

### Capítulo 8: Pruebas diagnósticas. Concordancia

C. Gómez González<sup>a</sup> y J.F. Pérez Castán<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Especialista en Medicina Preventiva. Máster en Salud Pública. Servicio de Medicina Preventiva del Hospital San Pedro de Alcántara. Cáceres.

<sup>b</sup>Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. Máster en Salud Pública. Técnico de Salud. Unidad Docente y Gerencia de Atención Primaria. Don Benito-Villanueva de la Serena. Badajoz.

Los procesos diagnósticos en la práctica clínica habitual se basan en el manejo de probabilidades que nos ayudan a la toma de decisiones ante la incertidumbre inherente a ellos. La interpretación de síntomas y signos que presentan los pacientes es el paso inicial de aproximación diagnóstica, siendo ésta la probabilidad pre-prueba o la prevalencia de una determinada enfermedad y que es conocida a priori. Al realizar una serie de pruebas diagnósticas de forma simultánea (en paralelo) o secuencial (en serie), determinamos la probabilidad posprueba de tener la enfermedad o el valor predictivo positivo. El rendimiento diagnóstico de una prueba es mayor al aumentar la diferencia entre ambas y está claramente influido por la prevalencia de la enfermedad en los individuos donde se aplicó la prueba. La sensibilidad y la especificidad definen la validez de una prueba, siendo características intrínsecas de la misma, y su relación queda definida en las curvas ROC, que indican la probabilidad de tener la prueba positiva en un enfermo con respecto a uno sano. Las tablas 2x2 son la forma básica de cálculo de la relación entre enfermedad y resultado de aplicación de una prueba; es necesario saber construirla a partir de las características de la prueba empleada y de la prevalencia de la enfermedad. Es necesario conocer el grado de acuerdo entre dos métodos diagnósticos, entre dos observadores o por un mismo observador en distintos momentos del tiempo.

*Palabras clave:* investigación, Atención Primaria, pruebas diagnósticas.

The diagnostic processes in the common clinical practice are based on the management of likelihoods that help us make decisions when faced with their inherent uncertainty. Interpretation of the signs and symptoms that the patients have is the initial step in the diagnostic approach, this being the pre-test likelihood or prevalence of a certain disease which is known a priori. When a series of diagnostic tests are made simultaneously (in parallel) or sequentially (in series), we determine the post-test likelihood of having the disease or the Positive Predictive Value. Diagnostic performance of a test is greater when the difference between both increases and this is clearly influenced by the prevalence of the disease in the individuals in whom the test is applied. Sensitivity and specificity define the validity of a test, these being intrinsic characteristics of it, and their relationship is defined in the ROC curves that indicate the likelihood of having a positive test in a patient compared to a healthy subject. The 2x2 tables are the basic form of calculation of the relationship between disease and the result of the application of a test. It is necessary to know how to construct them based on the characteristics of the test used and the disease prevalence. The degree of agreement between two diagnostic methods, between two observers or between the same observer at different points in time must also be known.

*Key words:* investigation, Primary Health Care, diagnostic tests.

#### INTRODUCCIÓN

Las pruebas diagnósticas, exámenes diagnósticos o test, forman parte de la práctica habitual del médico clínico. Su manejo no es siempre fácil y la solicitud de las mismas e

Correspondencia: J.L.R. Martín.  
Jefe del Área de Investigación Clínica. Fundación para la Investigación Sanitaria en Castilla La Mancha (FISCAM). Edificio Bulevar.  
C/ Berna, n.º 2, local 0-2. 45003 Toledo.  
Correo electrónico: jlr martin@jccm.es

Recibido el 01-10-07; aceptado para su publicación el 01-10-07.

interpretación en el contexto de sospecha o confirmación diagnósticas es un reto diario que forma parte de la incertidumbre y que nos lleva a aceptar y asumir que el error diagnóstico es un hecho posible<sup>1,2</sup>.

Bajo la denominación de pruebas diagnósticas se engloban las pruebas utilizadas para la detección precoz de enfermedades y las pruebas confirmatorias, que deben cumplir requisitos distintos en función de su utilidad.

El abordaje inicial de un paciente es realizado a través de una buena anamnesis, inspección y examen físico. En cada uno de estos pasos aplicamos criterios que nos van

orientando hacia una sospecha diagnóstica, que puede derivar de forma inicial en una actividad terapéutica si el grado de certeza es alto o hacer necesaria la realización de pruebas complementarias si el grado de certeza diagnóstica es insuficiente. Si dispusiéramos de pruebas perfectas no habría incertidumbre, pero la realidad es que todas llevan algún grado de error que debemos conocer y asumir.

En un término amplio estamos hablando de pruebas clínicas porque todas ellas tienen un objetivo común, realizar un diagnóstico, y engloban no solamente pruebas de laboratorio, radiológicas, sino también los pasos del examen clínico. El diagnóstico se enmarca dentro de un proceso general de toma de decisiones y es un proceso dinámico que nos permite manejarnos en términos de probabilidades hacia la confirmación de una enfermedad o hacia su descarte.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS DIAGNÓSTICAS

Una buena prueba diagnóstica es aquella que resulte *normal* en los individuos sanos y *anormal* en los individuos enfermos.

La expresión real de los resultados de la aplicación de una prueba permite clasificar a un individuo sano o enfermo, con resultados correctos o incorrectos de la prueba, y constituir de esta manera las tablas 2x2 (tabla 1).

Hemos de manejar conceptos como la sensibilidad y la especificidad, que son características de la prueba, mientras que los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) son el resultado de aplicar una prueba a la población con una prevalencia determinada de enfermedad.

Como clínicos, cuando aplicamos una prueba diagnóstica tenemos que valorar:

1. Tipo de enfermedad:
  - a) Prevalencia (factores de riesgo aumentan la prevalencia).
  - b) Gravedad.
  - c) Curable o no. ¿Tiene tratamiento?
  - d) ¿Podemos perder casos? ¿Podemos asumir los falsos negativos?
  - e) ¿Qué consecuencias tienen los falsos positivos?
  - f) Interés en diagnosticarla o en excluirla.
2. Tipo de prueba aplicada. Qué sensibilidad y especificidad tiene la prueba en estudios previos validados.

3. Contexto y tipo de población donde se aplica la prueba.

### Validez, fiabilidad y seguridad

Las características que debe tener una prueba son validez, fiabilidad y seguridad, es decir, que mida lo que realmente pretende, que sea reproducible produciendo resultados semejantes y que pueda predecir la presencia o ausencia de enfermedad<sup>3-8</sup>.

### Validez

Es la capacidad de la prueba para medir lo que pretende medir. Es el grado de coincidencia entre los resultados de la prueba y los exámenes diagnósticos más complejos y rigurosos subsiguientes que se constituyen como patrón de referencia o estándar, aunque éstos no siempre son perfectos o están disponibles. Las medidas de la validez son la sensibilidad y la especificidad, que realizan el análisis de la tabla por columnas. Ambas son características inherentes a la prueba (tabla 1).

1. Sensibilidad. Probabilidad de que un enfermo sea identificado correctamente por la prueba, es decir, que tenga una prueba positiva. Son los enfermos con prueba positiva de entre todos los enfermos.

2. Especificidad. Probabilidad de que un individuo sin la enfermedad sea identificado correctamente por la prueba, es decir, que tenga una prueba negativa. Son los sanos con prueba negativa de entre todos los sanos.

3. Proporción de falsos negativos ( $c/[a + c]$ ). Probabilidad de que un enfermo sea identificado incorrectamente por la prueba y obtenga una prueba negativa. Son los enfermos con prueba negativa de entre todos los enfermos.

4. Proporción de falsos positivos ( $b/[b + d]$ ). Probabilidad de que un individuo sin la enfermedad sea identificado incorrectamente por la prueba, es decir, que tenga una prueba positiva. Son los sanos con prueba positiva de entre todos los sanos.

Sensibilidad y especificidad son conceptos que expresan la capacidad intrínseca de la prueba y resultan valores estables para cada una. Una prueba puede presentar distintos valores de sensibilidad y especificidad, según las condiciones de su realización.

Se pueden utilizar en todas las poblaciones y no varían con la prevalencia, siendo ésta la probabilidad de que el su-

Tabla 1. Tabla 2 x 2. Cálculo de las características de las pruebas diagnósticas

		Enfermedad			
		Presente	Ausente		
Prueba diagnóstica	+	Verdadero positivo a	Falso positivo b	a + b	Valor predictivo positivo = $a/(a + b)$
	-	Falso negativo c	Verdadero negativo d	c + d	Valor predictivo negativo = $d/(c + d)$
		a + c	b + d	a + b + c + d	Prevalencia = $a + c/(a + b + c + d)$
		Sensibilidad = $a/(a + c)$	Especificidad = $d/(b + d)$		

jeto esté enfermo antes de realizar la prueba, que se conoce como probabilidad pre-prueba. Si no tenemos ninguna información adicional sobre el sujeto, dicha probabilidad será la prevalencia de la patología en la población, aplicable sólo en el caso de programas de cribado o *screening* sobre la población general, ya que en la práctica habitual los sujetos candidatos a una prueba diagnóstica lo son por las sospechas deducidas de la anamnesis o por una sintomatología, exploraciones o pruebas previas y, por tanto, la probabilidad de que padezcan la enfermedad bajo sospecha será superior a la prevalencia de ésta en la población general.

### Seguridad

Capacidad de una prueba para predecir la ausencia o la presencia de enfermedad.

Los *valores predictivos* o probabilidad posprueba representan la probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad una vez que conocemos el resultado de la prueba.

1. Valor predictivo positivo (VPP). Probabilidad de que un individuo con prueba positiva tenga la enfermedad. Corresponde a los enfermos con pruebas positivas de entre todas las pruebas positivas.

2. Valor predictivo negativo (VPN). Probabilidad de que un individuo con prueba negativa no tenga la enfermedad, es decir, que esté realmente sano. Corresponde a los pacientes sanos con prueba negativa de entre todas las pruebas negativas.

### CÓMO HACER UNA TABLA DE 2 × 2

Ya sabemos cómo son las tablas de 2x2, lo que es la sensibilidad, la especificidad, el VPP y el VPN. Ahora vamos a tratar de ver la utilidad que puede tener todo esto para un clínico. Imaginemos que estamos en la consulta y que queremos hacer el diagnóstico a un paciente. Lo primero que hacemos es buscar una prueba diagnóstica con una sensibilidad y una especificidad apropiadas para el tipo de diagnóstico que queremos hacer (confirmar un diagnóstico, la gravedad de la enfermedad, etc.). Nosotros habitualmente para diagnosticar una enfermedad nos apoyamos en una serie de pruebas diagnósticas clínicas y/o complementarias de más o menos probada utilidad y con una sensibilidad y una especificidad determinadas que nos vienen ya dadas y sobre las que nosotros no podemos influir, sólo decidir si la utilizamos o no. Pero ¿cómo sabremos qué capacidad predictora tiene esta prueba al ser aplicada sobre nuestra población de referencia? ¿Qué le decimos al paciente en el caso de que dé positivo? ¿Y si da negativo?

Él nos preguntará si este diagnóstico es definitivo, si la predicción es real o si puede existir alguna duda en el diagnóstico y cómo de grande es esa duda.

Para ello construiremos<sup>1</sup> una tabla de 2x2 con los datos de que disponemos:

1. Dibujamos una tabla de 2x2 en blanco (tabla 2).

2. Añadimos un número total (a + b + c + d) ficticio que nos resulte cómodo para hacer operaciones matemáticas, por ejemplo el 1.000 (tabla 3).

3. Multiplicamos 1.000 por la prevalencia de la enfermedad existente en nuestra población. Supongamos que

en este caso es del 5% (0,05) y ponemos el resultado  $1.000 * 0,05 = 50$  en la celda de a + c. Ahora podemos obtener la celda del número de enfermos b + d restando al total (a + b + c + d) (1.000) el n.º de enfermos (a + c) (50), con lo que nos da 950, y lo ponemos en su celda (tabla 4).

4. Multiplicamos a + c (50) por la sensibilidad de la prueba que nos ha indicado el fabricante, que es del 94% (0,94), y ponemos la cifra (47) en la casilla a (tabla 5).

5. Multiplicamos b + d (950) por la especificidad que nos ha indicado el fabricante, que es del 90% (0,90), y la cifra (855) la ponemos en d (tabla 6).

6. A partir de ahí iremos rellenando, sumando y restando, el resto de las casillas vacías (tabla 7).

Ya podemos calcular el VPP, el VPN y la exactitud de la prueba e informar al paciente sobre el valor real que tienen esos resultados.

$VPP = a/(a + b) = 47/142 = 0,33$ . Si su prueba dio positivo, hay un 33% de probabilidad de que tenga realmente la enfermedad.

$VPN = d/(c + d) = 855/858 = 0,99$ . Si su prueba dio negativo, podemos descartar la enfermedad en un 99%.

Tabla 2. Ejemplo 1 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d

Tabla 3. Ejemplo 2 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+			1.000
	-			

Tabla 4. Ejemplo 3 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+			1.000
	-	50	950	

Tabla 5. Ejemplo 4 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+	47		1.000
	-	50	950	

Tabla 6. Ejemplo 5 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+	47	855	1.000
	-	50	950	

Tabla 7. Ejemplo 6 de cómo hacer una tabla 2 × 2

		Enfermedad		
		Presente	Ausente	
Prueba diagnóstica	+	47	95	142
	-	3	855	858
		50	950	1.000

## UTILIZACIÓN DE PRUEBAS DIAGNÓSTICAS

La sensibilidad y la especificidad nos permiten valorar una prueba diagnóstica, pero carecen de utilidad en la práctica clínica. Nos hablan de la “bondad” de una prueba según el objetivo diagnóstico y el tipo de patología que queramos detectar, pero no podemos saber con certeza quién está enfermo o no lo está tras su aplicación (tabla 8).

### Elegiremos una prueba sensible

1. Cuando hagamos un *screening* o cribado para captar a todos los enfermos.
2. Ante enfermedades graves, donde no podemos perder casos (cáncer de mama, prueba de otoemisiones para la sordera infantil, etc.).
3. Ante enfermedades tratables.
4. Cuando se necesita detectar el máximo número de casos de la enfermedad en la población general (debido a que el diagnóstico tardío puede conllevar pronóstico fatal).
5. Cuando los falsos positivos no supongan un trauma psicológico o económico para los individuos.
6. Si los falsos negativos producen un trastorno importante (dejamos la enfermedad sin tratar).

Las pruebas muy sensibles implican que cuando se aplica a un individuo determinado y es negativa podemos descartar con confianza que tenga la enfermedad, porque si la tuviera hubiera dado positivo. Sin embargo, cuando es positiva no podemos asegurar que sea enfermo, y algunos de los individuos que hemos considerado inicialmente enfermos no tendrán la enfermedad (falsos positivos).

### Elegiremos una prueba específica

1. Cuando la enfermedad sea importante pero difícil de curar o incurable.
2. Cuando exista gran interés por conocer la ausencia de enfermedad.
3. Cuando los falsos positivos puedan suponer un trauma psicológico o económico a los individuos.
4. Cuando necesitemos pruebas de confirmación diagnóstica (VIH, esclerosis en placas, etc.).

Tabla 8. Ejemplos de utilización de pruebas diagnósticas

Diagnóstico de cáncer de próstata por PSA			
Sensibilidad 15%, especificidad 91%			
	Enfermedad		
	Sí	No	
PSA positivo	25	75	100
PSA negativo	135	765	900
Total	160	840	1.000
Prevalencia	16,00		
Sensibilidad	0,156		
Especificidad	0,91		
Porcentaje FN	84,38		
Porcentaje FP	8,93		
VPP	25,00		
VPN	85,00		
1-VPP	75,00		
1-VPN	15,00		
Determinación del D-dímero para el diagnóstico de trombosis venosa profunda			
Sensibilidad 95%, especificidad 60%			
	Enfermedad		
	Sí	No	
D-dímero positivo	152	588	740
D-dímero negativo	8	252	260
Total	160	840	1.000
Prevalencia	16,00		
Sensibilidad	0,95		
Especificidad	0,30		
Porcentaje FN	5,00		
Porcentaje FP	70,00		
VPP	20,54		
VPN	96,92		
1-VPP	79,46		
1-VPN	3,08		

FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; PSA: antígeno prostático específico; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

Las pruebas muy específicas identificarán a todos los individuos sanos, de tal manera que cuando se aplican a un individuo determinado y es positiva se puede asumir con confianza que el individuo está enfermo. Pero si la prueba es negativa, no podríamos asegurar que fuese un individuo sano, ya que puede haber falsos negativos.

En las pruebas poco específicas hay un número elevado de falsos positivos, lo que provoca un sobrediagnóstico con realización posterior de pruebas confirmatorias.

El interés clínico en el procedimiento diagnóstico es saber la probabilidad con que la prueba nos proporciona un diagnóstico correcto. La respuesta a esto la encontramos en el análisis horizontal de la tabla.

### Elegiremos una prueba con alto valor predictivo positivo

1. Cuando el tratamiento de los falsos positivos pudiera tener graves consecuencias (quimioterapia).
2. Cuando queramos hacer una prueba de cribado.

**Tabla 9. Relación sensibilidad-especificidad y los resultados de la prueba**

	FN	FP	VPP	VPN	Resultado de la prueba
Sensibilidad elevada	↓	↑	↓	↑	(+) Tienden a confirmar presencia de enfermedad Su valor depende del número de FP (-) Descartan el diagnóstico con alta probabilidad
Especificidad elevada	↑	↓	↑	↓	(+) Son muy sugestivos de enfermedad porque hay pocos falsos positivos (-) No permite descartar el diagnóstico Su valor depende del número de FN

FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

El VPP depende de la prevalencia, de la especificidad y, en menor grado, de la sensibilidad.

### Elegiremos una prueba con alto valor predictivo negativo

La elegiremos cuando un falso negativo tenga consecuencias indeseables.

Los valores predictivos de los signos, los síntomas y las pruebas de laboratorio cambian con la prevalencia de la enfermedad en la población donde se aplica la prueba y también con la sensibilidad y la especificidad.

Al aumentar la prevalencia aumenta el VPP para una misma sensibilidad y especificidad, ya que disminuye el número de falsos positivos.

Es importante que la enfermedad sea frecuente en la población elegida cuando se va a realizar un cribado, y ello se consigue aplicando la prueba a la población de riesgo.

El VPP es el parámetro de mayor relevancia para los programas de *screening*, pues un bajo valor significa que la prevalencia es baja, que la prueba es poco específica o ambas cosas.

En el ejemplo podemos observar la aplicación de la prueba del antígeno prostático específico (PSA) en el diagnóstico del cáncer de próstata y dímero-D para la trombosis venosa profunda (tabla 8).

Observamos que un resultado negativo de la prueba, el D-dímero es más concluyente, ya que existe un 3% de probabilidad de estar enfermo frente a un 15% en el PSA.

Podemos ver en la tabla 9 la relación entre la sensibilidad, la especificidad y la valoración de los resultados de la prueba.

Pongamos otro ejemplo, se hizo un estudio sobre las otoemisiones acústicas para el cribado universal de hipoacusia congénita<sup>9-11</sup>. Se utiliza como prueba de *screening* las otoemisiones evocadas acústicas (OEA), que es una prueba rápida, económica y sencilla, combinada con los potenciales evocados (PEATC) para la confirmación diagnóstica.

En estudios previos los valores de sensibilidad oscilan entre el 85 y el 94%. Las hipoacusias que escapan a la detección neonatal son generalmente de aparición tardía o posnatales o por interpretación incorrecta de la prueba.

Se realiza una primera prueba de OEA a los niños a las 48 horas del nacimiento y una reprobación a los 7 días a los niños que habían dado “no normal” en la primera. Tras esta segunda prueba, a todos los niños con

OEA “no normales” se les aplica el PEATC de confirmación.

Aplicamos la OEA a 2.567 niños con una sensibilidad del 93% y una especificidad del 89%. En la tabla 10 podemos observar los resultados.

Al aplicar la prueba por primera vez vemos que 591 niños tienen otoemisiones patológicas y 1.976 presentan

**Tabla 10. Resultados de aplicación de OEA**

OEA: primera prueba			
Otoemisión	Sordera		
	Sí	No	
No normal	17	574	591
Normal	1	1.975	1.976
Total	18	2.549	2.567
Prevalencia	0,70		
Sensibilidad	0,93		
Especificidad	0,77		
Porcentaje FN	7,00		1-sensibilidad
Porcentaje FP	22,53		1-especificidad
VPP	2,83		
VPN	99,94		
1-VPP	97,17		
1-VPN	0,06		
CP+ = S/(b/b + d)	4,13		
CP- = (c/a + c)/E	0,09		
OEA: segunda prueba, reprobación			
Otoemisión	Sordera		
	Sí	No	
No normal	17	7	24
Normal	1	566	567
Total	18	573	591
Prevalencia	3,05		
Sensibilidad	0,93		
Especificidad	0,99		
Porcentaje FN	7,00		1-sensibilidad
Porcentaje FP	1,27		1-especificidad
VPP	69,75		
VPN	99,82		
1-VPP	30,25		
1-VPN	0,18		
CP+ = S/(b/b + d)	73,40		
CP- = (c/a + c)/E	0,07		

CP+: cociente de probabilidad positivo; CP-: cociente de probabilidad negativo; E: especificidad; FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; OEA: otoemisiones evocadas acústicas; S: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

**Tabla 11. Resultados de aplicación de PEATC**

PEATC	Diagnóstico de confirmación		
	Sordera		
	Sí	No	
Otoemisión			
Anormal	18	0	18
Normal	0	6	6
Total	18	6	24
Prevalencia	75,00		
Sensibilidad	0,99		
Especificidad	0,99		
Porcentaje FN	0,00		
Porcentaje FP	1,00		
VPP	99,67		
VPN	100,00		
1-VPP	0,33		
1-VPN	0,00		
CP+ = S/(b/b + d)	0,99		
CP- = (c/a + c)/E	0,00		

CP+: cociente de probabilidad positivo; CP-: cociente de probabilidad negativo; E: especificidad; FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; PEATC: potenciales evocados; S: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

otoemisiones normales. La sensibilidad de la prueba es del 93% y la prueba detecta a 17 de los 18 individuos con sordera. Hay 574 pruebas “no normales” en niños sanos. El VPP es bajo debido a la baja prevalencia de la enfermedad en la población general y nos dice que ante un niño con resultado de OEA “no normal”, tengo muy poca probabilidad de que sea sordo. Pero un resultado negativo en esta primera prueba del cribado me dice con certeza que es realmente sano, así, un 99% de niños con prueba negativa son realmente sanos.

La segunda prueba de cribado se realiza a la semana sobre los 591 niños que tuvieron una primera prueba no normal. Aquí la población ha cambiado, pues la prevalencia de la enfermedad ha aumentado hasta el 3%, con lo cual el VPP de la prueba ha aumentado muchísimo y nos orienta algo más, aunque no nos permite confirmar la presencia de enfermedad, de tal manera que cuando la prueba de OEA nos da “no normal” hay un 69% de probabilidad de ser sordos. El VPN nos hace descartar prácticamente la enfermedad ante un resultado normal.

Al aplicar la prueba de confirmación diagnóstica de PEATC (tabla 11), con alta sensibilidad y especificidad a una población muy seleccionada, la prevalencia de enfermedad aumenta hasta el 75%, con lo cual un resultado positivo o negativo es concluyente de sano o enfermo.

**Tabla 13. Probabilidades pospruebas, según sensibilidad y especificidad**

Sensibilidad 90%	Al disminuir la prevalencia, disminuye el VPP y aumenta el VPN
Especificidad 90%	Disminuye más el VPP, pues aumentan los FP. Un resultado positivo es menos concluyente
Sensibilidad 65%	Disminuye más el VPN pues aumentan los FN. Un resultado negativo es menos concluyente
Especificidad 90%	En prevalencias altas disminuye más el VPN. Una prueba negativa carece de valor
Sensibilidad baja	En prevalencias bajas disminuye más el VPP, una prueba positiva carece de valor
Especificidad baja	

FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

Supongamos que una prueba diagnóstica la aplicamos en poblaciones donde la enfermedad estudiada tiene diferentes probabilidades a priori, por ejemplo en población general o en colectivos de riesgo intermedio o alto. Obtendríamos la tabla 12 empleando una prueba de sensibilidad y especificidad del 90%.

Podríamos construir de esta manera las diferentes tablas aplicando los valores de sensibilidad y especificidad de nuestras pruebas y ver las probabilidades aportadas por cada una (tabla 13).

## EFFECTO DE LA PREVALENCIA EN LOS VALORES PREDICTIVOS

Observamos que al disminuir la prevalencia, es decir, la probabilidad de tener la enfermedad antes de la prueba, disminuye la probabilidad de tener la enfermedad tras un resultado positivo de la misma (VPP), con lo que aumenta el VPN, de forma que la probabilidad de tener la enfermedad tras la prueba negativa es muy pequeña, por lo cual la prueba negativa la descarta prácticamente<sup>1,3,4</sup>.

La rentabilidad de la prueba medida en máxima información aportada, por modificar al máximo (aumentar o disminuir) la probabilidad pre-prueba, se obtiene con prevalencias del 40 al 60% (máximo en el 50%), de forma que los resultados positivos son indicativos de enfermedad y los negativos son indicativos de ausencia de la misma con una alta probabilidad.

En prevalencias muy altas de la enfermedad (alto índice de sospecha, con signos o síntomas o pruebas previas o colectivo de riesgo), los resultados positivos son indicativos de enfermedad y los negativos no la excluyen, pues la

**Tabla 12. Variación de los valores predictivos en función de la probabilidad a priori de la enfermedad**

	Sensibilidad 90% especificidad 90%													
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	1	0,5	0,3	0,1
Prevalencia	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	1	0,5	0,3	0,1
VPP	99	97	95	93	90	86	79	69	50	32	8,3	4,3	2,64	0,89
VPN	50	69	79	85	90	93	95	97	99	99	99,9	99,94	99,97	99,98
1-VPN	50	31	21	15	10	7	5	3	1	0,6	0,1	0,06	0,03	0,01

VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

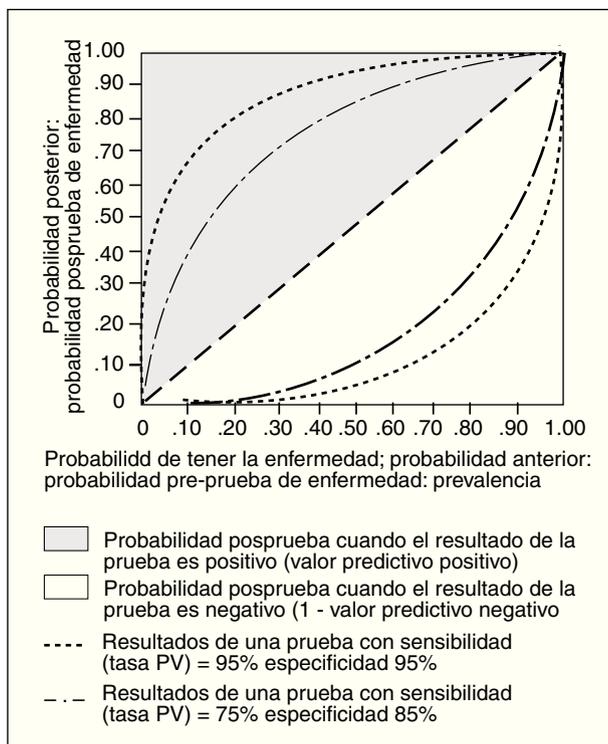


Figura 1. Fuente: Sackett et al<sup>1</sup>.

probabilidad de estar enfermo es alta cuando la prueba es negativa, con lo cual nos ayuda poco y habría que valorar si realizamos o no la prueba.

En prevalencias muy bajas, como nuestro ejemplo anterior, los resultados positivos no nos aportan información, pues la probabilidad de estar enfermo es pequeña y los resultados negativos sí nos confirman su ausencia.

Realmente tenemos que valorar a la hora de realizar una prueba lo que nos aporta si nos da un resultado positivo o negativo en el contexto de las características de la misma (sensibilidad y especificidad), valorando lo que aporta la prueba en términos de ayuda diagnóstica, es decir, ver la diferencia entre probabilidad pre-prueba y probabilidad posprueba.

La influencia de la sensibilidad y la especificidad en todo lo anterior se refleja en la figura 1, donde vemos que una reducción de ellas disminuye el rendimiento de la prueba<sup>1</sup>.

## RAZONES DE PROBABILIDAD

A veces nos interesa expresar los resultados comparando la probabilidad de obtener un resultado en un individuo con enfermedad y sin enfermedad. Ese índice llamado cociente de probabilidad nos permite evaluar dos métodos diagnósticos diferentes<sup>2,3</sup>.

Por ello, estos índices no dependen de esa proporción de enfermos en la muestra.

1. Cociente de probabilidad positivo (CP+), también conocido como cociente de verosimilitud (*likelihood ratio of positive test*). Se calcula dividiendo la proporción de enfer-

mos con prueba positiva entre la proporción de no enfermos con prueba positiva.

Valores mayores de CP+ indican mejor capacidad para diagnosticar la presencia de enfermedad.

$$CP+ = \text{sensibilidad}/1\text{-especificidad.}$$

2. Cociente de probabilidad negativo (CP-). Se calcula dividiendo la proporción de enfermos con prueba negativa entre la proporción de no enfermos con prueba negativa.

Vemos que valores de CP- menores indican una mejor capacidad diagnóstica de la prueba.

$$CP+ = 1\text{-sensibilidad}/\text{especificidad.}$$

En el ejemplo tenemos un CP+ de 4, lo que quiere decir que es 4 veces más probable que la prueba sea anormal en los enfermos que en sanos para la primera prueba y 73 veces más probable para la segunda prueba.

En el mismo ejemplo, el CP- es 0,09, es decir, un resultado negativo se encontró 11 veces más frecuente entre los que no tienen la enfermedad que entre los que la tienen ( $1/CP- = 1/0,09 = 11,1$ ).

La ventaja de ese índice frente a los VPP y VPN de la prueba radica en que, a diferencia de éstos, no depende de la proporción de enfermos en la muestra, sino tan sólo de la sensibilidad y la especificidad de ésta, de ahí su utilidad a la hora de comparar pruebas diagnósticas.

Además, si conocemos o podemos hacer una estimación de la probabilidad pre-prueba de que un sujeto padezca la enfermedad, utilizando los cocientes de probabilidad, al realizar la prueba podemos “corregir” ese valor de acuerdo con el resultado, de tal manera que la probabilidad aumenta o disminuye según sea el resultado positivo o negativo, aplicando la siguiente fórmula.

$$P \text{ Post} = P * CP/1 + P(CP-1)$$

donde P es la probabilidad pre-prueba, CP el correspondiente cociente de probabilidad (positivo si deseamos calcular la probabilidad de que padezca la enfermedad, negativo en caso contrario) y Ppost es la probabilidad posprueba.

## CURVAS ROC

Cuando los valores de la prueba diagnóstica son cuantitativos podemos elegir los puntos de corte de nuestra prueba, con lo cual la sensibilidad y la especificidad variarán.

Al usar una variable continua debe decidirse qué valor se utilizará para clasificar a los individuos como sanos o enfermos.

La curva ROC nos permite relacionar la proporción de verdaderos positivos (sensibilidad) con la proporción de falsos positivos (1-especificidad), o cociente de probabilidad positivo, de tal manera que vamos dando diferentes valores para ver en qué punto es mayor la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo al aplicarle la prueba, es decir, la exactitud diagnóstica<sup>12,13</sup>.

Un valor del 60% significa que un individuo enfermo tiene un 60% más de probabilidad de tener la prueba positiva que uno sano.

### Interpretación de la curva ROC

1. La curva ROC es creciente si se modifica el valor de corte para obtener mayor sensibilidad; sólo puede hacerse a expensas de disminuir al mismo tiempo la especificidad.

2. La diagonal que une los vértices inferior izquierdo y superior derecho, representa el momento en que la curva no sería discriminatoria, es decir, se observan los mismos resultados en enfermos que en sanos.

3. La exactitud de la prueba aumenta a medida que la curva se desplaza desde la diagonal hacia el vértice superior izquierdo. Si la discriminación fuera perfecta (100% de sensibilidad y 100% de especificidad) pasaría por dicho punto.

### PRUEBAS MÚLTIPLES

El uso de pruebas múltiples es muy frecuente en la práctica médica. Generalmente ante una sospecha diagnóstica se suele disponer de varias posibilidades de pruebas que nos ayuden a confirmar el diagnóstico o a descartarlo. Hay dos formas de indicar varias pruebas:

#### En paralelo

1. Todas las pruebas se aplican simultáneamente a la misma muestra de individuos.

2. Se consideran negativos aquellos sujetos que obtienen resultados negativos en todas las pruebas.

3. Se consideran positivos si obtienen resultados positivos en alguna de ellas.

#### En serie

1. Se aplica una prueba en primer lugar y después se indica la otra prueba sólo si el individuo resulta positivo en la anterior.

2. Se considera positivo al sujeto que haya tenido resultados positivos en todas las pruebas.

3. Se consideran negativos todos los demás (una o ambas pruebas negativas).

Pongamos un ejemplo: se utilizan dos pruebas para el diagnóstico de una patología cardiaca (electrocardiograma [ECG] y radiografía [Rx]), en 1.000 pacientes, y se obtienen todos los posibles resultados de las dos pruebas, que están reflejados en la tabla 14.

Calculamos la sensibilidad y la especificidad de cada prueba (tabla 15).

Calculamos la sensibilidad, la especificidad, el VPP y el VPN para las dos pruebas de forma conjunta.

Al realizar las pruebas en paralelo o a la vez, observamos un aumento de sensibilidad y una disminución de especificidad (tabla 16). Por ello debemos utilizar estas pruebas cuando nos interese identificar enfermos (infarto de miocardio).

Al realizar las pruebas en serie (tabla 17) exigimos que ambas pruebas diagnósticas sean positivas y observamos un aumento de la especificidad y una disminución de la sensibilidad. Por ello, estas pruebas nos interesan cuando queramos identificar a individuos sanos (prueba del VIH).

**Tabla 14. Ejemplo de dos pruebas aplicadas sobre 1000 pacientes**

ECG	Rx	Enfermo	No enfermo	Total
+	+	276	26	302
+	-	23	18	41
-	+	140	164	204
-	-	61	292	353
		500	500	1.000

ECG: electrocardiograma; Rx: radiografía.

**Tabla 15. Sensibilidad y especificidad del ejemplo de la tabla 14**

ECG	Sensibilidad = $276 + 23/500 = 59,8\%$ (ECG positivos en enfermos)
	Especificidad = $164 + 292/500 = 91,2\%$ (ECG negativos en sanos)
Rx	Sensibilidad = $276 + 140/500 = 83,2\%$ (Rx positivas en enfermos)
	Especificidad = $18 + 292/500 = 62\%$ (Rx negativas en sanos)

ECG: electrocardiograma; Rx: radiografía.

**Tabla 16. Pruebas en paralelo**

En paralelo	Se realizan las dos pruebas a la vez	
Sensibilidad	87,8% (276 + 23 + 140)/500	Alguna prueba positiva
Especificidad	58,4% 292/500	Las dos pruebas negativas
VPP	17,3% 439/647	
VPN	50,0% 292/353	

	Enfermo		
	Sí	No	
+	439	208	647
-	61	292	353
Total	500	500	1.000

VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

**Tabla 17. Pruebas en serie**

En serie	Primero una prueba y si da positiva se aplica la segunda	
Sensibilidad	55,2% (276)/500	Las dos pruebas positivas
Especificidad	94,8% (18 + 164 + 292)	Alguna prueba negativa
VPP	91,4% 276/698	
VPN	67,9% 474/698	

	Enfermo		
	Sí	No	
+	276	26	302
-	224	474	698
	500	500	1.000

VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

### ANÁLISIS DE CONCORDANCIA

La precisión de una prueba depende tanto del instrumento de medida como del proceso de medición. Para su control, necesitamos comparar entre sí medidas repetidas de la misma variable y evaluar el grado de acuerdo entre ellas. Ese grado de acuerdo se denomina concordancia, y el análisis de la concordancia entre dos variables nos va a permitir evaluar la reproducibilidad o variabilidad de la medición.

En el caso de que se trate de comparar dos mediciones realizadas en distinto momento por un mismo observador o un mismo instrumento de medida hablamos de concordancia intraobservador o consistencia interna. Si hablamos de comparar las mediciones de dos observadores o dos instrumentos sobre una misma variable, hablamos de concordancia interobservador o consistencia externa.

Existen varios procedimientos para evaluar la concordancia en función del tipo de variable de que se trate.

**Variables cualitativas**

En el caso de las variables cualitativas hablaremos del índice kappa y dentro de éste lo más sencillo se refleja cuando esta variable es dicotómica, como las que veremos a continuación<sup>2</sup>.

Podemos estudiar la concordancia entre dos métodos de medida distintos o entre dos observaciones distintas por un mismo observador o por dos observadores (tabla 18).

La mejor manera para entenderlo es ir haciendo paralelamente un ejemplo; en este caso veremos la valoración realizada por un médico de familia y por un traumatólogo sobre la presencia de escoliosis entre los alumnos de una clase durante el reconocimiento escolar (tabla 19).

Lo primero que se nos ocurriría para ver el grado de concordancia entre ambos médicos sería calcular la proporción del número de observaciones coincidentes (que sería la suma de los diagnósticos de escoliosis en que ha existido acuerdo y de los casos de acuerdo en la no existencia de escoliosis) con respecto al total de niños examinados,  $(a + d)/n = (4 + 85)/100 = 0,89$ , que nos indicaría una concordancia de un 89% ( $P_o$ ). Pero esto no es así, porque parte de este acuerdo en los diagnósticos puede deberse tan sólo al azar. Supongamos por ejemplo que el traumatólogo no explora a los pacientes y decide a cara o cruz quién tiene o no escoliosis, los resultados que obtendría serían aproximadamente un 50% de alumnos con escoliosis, lo que nos daría una concordancia de aproxima-

**Tabla 18. Distintos estudios de concordancia**

		Método de medida 2		
		+	-	
Método de medida 1	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d

		Médico 2		
		Diagnóstico +	Diagnóstico -	
Médico 1	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d

Único médico		2.º examen		
		Diagnóstico +	Diagnóstico -	
1.º examen	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d

**Tabla 19. Ejemplo: concordancia médico de familia-traumatólogo**

		Traumatólogo		
		Escoliosis	No escoliosis	
Médico de familia	Escoliosis	4	8	12
	No escoliosis	3	85	88
	Total	7	93	100

damente un 61%, que estaría claramente influenciada por el azar. Por tanto, este valor no nos sirve y hay que utilizar otro índice que tenga en cuenta el azar, como es el índice kappa.

El índice de concordancia kappa se define como la proporción de la concordancia real más allá del azar con respecto a la concordancia potencial más allá del azar. Para entenderlo mejor fijémonos en la figura 2<sup>1</sup>.

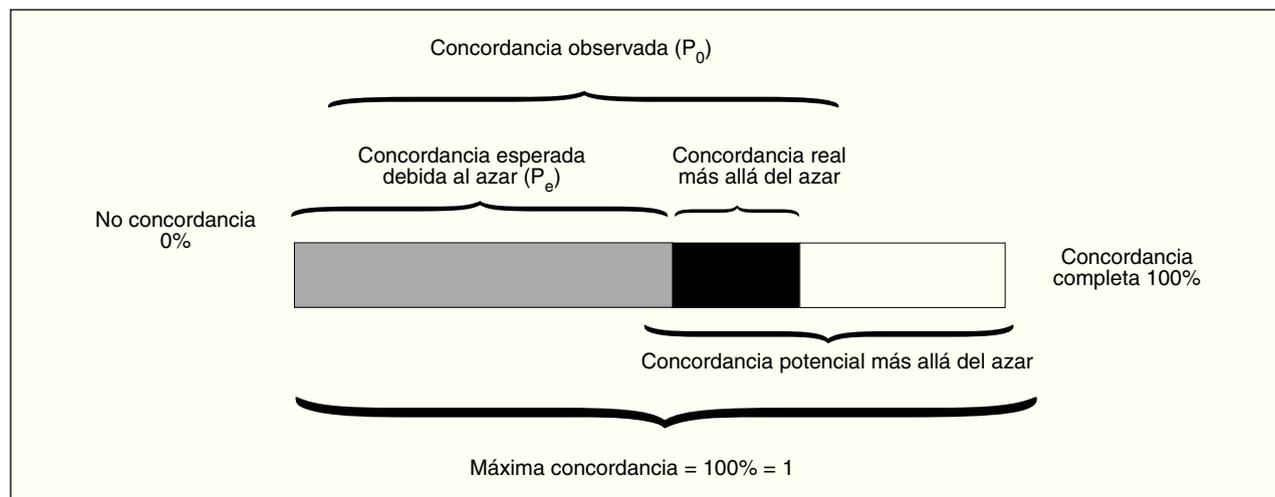


Figura 2. Concordancia. Modificada de Sackett et al<sup>1</sup>.

Tabla 20. Grado de concordancia en función del índice kappa

Índice kappa	< 0	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1
Grado de concordancia	Sin acuerdo	Insignificante	Bajo	Moderado	Bueno	Muy bueno

Tabla 21. Grado de concordancia en función del coeficiente de correlación interclase

R	< 0,31	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-0,90	> 0,90
Grado de concordancia	Mala o nula	Mediocre	Moderada	Buena	Muy buena

$$\text{Índice kappa} = \frac{\text{Concordancia real más allá del azar}}{\text{Concordancia potencial más allá del azar}}$$

$$\text{Índice kappa} = P_o - P_e/1 - P_e$$

De donde  $P_o$  = proporción de concordancia observada.

$P_e$  = proporción de concordancia esperada debida al azar.

$P_o = (a + d)/N = 89/100 = 0,89$ ; concordancia observada del 89%.

La proporción de concordancia esperada debida al azar ( $P_e$ ) la calcularíamos a partir de las celdas marginales. Así, el número de ocasiones en que ambos médicos concuerdan debido al azar en el diagnóstico de escoliosis sería igual a  $(a + b)(a + c)/N = 12 * 7/100 = 0,84$ , y el número de ocasiones en que los dos médicos coincidirían debido al azar en la no existencia de escoliosis sería igual a  $(c + d)(b + d)/N = 88 * 93/100 = 81,8$ .

La proporción de concordancia esperada debida al azar sería la suma de ambas dividida entre el número de alumnos  $P_e = (0,84 + 81,8)/100 = 0,83$ .

$$\text{Índice kappa} = (0,89 - 0,83)/1 - 0,83 = 0,35.$$

En el caso de máxima concordancia, el índice kappa tendría un valor de 1; si la concordancia observada es igual a la esperada tendría un valor de 0; y si la concordancia observada fuese inferior a la esperada tendría un valor inferior a 0.

Para valorar el grado de concordancia en función del índice kappa se utilizan los márgenes expresados en la tabla 20.

Por tanto, en nuestro ejemplo 0,35 se trataría de un grado de concordancia bajo.

En lugar de dar un valor puntual podemos calcular su intervalo de confianza (IC) de manera sencilla con la siguiente fórmula<sup>2</sup>:

$$\text{Para un IC del 95\%; índice Kappa} \pm 1,96 \sqrt{\frac{P_o(1-P_o)}{N(1-P_e)}}$$

En el caso de que no fuera dicotómico y presentara varias categorías se puede hacer el índice de concordancia global o transformar los resultados en dos únicas respuestas convirtiéndolo en tablas de 2x2 como si fuera dicotómica, calculando el índice kappa igual que antes.

## VARIABLES CUANTITATIVAS

Si se trata de variables cuantitativas, se han utilizado de manera inadecuada algunas pruebas estadísticas como el coeficiente de correlación de Pearson (que mide el grado de relación entre dos variables y no su concordancia), la regresión lineal (que permite predecir el valor de una variable en función de otra, pero no su concordancia) o la comparación de medias (que mide la ausencia de significación estadística dando resultados opuestos a la concordancia)<sup>2</sup>.

Mencionaremos los procedimientos utilizados con la finalidad de saber interpretarlos, pero sin ahondar en ellos para no complicar en exceso este tema.

Se utiliza el coeficiente de correlación interclase (R), que sería la proporción entre la variabilidad verdadera entre sujetos ( $\sigma_v^2$ ) y la variabilidad total de las mediciones ( $\sigma_x^2$ ), siendo esta última la suma de la variabilidad residual de los errores de medida ( $\sigma_e^2$ ) y la variabilidad verdadera de los sujetos ( $\sigma_v^2$ ) (tabla 21)<sup>2</sup>.

$$R = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_e^2} = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_x^2}$$

Otro método que se puede utilizar en caso de variables cuantitativas es el análisis de las diferencias individuales, que puede complementar al anterior.

Se basa en la determinación de la magnitud de las diferencias entre métodos de medida y se representa en un gráfico, de tal manera que hace muy asequible su interpretación.

Por último, debemos indicar que existen en Internet distintos programas de distribución gratuita con los que se pueden calcular de manera interactiva gran parte de los parámetros e índices de los que hemos hablado, por ejemplo SISA (<http://home.clara.net/sisa>).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sackett DL, Haynes RB, Tugwell P. Epidemiología clínica. Madrid: Ed. Díaz de Santos; 1989.
2. Argimón-Pallás JM, Jiménez-Villa J, editores. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 2.ª ed. Madrid: Harcourt; 2000.
3. Gómez de la Cámara A, ed. Manual de Medicina basada en la evidencia. Elementos para su desarrollo y aplicación en Atención Primaria. Madrid: Jarpyo Ed. 1998.
4. Pita Fernández S, Pertegas Díaz S. Unidad de epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. Pruebas diagnósticas. Cad Aten Primaria. 2003;10:120-4.

5. Tobías A. Pruebas diagnósticas (I): sensibilidad y especificidad. *Jano*. 1999;LVI.
6. Tobías A. Pruebas diagnósticas (II): valores predictivos. *Jano*. 1999;LVI.
7. González Enrique J, Banegas Banegas JR, Martín Moreno J, Rodríguez Artalejo F. Criterios para la realización de programas de detección precoz de enfermedad en la población. *Medicina Integral*. 1989;13.
8. López García-Franco A, Blasco Lobo A. Bases metodológicas para la selección de actividades preventivas. *JANO*. 2000;1364:71-6
9. Evaluación de tecnologías sanitarias. Aplicaciones clínicas de las otoemisiones acústicas. *Evidencia*. Actualización en la práctica ambulatoria. [mayo/junio 2006]. Disponible en: [www.evidencia.org](http://www.evidencia.org)
10. Torrico P, Gómez C, López Ríos J, de Cáceres MC, Trinidad G, Serrano G. Influencia de la edad en las otoemisiones acústicas para el *screening* de hipoacusia infantil. *Acta Otorrinolaringl Esp*. 2004;55:153-9.
11. González de Dios J, Mollar Maseres J, Rebagliato Russo M. Evaluación del programa de detección precoz universal de la hipoacusia en el recién nacido. *An Pediatr (Barc)*. 2005;63:230-7.
12. López de Ulibarri Galparsorro I, Pita Fernández S. Unidad de epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. Curvas ROC. *Cad Aten Primaria*. 1998;5:229-35.
13. Tobías A. Pruebas diagnósticas (III): curvas ROC valores predictivos. *Jano*. 1999;LVI.