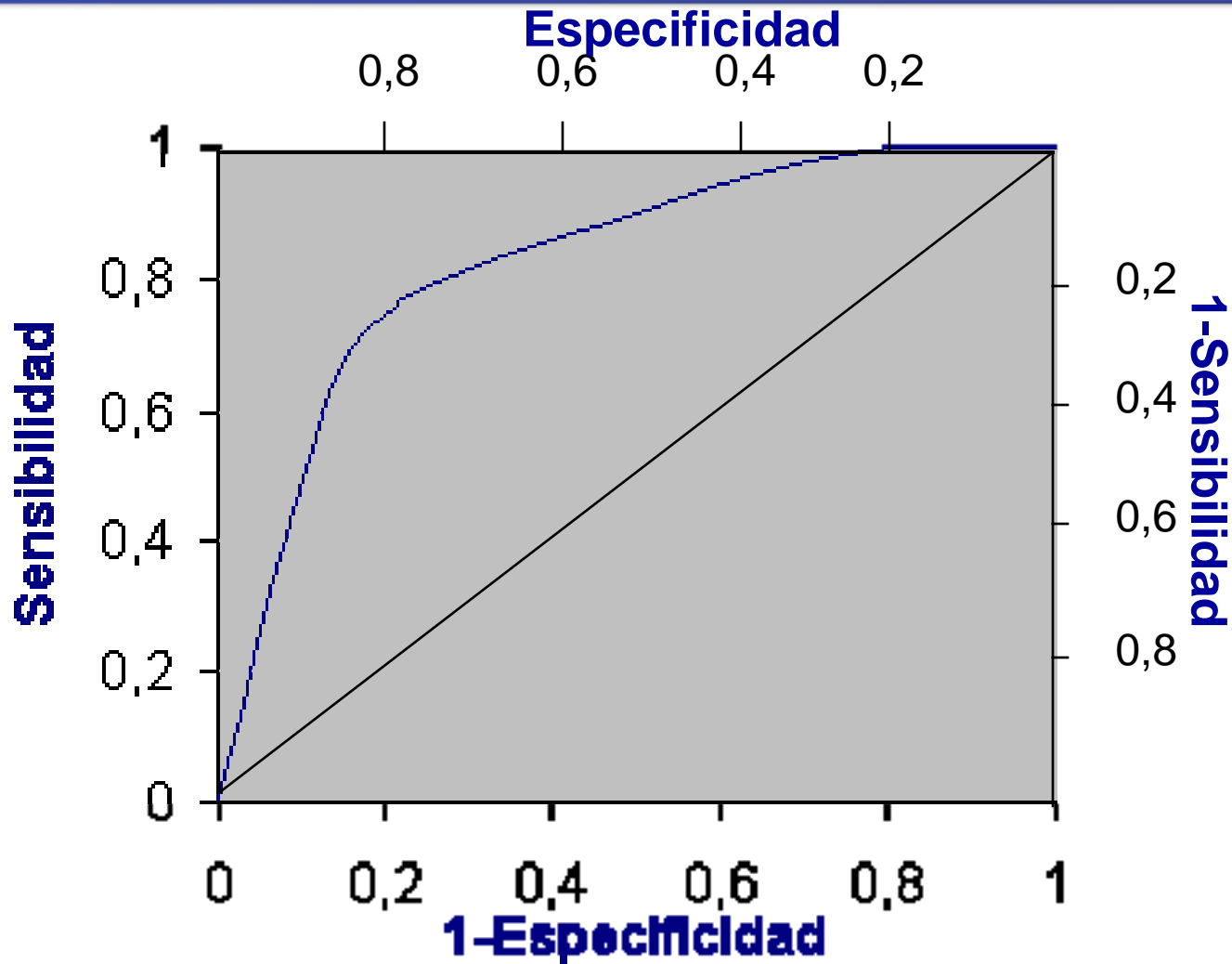


# Pruebas con resultados continuos.





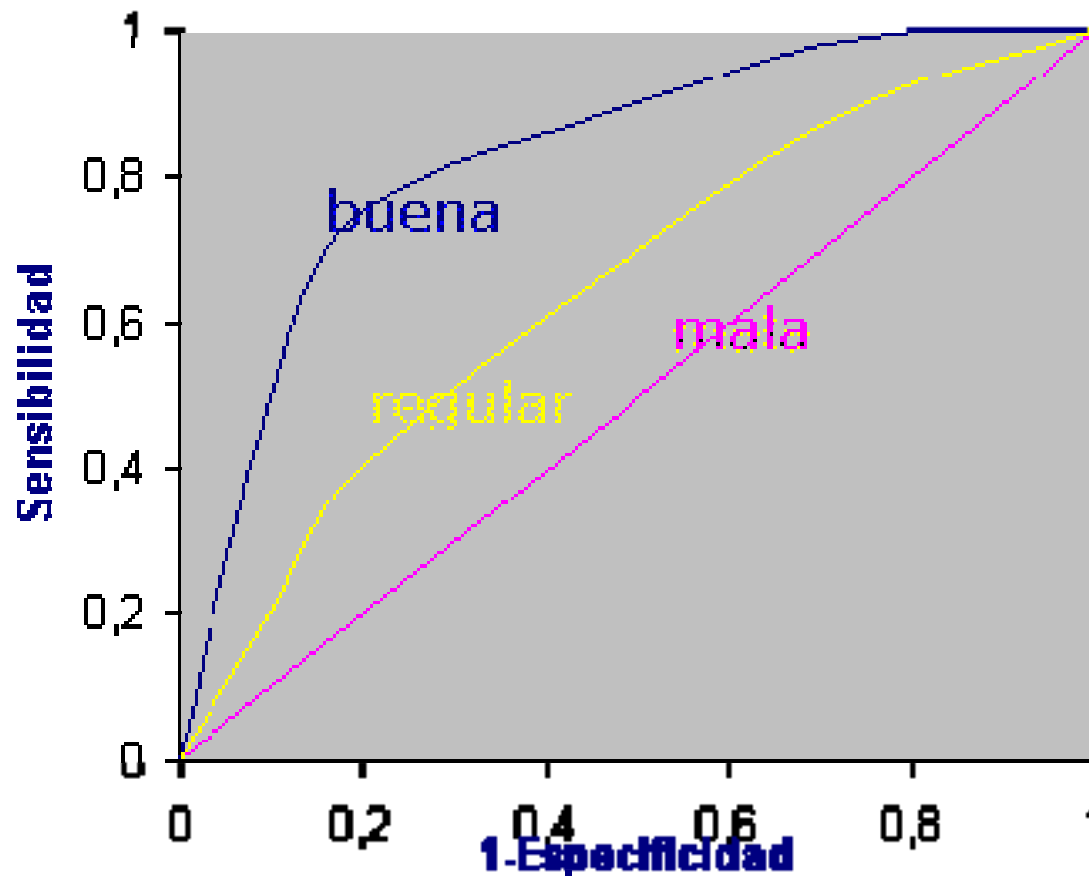
# Pruebas con resultados continuos.





# Pruebas con resultados continuos.

## Tipos de curvas ROC





# Pruebas con resultados continuos.

¿A quien voy a llamar para una segunda prueba?

		DISEASE	
		+	-
TEST	+	a (True positives)	b (False positives)
	-	c (False negatives)	d (True negatives)

		DISEASE	
		+	-
TEST	+	a + b (All people with positive tests)	
	-	c + d (All people with negative tests)	



# Pruebas múltiples.

Assume: Disease Prevalence = 5%,  
Population = 10,000

TEST 1 (Blood Sugar)

Sensitivity = 70%

Specificity = 80%

		DIABETES		
		+	-	
TEST RESULTS	+	350	1900	2250
	-	150	7600	7750
		500	9500	10,000



# Pruebas múltiples secuenciales.

Assume: Disease Prevalence = 5%, Population = 10,000

TEST 1 (Blood Sugar)      Sensitivity = 70%      Specificity = 80%

		+ DIABETES		-	
		+	-		
TEST RESULTS	+	350	1900	2250	
	-	150	7600	7750	
		500	9500	10,000	

TEST 2 (Glucose Tolerance Test)      Sensitivity = 90%  
Specificity = 90%

		+ DIABETES		-	
		+	-		
TEST RESULTS	+	315	190	505	
	-	35	1710	1745	
		350	1900	2250	

Net Sensitivity =  $\frac{315}{500} = 63\%$       Net Specificity =  $\frac{7600 + 1710}{9500} = 98\%$



# Pruebas simultáneas.

---

Prueba A

Prueba B

---

Sensibilidad 80%

Sensibilidad 90%

Especificidad 60%

Especificidad 90%

---



# Pruebas simultáneas: efecto sobre la sensibilidad.

## Resultado de la prueba A.

RESULTADO DEL TAMIZAJE	Enfermos	Sanos
Positivos	160	320
Negativos	40	480
TOTAL	200	800

Sensibilidad 80%  
Especificidad 60%

## Resultado de la prueba B.

RESULTADO DEL TAMIZAJE	Enfermos	Sanos
Positivos	180	80
Negativos	20	720
TOTAL	200	800

Sensibilidad 90%  
Especificidad 90%

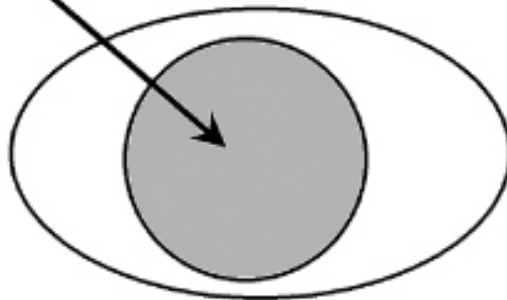


# Pruebas simultáneas: efecto sobre la sensibilidad.

OF THE 200 PEOPLE WHO HAVE THE DISEASE

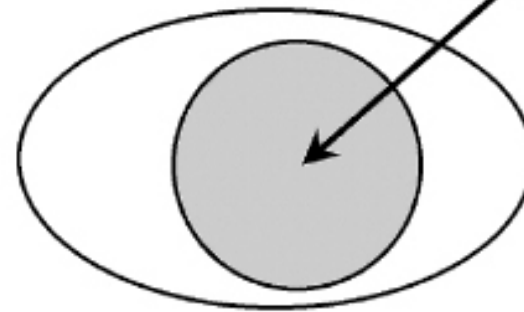
OF THE 200 PEOPLE WHO HAVE THE DISEASE

160 test Positive by Test A



A

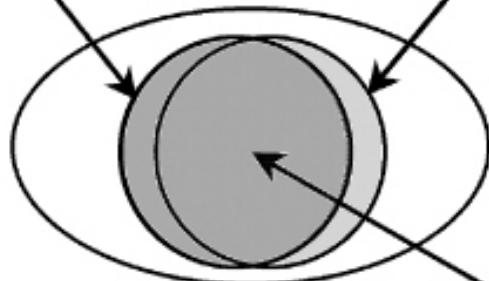
180 test Positive by Test B



B

160 test Positive by Test A

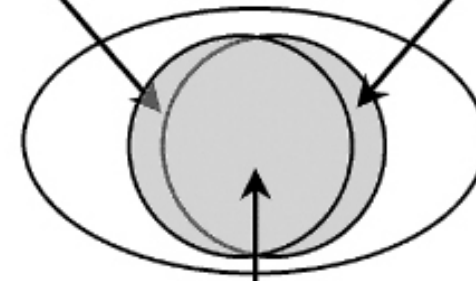
180 test Positive by Test B



But some of these people have tested positive on *both* tests

16 test Positive *ONLY* by Test A

36 test Positive *ONLY* by Test B

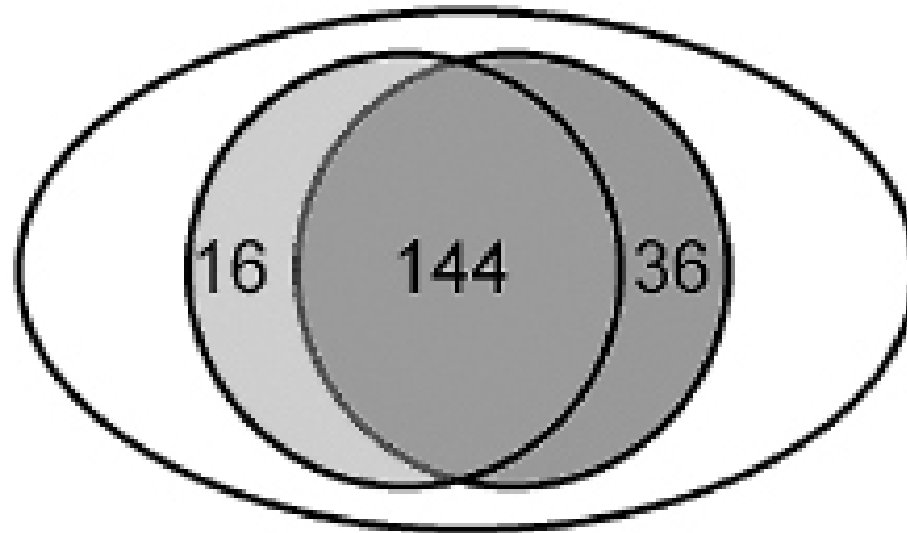


144 test Positive by *BOTH* Test A and Test B



# Pruebas simultáneas: efecto sobre la sensibilidad.

POR LO TANTO, LA SENSIBILIDAD NETA USANDO  
AMBAS PRUEBAS DE MANERA *SIMULTÁNEA*



$$= \frac{16 + 144 + 36}{200} = \frac{196}{200} = 98\%$$

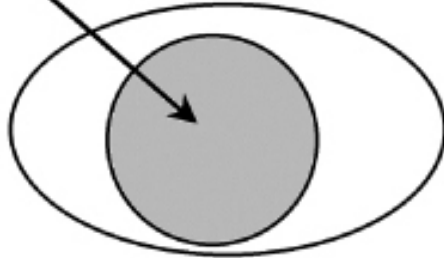
E



# Pruebas simultáneas: efecto sobre la especificidad.

OF THE 800 PEOPLE WHO DO NOT HAVE THE DISEASE

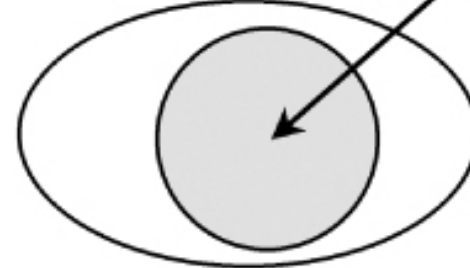
480 test Negative by Test A



F

OF THE 800 PEOPLE WHO DO NOT HAVE THE DISEASE

720 test Negative by Test B

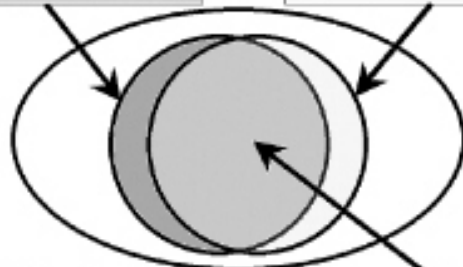


G

OF THE 800 PEOPLE WHO DO NOT HAVE THE DISEASE

480 test Negative by Test A

720 test Negative by Test B

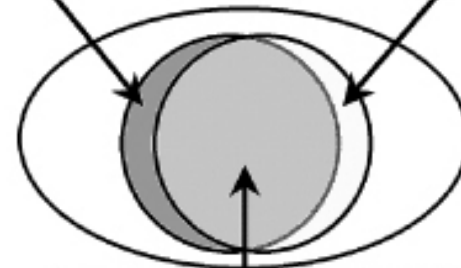


But only people who tested negative on both tests are considered negative

H

48 test Negative ONLY by Test A

288 test Negative ONLY by Test B



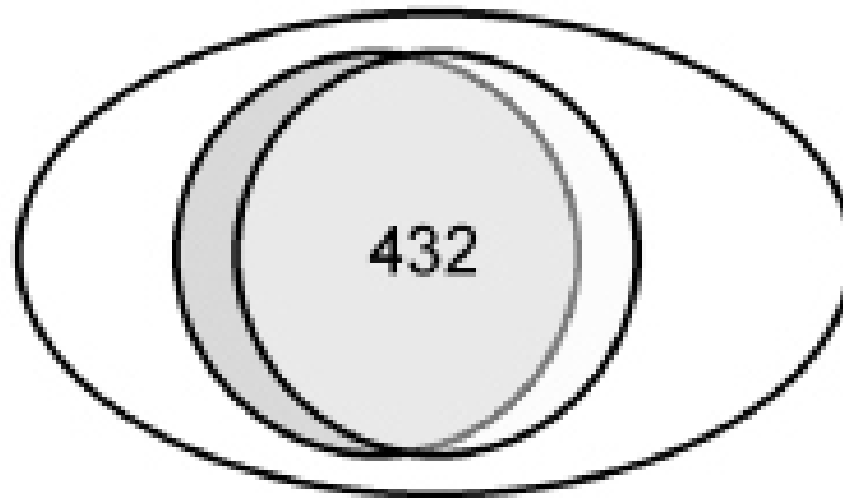
432 test Negative by BOTH Test A and Test B

I



# Pruebas simultáneas: efecto sobre la especificidad.

POR LO TANTO, LA ESPECIFICIDAD NETA USANDO  
AMBAS PRUEBAS DE MANERA *SIMULTÁNEA*



$$= \frac{432}{800} = 54 \%$$



# Pruebas múltiples.

En las pruebas secuenciales existe una pérdida de la sensibilidad, pero un incremento de la especificidad.

En las pruebas simultáneas existe un incremento de la sensibilidad, pero una disminución de la especificidad.



# Valor predictivo de una prueba.



Si el resultado en este paciente es positivo, ¿cuál es la probabilidad de que este paciente tenga la enfermedad?



# Valor predictivo de una prueba.

RESULTADO  
DE LA  
PRUEBA

Enfermos

Sanos

TOTAL

Positivos

80

100

180

Negativos

20

800

820

TOTAL

100

900

1,000

Valor predictivo positivo

$$\frac{80}{180} = 44\%$$

Valor predictivo negativo

$$\frac{800}{820} = 98\%$$

Si el resultado en este paciente es positivo, ¿cuál es la probabilidad de que este paciente tenga la enfermedad?



# Valor predictivo de una prueba.

Valor predictivo positivo es la probabilidad que tiene un paciente de tener realmente la enfermedad si el resultado de la prueba es positivo.

- Prevalencia.
- Especificidad.



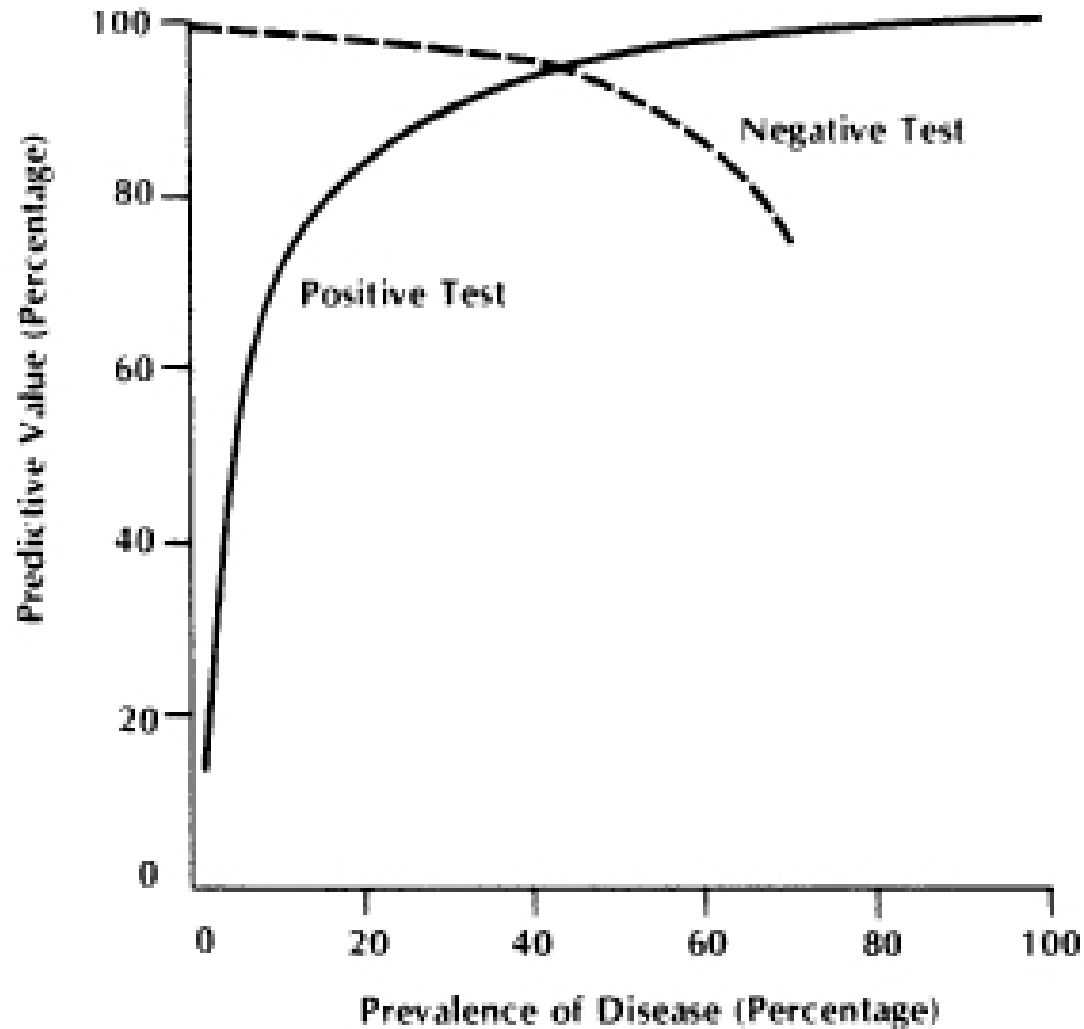
# Relación entre valor predictivo y prevalencia.

Ejemplo: Sensibilidad = 99%, especificidad = 95%

Prevalencia	Resultado	Enfermos	Sanos	Total	Valor Predictivo +
1%	+	99	495	594	
	-	1	9,405	9,406	<u>99</u> = 17%
	Total	100	9,900	10,000	594
5%	+	495	475	970	
	-	5	9,025	9,030	<u>495</u> = 51%
	Total	500	9,500	10,000	970

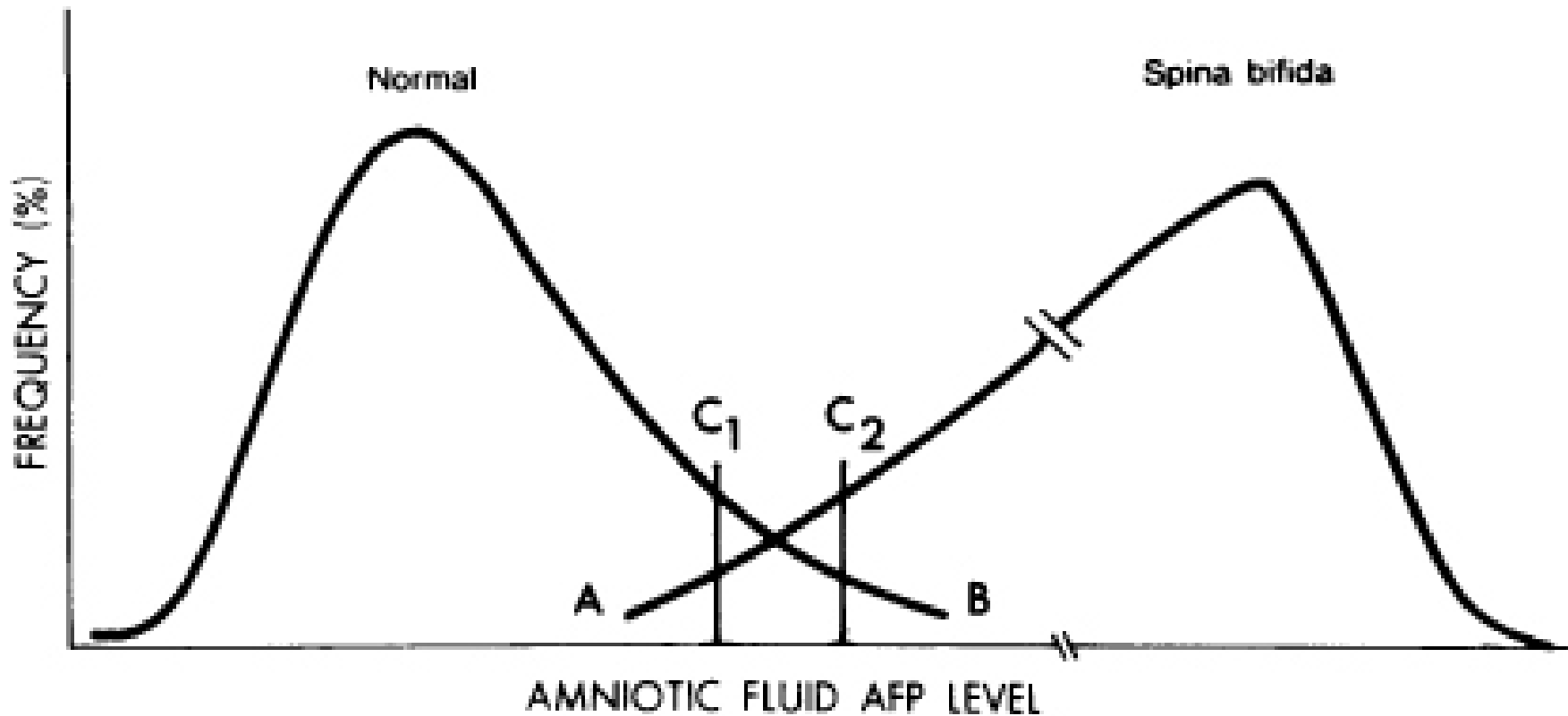


# Relación entre valor predictivo y prevalencia.





# Relación entre valor predictivo y prevalencia.





# Relación entre valor predictivo y prevalencia.

	Prueba AFP	Defecto tubo neural	Normal	Total	Valor Predictivo (%)
<b>Alto riesgo</b>	Anormal	87	18	105	82.9
	Normal	13	9,882	9,895	99.9
	Total	100	9,900	10,000	
<b>Bajo riesgo</b>	Anormal	128	179	307	41.7
	Normal	19	99,674	99,693	99.98
	Total	147	99,853	100,000	

Espina bífida o encefalocele.



# Relación entre especificidad y valor predictivo.

		Enfermedad		
		+	-	
Prueba	+	250	250	500
	-	250	250	500
		500	500	1,000

Prevalencia = 50%

Sensibilidad = 50%

Especificidad = 50%

$$VP = \frac{250}{500} = 50\%$$

A



# Relación entre especificidad y valor predictivo.

		Enfermedad		
		+	-	
Prueba	+	100	400	500
	-	100	400	500
		200	800	1,000

Prevalencia = 20%

Sensibilidad = 50%

Especificidad = 50%

$$VP = \frac{100}{500} = 20\%$$

B



# Relación entre especificidad y valor predictivo.

		Enfermedad		
		+	-	
Prueba	+	180	400	580
	-	20	400	420
		200	800	1,000

Prevalencia = 20%

Sensibilidad = 90%

Especificidad = 50%

$$VP = \frac{180}{580} = 31\%$$

C



# Relación entre especificidad y valor predictivo.

		Enfermedad		
		+	-	
Prueba	+	100	80	180
	-	100	720	820
		200	800	1,000

Prevalencia = 20%

Sensibilidad = 50%

Especificidad = 90%

$$VP = \frac{100}{180} = 56\%$$

D



# Relación entre especificidad y valor predictivo.

Ejemplo: Prevalencia = 10%, sensibilidad = 100%

Especificidad	Resultado	Enfermos	Sanos	Total	Valor Predictivo +
70%	+	1,000	2,700	3,700	
	-	0	6,300	6,300	<u>1,000</u> = 27%
	Total	1,000	9,000	10,000	3,700
95%	+	1,000	450	1,450	
	-	0	8,550	8,550	<u>1,000</u> = 69%
	Total	1,000	9,000	10,000	1,450



# Confiabilidad.

- Capacidad de una prueba para dar resultados iguales si se aplica de manera repetida.
  - Variabilidad individual
  - Variabilidad intraobservador
  - Variabilidad interobservador



# Confiabilidad (repetibilidad) de una prueba.

¿ pueden nuestros resultados ser replicados si la prueba se repite?

PA	Mujer 27 años	Mujer 62 años	Hombre 33 años
Basal	110/70	132/82	152/109
Baja	86/47	102/61	123/78
Alta	126/79	172/94	153/107
Casual	108/64	155/93	157/109

■ Variación intraindividual



# Confiabilidad (repetibilidad) de una prueba.

¿ pueden nuestros resultados ser replicados  
si la prueba se repite?



- Variación intraobservador



# Confiabilidad (repetibilidad) de una prueba.

¿ pueden nuestros resultados ser replicados  
si la prueba se repite?



- Variación interobservador.



# Variación interobservador: porcentaje de concordancia.

Lectura 1

---

Lectura 2	Anormal	Sospechosa	Dudosa	Normal
Anormal	<b>A</b>	B	C	D
Sospechosa	E	<b>F</b>	G	H
Dudosa	I	J	<b>K</b>	L
Normal	M	N	O	<b>P</b>

---

$$\text{Porcentaje de concordancia} = \frac{\mathbf{A + F + K + P}}{\text{Total de lecturas}} \times 100$$



# Porcentaje de concordancia.

**CALCULO DEL PORCENTAJE GLOBAL DE CONCORDANCIA  
ENTRE DOS OBSERVADORES.**

		Observador 1	
		Positive	Negative
Observador 2	Positive	a	b
	Negative	c	d

$$\text{Porcentaje de concordancia} = \frac{a + d}{a + b + c + d}$$



# Porcentaje de concordancia.

		Observador 1		
		Positive	Negative	
Observador 2	Positive	a	b	$\frac{a + d}{a + b + c + d}$
	Negative	c	d	



# Porcentaje de concordancia.

		Observador 1	
		Positive	Negative
Observador 2	Positive	a	b
	Negative	c	d

Ignorar



# Porcentaje de concordancia.

		Observador 1	
		Positive	Negative
Observador 2	Positive	a	b
	Negative	c	

En las observaciones pareadas en las cuales al menos una de las observaciones en cada par fue positiva, el porcentaje de concordancia es

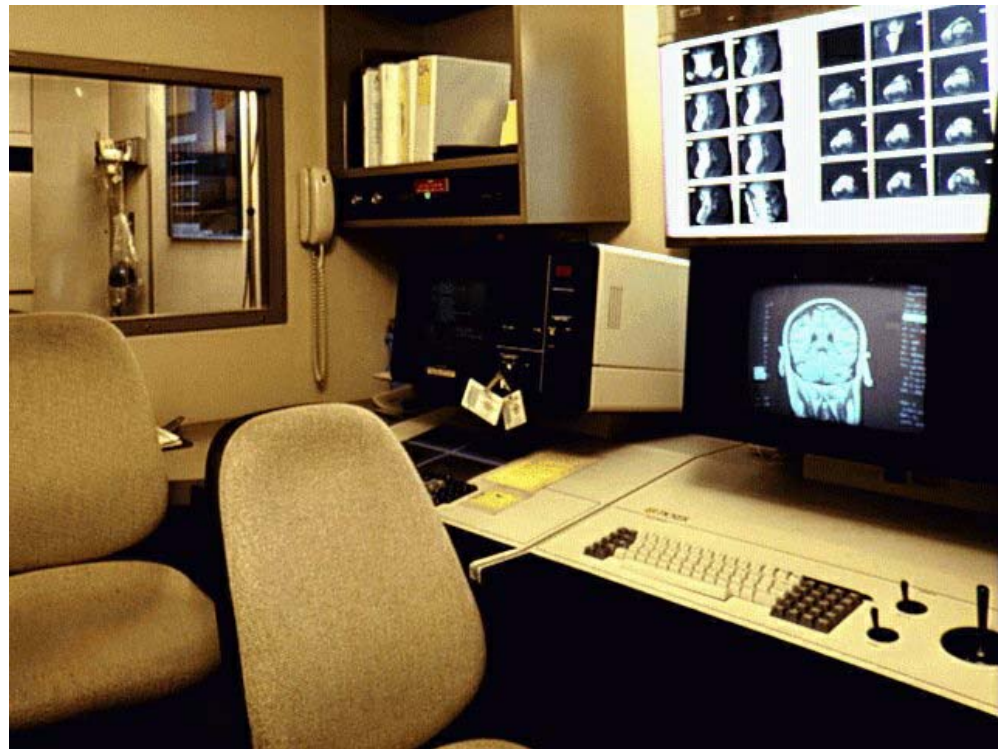
$$= \frac{a}{a+b+c} \times 100$$



# Estadístico Kappa

Si le pedimos a dos vecinos de la comunidad que lean 100 radiografías y las etiqueten como negativas o positivas ¿existe la posibilidad que coincidan en sus evaluaciones?

**Concordancia  
solo por azar**





# Estadístico Kappa

$$\text{Kappa} = \frac{(\text{porcentaje de concordancia observado} - \text{porcentaje de concordancia esperado solo por el azar})}{(100\% - \text{porcentaje de concordancia esperado solo por el azar})}$$



# Estadístico Kappa.

		Lectura por Patólogo A		Totals by B
		Grade II	Grade III	
Lectura por Patólogo B	Grade II	41	3	44 (58.7%)
	Grade III	4	27	31 (41.3%)
Totals by A		45 (60%)	30 (40%)	75 (100%)



# Estadístico Kappa.

Lectura por Patólogo A

		Lectura por Patólogo A		
		Grade II	Grade III	Totals by B
Lectura por Patólogo B	Grade II	41	3	44(58.7%)
	Grade III	4	27	31(41.3%)
Totals by A		45 (60%)	30 (40%)	75

Porcentaje de concordancia observado.

$$= \frac{41 + 27}{75} \times 100 = 90.7\%$$



# Estadístico Kappa.

Lectura por Patólogo A

		Lectura por Patólogo A		Totals by B
		Grade II	Grade III	
Lectura por Patólogo B	Grade II	26.4	17.6	44(58.7%)
	Grade III	18.6	12.4	31(41.3%)
Totals by A		45 (60%)	30 (40%)	75

Porcentaje de concordancia esperado solo por el azar. =  $\frac{26.4 + 12.4}{75} \times 100 = 51.7\%$



# Estadístico Kappa.

$$\text{Kappa} = \frac{90.7 - 51.7}{100 - 51.7} \times 100$$

$$= \frac{39}{48.3} \times 100 = 80\%$$

Índice Kappa de 0.75 o mayor = excelente  
0.40 - 0.75 = intermedio  
0.40 o menos = pobre



# Relación entre validez y confiabilidad.

