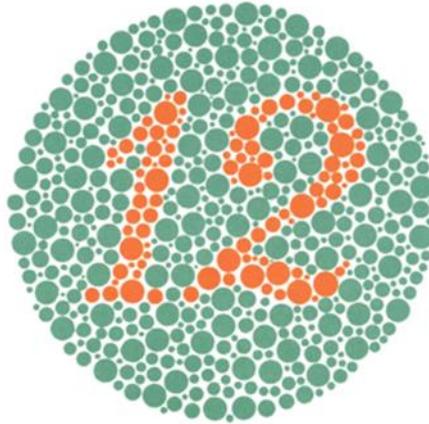


Test de Ishihara



Anomalías congénitas de la Visión del Color

Las anomalías congénitas en la visión del color (discromatopsias) normalmente se presentan por igual en ambos ojos y no cambian con el tiempo. Casi siempre se trata de una deficiencia de visión rojo-verde y es más frecuente en los hombres que en las mujeres, ya que es una alteración ligada al cromosoma X (los hombres tienen sólo un cromosoma X – de su madre – mientras que las mujeres tienen dos y ambos tienen que llevar el gen anómalo para presentar discromatopsia). Aproximadamente el 8% de los hombres (1 de cada 12) y el 0,5% de la población femenina (1 de cada 200) tienen una percepción deficiente de los colores rojo-verde.^{1,2}

Las personas con percepción normal de los colores tienen tres tipos de conos en la retina, que son sensibles a los colores verde, rojo y azul, respectivamente (son tricrómatas).

Los tricrómatas anómalos tienen los tres tipos de conos, pero los que perciben los colores rojos o verdes son menos abundantes o sensibles de lo normal. Existen muchos grados de discromatopsia; si está afectada la visión del rojo se denominan Protanómalos (1 - 2 % de los hombres) y si está afectado el verde, Deuteranómalos (5 - 6% de los hombres).^{3,4}

Los Dicrómatas, tienen sólo dos tipos de conos: los Deuteranopes carecen de conos que detecten el verde y los Protanopes no tienen los que detectan el rojo.

Las alteraciones congénitas de azul-amarillo (Tritan) son muy raras, y se presentan por igual en hombres y mujeres (<0.01% de individuos).

Las deficiencias de visión del color pueden también ser adquiridas, secundarias a diversas patologías.

¿Cuándo y cómo detectar las deficiencias congénitas de la visión del color?

Las personas que tienen deficiencia de percepción del color pueden experimentar dificultades con las actividades de la vida diaria que requieren discriminación de color. Algunas profesiones específicas, como pilotos y electricistas, requieren una percepción precisa del color.

En el colegio con frecuencia los materiales didácticos emplean discriminación por colores, y sin embargo las deficiencias de visión del color a menudo pasan desapercibidas.⁵ Por ello es importante el cribado de la visión del color a todos los niños al comienzo de la escuela para alertar a los profesores y de cara a una futura orientación profesional. Dada la prevalencia mucho más baja de visión de color congénita en mujeres, algunos profesionales recomiendan el cribado a niñas sólo si tienen antecedentes familiares de la afección.

Se han propuesto diversos métodos para evaluar la visión del color,⁶ pero las placas pseudoisocromáticas (tipo Ishihara) siguen siendo el procedimiento más extendido para la evaluación clínica de la visión del color, ya que permiten una detección rápida y precisa de los defectos congénitos de visión del color.

Los niños con visión cromática normal pueden cometer errores en la prueba de Ishihara, pero no proporcionan los errores rojo-verde específicos,⁷ por lo que los resultados falsos positivos no suelen ser un problema.

Test de Ishihara

El test de Ishihara es la prueba de visión del color más utilizada en todo el mundo, y en muchos países es requerida para el ingreso en varias profesiones en las fuerzas armadas, aviación y ferrocarril.

Descripción

El test completo de Ishihara se compone de 38 placas pseudoisocromáticas con imágenes circulares formadas por puntos de diferentes tamaños y colores, dispuestos de forma aleatoria. Los puntos forman un número o una forma claramente visible para quienes tienen una visión normal del color, pero es invisible o difícil de ver para quienes tienen una deficiencia de visión de los colores rojo-verde. (Es decir, parecen isocromáticas para las personas con deficiencias de visión del color).

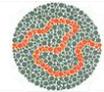
En la Tabla 1 se muestran todas las placas de Ishihara, agrupadas en secciones según su diseño (cada placa lleva asignado un número, del 1 a 38):

- La Placa 1 es de **demostración**, para mostrar a todos los pacientes que conocen los números; pero además sirve para detectar a quienes simulan de forma intencionada una alteración de la visión del color.
- Placas de **Transformación** (placas 2-9): Las personas con un defecto parcial del color rojo-verde verán un número diferente del que ven los normales. En la tabla se indica qué número se verá en cada placa con un defecto de visión cromática. Quienes tienen un defecto total no ven ningún número.
- Placas de **Desaparición** o desvanecimiento (placas 10-17): Quienes tienen una deficiencia en la visión de colores (parcial o total) no ven nada, mientras que los normales ven un número.
- Placas de **Dígito Oculto** (placas 18-21): Los normales no ven nada, pero quienes tienen deficiencia cromática ven números en estas placas. Los números que ven en cada placa se indican en la Tabla 1.
- Resumiendo, los tricrómatas normales ven números en todas las placas excepto las de dígito oculto. Los pacientes con deficiencias de visión de color rojo-verde no ven números en las placas de desaparición, ven un número diferente en las de transformación y son capaces de ver el dígito oculto.
- Placas de **Clasificación** (placas 22-25): Las placas de clasificación intentan diferenciar entre defectos "Protan" (rojo) y "Deutan" (verde). Mostramos estas láminas únicamente a quienes dieron alguna respuesta anómala en alguna de las placas anteriores, sugiriendo un defecto de visión rojo-verde. Se muestran dos números: los Protans tienen dificultad para ver el número de la izquierda (rojo-púrpura), mientras que a los Deutan les cuesta ver el número de la derecha (azul-púrpura).
- Placas de **Líneas**: El resto de las placas contienen líneas pseudoisocromáticas que el paciente tiene que seguir con el dedo. Se pueden utilizar con pacientes que no pueden leer números, como los niños pequeños. Incluyen igualmente placas de transformación, desaparición, línea oculta y de clasificación.

Tabla 1. Láminas de Ishihara

	Nº	Placa	Respuesta	Normal	Deficiencia Rojo/Verde	Ceguera total a los colores	Correcto / Fallo
	1			12	12	12	
Placas de Transformación	2			8	3	X	
	3			6	5	X	
	4			29	70	X	
	5			57	35	X	
	6			5	2	X	
	7			3	5	X	
	8			15	17	X	
	9			74	21	X	
	Placas de Desaparición	10			2	X	X
11				6	X	X	
12				97	X	X	
13				45	X	X	
14				5	X	X	
15				7	X	X	
16				16	X	X	
17				73	X	X	

Dígito Oculto	18			X	5	X	
	19			X	2	X	
	20			X	45	X	
	21			X	73	X	
				Protan	Deutan		
Placas de Clasificación	22			26	6 (2)	2 (6)	-
	23			42	2 (4)	4 (2)	-
	24			35	5 (3)	3 (5)	-
	25			96	6 (9)	9 (6)	-
	26			2 líneas	1 línea Morada	1 línea Roja	-
	27			2 líneas	1 línea Morada	1 línea Roja	-
Oculto	28			X	1 línea	X	
	29			X	1 línea	X	
Desvanecimiento	30			1 línea	X	X	
	31			1 línea	X	X	
	32			1 línea	X	X	
	33			1 línea	X	X	
Transformación	34			1 línea	X	X	
	35			1 línea	X	X	
	36			1 línea	X	X	
	37			1 línea	X	X	

	38			1 línea	1 línea	1 línea	
--	----	---	--	---------	---------	---------	--

X: significa que no se ve ningún número o línea en la placa

() Leve: Los números entre paréntesis indican que se vieron con dificultad.

Validez

El test de Ishihara es una prueba de detección muy eficiente para las deficiencias de color rojo-verde, siendo rápido y sencillo, con valores de sensibilidad y especificidad muy elevados, incluso bajo diferentes iluminaciones.^{1,7}

Su principal desventaja es que las placas de Ishihara están diseñadas para la detección de visión de color normal/anormal en el eje rojo-verde, pero no son tan útiles para clasificar la gravedad de la deficiencia o para realizar un seguimiento de una deficiencia de color adquirida. Además, no evalúan los problemas de color tritán (azul-amarillo)".⁸ Para eso se recomiendan pruebas como la de Farnsworth D-15 o similares.

La versión impresa de las láminas tiene el problema de que los colores tienden a desvaírse con los años, por lo que la prueba puede perder su validez. En cambio, las versiones digitales del test de Ishihara no se decoloran y pueden mostrarse en diferentes pantallas de ordenador y/o dispositivos móviles,⁹ pero es posible que las tonalidades se muestren diferentes en diversas pantallas, sobre todo en las que son de peor calidad.

Ishihara Digital

La unidad de visión de Optonet incorpora un test de Ishihara digital con interpretación automática de los resultados. Las láminas de Ishihara fueron publicadas inicialmente en 1917 y son actualmente de dominio público, ya que todos los derechos de autor han caducado.

Las versiones digitales del test de Ishihara han mostrado ser un método efectivo y rápido para detectar las deficiencias de percepción del rojo-verde.¹⁰

Estudios que han comparado las placas de Ishihara impresas con versiones digitales han mostrado un buen grado de validez,^{10,11} con sensibilidades y especificidades del 100% para ambas pruebas.¹²

Otro estudio que utilizó una versión online de la prueba de Ishihara demostró que ésta es una herramienta válida para el cribado de las deficiencias de visión de colores rojo-verde, ya que todos los individuos que participaron en el estudio fueron correctamente clasificados como normales o con discromatopsia.¹²

Las placas de Ishihara han sido capaces de discriminar correctamente a los sujetos con deficiencias de color de los normales, tanto en versión impresa como digital, a pesar de las variaciones debidas la luz artificial reflejada en las placas Ishihara convencionales y las diferencias de la emisión espectral entre distintos monitores.¹⁰

En conclusión, la prueba digital de Ishihara parece ser un método efectivo y rápido para detectar las deficiencias de visión de color rojo-verde.^{13,14}

Versiones

El test de Ishihara tradicional se ofrece en tres versiones:

- 6-Placas – para un cribado rápido
- 24-Placas – es la versión estándar
- 38-Placas – versión extendida

Optonet ofrece estas tres opciones, en formato digital.

Procedimiento

Para detectar defectos congénitos de visión rojo-verde realizaremos la prueba en binocular. Para defectos adquiridos, evaluaremos cada ojo de forma monocular.

El paciente deberá utilizar su corrección para esa distancia de observación, pero deben evitarse las gafas o lentes de contacto tintadas para esta prueba (el tinte de visibilidad de lentes de contacto no se considera que pueda alterar las respuestas).

Distancia de Observación

El tests de Ishihara tradicional impreso está diseñado mostrar a 75 cm. Sin embargo, esta prueba es insensible a los cambios en la distancia de observación, la duración y la borrosidad. Las desviaciones respecto a las recomendaciones del fabricante en cuanto a la distancia (75 cm) y el tiempo de visualización (≤ 3 segundos) no parecen tener un efecto significativo en los resultados.¹⁵

Cuando la Unidad de Optonet esté calibrada para **visión próxima** (a una distancia ≤ 75 cm), el test de Ishihara se mostrará con el mismo tamaño que el test impreso, para simular al máximo el test original (excepto en pantallas muy pequeñas, como teléfonos, donde se mostrará con el máximo tamaño que quepa).

Cuando la Unidad de Optonet esté calibrada para **visión de lejos**, el tamaño de las placas se ajustará automáticamente para esa distancia y en función del tamaño de la pantalla.

Método

Pediremos al paciente que lea los números, comenzando por la placa 1 (que puede ver todo el mundo). Se recomienda un tiempo máximo de tres segundos por placa, aunque esto no es crítico. Las placas se mostrarán en orden aleatorio (excepto en modo Manual).

Si el paciente comete un error que no es típico de problemas de visión de color, pediremos que lo repita. Si se trata de un niño que tiene dificultad para identificar los números, podremos pedir que los trace con el dedo, o bien pasaremos a las placas con líneas (para seguir el “caminito” con el dedo).

Registro de Respuestas

El profesional anotará la respuesta del paciente y luego pulsará en “Intro”. Se pueden introducir los números utilizando:

- el teclado
- los botones del menú de herramientas de la derecha
- el teclado flotante (sólo aparece cuando mostramos el test en visión próxima)

A continuación, siempre hay que presionar en “Intro”. Por ejemplo, al comienzo del test se muestra

la placa 1 de demostración. El profesional anota la respuesta del paciente presionando:  

. Si comete un error al escribir, puede borrar el número con la tecla: 

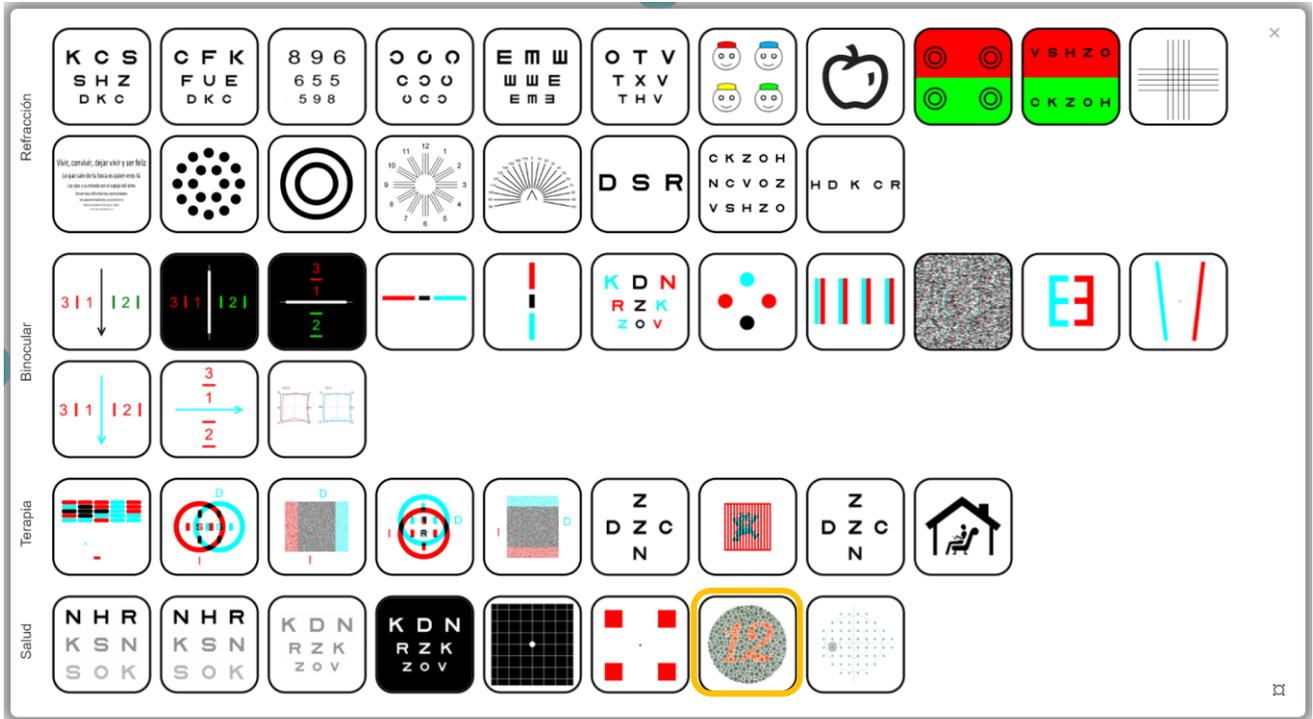
Cuando el paciente no vea ningún número (por ejemplo, en las placas de número oculto) registramos la respuesta con la letra “X”.

Al pulsar en “Intro” el programa muestra la siguiente placa (excepto en el modo manual, que hay que hacerlo a mano).

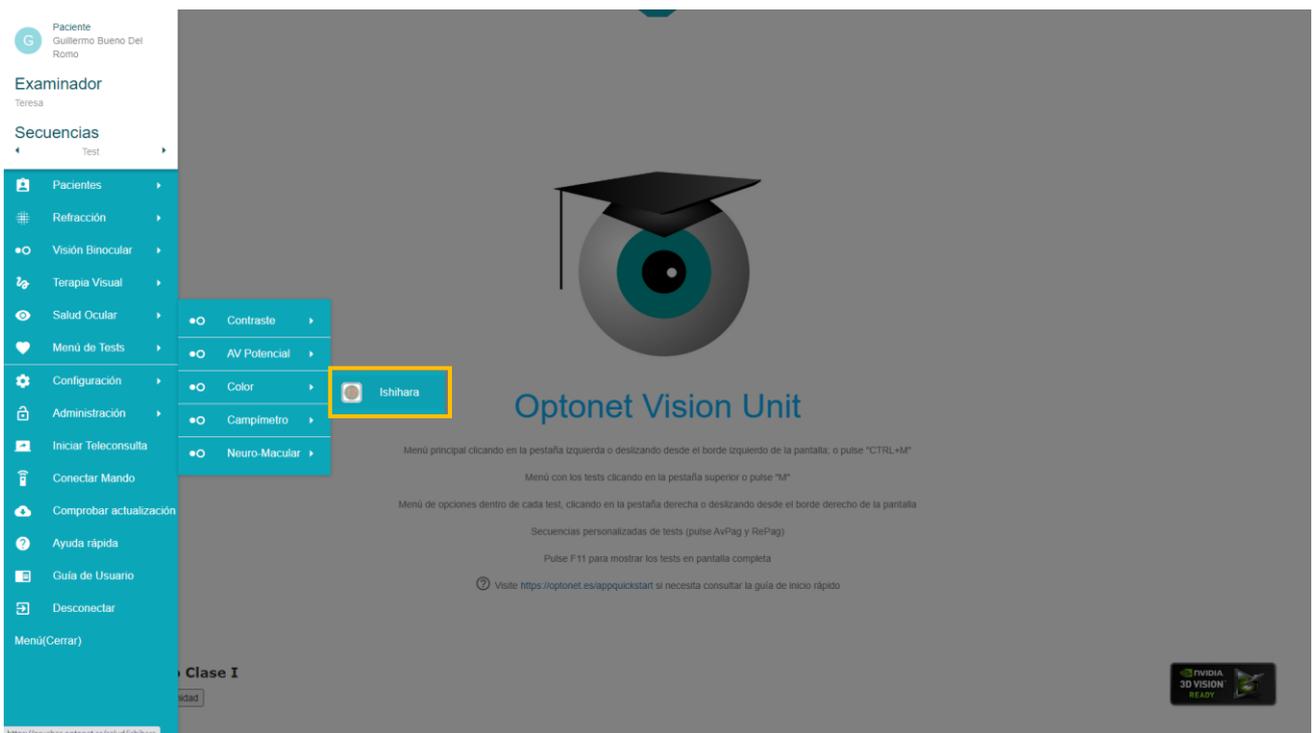
Para registrar las respuestas en estas placas de líneas hemos añadido en el teclado flotante un botón verde para anotar una respuesta correcta y un botón rojo para la respuesta incorrecta.

Menús

En la Unidad de Visión de Optonet, normalmente iniciamos Ishihara desde el menú de tests (presionando en la pestaña superior). Luego clicaremos en su icono, situado en la última fila.



Otra opción es abrirlo desde el menú de la izquierda:

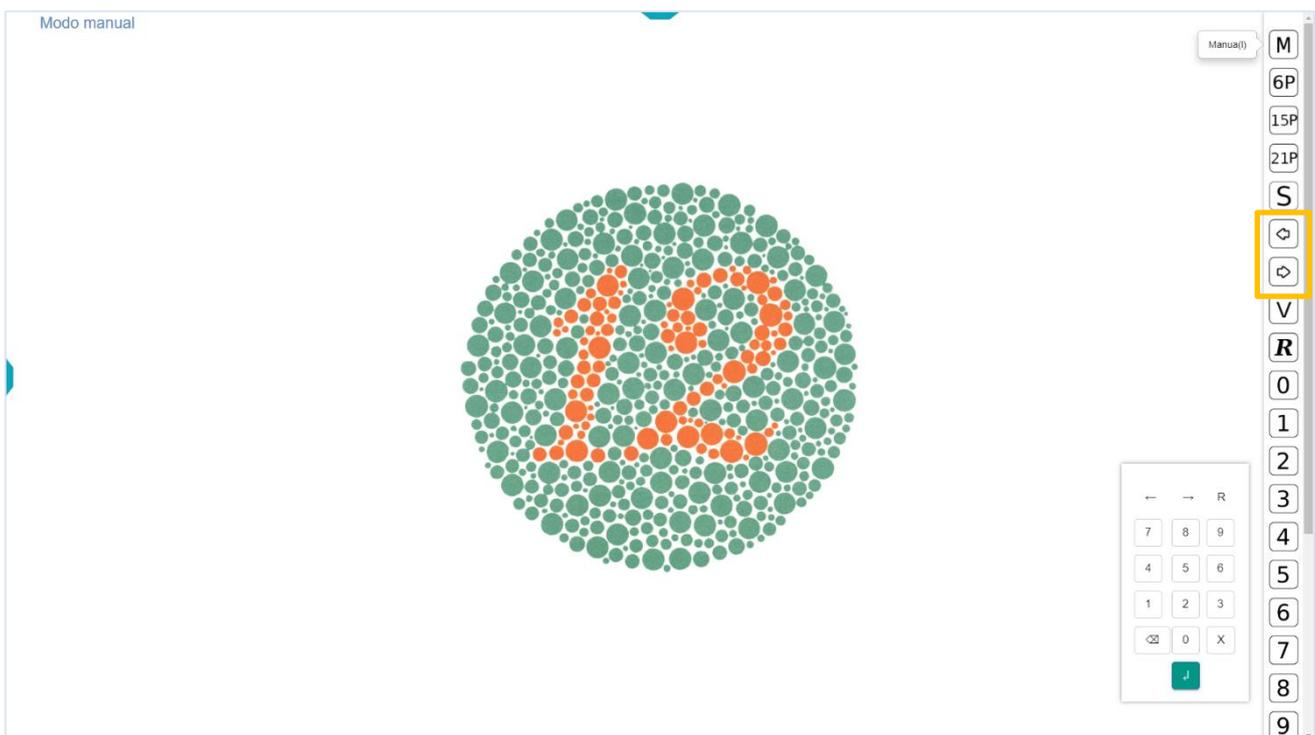


Menú de Herramientas (a la derecha)

Al abrir el test, encontramos una pestaña a la derecha que abre el menú de herramientas. Si pasamos el ratón por encima de cada botón, nos indica su acción; y entre paréntesis aparece la letra del teclado que realiza la misma función.

Modo Manual

El test de Ishihara se abre por defecto con el Modo Manual, al que también se puede acceder con el primer botón del menú derecho. Arriba a la izquierda se indica qué modo está activo.



El Modo Manual permite mostrar las placas en el mismo orden que en el libro. Para moverse de una placa a la siguiente (o a la anterior) hay que pulsar en las flechas derecha/izquierda del teclado o del menú de herramientas. En dispositivos móviles con pantallas táctiles podemos también hacerlo deslizando el dedo por la pantalla (de derecha a izquierda o viceversa) en el cuadrante inferior izquierdo de la pantalla.

Podemos acceder a la tabla de resultados con el botón correspondiente, o la letra R del teclado. Para volver al test pulsaremos de nuevo en el botón o letra.



Modo 6 Placas (6P)

El modo 6P muestra una selección de 6 placas y está diseñado para un cribado rápido de la visión de colores. Este modo se activa pulsando el botón 6P (o presionando a la vez *Ctrl Shift 6* en el teclado).

El modo 6P incluye las placas: 2, 6, 11, 15 y 20; que se muestran en orden aleatorio, después de placa número 1 de demostración.

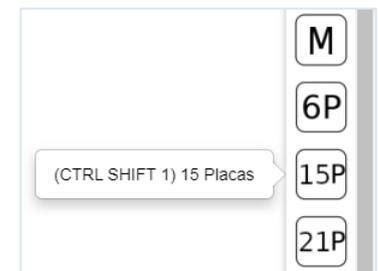
Al final se muestran los resultados. El paciente normal tendrá cero errores. Si hay algún error, se recomienda realizar el modo de 15 o 21 Placas.



Modo 15 Placas (15P)

El botón 15P (o Ctrl Mayus 1) selecciona el test estándar de 15 placas, que se muestran de forma aleatoria, después de la Placa 1 de demostración. Las placas son: 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 20.

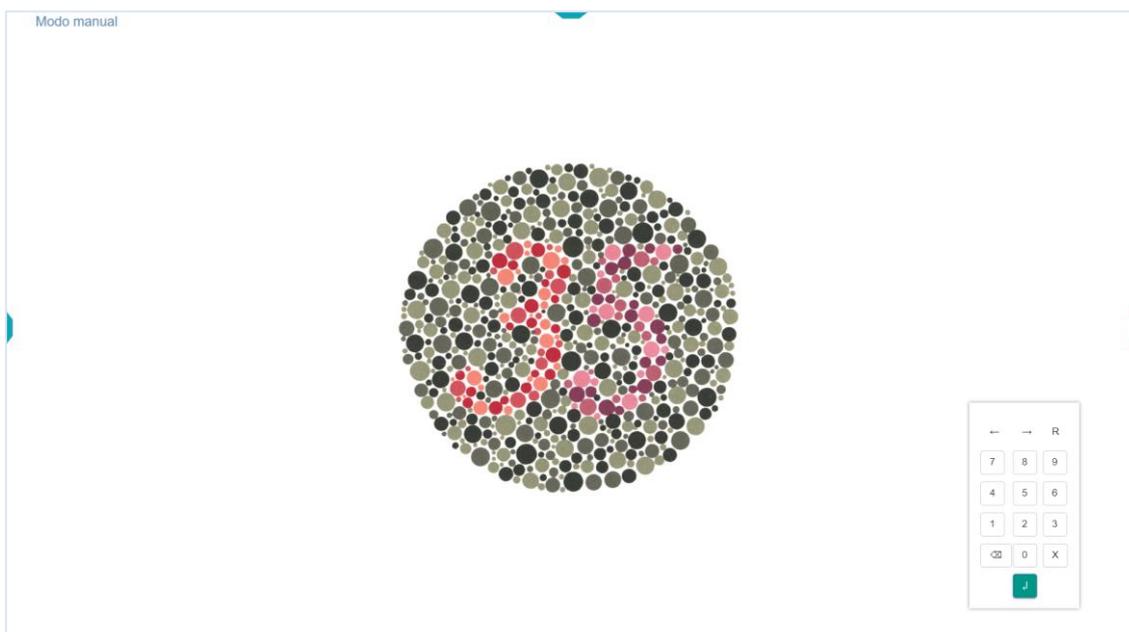
Si el paciente comete algún error, se le mostrarán además las placas de clasificación: 22 y 23.



Placas de Clasificación

Las placas de clasificación sirven para distinguir entre un defecto Protan (dificultad para ver el rojo) o Deutan (dificultad para ver el verde).

Dependiendo del nivel de discromatopsia, el paciente verá sólo un número, o ambos, aunque uno de ellos con mucha más dificultad. En caso de ver ambos números, el programa preguntará cuál es más difícil de ver.



A los Protan les cuesta ver el número de la izquierda (rojo), mientras que a los Deutans les cuesta ver el número de la derecha (morado).

Al final los resultados que se muestran en la tabla indicarán qué tipo de alteración tiene el paciente, en función de sus respuestas.

- < 3 errores: Normal.⁷
- De 3 a 6 errores: Se recomienda una exploración adicional
- ≥ 6 errores: Deficiencia de Visión de Colores

Y dependiendo de las respuestas de las 2 placas de clasificación:

- Si la respuesta a la placa nº 22 es sólo un 6, indica una Protanomalia marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 22 es sólo un 2, indica una Deuteranomalia marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 22 es un 26, pero vio el 2 con mucha dificultad indica una Protanomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 22 es un 26, pero vio el 6 con mucha dificultad indica una Deuteranomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 23 es sólo un 2, indica una Protanomalia marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 23 es sólo un 4, indica una Deuteranomalia marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 23 es un 42, pero vio el 4 con mucha dificultad indica una Protanomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 23 es un 42, pero vio el 2 con mucha dificultad indica una Deuteranomalia leve.

Los pacientes a los que se diagnostique un defecto de su visión del color deben recibir asesoramiento (así como su familia) sobre el impacto en su vida cotidiana y en sus opciones profesionales.

Modo 21 Placas (21P)

En este modo se muestran 21 placas de forma aleatoria, después de la Placa 1 de demostración. Este test se selecciona pulsando el botón 21P (o Ctrl Shift 2).

En el caso de que el paciente cometa algún error, se mostrarán 4 placas de clasificación: 22, 23, 24 y 25. De nuevo, si el paciente ve ambos dígitos, el programa le preguntará cuál es más difícil de ver.

Al final se mostrará la tabla con los resultados y, según las respuestas, se indicará si el paciente muestra una alteración de la visión de colores, y de qué tipo puede ser.

- < 5 errores: Normal.⁷
- De 5 a 8 errores: Se recomienda una exploración adicional
- \geq 8 errores: Deficiencia de Visión de Colores

Y dependiendo de las respuestas de las 4 placas de clasificación (además las placas nº 22 y 23):

- Si la respuesta a la placa nº 24 es un 5, sugiere una Protanopía marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 24 es un 3, sugiere una Deuteranopía marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 24 es un 35, pero vio el 3 con mucha dificultad indica una Protanomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 24 es un 35, pero vio el 5 con mucha dificultad indica una Deuteranomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 25 es un 6, sugiere una Protanopía marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 25 es un 9, sugiere una Deuteranopía marcada.
- Si la respuesta a la placa nº 25 es un 96, pero vio el 9 con mucha dificultad indica una Protanomalia leve.
- Si la respuesta a la placa nº 25 es un 96, pero vio el 6 con mucha dificultad indica una Deuteranomalia leve.

Tabla de Resultados

La tabla de resultados muestra todas las respuestas anotadas, indicando si son correctas o incorrectas, y también las respuestas que se esperan en normales y en quienes presentan anomalías de visión de los colores.

X significa que en la placa no se puede leer ningún número. Los números entre paréntesis indican que el paciente vio ese número, pero con dificultad.

Resultado: Anómalo - Posible Deficiencia de la Visión del Color
Los resultados sugieren una posible: Protanomalía leve

#	Placa	Respuesta	Normal	Deficiencia de rojo/verde	Ceguera total a los colores	Correcto/Fallo
01		12	12	12	12	Correcto
02		3	8	3	X	Fallo
04		70	29	70	X	Fallo
06		2	5	2	X	Fallo
07		5	3	5	X	Fallo
08		17	15	17	X	Fallo
09		21	74	21	X	Fallo
11		X	8	X	X	Fallo
13		X	45	X	X	Fallo
14		2	5	X	X	Fallo
15		7	7	X	X	Correcto
16		X	16	X	X	Fallo
17		X	73	X	X	Fallo
18		X	X	X	X	Correcto
20		X	X	X	X	Correcto
22		(2)6	26	Protan: 6 (2) Deutan: 2 (6)	-	Correcto
23		(4)2	42	Protan: 2 (4) Deutan: 4 (2)	-	Correcto
Errores totales						11

Las placas se muestran siempre en su orden de numeración, y no en el orden de aparición (que es aleatorio).

Se incluye un botón verde para guardar los resultados en la ficha del paciente y otro para cerrar y salir. Arriba se indica si el resultado es normal, anómalo, y si se recomienda hacer otra prueba.

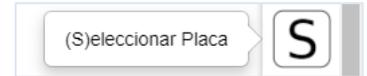
Conviene tener en cuenta que los errores son comunes entre los sujetos normales, pero deben descartarse si no corresponden a la respuesta esperada de un sujeto con deficiencia de color.^{16,17,18} Con este criterio, estudios previos han encontrado que la sensibilidad de la prueba de Ishihara es del 99 % y la especificidad 94%.^{7,16}

Las placas de dígitos ocultos no son muy sensibles a la deficiencia de color, por lo que algunos profesionales eligen no mostrarlas.²

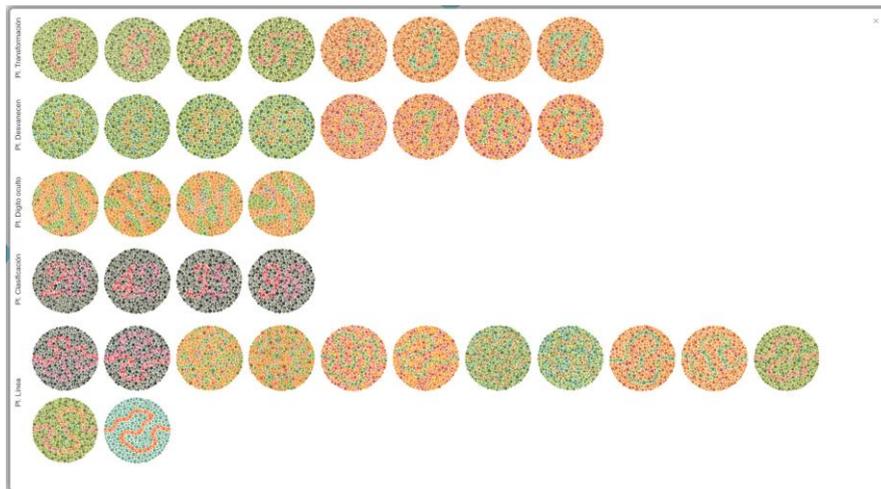
Otras opciones del menú derecho

Seleccionar Placa

Este botón (o la tecla S) abrirá un menú flotante con las 38 placas, donde se puede elegir cualquiera de ellas al clicar en la placa correspondiente). Las placas están organizadas por grupos (excepto la de demostración).



Luego, a partir de una placa podremos ir a la anterior o a la siguiente de forma manual, con las flechas laterales.

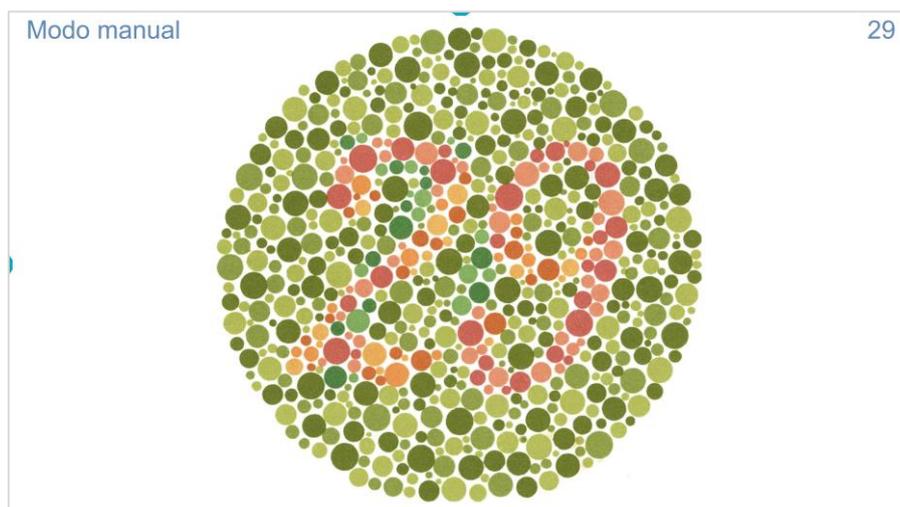


Valor

Este botón o la tecla "V", muestra la respuesta correcta en la esquina superior derecha de la pantalla. Cuando la respuesta normal es no ver ningún número, se mostrará una X.

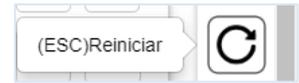


Esta herramienta es útil para profesionales que presentan defectos de la visión cromática y desean conocer la respuesta correcta.



Volver a inicio

La tecla de Esc o este botón sirven para reiniciar la prueba.



Ayuda y Guía de Usuario

El botón de ayuda iniciará un breve tutorial para explicar las funciones de cada botón del menú de herramientas.

El botón de Guía enlaza a estas instrucciones dentro de la Guía de Usuario.



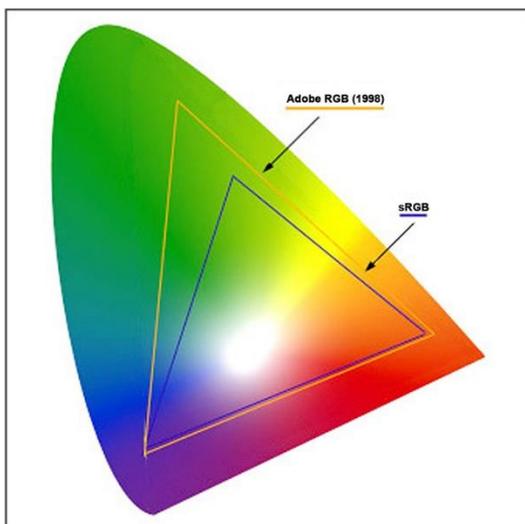
Todos los botones del menú de herramientas se muestran igualmente en el panel de control de la tablet (cuando actúa como mando remoto), o durante videoconsultas, para valoración visual remota (sincrónica).

Anexo: Espacio de color sRGB

Uno de los desafíos para una prueba de visión de color digital es mostrar colores reproducibles en todos los dispositivos.

Las imágenes de las placas digitales de Ishihara se guardan en el espacio de color sRGB (Standard Red Green Blue), un conjunto de colores específicos creado por HP y Microsoft en 1996 con el objetivo de estandarizar los colores que muestran los dispositivos electrónicos.

sRGB es el espacio de color más utilizado en la actualidad y lo utilizan Windows y la mayoría de los navegadores de Internet. El procesamiento de imágenes en el perfil de color sRGB garantiza colores precisos y consistentes en múltiples dispositivos digitales. Los navegadores web y los dispositivos están configurados en colores sRGB, por lo que el uso del espacio de color sRGB garantiza que una imagen aparecerá igual en todo tipo de pantallas, sitios web y dispositivos.



Un espacio de color se puede definir por su triángulo en el Diagrama de Cromaticidad XY CIE 1931 creado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

Referencias

1. Birch, J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* **29**, 313–320 (2012).
2. Gordon, N. Colour blindness. *Public Health* **112**, 81–84 (1998).
3. Elliott, D. B. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. (Butterworth-Heinemann, 2003).
4. Long, J. A., Honson, V., Katalinic, P. & Dain, S. J. Re.: Is screening for congenital colour vision deficiency in school students worthwhile? A review. *Clin Exp Optom* **98**, 192 (2015).
5. Steward, J. M. & Cole, B. L. What do color vision defectives say about everyday tasks? *Optom Vis Sci* **66**, 288–295 (1989).
6. Vision, N. R. C. (US) C. on. *COLOR VISION TESTS. Procedures for Testing Color Vision: Report of Working Group 41* (National Academies Press (US), 1981).
7. Birch, J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. *Ophthalmic Physiol Opt* **17**, 403–408 (1997).
8. Simunovic, M. P. Acquired color vision deficiency. *Surv Ophthalmol* **61**, 132–155 (2016).
9. Sorkin, N. *et al.* Comparison of Ishihara Booklet with Color Vision Smartphone Applications. *Optom Vis Sci* **93**, 667–672 (2016).
10. Hoffmann, A. & Menozzi, M. [Computer-based determination of red/green color vision defects]. *Biomed Tech (Berl)* **43**, 124–132 (1998).
11. Andreas Hoffmann*, Marino Menozzi. Applying the Ishihara test to a PC-based screening system.
12. Staden, D. van *et al.* Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. *African Vision and Eye Health* **77**, 4 (2018).
13. GÜNDOĞAN, N. Ü. *et al.* Projected Color Slides as a Method for Mass Screening Test for Color Vision Deficiency (a Preliminary Study). *International Journal of Neuroscience* **115**, 1105–1117 (2005).
14. Ganley, J. P. & Lian, M. C. Projected color slides as a method for mass screening of red-green color deficient individuals. *Ophthalmic Epidemiology* **4**, 213–221 (1997).
15. Long, G. M., Lyman, B. J. & Tuck, J. P. Distance, duration and blur effects on the perception of pseudoisochromatic stimuli. *Ophthalmic Physiol Opt* **5**, 185–194 (1985).

16. Birch, J. & McKeever, L. M. Survey of the accuracy of new pseudoisochromatic plates. *Ophthalmic and Physiological Optics* **13**, 35–40 (1993).
17. Miyahara, E. Errors reading the Ishihara pseudoisochromatic plates made by observers with normal colour vision. *Clin Exp Optom* **91**, 161–165 (2008).
18. Cosstick, M., Robaei, D., Rose, K., Rochtchina, E. & Mitchell, P. Numerical confusion errors in ishihara testing: findings from a population-based study. *Am J Ophthalmol* **140**, 154–156 (2005).