



JIS Go Live
2021



II SIMPOSIO
DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL EN SALUD



Instituto Universitario
Hospital Italiano

retinar hacia una plataforma nacional basada en inteligencia artificial para la detección temprana de la retinopatía diabética

Dr. José Ignacio Orlando
CONICET / PLADEMA - UNICEN



| UNICEN

Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires

Diabetes: la otra pandemia

En **todo el mundo** ----- •

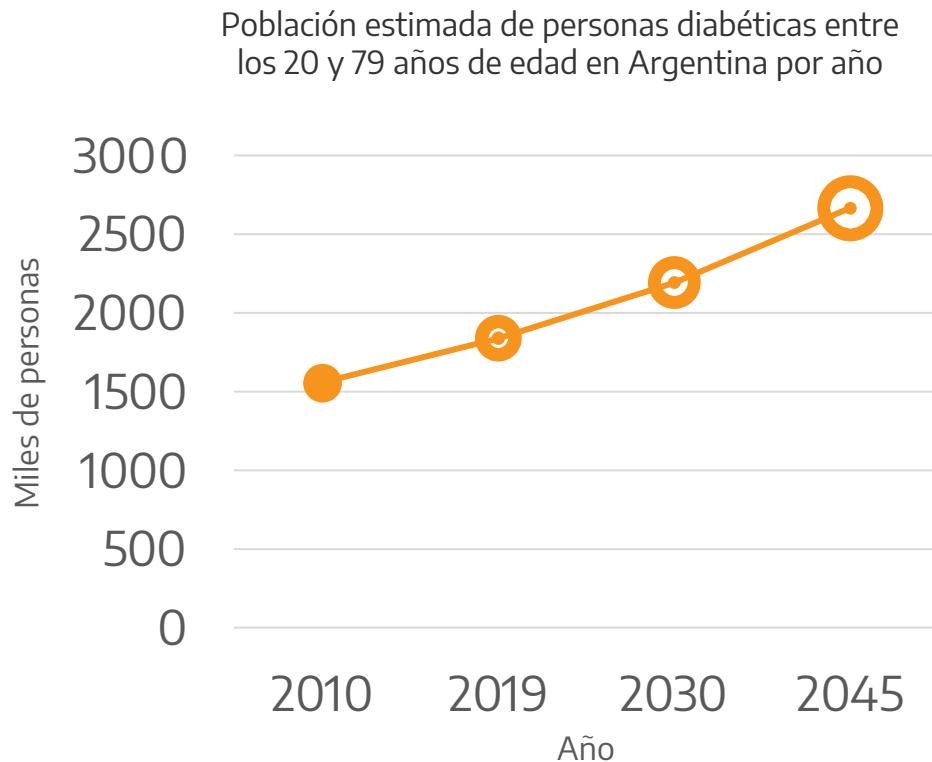
- **463 millones** de personas (2019)
- **51% de crecimiento** hacia 2050



En **Latinoamérica** -----

- **32 millones** de personas (2019)
- **55% de crecimiento** hacia 2050

La diabetes en Argentina



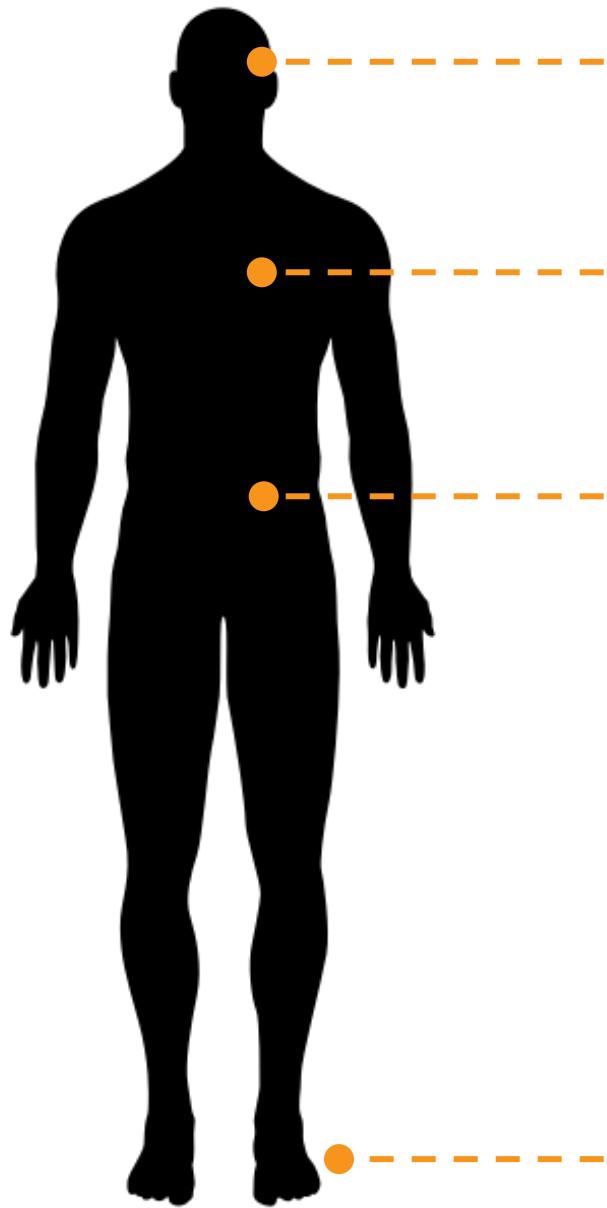
Más de **1.8 millones**
de argentinos/as
de entre 20 y 79 años
padecen diabetes

Más de 2.5 millones
hacia 2045, un **6.9%**
de la población
adulta estimada¹

Un **50%** de la **población**
diabética argentina
todavía no sabe que lo es²

¹ Diabetic Retinopathy, 2012. Diabetes Cares. American Diabetes Association.
https://care.diabetesjournals.org/content/25/suppl_1/s90

² Cuidado ocular del paciente con diabetes: opiniones y recomendaciones de la SARyV.. Carrasco et al. Revista OCE (CAO). 2013.



neuropatía
diabética

cardiopatía
diabética

nefropatía
diabética



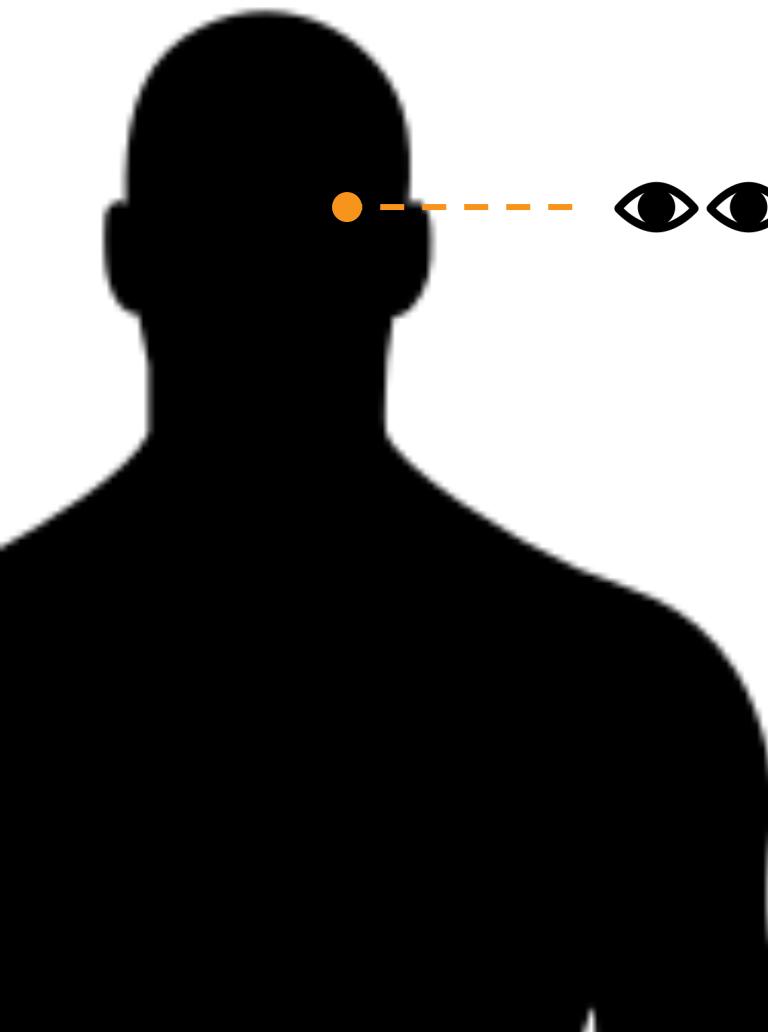
pie diabético

diabetes

complicaciones macrovasculares y microvasculares asociadas

diabetes

complicaciones
macrovasculares
y microvasculares
asociadas



●----- **retinopatía diabética**

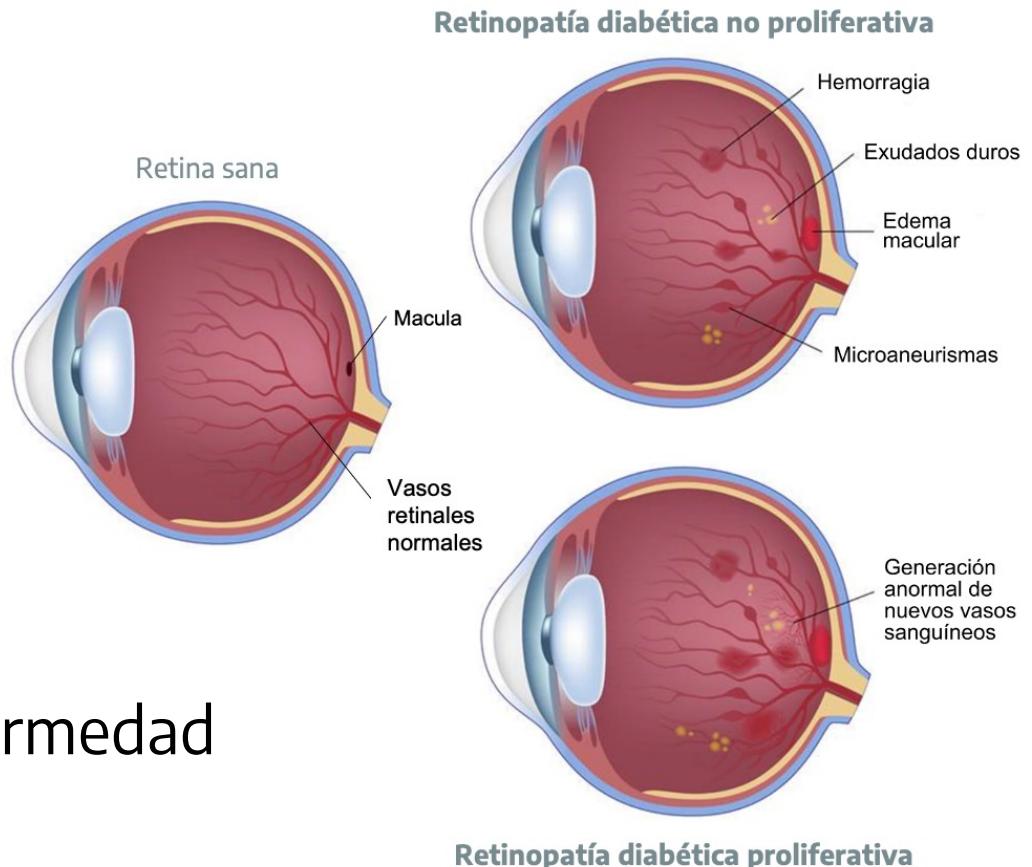
La retinopatía diabética

1era causa de **ceguera prevenible e irreversible** en **adultos en edad laboral**

Consecuencia de la **diabetes** mal tratada

Prevalencia a los 20 años de padecer la enfermedad

- **100% en diabetes tipo I**
- **60% en diabetes tipo II**



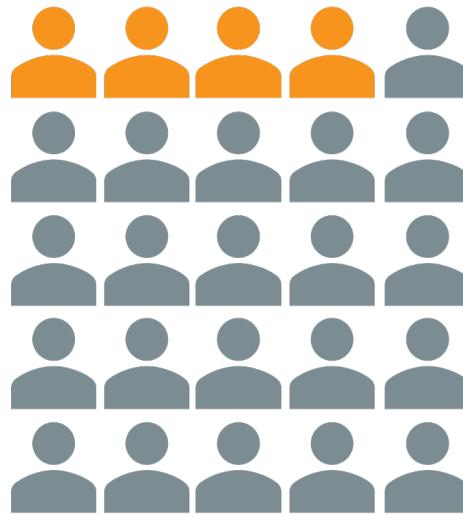
Diabetic Retinopathy, 2012.

Diabetes Cares. American Diabetes Association.

https://care.diabetesjournals.org/content/25/suppl_1/s90

La retinopatía diabética en Argentina

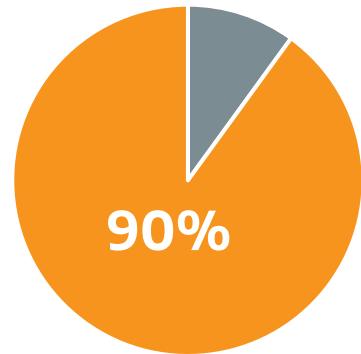
Un **16% de los casos** de ceguera en Argentina **se deben a la retinopatía diabética no tratada**



Encuesta nacional de ceguera y deficiencia visual evitable en Argentina, 2013
Barrenechea et al. Pan American Journal of Public Health. 2013

Prevención de la retinopatía diabética

90% de los casos de complicaciones graves y pérdida visual pueden prevenirse si se detecta el caso a tiempo para el tratamiento



¹ Cuidado ocular del paciente con diabetes: opiniones y recomendaciones de la SARyV.
Carrasco et al. Revista OCE (CAO). 2013. https://oftalmologos.org.ar/oce_anteriores/items/show/68

² Retinopatía diabética y agudeza visual en la primera consulta.

Vouilloz et al. 11º Jornadas Científicas y de Gestión del Hospital El Cruce. 2018. <https://repositorio.hospitalelcruce.org/xmlui/handle/123456789/742?show=full>

Prevención de la retinopatía diabética

90% de los casos de **complicaciones graves y pérdida visual** **pueden prevenirse si se detecta el caso a tiempo para el tratamiento**

Se recomienda a la persona diabética acudir **una vez al año** a una **consulta oftalmológica**

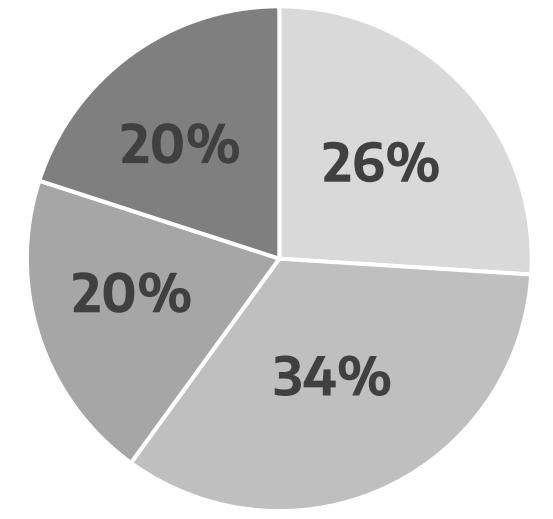


Prevención de la retinopatía diabética

El **77%** de las personas diabéticas **no cumple con el control oftalmológico anual**¹

Más del **20%** de las personas que **acuden a la consulta** por síntomas ingresan en **estado de ceguera legal**²

Agudeza visual (AV) en la primera consulta²



- AV normal
- AV aceptable
- AV baja/moderada
- Ceguera legal

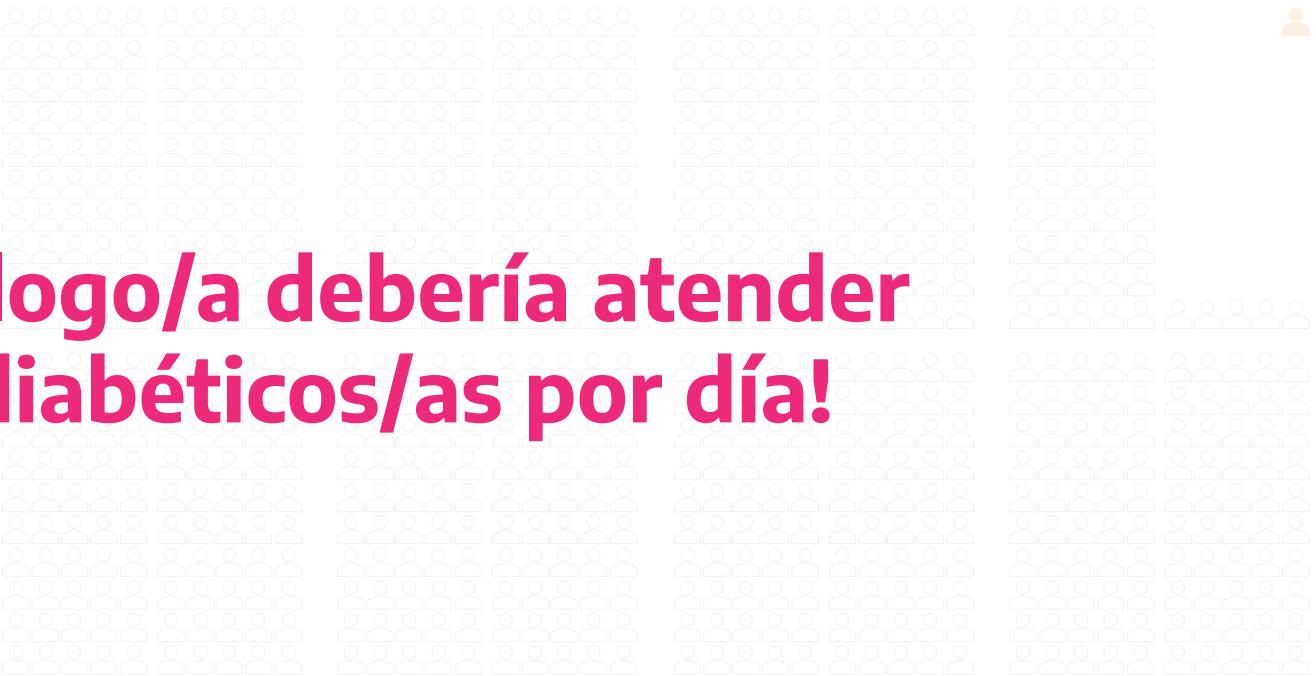
¹ Cuidado ocular del paciente con diabetes: opiniones y recomendaciones de la SARyV.
Carrasco et al. Revista OCE (CAO). 2013. https://oftalmologos.org.ar/oce_anteriores/items/show/68

² Retinopatía diabética y agudeza visual en la primera consulta.

Vouilloz et al. 11º Jornadas Científicas y de Gestión del Hospital El Cruce. 2018. <https://repositorio.hospitalelcruce.org/xmlui/handle/123456789/742?show=full>

Factores de la baja adhesión al control anual

Poca disponibilidad de oftalmólogos/as



En Argentina: unos/as
3.443 oftalmólogos/as¹

Equivale a **8 oftalmólogos/as**
cada **100.000 habitantes¹**
1 oftalmólogo/a cada **755 personas diabéticas^{1,2}**

**Cada oftalmólogo/a debería atender
a más de 2 diabéticos/as por día!**

¹ Análisis de la distribución geográfica de médicos especialistas en la República Argentina.

Navarro Pérez et al. Ministerio de Salud de la Nación. 2015. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/05/884869/2015_ops_ms_arg_eadp_demo_medica_argentina-1.pdf

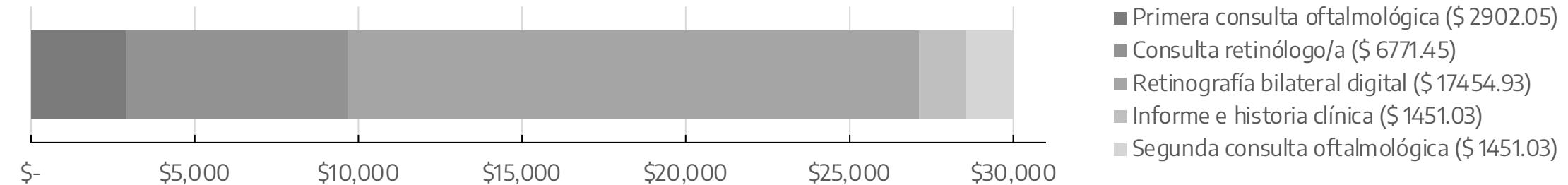
² Cuidado ocular del paciente con diabetes: opiniones y recomendaciones de la SARyV.

Carrasco et al. Revista OCE (CAO). 2013. https://oftalmologos.org.ar/oce_anteriores/items/show/68

Factores de la baja adhesión al control anual

Motivos económicos

El control tiene en Argentina un costo aproximado de AR\$ 30.000 al año¹



¹ Valores a junio de 2021 extraídos del nomenclador del Consejo Argentino de Oftalmología (CAO)
<https://oftalmologos.org.ar/images/2021/nomenclador/202106-nomenclador.pdf>

**¿Cómo podemos llevar el control anual
a estas personas que se nos escapan?**



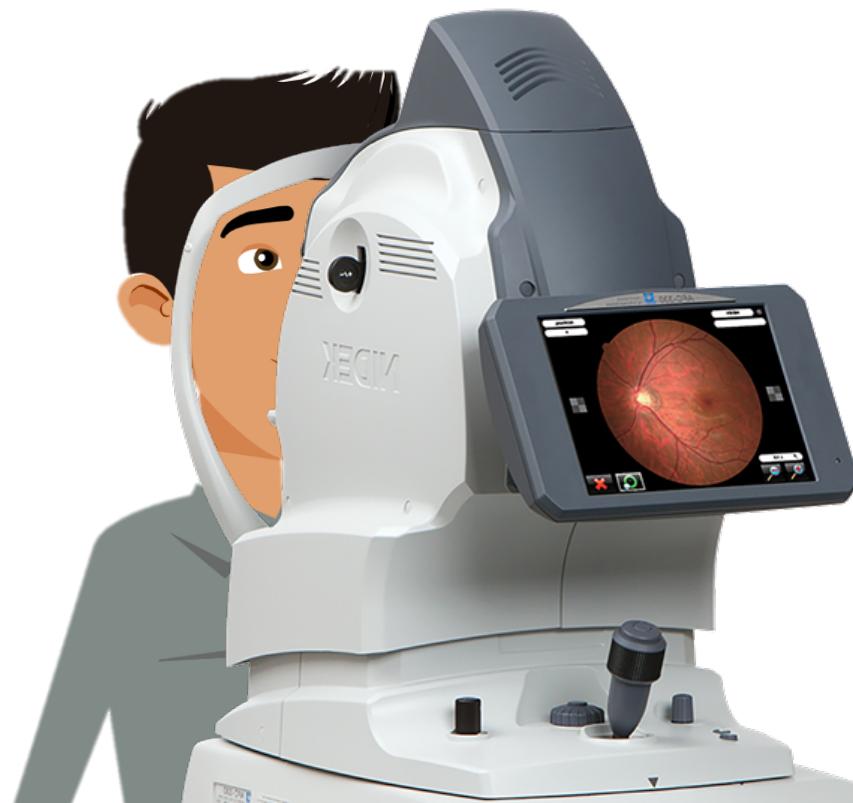
**¿Cómo podemos llevar el control anual
a estas personas que se nos escapan?**

telemedicina



La telemedicina como alternativa de diagnóstico

La **retinografía** o **fotografía de fondo de ojo**



La telemedicina como alternativa de diagnóstico

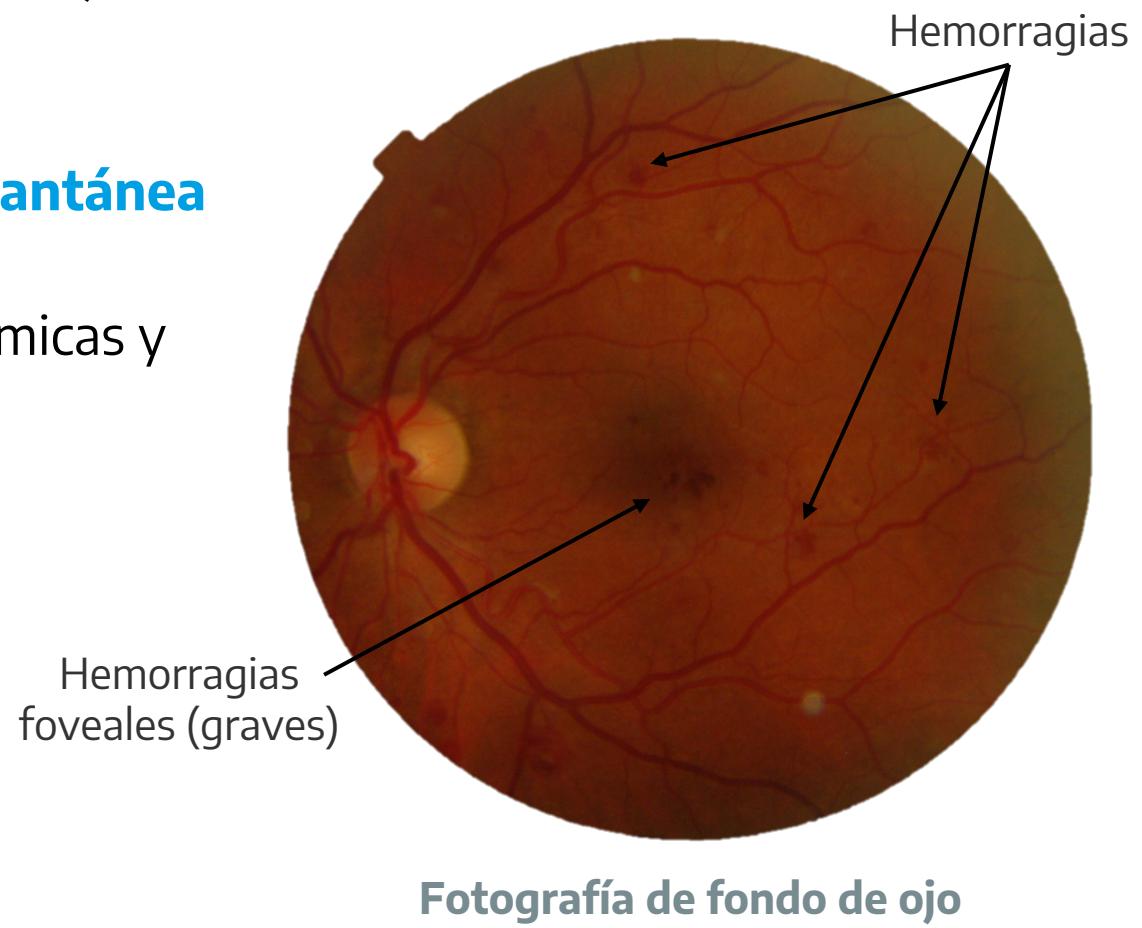
La retinografía o fotografía de fondo de ojo

Modalidad de **imagen médica no-invasiva e instantánea**

Permite **ver la retina**, estudiar sus regiones anatómicas y **verificar si existen lesiones por retinopatía**



Retinógrafo o
cámara de fondo de ojo



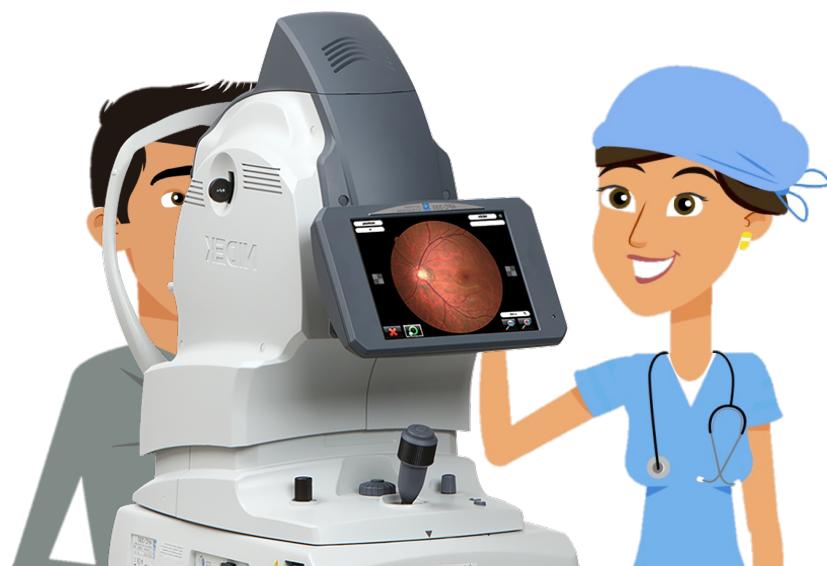
Hemorragias
foveales (graves)

Fotografía de fondo de ojo

La telemedicina como alternativa de diagnóstico

La retinografía o fotografía de fondo de ojo

Equivalente al **examen de fondo de ojo tradicional**,
pero **digital y persistente** (se guarda la imagen)



Fotografía de fondo de ojo

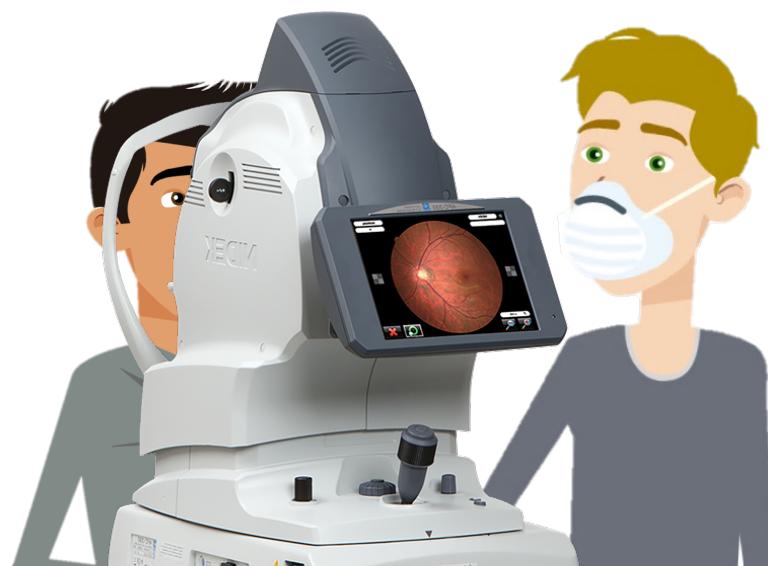
La telemedicina como alternativa de diagnóstico

La retinografía o fotografía de fondo de ojo

Equivalente al **examen de fondo de ojo tradicional**, pero **digital y persistente** (se guarda la imagen)

Versión no-midriática **es muy fácil de capturar** (no requiere dilatar previamente la pupila)

**Ya no necesitamos
un/a oftalmólogo/a en
el lugar!**

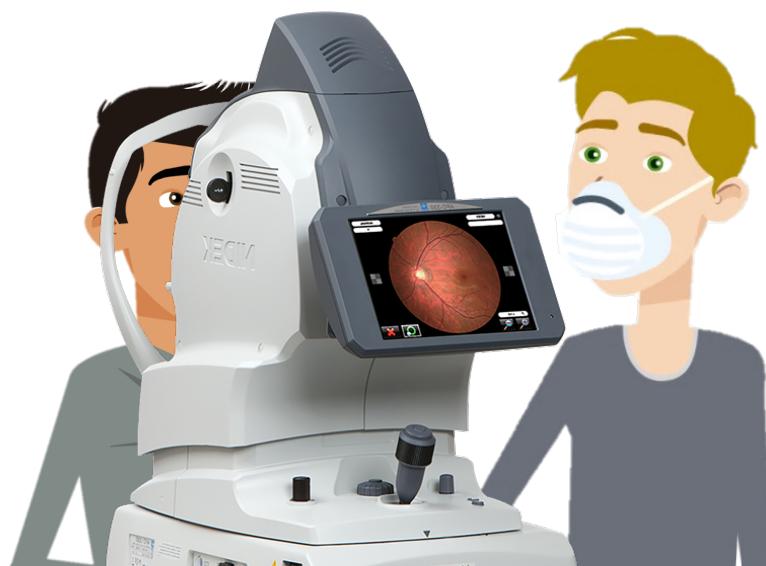


La telemedicina como alternativa de diagnóstico

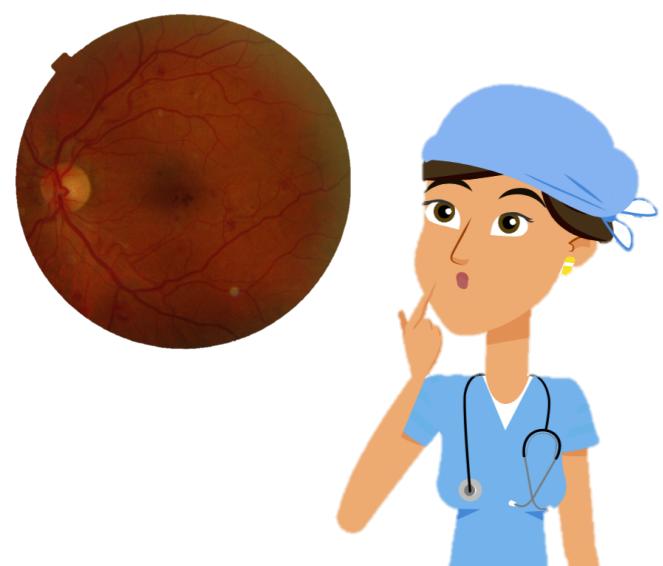
La retinografía o fotografía de fondo de ojo

Equivalente al **examen de fondo de ojo tradicional**, pero **digital y persistente** (se guarda la imagen)

Versión no-midriática **es muy fácil de capturar** (no requiere dilatar previamente la pupila)



**Ya no necesitamos
un/a oftalmólogo/a en
el lugar!**

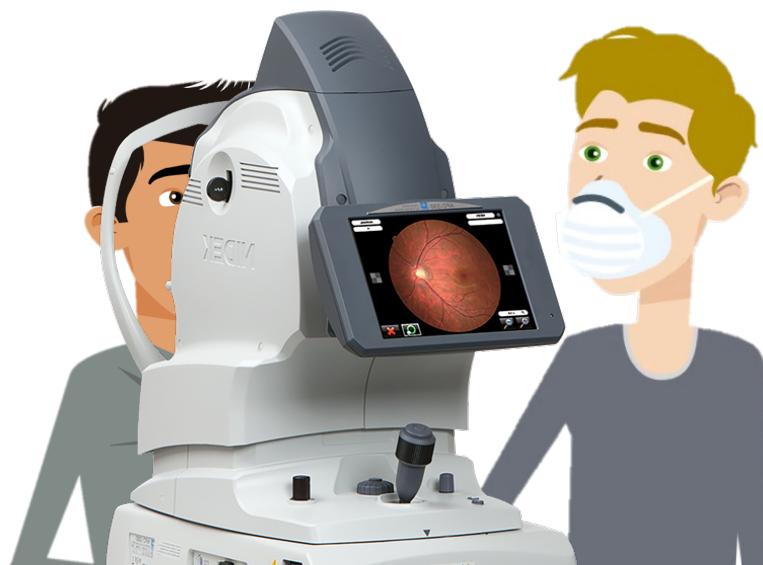


La telemedicina como alternativa de diagnóstico

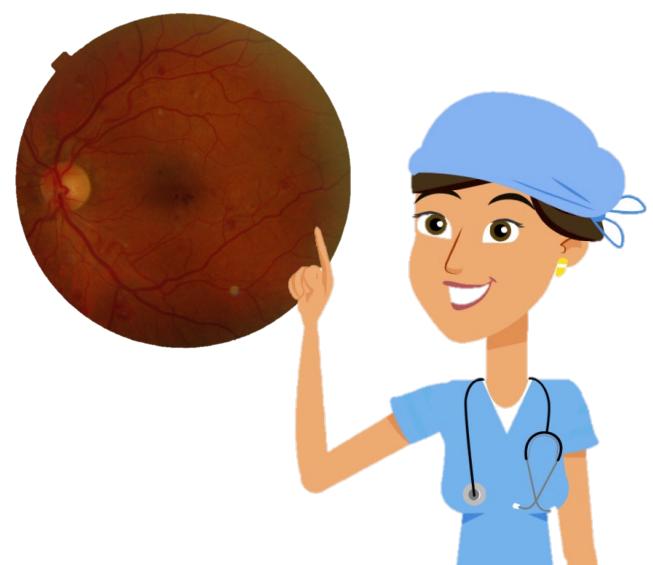
La retinografía o fotografía de fondo de ojo

Equivalente al **examen de fondo de ojo tradicional**, pero **digital y persistente** (se guarda la imagen)

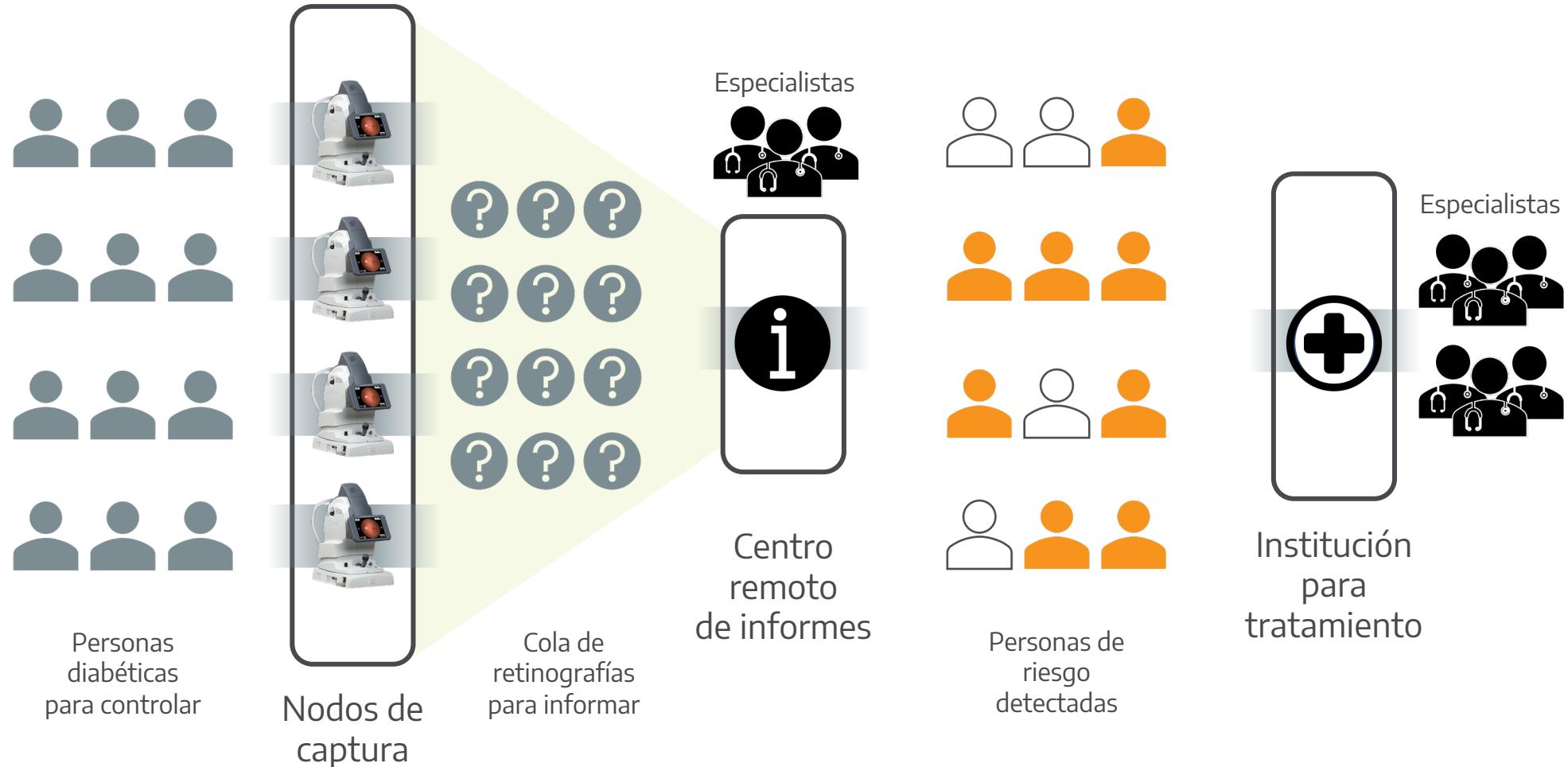
Versión no-midriática **es muy fácil de capturar** (no requiere dilatar previamente la pupila)



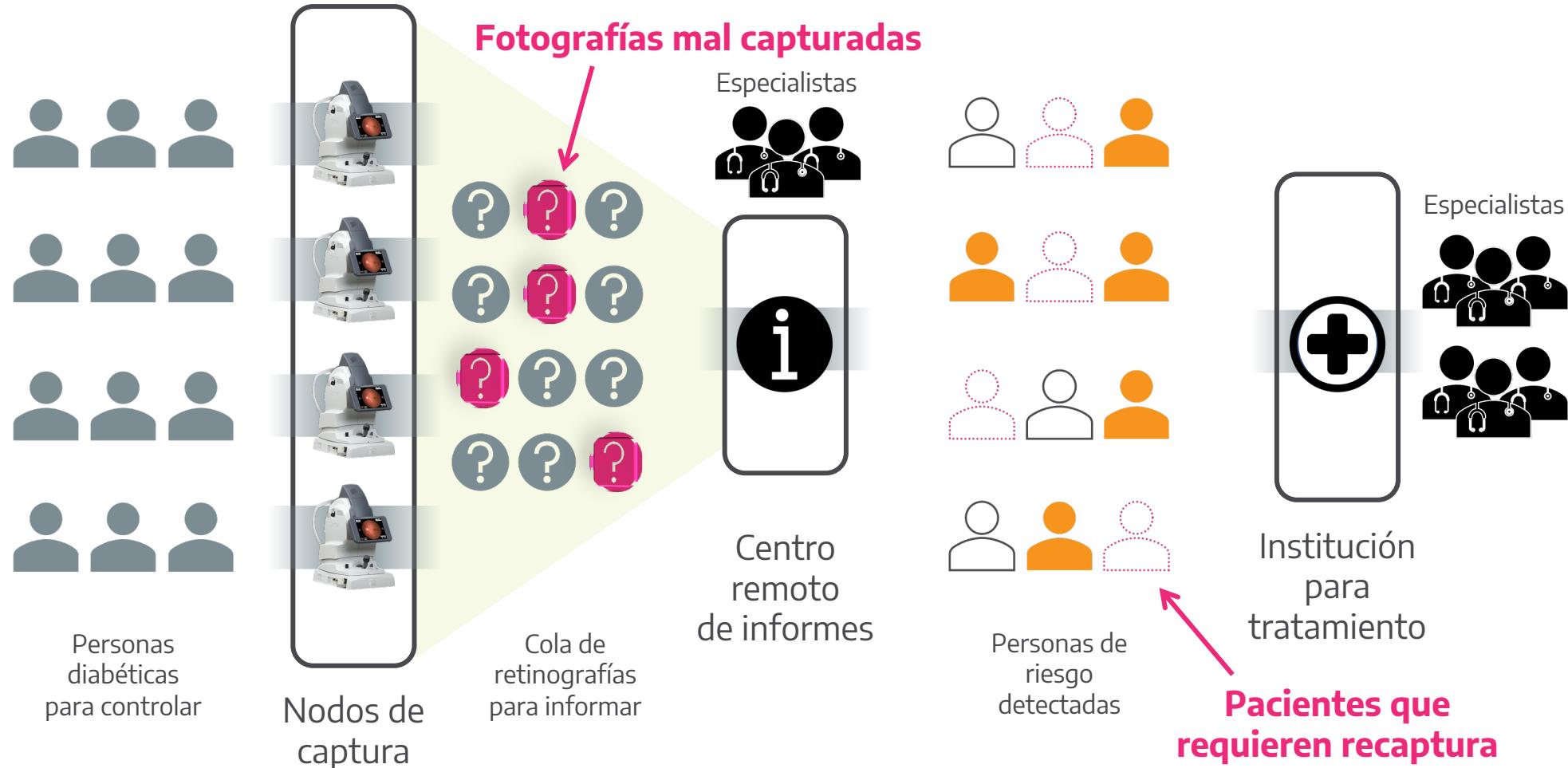
**Ya no necesitamos
un/a oftalmólogo/a en
el lugar!**



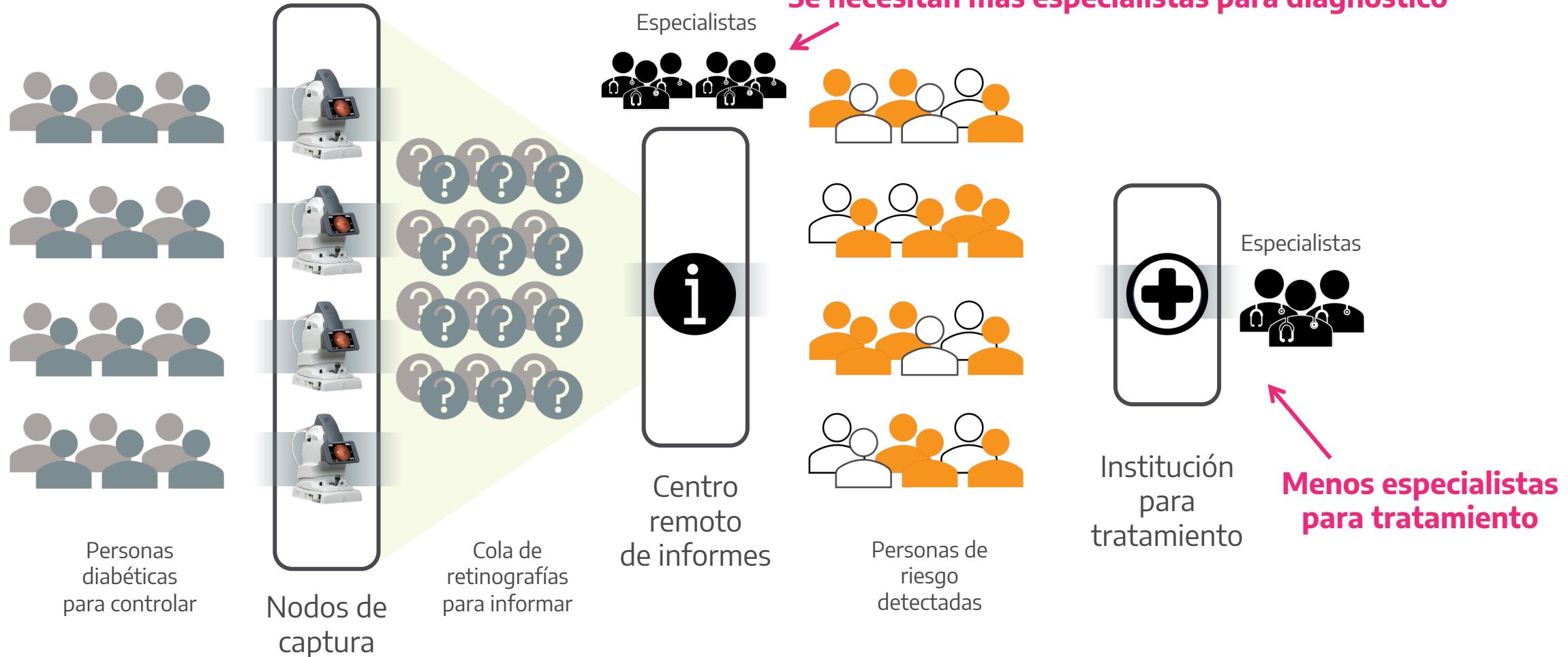
La telemedicina como alternativa de diagnóstico



Dificultades de la teleoftalmología tradicional



Dificultades de la teleoftalmología tradicional



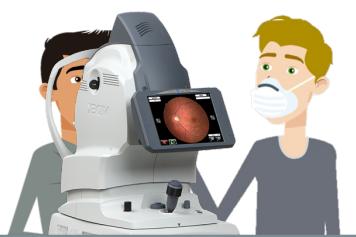
retinar

Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética



Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética

Captura asistida en nodos remotos



Control de calidad automático para mejorar eficiencia en la captura



Recomendación de recaptura

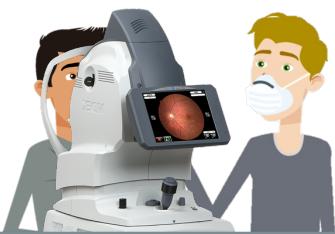
Pre-diagnóstico y tamizado de casos de riesgo

(Imagenes de muestra)

Diagnóstico e informe asistido

Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética

Captura asistida en nodos remotos

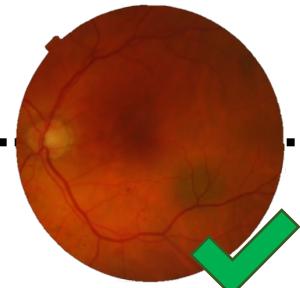


Control de calidad automático para mejorar eficiencia en la captura



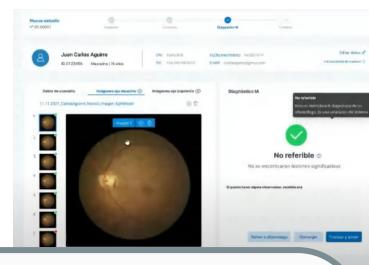
Recomendación de recaptura

Pre-diagnóstico inmediato para el paciente



Informe detallado para el paciente y sugerencias de tratamiento

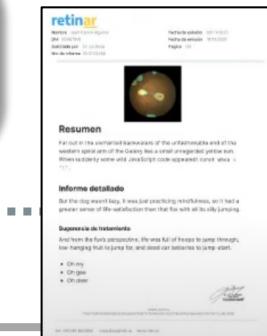
Pre-diagnóstico y tamizado de casos de riesgo



Determinación automática de necesidad de referibilidad del caso a un/a oftalmólogo/a

Identificación automática de lesiones

Predicción de severidad y riesgo de la retinopatía



Diagnóstico e informe asistido



Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a



Trabajo Final de Ingeniería de Sistemas Tomás Castilla (Becario INI / UNICEN)



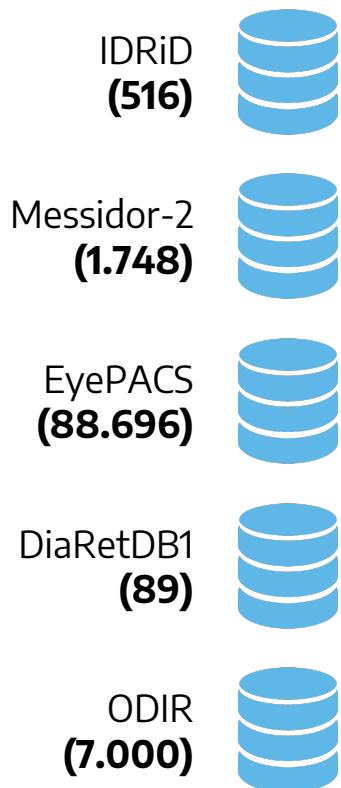
Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Necesitamos:

- Valores altos de sensibilidad y especificidad
- Robustez a variaciones en cámaras, comorbilidades, resoluciones, étnias, ...
- Feedback para el/la profesional

Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

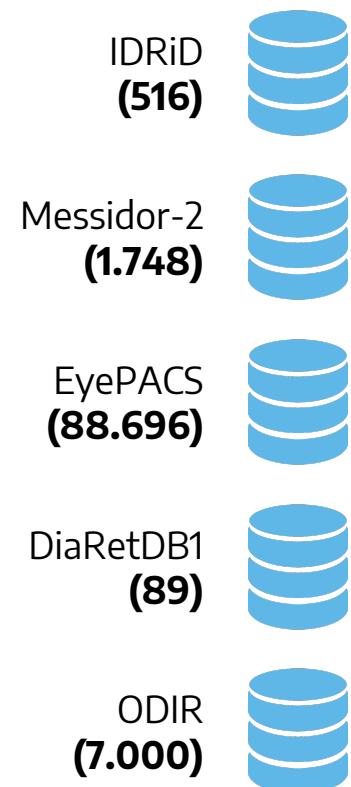


Datos no uniformes

- **Estrategias de etiquetado**
- **Variaciones en la resolución del FOV**

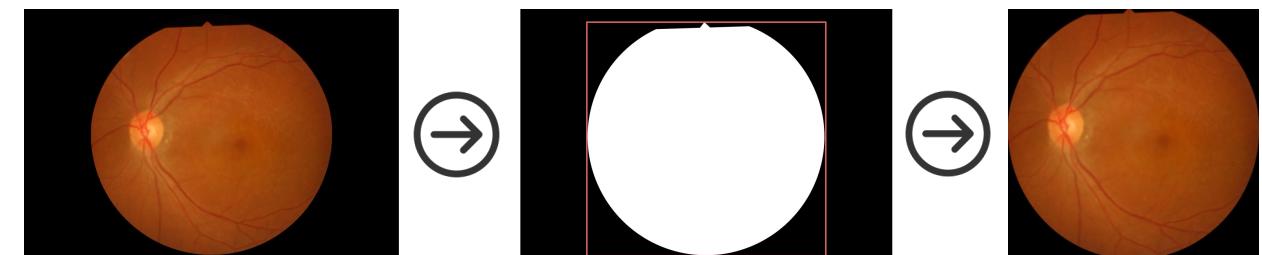
Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a



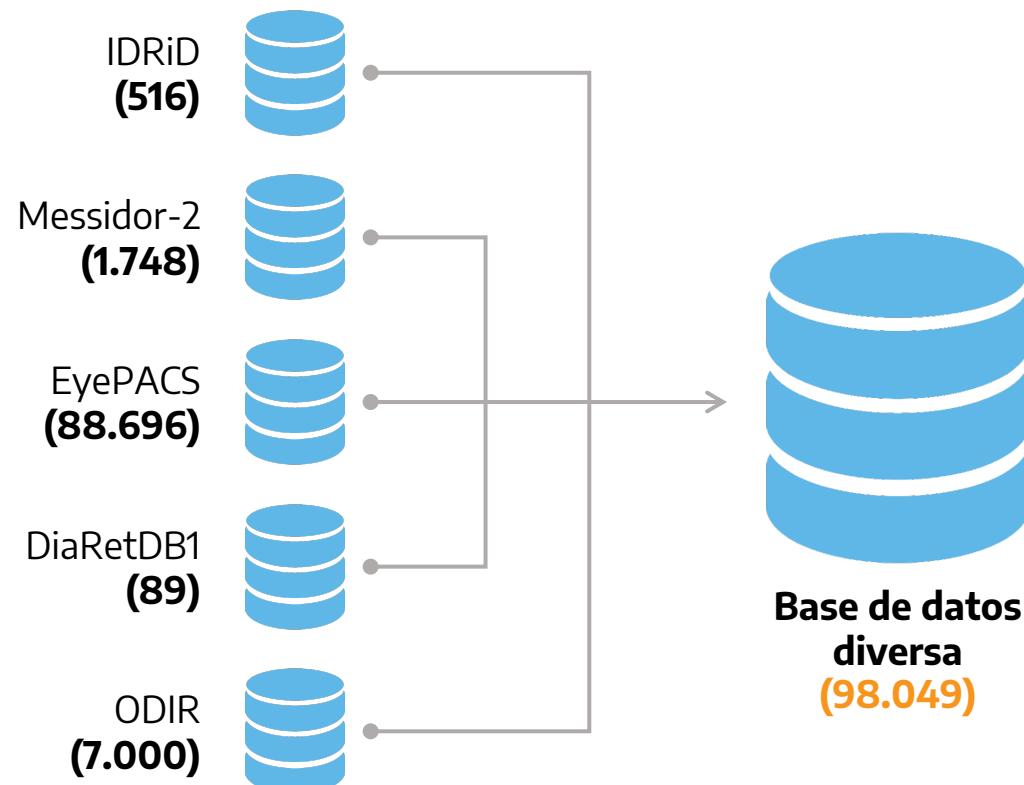
Datos no uniformes

- Estrategias de etiquetado
- Variaciones en la resolución del FOV



Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

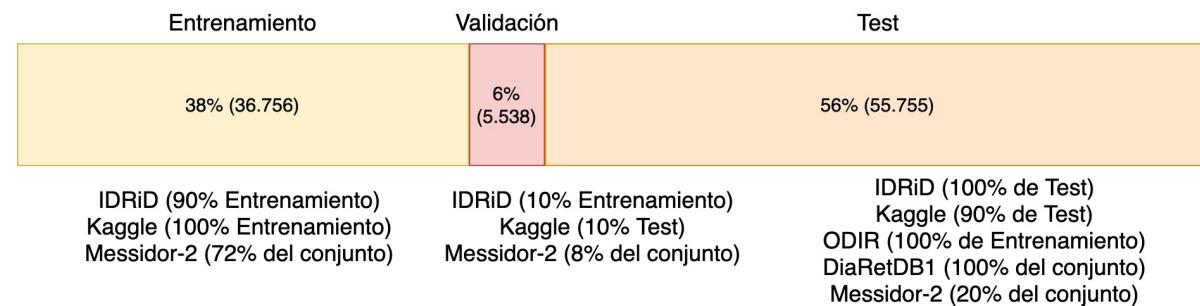


Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a



Base de datos diversa (98.049)

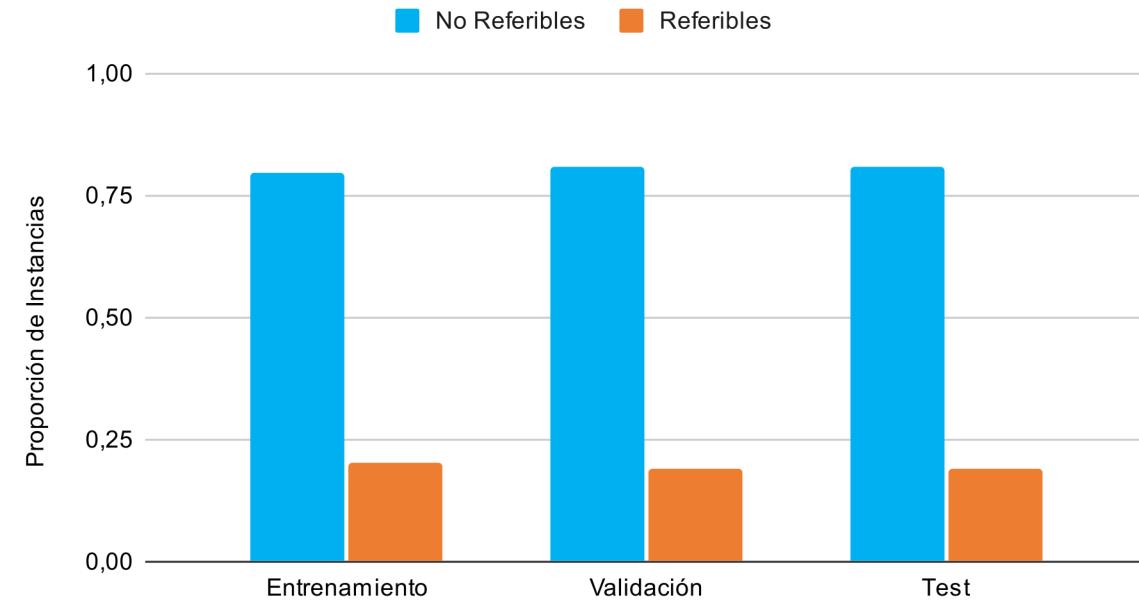


Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

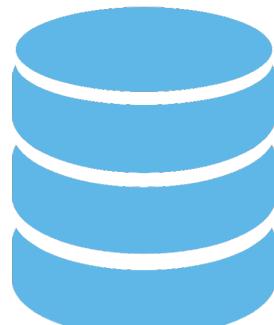


Base de datos diversa (98.049)

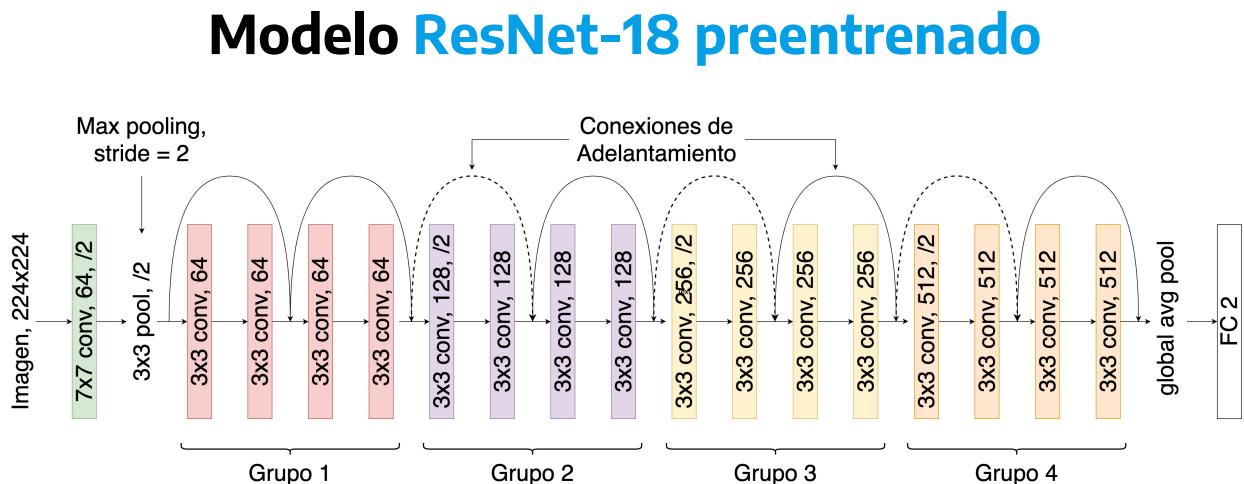


Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a



Base de datos diversa (98.049)



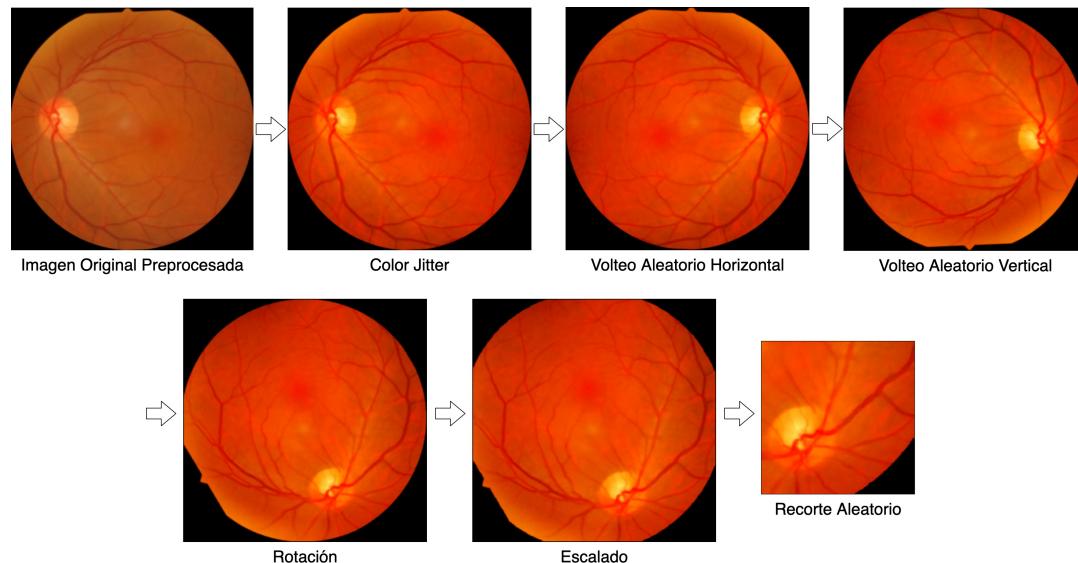
Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a



Base de datos diversa (98.049)

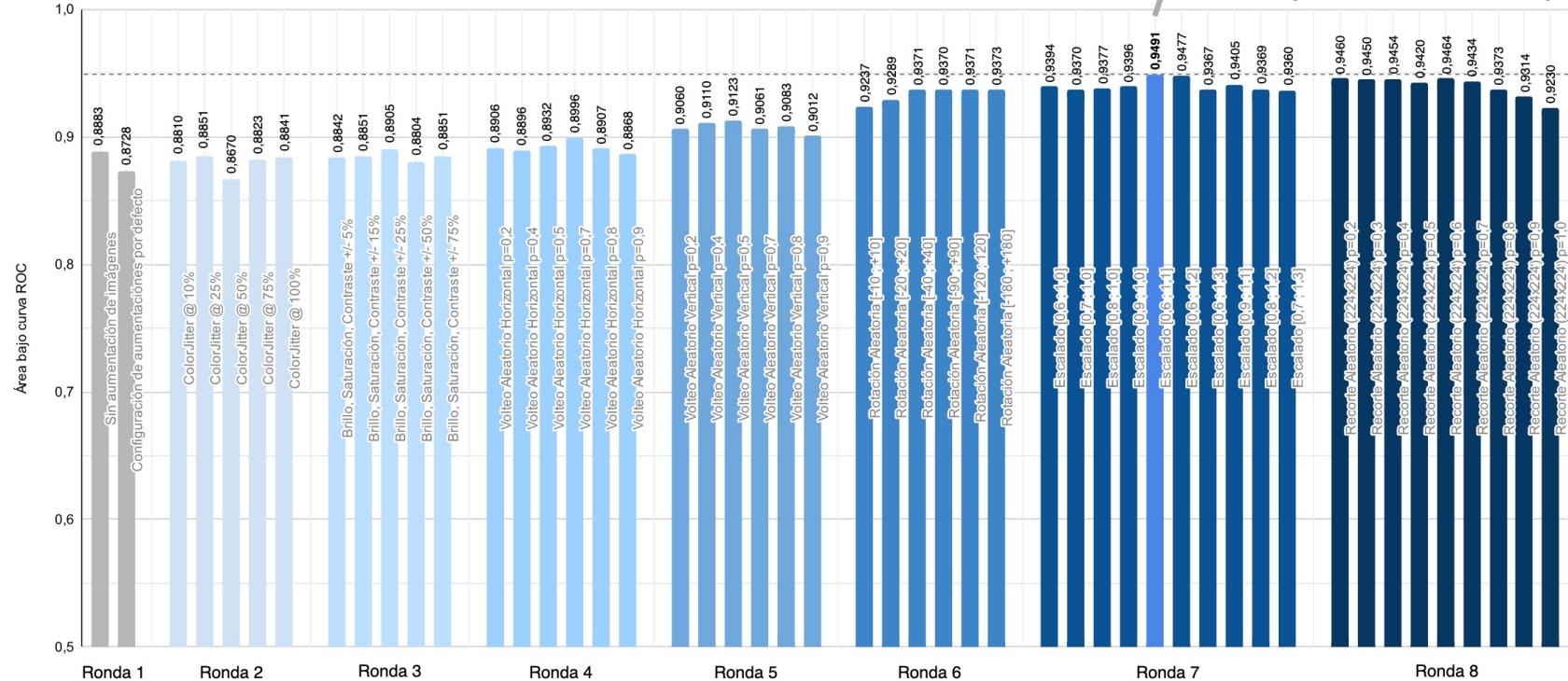
Ajuste sistemático de estrategias de augmentation



Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

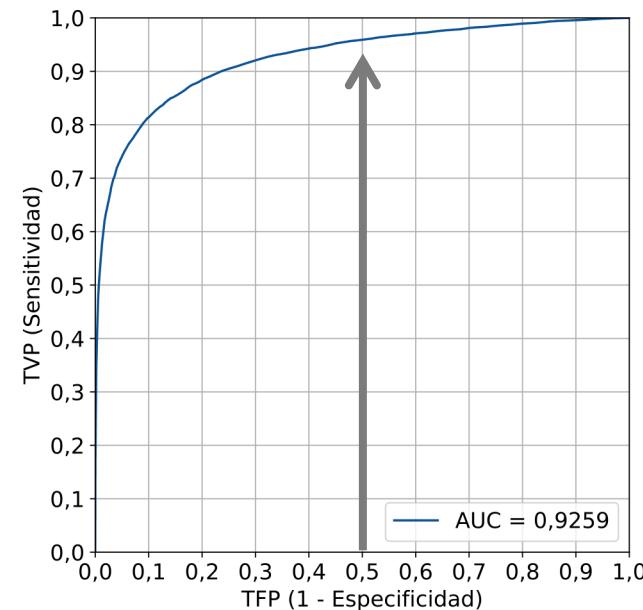
Área bajo curva ROC de los modelos sobre conjunto de validación



Inteligencia artificial para el **diagnóstico asistido** de la **retinopatía diabética**

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación cuantitativa



Mayor al 70%

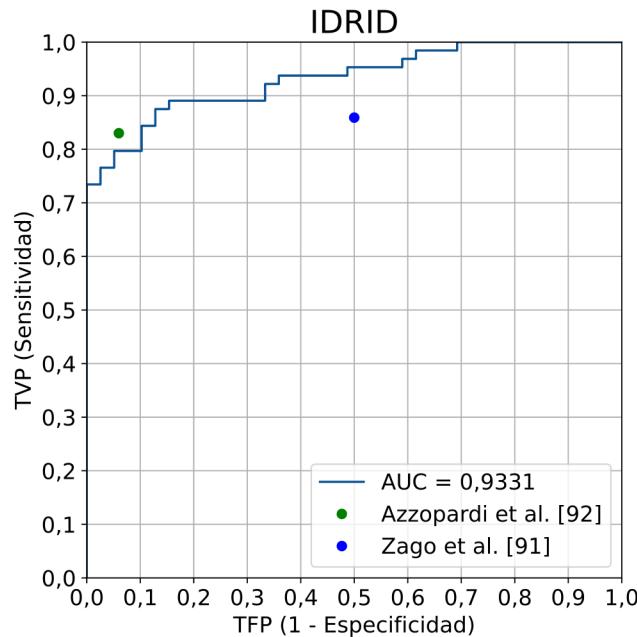


Conjunto	AUC	Sensibilidad para Especificidad = 50%
Diabetic Retinopathy Database (DiaRetDB1)	0.970	0.978
IDRiD	0.933	0.953
Kaggle	0.932	0.961
Messidor-2	0.934	0.934
ODIR	0.899	0.952
Global	0.926	0.959

Evaluation of a computer-aided diagnosis system for diabetic retinopathy screening on public data
Sanchez et al. Investigative Ophthalmology & Visual Sciences. 2011

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

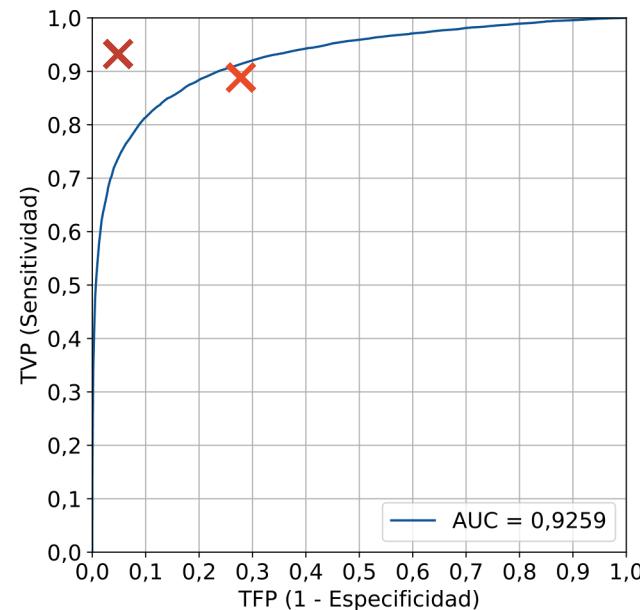
Evaluación **cuantitativa**



- Efectividad comparable a la de otros trabajos de la literatura
- Sin haber incorporado aún modelado explícito del dominio

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cuantitativa**



retinar

AUC = 0.924

n = 55.755
estudios



AUC = 0.944

n = 137
estudios

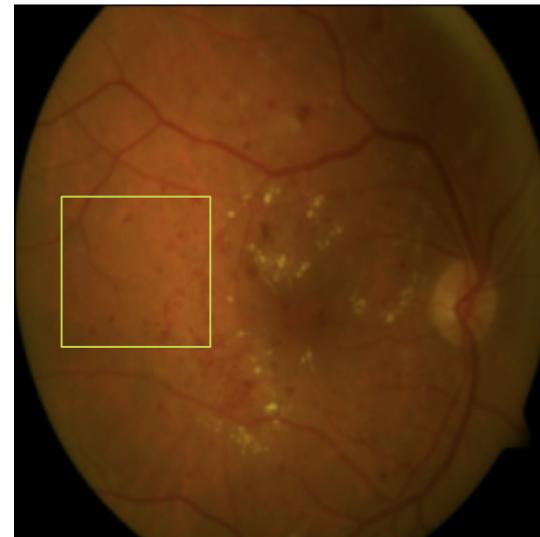


AUC = 0.839

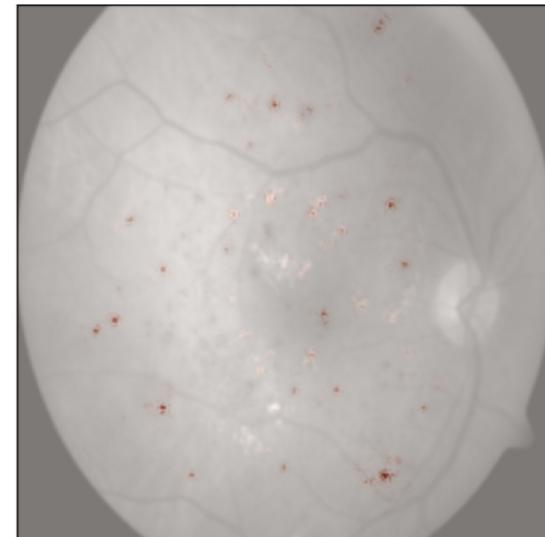
Analysis and Comparison of Two Artificial Intelligence Diabetic Retinopathy Screening Algorithms in a Pilot Study: IDx-DR and Retinalyze.
Grzybowski & Brona. Journal of Clinical Medicine. 2021

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cualitativa** mediante **mapas de atribución**



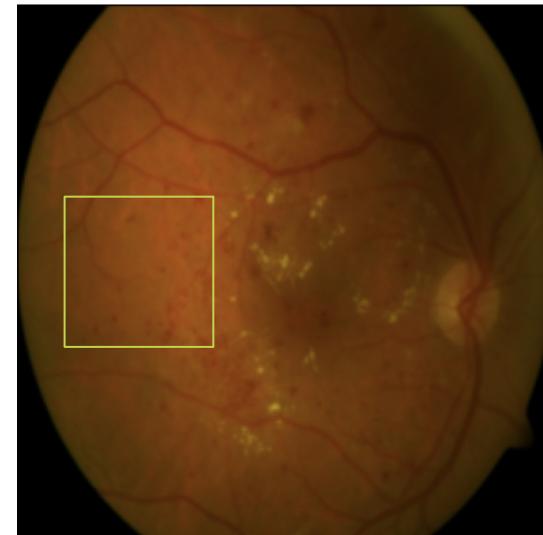
Caso referible



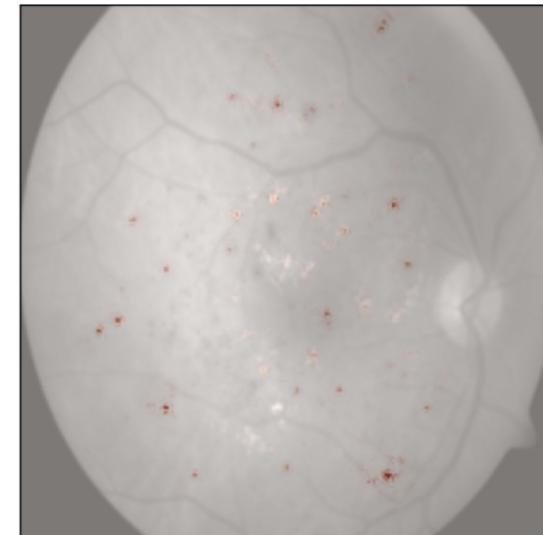
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cualitativa** mediante **mapas de atribución**



Caso referible



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

Activaciones en presencia de lesiones rojas

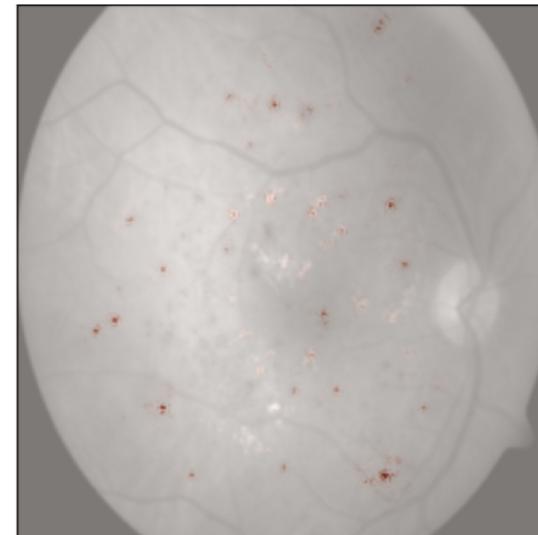


Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cualitativa** mediante **mapas de atribución**



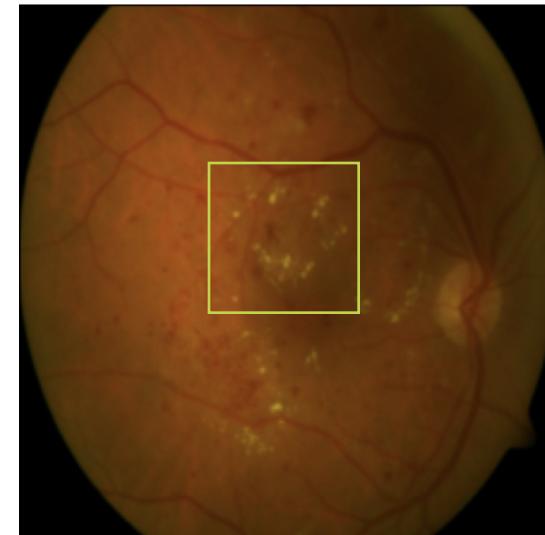
Caso referible



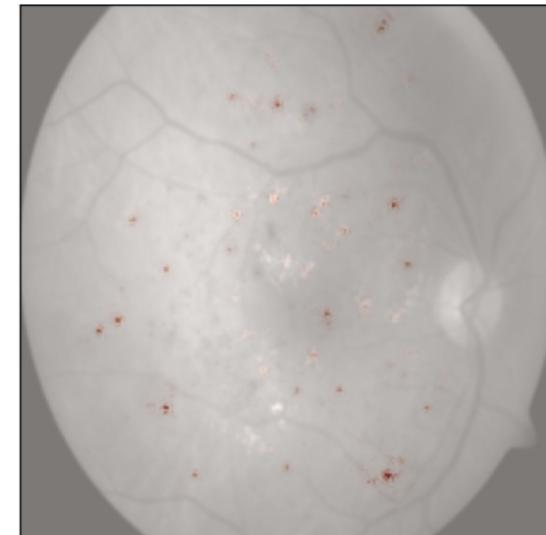
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cualitativa** mediante **mapas de atribución**



Caso referible

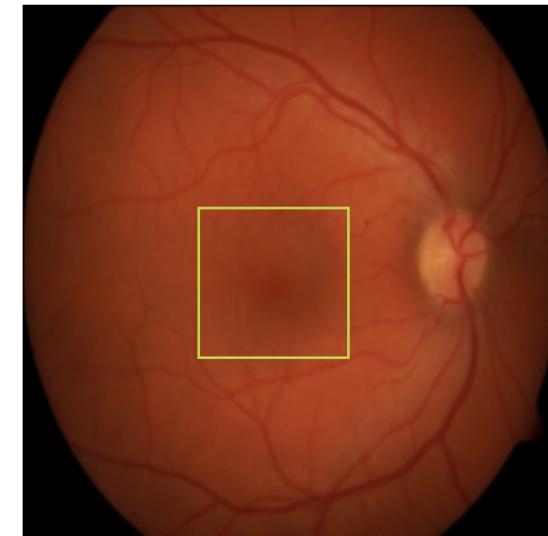


Activaciones en presencia de **exudados**

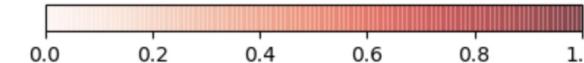
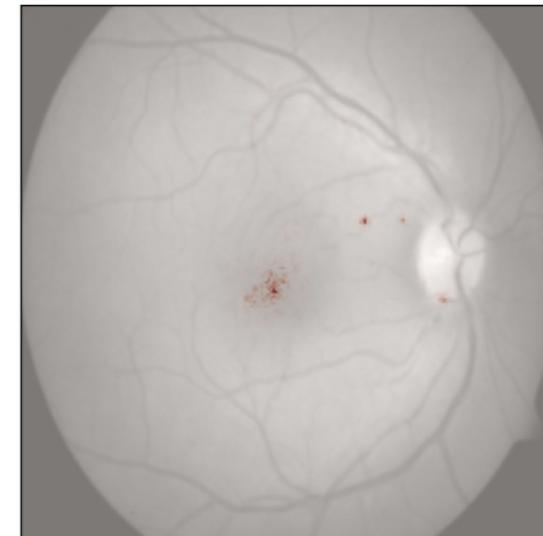


Determinación automática de necesidad de **referibilidad** del caso a un/a oftalmólogo/a

Evaluación **cualitativa** mediante **mapas de atribución**



Caso no referible

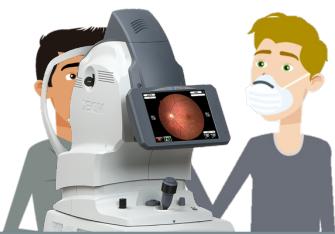


Activaciones en la región macular (sin lesiones)



Inteligencia artificial para el diagnóstico asistido de la retinopatía diabética

Captura asistida en nodos remotos

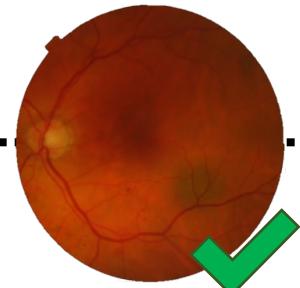


Control de calidad automático para mejorar eficiencia en la captura



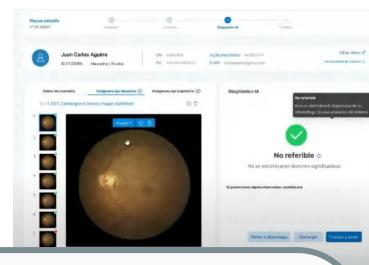
Recomendación de recaptura

Pre-diagnóstico inmediato para el paciente



Informe detallado para el paciente y sugerencias de tratamiento

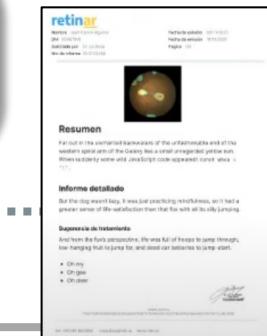
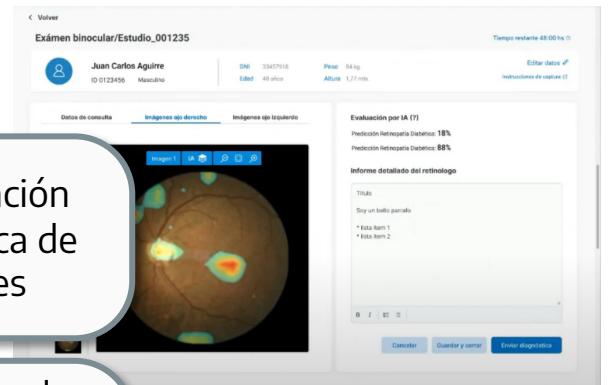
Pre-diagnóstico y tamizado de casos de riesgo



Determinación automática de necesidad de referibilidad del caso a un/a oftalmólogo/a

Identificación automática de lesiones

Predicción de severidad y riesgo de la retinopatía



Diagnóstico e informe asistido

¿Dónde estamos ahora?

retinar

Fase 1: Desarrollo del MVP



UNICEN
Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina

Determinación automática
de necesidad de
referibilidad del caso a un/a
oftalmólogo/a

- Estudio retrospectivo de efectividad clínica del algoritmo
- Evaluación comparativa más estandarizada

Control de calidad
automático para mejorar
eficiencia en la captura

- Entrenamiento de algoritmos base de clasificación
- Evaluación + clustering para recomendación de correcciones



¿Dónde estamos ahora?

retinar

Fase 1: Desarrollo del MVP



Ministerio de
Desarrollo Productivo
Argentina



PAC Emprendedores para la Innovación:
Desarrollo del prototipo navegable / funcional



Interfaz
Técnico/a

Interfaz
Retinólogo/a

Interfaz
Paciente



Plan de crecimiento

retinar

Fase 1: Desarrollo del MVP

Fase 2: Prueba piloto en instituciones de salud

Fase 3: Integración de módulos de grado de RD, riesgo de EMD y cuantificación de lesiones

Fase 4: Registración temporal de estudios para análisis de cambios longitudinales

Fase 5: Integración de módulos para glaucoma



Nuestro equipo



José Ignacio Orlando

Co-fundador / IA

Especialista en IA aplicada en oftalmología

Doctor en Matemática Computacional e Industrial e Ingeniero de Sistemas.
Investigador Asistente de CONICET (PLADEMA/UNICEN)



Mercedes Leguía

Co-fundadora / Retina

Médica oftalmóloga especialista en retina

Jefa del Servicio de Oftalmología del Hospital “El Cruce”
Postgrado clínico/quirúrgico en patología de retina/vítreo.



Alejandro Koch

Co-fundador / Telemedicina

Médico cardiólogo especialista en telemedicina

Coordinador del Área de Telemedicina del Hospital “El Cruce”. Postgrado en Economía y Gestión de la Salud y en Telesalud.



Ignacio Larrabide

Co-fundador / Tecnología

Especialista en tecnología aplicada en salud

Doctor en Modelado Computacional e Ingeniero de Sistemas.
Investigador Independiente de CONICET (PLADEMA/UNICEN)

¿Te interesa investigar en temas de oftalmología e inteligencia artificial?

¡Podés sumarte a Yatiris, nuestro laboratorio en Tandil!

Escribinos a jiorlando@pladema.exa.unicen.edu.ar



Web: <https://yatiris.github.io>
Twitter: @yatirisARG



conocé más en
retinar.com.ar



¡Gracias por su atención!

¿Preguntas?



<https://ignaciorlando.github.io>



jiorlando@pladema.exa.unicen.edu.ar



@ignaciorlando