

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA**



**“EFICIENCIA DEL EXAMEN DE FONDO DE OJO
PREVENTIVO DE LA PROVINCIA DE SAN FELIPE:
TELOFTALMOLOGÍA VERSUS RETINOGRAFÍA POR
TECNÓLOGO MÉDICO”**

EVELYN CISTERNA VEGA

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN SALUD PÚBLICA

PROFESOR GUIA DE TESIS: DR. CRISTIAN REBOLLEDO DÍAZ

Santiago, OCTUBRE 2022

Dedicado

A Dios, en quien todo lo puedo porque me fortalece.

A mi esposo por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento en todo momento, por su amor y paciencia en este proceso.

A mi hermano por su apoyo y revisión de este trabajo.

A mis padres, que me motivan a seguir creciendo y me mostraron que con esfuerzo y constancia todo se puede.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que estuvieron presentes durante todo este tiempo y de alguna manera contribuyeron en esta tesis. En especial a mi profesor guía, Dr. Cristian Rebolledo Diaz, por su orientación, apoyo y compromiso durante todo el proceso, ayudándome a dar lo mejor en esta investigación.

También agradecer a mis colegas Tecnólogos Médicos de las UAPO de Catemu, San Felipe y Los Andes por su colaboración desinteresada en la entrega de datos necesarios para realizar este trabajo y por la gran labor que cumplen en el cuidado de la salud visual de los pacientes en sus respectivos centros de salud de Atención Primaria.

Un agradecimiento muy especial a mi amiga y colega Pilar Illanes, quien siempre estuvo apoyándome, dándome ánimos y estuvo siempre cuando más la necesite. A mi familia por todo su apoyo incondicional a quien dedico este logro.

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

APS	Atención Primaria de Salud	NV	No Visible
CESFAM	Centro de Salud Familiar	OMS	Organización Mundial de la Salud
DART	Diagnostico Automatizado de Retinografía Telemáticas	ONG	Organizaciones No Gubernamentales
DM	Diabetes Mellitus	PNSO	Programa Nacional de Salud Ocular
EE.UU	Estados Unidos	RD	Retinopatía Diabética
FO	Fondo de Ojo	RDNP	Retinopatía Diabética No Proliferativa
GES	Garantías Explícitas en Salud	RDP	Retinopatía Diabética Proliferativa
IA	Inteligencia Artificial	SOCHIOF	Sociedad Chilena de Oftalmología
MAIS	Modelo de Atención Integral de Salud familiar y Comunitaria	SS	Servicio de Salud

MG	Médico General	TMO	Tecnólogo Médico en Oftalmología
MINSAL	Ministerio de Salud	UAPO	Unidad de Atención Primaria de Oftalmología
MO	Médico Oftalmólogo	VR	Vicio de Refracción
NO	Nervio Óptico		

ÍNDICE GENERAL

Tema	Pág.
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1.- Atención Oftalmológica en el Sistemas de Salud chileno.....	12
2.1.1.- Evolución de la Oftalmología en APS.....	12
2.1.2.- Experiencia mundial en Oftalmología y Teleoftalmología en APS.....	14
2.1.3.- Sistemas de Salud en Chile.....	17
2.2.- Retinopatía diabética en APS.....	20
2.2.1.- Epidemiología de la RD.....	21
2.2.2.- Factores de Riesgo y Clasificación de la RD.....	22
2.2.3.- Telemedicina.....	24
2.2.4.- Tecnologías Sanitarias para diagnóstico de RD en APS.....	25
2.2.5.- Técnica de Exploración de FO Médico.....	26
2.2.6.- Técnica de Evaluación de Polo Posterior por TMO y DART.....	28
CAPÍTULO III. PROBLEMA DE INVESTIGACION E HIPÓTESIS.....	32

CAPÍTULO IV. OBJETIVOS.....	33
4.1. Objetivo General.....	33
4.2. Objetivos Específicos.....	33
CAPÍTULO V. MARCO METODOLÓGICO.....	34
5.1.- Diseño de Investigación.....	34
5.2.- Universo y muestra.....	34
5.3.- Operacionalización de variables.....	34
5.4.- Recolección de la Información.....	38
5.5.- Análisis de la Información.....	39
5.6.- Aspectos Éticos.....	49
5.7.- Limitaciones del Estudios.....	50
CAPÍTULO VI. RESULTADOS.....	51
6.1.- Recolección de datos.....	51
6.2.- Análisis de datos.....	52
CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN.....	61
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIÓN.....	67
REFERENCIAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Figura	Pág.
Figura 1	Estructura del Sistema de Salud.....	18
Figura 2	Retinografía de paciente con Retinopatía Diabética.....	21
Figura 3	Clasificación de RDNP.....	23
Figura 4	Clasificación de RDP.....	23
Figura 5	Flujograma de teleoftalmología.....	25
Figura 6	Proceso Asistencial paciente diabético UAPO.....	26
Figura 7	Técnica de Oftalmoscopia Indirecta para examen de FO.....	27
Figura 8	Tasa de Cobertura de FO Periodo 2011-2019.....	28
Figura 9	Examen de fondo de ojo por Retinografía no Midriática.....	30
Figura 10	Pantalla de inicio usuario plataforma DART.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

	Tabla	Pág.
Gráfico 1	Distribución de las unidades de análisis.....	52
Gráfico 2	Distribución de hallazgos.....	53
Gráfico 3	Precisión General.....	53
Gráfico 4	Calidad del Screening.....	54
Tabla 1	Indicadores de Precisión General.....	55
Tabla 2	Relación de precisión entre screening.....	55
Tabla 3	Oportunidad Diagnostica.....	56
Tabla 4	Precisión especifica por grado de RD.....	58

Resumen

En Chile, así como en el mundo, la RD es un problema de salud pública, y las nuevas estrategias empleadas buscan lograr llegar a la mayor cantidad de población y pesquisar lo antes posible esta patología. La estrategia utilizada en Chile para lograr esto es el análisis de imágenes de FO a través de IA (DART). El objetivo de este estudio es comparar el tamizaje del TMO versus la plataforma ministerial DART, midiendo la precisión, oportunidad diagnóstica y el costo asociado a estas estrategias. La hipótesis, es que el TMO es mejor estrategia que DART.

Método: Se trabajó sobre una base de datos recopilada durante el año 2019 de la UAPO San Felipe; de los 4.012 ojos evaluados por FO, 3.416 cumplieron con los criterios de análisis. Las imágenes de FO utilizadas en este estudio fueron analizadas por TMO, DART y MO, quien fue considerado como el gold standard al momento de comparar las estrategias. Las imágenes fueron adquiridas con una cámara retinal no midriática AFC 330. **Resultados:** El TMO y DART presentan una especificidad de 99.0%, siendo la principal diferencia la sensibilidad, donde el TMO presenta una sensibilidad de 99.0% y DART 70.0%. Esta diferencia es mayor al momento de pesquisar RD en estadios más avanzados, llegando a ser el TMO 2,04 veces más sensible que DART. En cuanto al costo de la estrategia asociado a un mal diagnóstico, DART presenta mayor costo que TMO. **Conclusión:** El TMO como estrategia de pesquisa precoz de RD es más sensible que DART, siendo el ideal para utilizar en UAPO, ya que permite acceder a un diagnóstico precoz y tratamiento oportuno, generando un ahorro, ya que la evaluación de FO está dentro de sus funciones y no se genera un pago extra por esta prestación, como ocurre con DART.

Palabras claves: Retinopatía Diabética, DART, Fondo de ojo, Atención Primaria de Salud, Tecnólogo Médico.

Capítulo I: Introducción

La retinopatía diabética (RD) es una de las complicaciones oftalmológicas más frecuente de las personas con diabetes mellitus (DM), representa la tercera causa de ceguera irreversible a nivel mundial, pero la primera en personas en edad productiva, y la primera en los países en vías de desarrollo (1). Investigaciones nacionales y extranjeras, reportaron que al momento del diagnóstico de diabetes tipo 2, entre 15% y 20% de los pacientes, presentaron algún grado de RD (2)(3) (4). En nuestro país hubo un aumento sostenido de esta patología, principalmente por el mal control de la DM, la falta de actividad física y una dieta no balanceada (4). Esto generó un aumento del gasto en tratamiento y prevención de la RD, además del costo social que esto conlleva. En Chile, “sobre 85% de las personas que tiene diabetes conoce su condición, sin embargo, solo 19,7% está bien controlada” (4). La ceguera por RD es prevenible en un 80% de los casos, siempre que se realice una detección y tratamiento temprano (5).

El control y prevención de RD se realiza en el nivel de Atención Primaria de Salud (APS), específicamente en las Unidades de Atención Primaria de Oftalmología (UAPO) donde se lleva a cabo una consulta integral del paciente diabético que incluye la evaluación de fondo de ojo (FO) (1).

El procedimiento Gold Standard para diagnóstico de RD es el FO clínico con dilatación pupilar realizado por médico oftalmólogo (MO), pero como el proceso asistencial de FO para APS depende de planes que sean altamente eficientes, dado la alta demanda asistencial y los recursos financieros para ello, este FO fue reemplazado por estrategias de tamizaje que incluyen la teleoftalmología, donde, un Tecnólogo Médico con mención en Oftalmología (TMO) en una UAPO realiza una retinografía (imágenes que muestran el fondo de ojo) y luego estas son cargadas en una plataforma para ser diagnosticadas, a través de un software que

funciona con Inteligencia Artificial (IA), o son evaluadas por MO que resuelve el diagnóstico en los casos que el software no puede analizar las imágenes. Inicialmente esta estrategia pretendía realizar una confirmación diagnóstica de RD a un costo menor (6) (7) que el examen clínico por parte del MO ; sin embargo, se observó un importante número de errores diagnósticos que llevaron a redireccionar el objetivo declarado de la estrategia (6), hacia un plan para pesquisar sanos y que los casos sospechosos igualmente deban ser examinados por un MO de manera telemática y asincrónica.(8,9) No obstante a lo anterior, la cantidad de falsos positivos y negativos observados no es despreciable y el tiempo que demora en emitir el informe del examen es, en la mayoría de los casos, excesivo. Dicho esto, es importante revisar la incorporación del software de IA y revisar si esta constituye una alternativa que ofrezca mejoras, en términos de efectividad y eficiencia, respecto de una estrategia que incluya, por ejemplo, la participación del TMO en el proceso diagnóstico de RD.

Expuesto el problema y la relevancia de la RD como un problema de salud pública que involucra lo clínico y social, se decidió comparar la eficiencia de la estrategia de IA versus la eficiencia clínica del TMO comparado con el Gold Standard que es el FO clínico con dilatación pupilar por MO. Los datos utilizados se extrajeron de una base de datos, obteniendo la precisión de cada una de las estrategias, así como la oportunidad diagnóstica, lo cual nos dará la eficiencia de cada uno.

Capítulo II: Marco Teórico

El estado del arte y el contexto en que se desarrolló el problema abordado se presenta en este marco teórico, a través de la revisión de literatura, documentos y publicaciones nacionales e internacionales que señalan la temática de la RD y su relevancia en Salud Pública, así como la importancia de un diagnóstico y tratamiento precoz a través de estrategias ministeriales en APS que buscan evitar la ceguera.

2.1. Atención Oftalmológica en el Sistema de Salud chileno

2.1.1. Evolución de la Oftalmología en APS

El acceso a la salud visual en Chile ha sido un problema constante para los usuarios, debido a que es una consulta que demanda un alto gasto de bolsillo y las autoridades de salud que están en conocimiento de esto, buscan estrategias para ampliar la cobertura y llegar a toda la población.

En 1960 nació un plan piloto que creó la primera UAPO y acercó la atención oftalmológica de especialidad a la APS (10). Posteriormente, se generaron diversas estrategias que han acercado la oftalmología a la población, como el Programa Nacional de Salud Ocular (PNSO) que mejoró el flujo de pacientes, ayudó a despejar las listas de espera en patologías oftalmológicas y estableció que el usuario consultante debe recibir una primera evaluación por personal competente, que no necesariamente es un médico, quien debe evaluar, categorizar y priorizar los pacientes examinados al realizar la primera consulta para derivar de forma oportuna y pertinente al MO (11) (10). “En Chile, las inequidades en el acceso, la baja resolutivez, la desprotección financiera, desigualdades en la calidad de la atención del sistema de salud son temas recurrentes y prolongados cuyas

soluciones más concretas comenzaron aparecer en la segunda mitad del siglo XX para el área de oftalmología” (10).

Hasta antes del año 2004, la atención oftalmológica funcionó en el nivel secundario bajo un modelo biomédico. En APS, todas las consultas por demanda oftalmológica eran abordadas por el médico general (MG), encargado de realizar las evaluaciones y dar solución a los problemas oftalmológicos, sin contar con equipamiento especializado; además, de evaluar la pertinencia en la derivación a especialista al centro de referencia correspondiente. Esto presentó una baja resolutivez en APS, aumentando las listas de espera en los centros de referencia y un lento acceso de la población a la salud visual. En el año 2004, la Sociedad Chilena de Oftalmología (SOCHIOF) impulsó la creación de las UAPO, las cuales debían funcionar integradas a la red de salud local y a los centros de derivación. Para probar su efectividad se crearon 2 pilotos, uno en Concepción y otro en Santiago, estos demostraron un 90% de resolución, lo que generó su implementación a nivel nacional (12). Mientras, los Centros de Salud Familiar (CESFAM) que no contaban con UAPO, debieron inscribir al usuario en una lista de espera para ser atendido por el programa de Resolutivez de Especialidades Médicas en su componente de Oftalmología, donde por compra de servicios el MO o TMO acude al centro de salud y resuelve a nivel local las demandas de Vicio de Refracción (VR) que no presentan Garantías Explícitas en Salud (GES), pesquisa otras patologías oftalmológicas y realiza FO a pacientes diabéticos. Como estas atenciones estuvieron limitadas por un número específico de atenciones, gran cantidad de usuarios quedaron sin atención, aumentando con ello, la lista de espera. No fue hasta la instauración definitiva a nivel nacional de las UAPO en APS que esto comenzó a cambiar.

Un hito que acercó aún más la oftalmología a APS fue la modificación del Código Sanitario en el año 2010 que por medio de la Ley 20.470, se autorizó a que el TMO pueda diagnosticar, tratar y resolver VR mediante prescripción de ayudas

ópticas y derivando de forma oportuna los casos sospechosos de patologías GES, como la RD y No GES, como el glaucoma, para ser evaluados por MO (11). Esto permitió al TMO tener una participación más activa en la pesquisa de afecciones oftalmológicas y mejorar el acceso de la población a la especialidad de oftalmología, formando un equipo especializado junto al MO.

Para fortalecer la APS, en el año 2015 se comenzó a instaurar la teleoftalmología para el diagnóstico precoz de la RD en pacientes con DM, donde los TMO de UAPO son los encargados de tomar imágenes de la retina del paciente y luego subir estas imágenes a una plataforma digital para ser evaluadas y diagnosticadas, lo que permitiría atender a una población mayor de pacientes diabéticos y realizar un diagnóstico oportuno de RD.

2.1.2. Experiencia mundial en Oftalmología y Teleoftalmología en APS

Estas nuevas estrategias en oftalmología se han dado en varios países del mundo y los modelos de atención en salud visual varían según las características propias de cada país. Están determinados por los Servicios de Salud (SS), población, condiciones políticas, geográficas y socioeconómicas. Al comparar las estrategias para mejorar la salud visual en otros países y en Chile, pudimos observar que la figura del TMO como lo conocemos acá no existe de igual forma en otros países, sino que es reemplazada por otros profesionales del área de oftalmología, tales como optómetras y ópticos (13).

La atención visual en muchos países, particularmente en países de bajos ingresos, es deficiente y la dificultad en el acceso crea una demanda no satisfecha de estas consultas, lo que produce el no tratamiento de defectos visuales generando ceguera, con todos los costos humanos y para el desarrollo de un país que esto conlleva (14).

Otros países con menor disponibilidad de recursos humanos, como gran parte del continente Africano, Asia, Centroamérica y América del Sur, la atención visual se limitó al nivel primario; a MG y trabajadores de salud sin formación específica en oftalmología. Destacaron también los promotores de salud ocular; profesionales de otras áreas (profesores, asistentes sociales, parvularios, entre otros), formados por otros profesionales pertenecientes a Organizaciones No Gubernamentales (ONG) para tamizar la patología ocular en zonas rurales y /o zonas pobres. La mayor parte de los optómetras con formación universitaria trabajan en consultas propias, existiendo una pequeña minoría que trabaja en consultorios públicos. A nivel de mayor complejidad, la mayoría de los cargos están ocupados por oftalmólogos, existiendo un número reducido de ópticos y optómetras con formación universitaria que trabajen en estos centros. Para poder dar solución a estas brechas, algunos países complementaron la compra de servicios médicos privados y ayuda de ONG para la provisión de servicios (13) (14).

En países desarrollados también podemos ver diferencias, principalmente lo asociado a salud pública y privada. En Estados Unidos (EE.UU), por ejemplo, donde predominan los seguros privados, la atención primaria pública es abordada por los centros de salud comunitarios. Un 69% de las consultas oftalmológicas se deben resolver cancelando el arancel completo en centros privados o simplemente no consultar (13). Como contraparte, Inglaterra, Canadá, Escocia y Noruega, la profesión de optómetras se encuentra mayormente en la atención primaria mediante Servicios Oftalmológicos Generales.

En España, cada año se derivan desde la atención primaria a atención especializada en oftalmología más de un millón de pacientes, lo que genera un colapso y aumento en el tiempo de espera de atención. Por este motivo se realizó un estudio avalado por la Sociedad Española de Optometría que demuestra que con la implantación de 239 unidades de Optometría repartidas en todo el país se podrían atender estos paciente en el nivel primario, mejorando la atención en salud

visual prestada por el sistema público, pero además liberaría recursos de la atención especializada oftalmológica (15). Estas unidades de optometría serían similares a las UAPO en Chile.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que los individuos y las familias se ven empujados con frecuencia a un ciclo de pobreza debido a su incapacidad para ver bien (16). Esto muestra la importancia de un diagnóstico y tratamiento precoz de las enfermedades oculares. El crecimiento acelerado de las poblaciones y la pandemia actual que estamos viviendo, nos obligó a buscar otros mecanismos de atención no presencial para poder llegar a todos los usuarios. Es así como la telemedicina se convirtió en una herramienta vital en estos tiempos, así como la teleoftalmología. En Brasil este sistema se está utilizando en atención primaria, donde los oftalmólogos que trabajan de forma remota examinan los ojos de los pacientes de forma sincrónica y luego envían un informe de teleoftalmología al médico de atención primaria que solicitó la evaluación, que es quien está a cargo de las prescripciones y otros tratamientos clínicos, ya que el marco legal brasileño no permite que los médicos prescriban recetas a través de la telemedicina (17).

Si hablamos del control del paciente diabético, la teleoftalmología resulta ser viable y rentable en comparación con el examen oftalmológico ordinario (dilatación pupilar por MO) y permite una rápida resolución de la demanda de examen de FO (18). En EE.UU, la enfermedad ocular diabética es la principal causa de ceguera entre los adultos en edad laboral, principalmente debido a la falta de acceso a exámenes oculares (19), por lo que la teleoftalmología es un forma validada del examen de FO para diabéticos, que ha demostrado que previene la ceguera; sin embargo, esta estrategia está significativamente infrutilizada en las clínicas de atención primaria de EE.UU, principalmente porque se han limitado a unos pocos entornos donde han sido exitosos. Estos incluyen sistemas de salud donde la cobertura del seguro requiere que los pacientes obtengan atención primaria y oftalmología dentro del mismo sistema de salud o programas financiados por

investigación. Estos entornos tienen estructuras financieras únicas que no son representativas de la realidad de los sistemas de salud de EE.UU. (20).

Una experiencia similar ocurre en Europa, donde España, así como el Reino Unido presentan un programa de detección y seguimiento de los pacientes diabéticos, donde se les toman fotos de su retina (retinografía), estas son enviadas mediante un sistema de teleoftalmología a un centro de lectura para ser valoradas por un MO quien genera un informe con el diagnóstico (21).

En Chile, a diferencia de lo que ocurre en EE.UU y Europa, las retinografías son evaluadas por un software de IA y sólo en el caso de no poder analizarlas son evaluadas por el MO de forma remota y asincrónica; esto genera diferencias en los diagnósticos, demoras en los informes y el TMO queda relegado a solo tomar las imágenes, recurso que está subexplotado.

2.1.3 Sistema de Salud en Chile

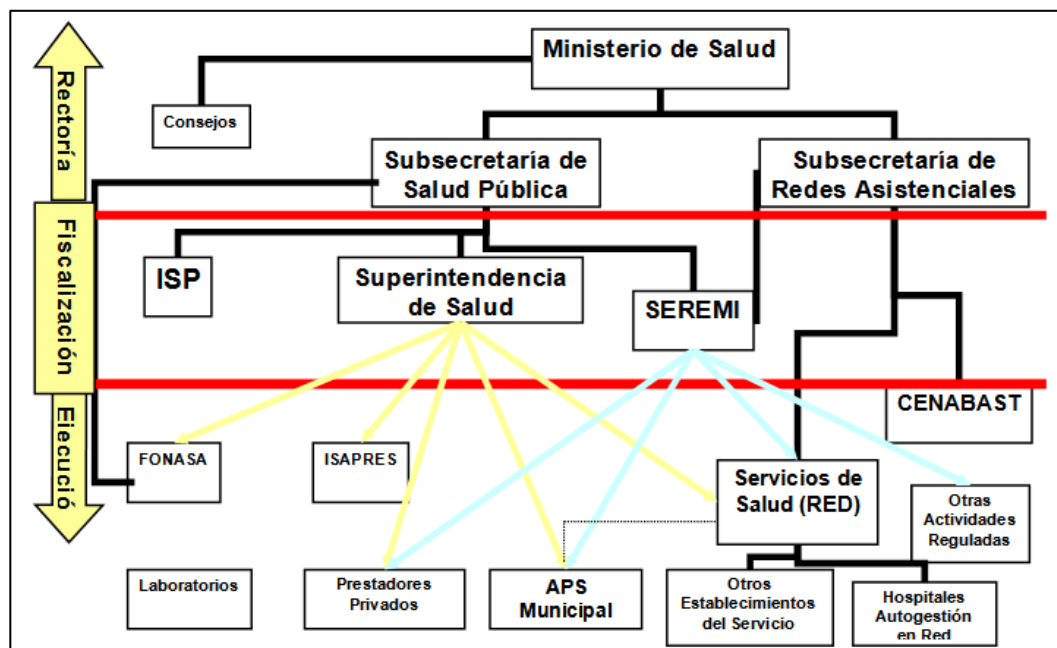
Con lo antes expuesto, podemos ver que la oftalmología en Chile ha ido evolucionando e incorporando profesionales especialistas en todos sus niveles, de ahí la importancia de conocer cómo se involucran específicamente en la APS.

El sector asistencial del Sistema de Salud en Chile consta de un subsistema público, que es el modelo de atención institucional a través del Sistema Nacional de Servicios de Salud y un subsistema privado, de libre elección, donde las personas según sus recursos económicos y motivaciones se relacionan a alguno de estos sistemas (22). En el modelo de atención institucional, las prestaciones se dan en 3 niveles: nivel terciario de resolución quirúrgica, que es de alta complejidad y baja cobertura, con alta complejidad tecnológica y recursos humanos altamente especializados. Este nivel recibe referencia desde los otros niveles de atención y puede actuar como centro de referencia, no solo para recibir pacientes de su propia área de red asistencial, sino que puede tener carácter regional y en algunos casos

cobertura nacional, como los institutos de especialidades (22). El nivel secundario de confirmación diagnóstica, es de mediana complejidad y cobertura media, recibe pacientes cuyo problema de salud no puede ser resuelto en el nivel primario, ya sea diagnóstico y tratamiento. Involucra atención ambulatoria y hospitalaria (22).

El nivel primario, de prevención y sospecha, de baja complejidad y amplia cobertura, realiza atenciones ambulatorias y ejecuta los programas básicos de salud de las personas (22). En este nivel, se presentan distintas estrategias que consideran la intersectorialidad y distintos profesionales, todo dentro del modelo de salud familiar, para contribuir a mejorar la salud de la población y minimizar las disparidades observadas, empleando los conocimientos más avanzados y asegurando equidad de acceso a servicios de salud de alta calidad y capacidad resolutive (23).

Figura 1: Estructura del Sistema de Salud



Fuente: Universidad de Chile (24)

La base del Sistema de Salud en Chile es la APS, ya que es el primer nivel de contacto de los individuos, la familia y la comunidad con el sistema público de salud, otorgando acceso equitativo a la salud a todos los chilenos, teniendo siempre presente los principios de Alma-Ata (22).

El objetivo de la APS es “otorgar una atención equitativa y de calidad, centrada en las personas y sus familias, enfocada en lo preventivo y promocional, es decir, anticipándose a la enfermedad, bajo el Modelo de Salud Integral con Enfoque Familiar y Comunitario (MAIS), que es un modelo de atención centrado en las personas, su familia y la comunidad, con un equipo de salud de cabecera que brinda atención continua a lo largo de todo el ciclo vital” (25). Por lo tanto, la APS es vital en nuestro sistema de salud, ya que se centra no solo en la enfermedad, sino en generar planes de promoción y prevención de diversas patologías, acercando la salud a la comunidad. Por este motivo, fue necesario integrar un área tan específica y demandada como oftalmología en APS y hacerla parte del MAIS, la forma, creando las UAPO, que partieron como programa piloto, para evolucionar a dispositivos presentes en todo el país. Las UAPO, que forman parte de los programas que ayudan a fortalecer la Resolutividad en APS, son unidades permanentes que atiende a pacientes desde los 15 años en adelante, cuentan con recursos técnicos y humanos altamente especializados que amplían la cartera de prestaciones oftalmológicas a nivel local, otorgando atenciones, en un principio, No GES como consulta por glaucoma, retinopatías y morbilidades oftalmológicas en general y actualmente atenciones GES, realizando el FO a pacientes diabéticos. Esto generó que el nivel secundario disponga de más cupos y pueda resolver las demandas GES y quirúrgicas de oftalmología.

Estas unidades se consolidaron como la puerta de entrada a la atención de salud visual en Chile y dentro de sus funciones destacan la atención integral al paciente diabético, incluyendo el FO, esto para pesquisar de manera pronta una RD que es una de las manifestaciones retinianas de la DM, además de ser la principal

causa de pérdida de visión irreversible en población en edad productiva y adultos mayores (10). En nuestro país se ha vuelto un tema importante de salud pública, debido al aumento en la prevalencia en los últimos 10 años; por esto la importancia de un tamizaje efectivo, así como la promoción y prevención de esta enfermedad.

2.2. Retinopatía Diabética en APS

En APS quien realiza la promoción y prevención de esta enfermedad que puede llegar a dejar ciegos a los pacientes es el TMO. La RD es una microangiopatía a nivel retinal, asociada a hiperglicemia crónica, que aparece como una complicación de la DM (5). El daño microvascular asociado a este cuadro lleva a la hipoperfusión y aumento de la permeabilidad de los vasos retinales, dando como resultado múltiples hallazgos clínicos que resultan de gran importancia al momento de clasificar, tratar y definir el pronóstico visual (1). El edema macular diabético es la causa más frecuente de disminución de la agudeza visual en los pacientes diabéticos y la Retinopatía Diabética Proliferativa (RDP), la responsable de los déficits visuales más severos (26).

El desarrollo de la enfermedad tiene directa relación con el tiempo de evolución y el control metabólico de la DM de base, por lo que un manejo óptimo de la glicemia y otros factores de riesgo cardiovascular como la hipertensión arterial y dislipidemia, reducen el riesgo de RD y su progresión.

Figura 2: Retinografía de paciente con Retinopatía Diabética



Fuente: InfoSalud (27)

2.2.1. Epidemiología de la RD

Esta enfermedad representa la tercera causa de ceguera irreversible a nivel mundial, y la primera entre los adultos en edad laboral en los países en vías de desarrollo. En América Latina ocupa el tercer lugar después de la catarata (28). A nivel mundial causa el 2,6% de los casos de ceguera (29), existiendo aproximadamente 93 millones de personas con RD, 17 millones con RDP y 28 millones con RD con alto riesgo de ceguera (30).

La prevalencia de RD en Chile es de 12.3% y se espera que para el año 2030 se dupliquen los casos de pacientes con esta patología (1). Existe una alta frecuencia de esta enfermedad al momento del diagnóstico de DM tipo 2, esto porque la enfermedad comienza 4 a 7 años antes del diagnóstico clínico. Aproximadamente el 25% de las personas afectadas de DM tiene algún grado de RD y entre el 2 y 10% de los diabéticos presenta edema macular clínicamente significativo (EMCS) (26). A los 10 años de DM tipo 2, entre el 35% al 40% de los

pacientes presentan RD llegando al 80% a los 20 años de evolución de este tipo de diabetes (4). En DM tipo 1, el 25% de los pacientes tiene algún grado de RD a los 5 años del diagnóstico y llega a cerca del 100% a los 20 años de evolución. Cifras en Latinoamérica estiman que un 5% de los pacientes con RD tiene un alto riesgo de ceguera y es la principal causa de ceguera en pacientes en edad productiva (1)(4). Por esto, la detección precoz de la RD es fundamental para evitar la ceguera y en APS el programa encargado de pesquisar y prevenir esto es la UAPO.

2.2.2. Factores de riesgo y clasificación de la RD

Existen en la actualidad muchos factores de riesgo asociados a la RD, los principales y más importantes son: el tiempo de evolución de la DM y el tipo; el 98% de los DM tipo 1 y el 60% DM tipo 2, sufren RD en algún grado después de 20 años de evolución de la enfermedad (31). Estudios han demostrado que un buen control de la glicemia retrasa la aparición y progresión de RD (31)(32). Un mal control de la hipertensión arterial y el cambio hormonal durante el embarazo se asocia con RD, así como factores genéticos.

De acuerdo a la clasificación original de la *Early Treatment Diabetic Retinopathy Study* (ETDRS) la RD se divide clásicamente en dos grupos Retinopatía Diabética No Proliferativa (RDNP) y RDP (4).

La RDNP corresponde a las etapas iniciales de la retinopatía y se subdivide en 4 subniveles estos son: leve, moderada, severa y muy severa. La extensión de las hemorragias retinales, los rosarios venosos y los IRMA determinan el nivel de severidad de la RDNP (4)(30).

Figura 3: Clasificación RDNP

Clasificación de la retinopatía diabética no proliferativa.
RDNP leve o mínima: Presencia de al menos 1 microaneurismas.
RDNP moderada: Presenta microaneurismas exudados duros y hemorragias (superficiales y profundas), en al menos uno de los cuadrantes. Se aprecia también la presencia de manchas algodonosas, rosarios venosos y AMIRs.
RDNP severa: Presencia de hemorragias (superficiales y profundas) en 4 cuadrantes, o rosarios venosos en 2 cuadrantes o AMIR en al menos 1 cuadrante.
RDNP muy severa: Presencia de 2 (coexisten) de los 3 criterios de RDNP severa.

Fuente: MINSAL (4)

La RDP corresponde a la etapa más avanzada de la enfermedad donde el daño retinal es mayor y severo. Se caracteriza por una isquemia progresiva que tiene como consecuencia la formación de neovasos. Se subdivide en leve, moderada, alto riesgo y avanzada (4)(30).

Figura 4: Clasificación RDP

Clasificación de retinopatía diabética proliferativa	Presencia hemorragia
RDP leve. Presencia de neovasos que crecen sobre la retina, en 1 ó más cuadrantes, en un área total no mayor de ½ área papilar.	Sin hemorragia prerretinal o vítrea.
RDP moderada. Presencia de neovasos que crecen sobre la superficie retinal en un área mayor de ½ diámetro papilar, o neovasos de localización papilar que tienen un área menor al tercio de la superficie papilar.	Sin hemorragia prerretinal o vítrea.
RDP de alto riesgo. Presencia de neovasos que crecen sobre la superficie papilar, con un área mayor al tercio del área papilar.	Presencia de hemorragia prerretinal o vítrea.
RD avanzada. Presencia de desprendimiento retinal traccional que compromete el área macular, o presencia de rubeosis del iris.	Hemorragia vítrea que impide tratamiento láser convencional.

Fuente: MINSAL (4)

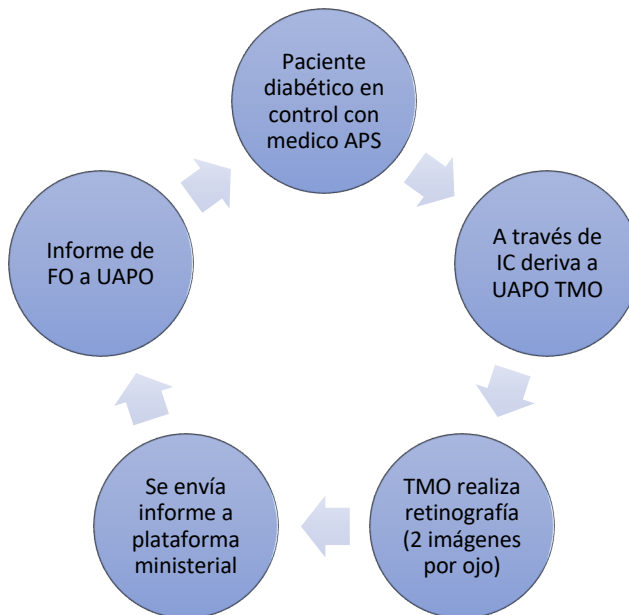
2.2.3. Telemedicina

Como la RD no diagnosticada a tiempo tiene un alto riesgo de generar ceguera en quien la presenta, se han desarrollado diferentes estrategias para su pronta pesquisa, la más utilizada actualmente es la telemedicina. Esta estrategia incrementó su uso desde el comienzo de la pandemia, y debido a las características geográficas de Chile, la hace una herramienta ideal para llegar a toda la población. Es importante conocer la definición de telemedicina y teleoftalmología, ya que se toman como sinónimos y corresponden a diferentes estrategias. Cuando hablamos de Telemedicina nos referimos al intercambio de información médica entre dos actores que no están ubicados en el mismo espacio, que pueden ser médico/paciente, o médico/médico; a través de comunicaciones electrónicas (videoconferencia, correo electrónico y otras formas de tecnología de las telecomunicaciones), con el objetivo de mejorar el estado de salud de un paciente (33). La teleoftalmología corresponde al área de la telemedicina que es exclusivamente de evaluación oftalmológica.

En Chile, la telemedicina tuvo sus orígenes en el año 1993, donde comenzó como un plan piloto en el Hospital Dr. Sótero del Río. Algunos hitos importantes son: en el año 2003, comenzó el proyecto Argonauta que busca llevar la telemedicina en la Antártica; año 2007, a nivel nacional se crea Salud Responde; año 2009, comienza la implementación de teledermatología y años después, 2017, se crea la Red de Referencia de telemedicina en Ataque Cerebro Vascular, intentando llegar a todas las áreas de salud.

Un hito importante para el área de oftalmología fue el año 2013, donde se creó la Teleoftalmología, “estrategia implementada en las UAPO, que consiste en un screening para detectar RD a través de un examen de FO, que es informado por un MO a través de una plataforma” (33). Esta estrategia inició funcionando en los 29 SS, comenzando con 14 UAPOs en el año 2013, para en el año 2017, funcionar en las 124 unidades a nivel nacional.

Figura 5: Flujoograma de Teleoftalmología



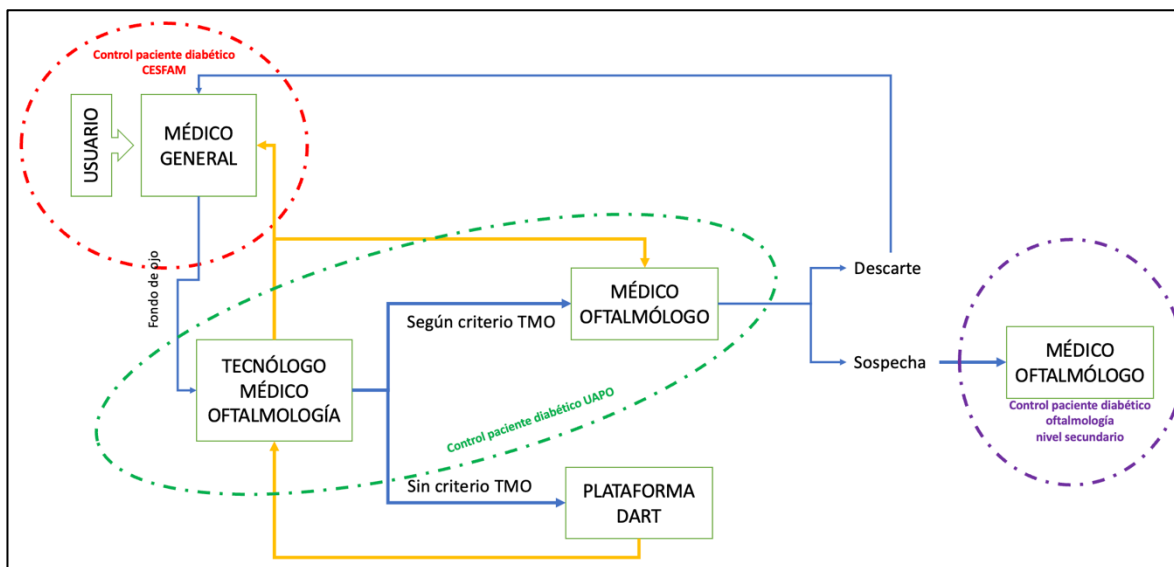
Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Tecnologías Sanitarias para diagnóstico de RD en APS

En estas unidades una de las tecnologías sanitarias implementadas para la pesquisa temprana del daño retinal que produce la RD es el screening de FO realizado en pacientes con DM, el cual consiste en la evaluación del polo posterior del ojo que corresponde a retina y nervio óptico (NO). Actualmente, se cuenta con dos estrategias para realizar esto y poder dar cobertura a todos los pacientes diabéticos bajo control del Programa Cardiovascular; estos son: FO clínico con dilatación midriática y evaluación por MO, quien en la misma consulta realiza la sospecha diagnóstica derivando al nivel secundario, en caso de ser necesario, para su confirmación y/o tratamiento y, otra alternativa, la toma de una fotografía digital de la retinal por TMO, analizada por IA (4). Esta última, que se encuentra en funcionamiento desde el año 2013 (34), se instauró con el fin de pesquisar pacientes con RD en estadios tempranos para evitar un diagnóstico tardío y la ceguera (35).

La plataforma que implementa el Ministerio de Salud (MINSAL) el año 2018 y que actualmente se utiliza en todas las UAPOs a nivel nacional, es el Diagnóstico Automatizado de Retinografía Telemáticas (DART). Este proyecto nació con el fin de “diagnosticar oportunamente la principal causa de ceguera en Chile y el mundo, mediante el reconocimiento de patrones en la retina con el uso de inteligencia computacional vía telemedicina” (35), además de reducir las listas de espera y disminuir en un 50% el presupuesto anual para el tratamiento de pacientes con RD(7).

Figura 6: Proceso Asistencial paciente diabético UAPO



Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Técnica de Exploración de FO Médico

Las estrategias de evaluación del paciente diabético varían, según el equipo que se utilice. El MO principalmente ocupa la técnica de oftalmoscopia, consiste en

la visualización, a través de la pupila y de los medios transparentes del ojo, de la retina y el NO. Esta evaluación permite observar en vivo el lecho vascular y permite un diagnóstico en el momento mismo de la evaluación (36). Es posible realizar este examen con un oftalmoscopio directo, indirecto y/o lámpara de hendidura. En UAPO se realiza principalmente con lámpara de hendidura, ya que permite observar de manera binocular el polo posterior y no se pierde la estereopsis, a diferencia de la evaluación con oftalmoscopio directo donde se evalúa de manera monocular, perdiendo la percepción de profundidad. Esta técnica es realizada por el MO durante la consulta y para ello es necesario dilatar la pupila del paciente aplicando un colirio midriático.

Figura 7: Técnica de oftalmoscopia Indirecta para examen de FO



Fuente: VenYve (37)

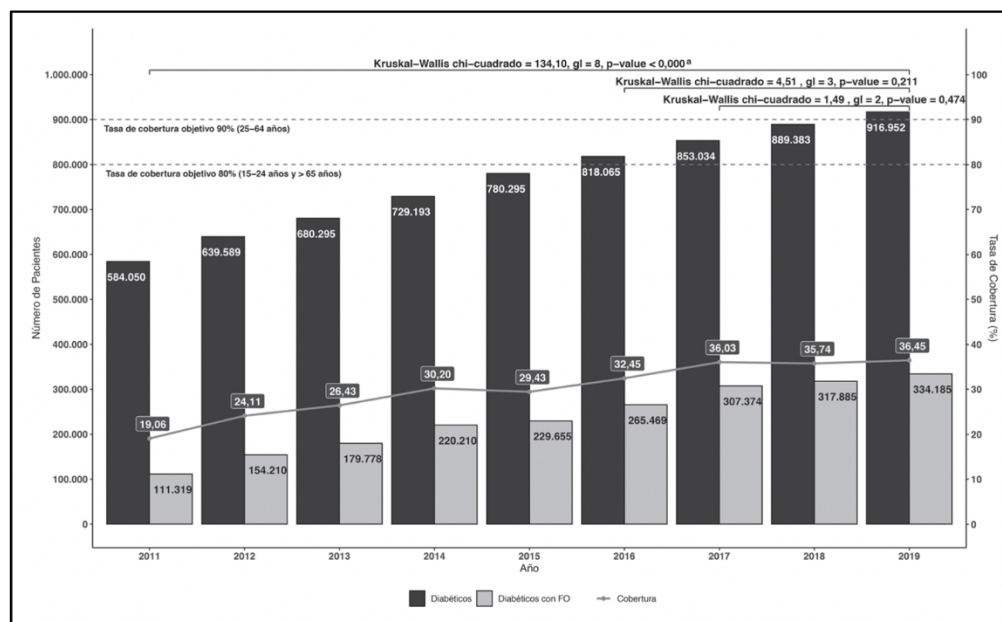
Las ventajas que presenta este procedimiento es la rapidez y diagnóstico inmediato de RD en el caso de que el paciente presente alguna alteración retinal; desventajas, debido a la dilatación pupilar, el paciente queda viendo borroso por un par de horas lo que genera molestias y fotofobia, además está contraindicado el

procedimiento en paciente con glaucoma de ángulo estrecho o pacientes que presenten un ángulo estrecho, debido a que puede generar glaucoma agudo.(38)

2.2.6. Técnica de Evaluación de Polo Posterior por TMO y DART

Como se mencionó anteriormente, desde el año 2013 en Chile se está utilizando la telemedicina para evaluar a pacientes diabéticos a través de imágenes obtenidas de la retina, principalmente para optimizar y aumentar la cobertura del tamizaje de FO, generando pertinencia en la derivación y reduciendo la sobrecarga a nivel secundario. Dentro de los objetivos de esta estrategia esta la mejora de la atención de las personas diabéticas y para ello se fija como meta 80% en la tasa de cobertura de FO para los grupos de 15 a 24 años y mayores de 65, mientras que, para la población entre 25 y 64 años, se considera una meta de 90%. (39)

Figura 8: Tasa de cobertura de FO en Chile Periodo 2011-2019



Fuente: Retinopatía Diabética en Chile(39)

En el año 2018, el MINSAL realizó el lanzamiento oficial de DART, que comenzó funcionando en 4 de los 29 SS del país, para progresivamente llegar a todos los servicios y a 127 UAPOs (40). Al momento de su lanzamiento, DART fue descrito como un “software de inteligencia artificial pionero en Chile y el mundo que permitiría al sistema de salud público detectar con mayor precisión anomalías asociadas a la RD”, ya que este algoritmo lograba descartar cerca de un 80% de los casos que no presentaban anomalías, optimizando los recursos en las pruebas con alteraciones, ahorrando recursos que podrían ser reasignados a otros usos (41). Con esta estrategia se buscó evaluar a toda la población diabética bajo control y poder precozmente establecer si requieren de atención por MO. Para lograrlo, se implementó en cada UAPO, a nivel nacional, con una Cámara Retinal No Midriática, la cual es utilizada por un TMO quien obtiene 2 imágenes del polo posterior del paciente, una enfocada en mácula y otra en NO. Luego, estas imágenes son cargadas a una plataforma que habilitó el MINSAL, llamada DART.

En palabras de su creador, DART es un proyecto que permite diagnosticar oportunamente la RD mediante el reconocimiento de patrones en la retina con el uso de inteligencia computacional vía telemedicina (6). Este software funciona mediante el análisis de píxeles de las fotografías retinianas capturadas, buscando principalmente cualquiera de las dos anomalías presentes en la RD, lesiones brillantes (específicamente presencia de exudados) y lesiones rojas (microaneurismas y hemorragias retinianas), así como un análisis vascular y del NO (6) en base a estos resultados el algoritmo de IA interpreta los resultados como alterados o normales. Los resultados actualizados al año 2021 del estudio realizado por el equipo creador de DART indicaron que presentó un 94,6% de sensibilidad y un 74,3% de especificidad.(42)

Las imágenes analizadas por DART que no presentaron alteraciones por RD, son consideradas como sanas y se emite automáticamente un informe; en cambio, las que encuentra que están alteradas son derivadas a un MO quien las evalúa a

través de telemedicina y entrega el diagnóstico final a través de un informe, el cual el TMO de UAPO descarga de la plataforma y deriva a nivel secundario en el caso de que se indique esto, sino, se mantiene en controles en APS.

Figura 9: Examen de fondo de ojo por Retinografía no Midriática



Fuente: Fundus Nidek (43)

A pesar de que esta estrategia se creó con el fin de diagnosticar RD precoces y evitar la ceguera por un diagnóstico tardío, en la práctica, y a diferencia de lo que dicen estudios presentados al año después de su puesta en marcha, se observó que presenta una gran cantidad de falsos positivos y negativos, generando diagnósticos errados y aumento de listas de espera, ya que todos los observados como “no sanos” deben esperar a la atención asincrónica y telemática de MO que retrasa el diagnóstico oportuno y aumenta el riesgo de ceguera.

Figura 10: Pantalla de inicio usuario plataforma DART



Fuente: Manual del usuario DART (44)

Es interesante observar que las UAPO cuentan con TMO quien tiene la capacidad técnica y clínica para hacer el tamizaje, evaluando las imágenes en el momento en que son tomadas y derivando a MO para el diagnóstico. De esta forma, si el recurso se destinara a maximizar la participación del TMO en este proceso diagnóstico, se evitaría el gasto y el tiempo de espera en que llegue el informe de la plataforma de inteligencia artificial, ya que este proceso se realiza directo en la atención al paciente.

Capítulo III: Problema de Investigación e Hipótesis

En base al marco teórico antes expuesto, y la experiencia en teleoftalmología desde que comenzó en UAPO, se tornó interesante plantear la pregunta de ¿Cuál es la precisión de teleoftalmología en comparación al TMO al compararlo con el MO en el diagnóstico precoz de RD?

Se postuló la siguiente hipótesis:

La precisión y oportunidad diagnóstica es mayor cuando el TMO ocupa su criterio clínico al realizar la Retinografía, por lo que es más eficiente que el fondo de ojo por teleoftalmología.

Capítulo IV: Objetivos

4.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia del examen de fondo de ojo preventivo en la población diabética de la Provincia de San Felipe por Teleoftalmología e Inteligencia Artificial respecto del criterio clínico de Retinografía por Tecnólogo Médico en Oftalmología.

4.2. Objetivos Específicos

- Comparar la precisión de Teleoftalmología y Tecnólogo Médico en el proceso diagnóstico de Fondo de ojo.
- Determinar la oportunidad diagnóstica de Retinopatía Diabética del examen de Fondo de ojo por Teleoftalmología y Tecnólogo Médico.
- Establecer la relación de efectividad por precisión y el costo asociado al proceso diagnóstico de Tecnólogo Médico versus Teleoftalmología.

Capítulo V: Marco Metodológico

5.1. Diseño de Investigación

Se realizó un estudio transversal, observacional con análisis de datos secundarios correspondientes al registro clínico de la muestra.

5.2. Universo y Muestra

La muestra para esta investigación fue la población que acudió a Fondo de ojo en UAPO San Felipe durante todo el año 2019. El tipo de muestreo es no probabilístico.

El equipo que se utilizó para la obtención de la imágenes de retina, fue una Cámara No Midriática Nidek AFC-330.

5.3. Operacionalización de Variables

La base de datos que se utilizó presenta información sobre: sexo, centro de salud al cual pertenece, fecha de realización de examen de retinografía por TMO, fecha de emisión del informe de teleoftalmología y fecha de examen de FO por MO, además de la sospecha diagnóstica de TMO y teleoftalmología de cada ojo, así como el diagnóstico del FO por MO de cada ojo y si la derivación a nivel secundario es de prioridad baja, media o alta. Estos datos fueron recopilados desde el 2 de

enero al 31 de diciembre del 2019, de todos los pacientes diabéticos derivados a UAPO para retinografía.

En la siguiente tabla de entrega la operacionalización de variables

Variable	Tipo	Definición		Símbolo
Tecnólogo Médico	Independiente Cuantitativa Nominal Discreta	Corresponde al screening de categorización de retinografía según apreciación clínica.		TMO
Teleoftalmología	Independiente Cuantitativa Nominal Discreta	Corresponde al screening de categorización de retinografía según software de inteligencia artificial (DART)		T-OF
Medico Oftalmólogo	Resultado Cuantitativa Nominal Discreta	Corresponde al Gold estándar que confirma los diagnósticos de RD		MO
Retinopatía diabética	Dependiente Cuantitativa Ordinal Discreta	Corresponde al diagnóstico sospechado o confirmado de un screening o Gold	Sano	RD0
			Retinopatía diabética no proliferativa leve	RD1

		estándar y considera desde el paciente sano hasta el más enfermo.	Retinopatía diabética no proliferativa moderada	RD2
			Retinopatía diabética no proliferativa severa	RD3
			Retinopatía diabética proliferativa	RD4
Caso sospechado	Dependiente Cuantitativa Discreta	Son los casos considerados enfermos por el screening.	(+)TMO (+)T-OF	
Caso descartado	Dependiente Cuantitativa Discreta	Son los casos considerados sanos por el screening.	(-)TMO (-)T-OF	
Enfermos	Resultado Cuantitativa Discreta	Son los casos confirmados como enfermos por el Gold estándar.	ENF	
Sanos	Resultado Cuantitativa Discreta	Son los casos confirmados como sanos por el Gold estándar.	SAN	

Verdadero Positivo	Dependiente Cuantitativa Discreta	Corresponde a los casos sospechados por el screening y que son confirmados por el Gold estándar.	VP_{TMO} VP_{T-OF}
Falso Positivo	Dependiente Cuantitativa Discreta	Corresponde a los casos sospechados por el screening, pero que son descartados por el Gold estándar.	FP_{TMO} FP_{T-OF}
Verdadero Negativo	Dependiente Cuantitativa Discreta	Corresponde a los casos descartados por el screening y son considerados sanos por el Gold estándar.	VN_{TMO} VN_{T-OF}
Falso Negativo	Dependiente Cuantitativa Discreta	Corresponde a los casos descartados por el screening, pero son considerados enfermos por el Gold estándar.	FN_{TMO} FN_{T-OF}

5.4. Recolección de la información

Para alcanzar el objetivo específico uno se construyó la siguiente tabla de contingencia para screening Tecnólogo Médico:

		Médico Oftalmólogo		
		ENF	SAN	
Tecnólogo Médico	+	A	B	A+B
	-	C	D	C+D
		A+C	B+D	A+B+C+D

Para screening Teleoftalmología:

		Médico Oftalmólogo		
		ENF	SAN	
Teleoftalmología	+	E	F	E+F
	-	G	H	G+H
		E+G	F+H	E+F+G+H

5.5. Análisis de la información

Para el análisis de los datos recolectados, se definió la precisión general en consideración a:

- Sensibilidad: *proporción de personas con una enfermedad y con un resultado positivo en una prueba para detectar dicha enfermedad.*
- Especificidad: *proporción de personas sin la enfermedad y con un resultado negativo en la prueba realizada para detectarla.*
- Valor Predictivo Positivo: *es la probabilidad de una enfermedad en un paciente con un resultado positivo (anormal) en una prueba.*
- Valor Predictivo Negativo: *es la probabilidad de no sufrir la enfermedad cuando el resultado de la prueba ha sido negativo (normal)*

De acuerdo a lo anterior se construyeron los siguientes indicadores:

Sensibilidad del TMO	= S_{TMO}	= $A/(A+C)$	= VP_{TMO} / ENF
Especificidad del TMO	= E_{TMO}	= $D/(B+D)$	= VN_{TMO} / SAN
Sensibilidad T-OF	= S_{T-OF}	= $E/(E+G)$	= VP_{T-OF} / ENF
Especificidad T-OF	= E_{T-OF}	= $H/(F+H)$	= VN_{T-OF} / SAN
Valor Predictivo Positivo del TMO	= VPP_{TMO}	= $A/(A+B)$	= $VP_{TMO} / (+)_{TMO}$
Valor Predictivo Negativo del TMO	= VPN_{TMO}	= $D/(C+D)$	= $VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
Valor Predictivo Positivo de T-OF	= VPP_{T-OF}	= $E/(E+F)$	= $VP_{T-OF} / (+)_{T-OF}$
Valor Predictivo Negativo de T-OF	= VPN_{T-OF}	= $H/(G+H)$	= $VN_{T-OF} / (-)_{T-OF}$
Precisión TMO	= P_{TM}	= $\bar{X}(S; E; VPP; VPN)_{TMO}$	
Precisión T-OF	= P_{T-OF}	= $\bar{X}(S; E; VPP; VPN)_{T-OF}$	

Posteriormente se calculó la relación de precisión entre ambos screening de la siguiente manera:

Relación de sensibilidad	=	S_{TMO} / S_{T-OF}
Relación de especificidad	=	E_{TMO} / E_{T-OF}
Relación de Valor Predictivo Positivo	=	VPP_{TMO} / VPP_{T-OF}
Relación de Valor Predictivo Negativo	=	VPN_{TMO} / VPN_{T-OF}
Relación de Precisión	=	P_{TMO} / P_{T-OF}

Además se construyeron los siguientes indicadores de precisión por grado de RD:

Sensibilidad del TMO	=	$S_{TMO(RD1)} = A/(A+C)$	=	VP_{TMO} / ENF
Especificidad del TMO	=	$E_{TMO(RD1)} = D/(B+D)$	=	VN_{TMO} / SAN
Sensibilidad T-OF	=	$S_{T-OF(RD1)} = E/(E+G)$	=	VP_{T-OF} / ENF
Especificidad T-OF	=	$E_{T-OF(RD1)} = H/(F+H)$	=	VN_{T-OF} / SAN
Valor Predictivo Positivo del TMO	=	$VPP_{TMO(RD1)} = A/(A+B)$	=	$VP_{TMO} / (+)_{TMO}$
Valor Predictivo Negativo del TMO	=	$VPN_{TMO(RD1)} = D/(C+D)$	=	$VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
Valor Predictivo Positivo de T-OF	=	$VPP_{T-OF(RD1)} = E/(E+F)$	=	$VP_{T-OF} / (+)_{T-OF}$
Valor Predictivo Negativo de T-OF	=	$VPN_{T-OF(RD1)} = H/(G+H)$	=	$VN_{T-OF} / (-)_{T-OF}$
Sensibilidad del TMO	=	$S_{TMO(RD2)} = A/(A+C)$	=	VP_{TMO} / ENF
Especificidad del TMO	=	$E_{TMO(RD2)} = D/(B+D)$	=	VN_{TMO} / SAN
Sensibilidad T-OF	=	$S_{T-OF(RD2)} = E/(E+G)$	=	VP_{T-OF} / ENF
Especificidad T-OF	=	$E_{T-OF(RD2)} = H/(F+H)$	=	VN_{T-OF} / SAN

Valor Predictivo Positivo del TMO	= $VPP_{TMO(RD2)} = A/(A+B)$	= $VP_{TMO} / (+)_{TMO}$
Valor Predictivo Negativo del TMO	= $VPN_{TMO(RD2)} = D/(C+D)$	= $VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
Valor Predictivo Positivo de T-OE	= $VPP_{T-OE(RD2)} = E/(E+F)$	= $VP_{T-OE} / (+)_{T-OE}$
Valor Predictivo Negativo de T-OE	= $VPN_{T-OE(RD2)} = H/(G+H)$	= $VN_{T-OE} / (-)_{T-OE}$
Sensibilidad del TMO	= $S_{TMO(RD3)} = A/(A+C)$	= VP_{TMO} / ENF
Especificidad del TMO	= $E_{TMO(RD3)} = D/(B+D)$	= VN_{TMO} / SAN
Sensibilidad T-OE	= $S_{T-OE(RD3)} = E/(E+G)$	= VP_{T-OE} / ENF
Especificidad T-OE	= $E_{T-OE(RD3)} = H/(F+H)$	= VN_{T-OE} / SAN
Valor Predictivo Positivo del TMO	= $VPP_{TMO(RD3)} = A/(A+B)$	= $VP_{TMO} / (+)_{TMO}$
Valor Predictivo Negativo del TMO	= $VPN_{TMO(RD3)} = D/(C+D)$	= $VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
Valor Predictivo Positivo de T-OE	= $VPP_{T-OE(RD3)} = E/(E+F)$	= $VP_{T-OE} / (+)_{T-OE}$
Valor Predictivo Negativo de T-OE	= $VPN_{T-OE(RD3)} = H/(G+H)$	= $VN_{T-OE} / (-)_{T-OE}$
Sensibilidad del TMO	= $S_{TMO(RD4)} = A/(A+C)$	= VP_{TMO} / ENF
Especificidad del TMO	= $E_{TMO(RD4)} = D/(B+D)$	= VN_{TMO} / SAN
Sensibilidad T-OE	= $S_{T-OE(RD4)} = E/(E+G)$	= VP_{T-OE} / ENF
Especificidad T-OE	= $E_{T-OE(RD4)} = H/(F+H)$	= VN_{T-OE} / SAN
Valor Predictivo Positivo del TMO	= $VPP_{TMO(RD4)} = A/(A+B)$	= $VP_{TMO} / (+)_{TMO}$
Valor Predictivo Negativo del TMO	= $VPN_{TMO(RD4)} = D/(C+D)$	= $VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
Valor Predictivo Positivo de T-OE	= $VPP_{T-OE(RD4)} = E/(E+F)$	= $VP_{T-OE} / (+)_{T-OE}$
Valor Predictivo Negativo de T-OE	= $VPN_{T-OE(RD4)} = H/(G+H)$	= $VN_{T-OE} / (-)_{T-OE}$

Posteriormente, se calculó la relación de precisión entre ambos screening de la siguiente manera:

$$\text{Relación de sensibilidad} = S_{TMO(RD1)} / S_{T-OF(RD1)}$$

$$\text{Relación de especificidad} = E_{TMO(RD1)} / E_{T-OF(RD1)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Positivo} = VPP_{TMO(RD1)} / VPP_{T-OF(RD1)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Negativo} = VPN_{TMO(RD1)} / VPN_{T-OF(RD1)}$$

$$\text{Relación de sensibilidad} = S_{TMO(RD2)} / S_{T-OF(RD2)}$$

$$\text{Relación de especificidad} = E_{TMO(RD2)} / E_{T-OF(RD2)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Positivo} = VPP_{TMO(RD2)} / VPP_{T-OF(RD2)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Negativo} = VPN_{TMO(RD2)} / VPN_{T-OF(RD2)}$$

$$\text{Relación de sensibilidad} = S_{TMO(RD3)} / S_{T-OF(RD3)}$$

$$\text{Relación de especificidad} = E_{TMO(RD3)} / E_{T-OF(RD3)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Positivo} = VPP_{TMO(RD3)} / VPP_{T-OF(RD3)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Negativo} = VPN_{TMO(RD3)} / VPN_{T-OF(RD3)}$$

$$\text{Relación de sensibilidad} = S_{TMO(RD4)} / S_{T-OF(R4)}$$

$$\text{Relación de especificidad} = E_{TMO(RD4)} / E_{T-OF(RD4)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Positivo} = VPP_{TMO(RD4)} / VPP_{T-OF(RD4)}$$

$$\text{Relación de Valor Predictivo Negativo} = VPN_{TMO(RD4)} / VPN_{T-OF(RD4)}$$

Para alcanzar el objetivo específico dos de oportunidad, se construyó una tabla de frecuencias indicando la sospecha diagnóstica por categoría del screening y el tiempo que demoran en realizar la derivación para confirmación por Gold estándar.

Tiempo de espera para confirmación diagnóstica según screening					
Sospecha: Sano					
Tecnólogo Médico			Teleoftalmología		
Rango de tiempo	Cantidad		Rango de tiempo	Cantidad	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada
Menos de 7 días			Menos de 7 días		
De 8 a 30 días			De 8 a 30 días		
De 31 a 120 días			De 31 a 120 días		
De 121 a 180 días			De 121 a 180 días		
Mas de 180 días			Mas de 180 días		

Tiempo de espera para confirmación diagnóstica según screening

Sospecha: Retinopatía Diabética No Proliferativa Leve

Tecnólogo Médico			Teleoftalmología		
Rango de tiempo	Cantidad		Rango de tiempo	Cantidad	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada
Menos de 7 días			Menos de 7 días		
De 8 a 30 días			De 8 a 30 días		
De 31 a 120 días			De 31 a 120 días		
De 121 a 180 días			De 121 a 180 días		
Mas de 180 días			Mas de 180 días		

Tiempo de espera para confirmación diagnóstica según screening

Sospecha: Retinopatía Diabética No Proliferativa Moderada

Tecnólogo Médico			Teleoftalmología		
Rango de tiempo	Cantidad		Rango de tiempo	Cantidad	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada
Menos de 7 días			Menos de 7 días		
De 8 a 30 días			De 8 a 30 días		
De 31 a 120 días			De 31 a 120 días		
De 121 a 180 días			De 121 a 180 días		
Mas de 180 días			Mas de 180 días		

Tiempo de espera para confirmación diagnóstica según screening

Sospecha: Retinopatía Diabética No Proliferativa Severa

Tecnólogo Médico			Teleoftalmología		
Rango de tiempo	Cantidad		Rango de tiempo	Cantidad	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada
Menos de 7 días			Menos de 7 días		
De 8 a 30 días			De 8 a 30 días		
De 31 a 120 días			De 31 a 120 días		
De 121 a 180 días			De 121 a 180 días		
Mas de 180 días			Mas de 180 días		

Tiempo de espera para confirmación diagnóstica según screening

Sospecha: Retinopatía Diabética Proliferativa

Tecnólogo Médico			Teleoftalmología		
Rango de tiempo	Cantidad		Rango de tiempo	Cantidad	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada
Menos de 7 días			Menos de 7 días		
De 8 a 30 días			De 8 a 30 días		
De 31 a 120 días			De 31 a 120 días		
De 121 a 180 días			De 121 a 180 días		
Mas de 180 días			Mas de 180 días		

Para alcanzar el tercer objetivo específico, se estableció el costo de atención del Gold estándar (C_{MO}) y luego se multiplicó por el factor de falsos positivos derivados por el screening, de esta manera se obtuvo el gasto asociado a una mala derivación por baja precisión mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo TMO} = C_{TMO} = FP_{TMO} \times C_{MO}$$

$$\text{Costo T-OF} = C_{T-OF} = FP_{T-OF} \times C_{MO}$$

Para definir cuál de los dos screening genera mayor gasto innecesario se calculó la relación de costo mediante:

$$C_{FP} = C_{TMO} / C_{T-OF}$$

Siendo C_{FP} el costo asociado a la derivación de Falsos Positivos.

5.6. Aspectos Éticos

Respecto a los aspectos éticos en este trabajo, tenemos 3 implicancias éticas, las cuales están resguardadas:

1. **Implicancias éticas sobre pacientes:** este trabajo no requirió intervención directa sobre los usuarios, ni sobre sus historias clínicas o datos individualizados en la red asistencial.
2. **Implicancias éticas sobre los profesionales:** este trabajo no emitió juicio de valor sobre las acciones realizadas por los funcionarios de la red asistencial que participan en el proceso.
3. **Implicancias éticas sobre los resultados:** finalizado este trabajo y luego de ser aprobado por la Escuela, los resultados fueron presentados al Servicio de Salud correspondiente, así como los CESFAM y unidades clínicas que así lo requirieron.

5.7. Limitaciones

Las limitaciones de este estudio se relacionaron con la base de datos y el tipo de estudio a realizar. Debido a la actual pandemia, no es posible realizar un estudio experimental (datos primarios), ya que toda investigación de este tipo se encuentra suspendida y no autorizada por el Servicio de Salud Aconcagua, por ende, se trabajó con una base de datos secundaria del año 2019. No es posible trabajar con una base de datos más actualizada, ya que, en el mismo contexto de pandemia, durante el año 2020 las atenciones de oftalmología se suspendieron y se retomaron algunas atenciones solo a fines del año 2020. Según las proyecciones para el año 2021, las atenciones oftalmológicas se redujeron, según lo informado por el MINSAL y el plan Paso a Paso, por lo que no consideré tomar estos datos, ya que no mostrarán la realidad de la zona.

Capítulo VI: Resultados

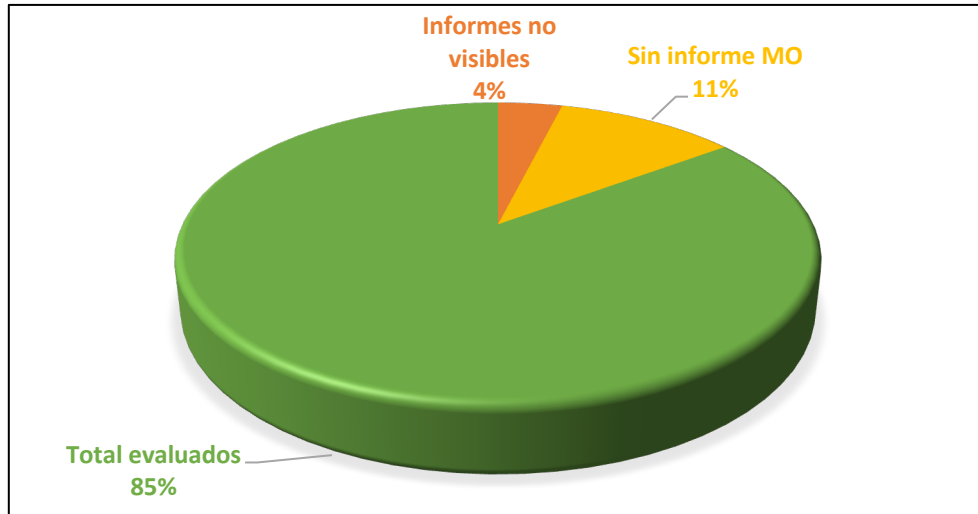
A continuación, se presentan los resultados de esta investigación.

6.1. Recolección de datos

Se utilizó la base de datos de pacientes diabéticos atendidos durante el periodo enero-diciembre 2019. Para evitar sesgo en los resultados, los ojos que no pudieron evaluarse, ya sea por opacidad de medios, cualquier patología que genere dificultad de ver el FO o pacientes con prótesis ocular, no fueron considerados en el análisis y se dejaron como no visibles (NV). Además, fueron considerados para el análisis solo los ojos que tuviesen diagnóstico por MO, TMO y DART.

Dado lo anterior, de una base de datos original de 4.012 ojos, 596 ojos no fueron analizados y excluidos de este estudio, de estos, 156 presentaban diagnóstico de NV y 440 no fueron evaluados por MO; siendo el total de ojos analizados en el estudio de 3.416

Gráfico 1: Distribución de las Unidades de Análisis



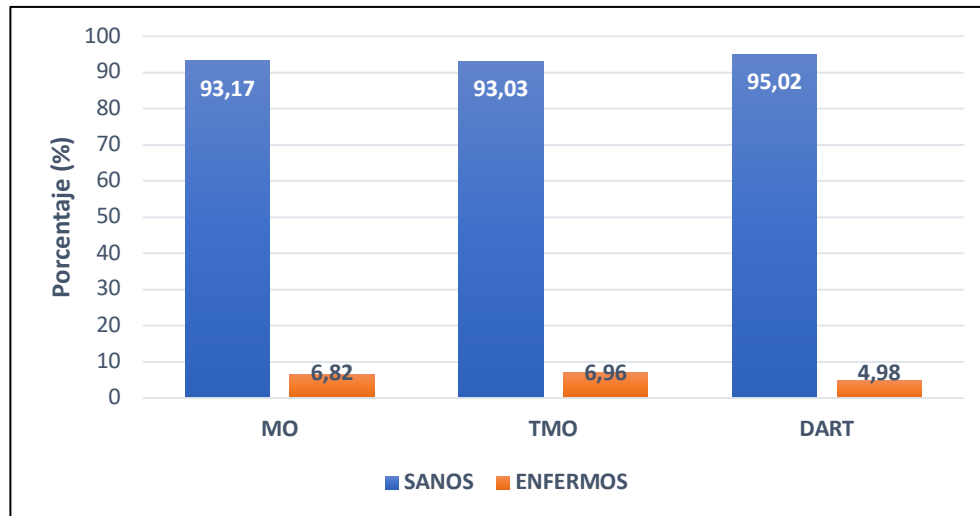
Distribución de reporte por retinografía año 2019 UAPO San Felipe.

En el gráfico 1, se observa que del total de ojos evaluados un 15% no cuenta con informe médico o no es posible analizar la imagen por DART.

6.2. Análisis de datos

Los primeros resultados generales obtenidos se relacionan con la población sana y enferma diagnosticada respectivamente por cada estrategia, donde la información recogida muestra lo siguiente:

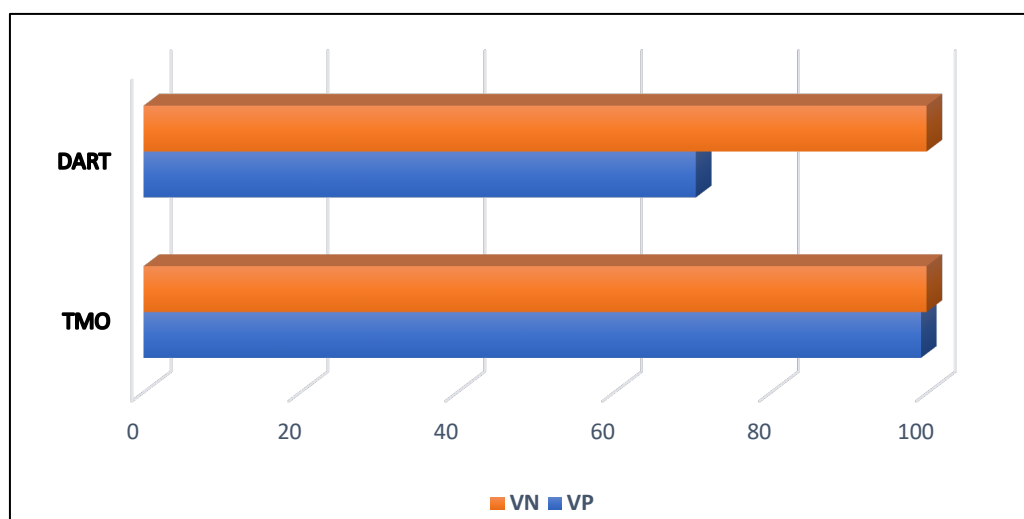
Gráfico 2: Distribución de Hallazgos



Proporción comparada de sospecha diagnóstica entre MO, TMO y DART.

El gráfico 2 muestra que la distribución de hallazgos de pacientes sanos y enfermos es similar en porcentaje entre MO y TMO, mientras que DART encuentra un menor porcentaje de enfermos para la misma población de estudio.

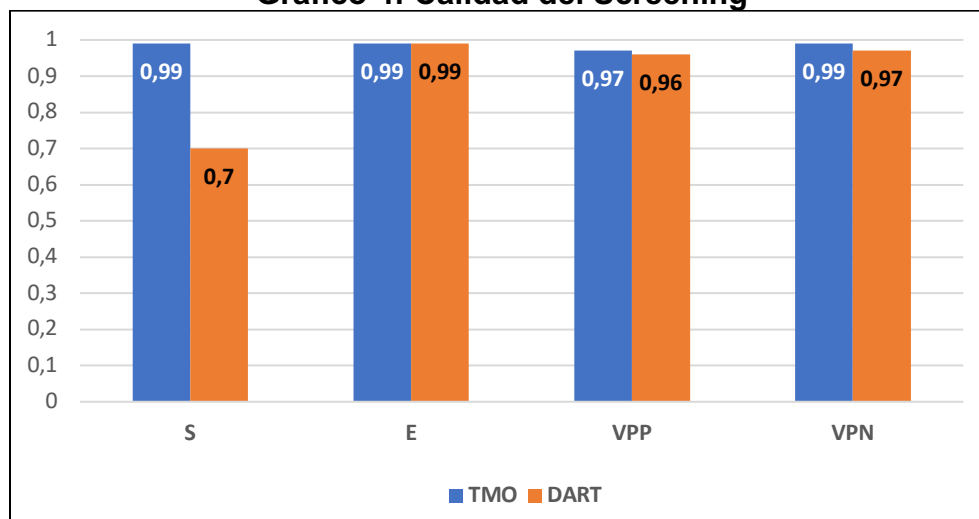
Gráfico 3: Precisión General



Proporción comparada de VN entre DART y TMO

En el gráfico 3 vemos la precisión general del TMO versus la de DART. Podemos observar que ambas estrategias son similares en cuanto a los VN; sin embargo, el TM es más preciso que DART al momento de pesquisar VP.

Gráfico 4: Calidad del Screening



Comparación de calidad de Screening entre TMO y DART

El gráfico 4, que muestra la calidad del Screening, se observa que ambas estrategias presentan la misma especificidad, sin embargo, el TMO presenta mayor sensibilidad que DART. En cuanto a los VPP y VPN ambas estrategias son similares.

Con los datos analizados se obtienen los siguientes indicadores de precisión que comparan al TMO y DART con el Gold Estándar que es el MO.

Tabla 1: Indicadores de Precisión General

Indicador	Valor
S_{TMO}	$0.99 = VP_{TMO} / ENF$
E_{TMO}	$0.99 = VN_{TMO} / SAN$
S_{T-OF}	$0.70 = VP_{T-OF} / ENF$
E_{T-OF}	$0.99 = VN_{T-OF} / SAN$
VPP_{TMO}	$0.99 = VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
VPN_{TMO}	$0.99 = VN_{TMO} / (-)_{TMO}$
VPP_{T-OF}	$0.96 = VP_{T-OF} / (+)_{T-OF}$
VPN_{T-OF}	$0.97 = VN_{T-OF} / (-)_{T-OF}$

S_{TMO} = Sensibilidad del TMO; E_{TMO} = Especificidad del TMO; S_{T-OF} = Sensibilidad T-OF; E_{T-OF} = Especificidad T-OF; VPP_{TMO} = Valor Predictivo Positivo del TMO; VPN_{TMO} = Valor Predictivo Negativo del TMO ; VPP_{T-OF} = Valor Predictivo Positivo de T-OF ; VPN_{T-OF} = Valor Predictivo Negativo de T-OF

La tabla 1 muestra los principales indicadores utilizados para evaluar la precisión de ambas estrategias, siendo el TMO más sensible que DART al pesquisar RD, siendo los demás indicadores similares entre ambas estrategias.

Tabla 2: Relación de precisión entre screening

S_{TMO} / S_{T-OF}	1.41
E_{TMO} / E_{T-OF}	1.00
VPP_{TMO} / VPP_{T-OF}	1.01
VPN_{TMO} / VPN_{T-OF}	1.02
P_{TMO} / P_{T-OF}	1.09

S_{TMO} / S_{T-OF} = Relación de sensibilidad; E_{TMO} / E_{T-OF} ; = Relación de especificidad; VPP_{TMO} / VPP_{T-OF} = Relación de Valor Predictivo Positivo; VPN_{TMO} / VPN_{T-OF} = Relación de Valor Predictivo Negativo; P_{TMO} / P_{T-OF} = Relación de Precisión General

La tabla 2 muestra la relación de precisión entre ambos screening, siendo el TMO 1,41 veces más sensible en detectar la patología que DART. En cuanto a los demás indicadores, estos son similares en ambas estrategias.

Tabla 3: Oportunidad Diagnóstica

	TMO	DART
SANOS	13,9% menos de 7 días	68,79% menos de 7 días
	48,5% entre 8 y 30 días	25,72% entre 8 y 30 días
	34,80% entre 31 y 120 días	4,44% entre 31 y 120 días
	2,45% entre 121 y 180 días	1,05% entre 121 y 180 días
	0,25% más de 180 días	0% más de 180 días
RDNP LEVE	25,0% menos de 7 días	0% menos de 7 días
	37,5% entre 8 y 30 días	0% entre 8 y 30 días
	37,5% entre 31 y 120 días	0% entre 31 y 120 días
	0% entre 121 y 180 días	0% entre 121 y 180 días
	0% más de 180 días	0% más de 180 días
RDNP MODERADA	29,95% menos de 7 días	17,46% menos de 7 días
	66,66% entre 8 y 30 días	63,49% entre 8 y 30 días
	6,38% entre 31 y 120 días	19,05% entre 31 y 120 días

	0% entre 121 y 180 días		0% entre 121 y 180 días
	0% más de 180 días		0% más de 180 días
	36,36% menos de 7 días		18,42% menos de 7 días
	60,60% entre 8 y 30 días		65,79% entre 8 y 30 días
RDNP SEVERA	3,03% entre 31 y 120 días	RDNP SEVERA	10,53% entre 31 y 120 días
	0% entre 121 y 180 días		5,26% entre 121 y 180 días
	0% más de 180 días		0% más de 180 días
	42,86% menos de 7 días		33,33% menos de 7 días
	28,57% entre 8 y 30 días		66,67% entre 8 y 30 días
RDP	28,57% entre 31 y 120 días	RDP	0% entre 31 y 120 días
	0% entre 121 y 180 días		0% entre 121 y 180 días
	0% más de 180 días		0% más de 180 días

Oportunidad diagnóstica según grado de RD por TMO y DART

La tabla 3 muestra el tiempo que tarda cada estrategia en emitir la sospecha diagnóstica. En relación a los pacientes sanos DART entrega resultados en menor tiempo que el TMO, pero si lo comparamos con los pacientes que presentan algún grado de RD el TMO entrega en menor tiempo los resultados que DART, siendo más oportuno en el diagnóstico.

Tabla 4: Indicadores de Precisión por grado de RD

INDICADOR		RELACION	
STMO(RD1)	= 100,0%		*
ST-OF(RD1)	= 0,0%		
ETMO(RD1)	= 99,7%		*
ET-OF(RD1)	= 100,0%		
VPP_{TMO}(RD1)	= 62,5%		*
VPP_{T-OF}(RD1)	= 0,0%		
VPN_{TMO}(RD1)	= 100,0%		*
VPN_{T-OF}(RD1)	= 99,5%		
STMO(RD2)	= 95,8%	STMO(RD2)/ ST-OF(RD2).	= 1,59
ST-OF(RD2)	= 60,1%		
ETMO(RD2)	= 99,8%	ETMO(RD2)/ ET-OF(RD2).	= 1,01
ET-OF(RD2)	= 98,7%		
VPP_{TMO}(RD2)	= 97,2%	VPP_{TMO}(RD2)/ VPP_{T-OF}(RD2)	= 1,42
VPP_{T-OF}(RD2)	= 68,3%		
VPN_{TMO}(RD2)	= 99,8%	VPN_{TMO}(RD2)/VPN_{T-OF}(RD2)	= 1,01
VPN_{T-OF}(RD2)	= 98,3%		
STMO(RD3)	= 97,1%	STMO(RD3)/ ST-OF(RD3).	= 1,83
ST-OF(RD3)	= 52,9%		
ETMO(RD3)	= 100,0%	ETMO(RD3)/ ET-OF(RD3).	= 1,00
ET-OF(RD3)	= 99,9%		
VPP_{TMO}(RD3)	= 100,0%	VPP_{TMO}(RD3)/ VPP_{T-OF}(RD3)	= 1,05
VPP_{T-OF}(RD3)	= 94,7%		
VPN_{TMO}(RD3)	= 99,9%	VPN_{TMO}(RD3)/VPN_{T-OF}(RD3)	= 1,00
VPN_{T-OF}(RD3)	= 99,0%		
STMO(RD4)	= 100,0%	STMO(RD4)/ ST-OF(RD4).	= 2,04
ST-OF(RD4)	= 48,9%		
ETMO(RD4)	= 100,0%	ETMO(RD4)/ ET-OF(RD4).	= 1,00
ET-OF(RD4)	= 99,9%		
VPP_{TMO}(RD4)	= 100,0%	VPP_{TMO}(RD4)/ VPP_{T-OF}(RD4)	= 2,00
VPP_{T-OF}(RD4)	= 50,0%		
VPN_{TMO}(RD4)	= 100,0%	VPN_{TMO}(RD4)/VPN_{T-OF}(RD4)	= 1,00
VPN_{T-OF}(RD4)	= 99,9%		

*No presenta relación, debido a que DART no informa las RDNP leves.

RD₁= RDNP Leve; RD₂= RDNP Moderada; RD₃= RDNP Severa; RD₄= RDP

STMO(RD)= Sensibilidad del TMO; ETMO(RD)= Especificidad del TMO; ST-OF(RD)= Sensibilidad T-OF; ET-OF(RD)= Especificidad T-OF; VPP_{TMO}(RD)= Valor Predictivo Positivo del TMO; VPN_{TMO}(RD)= Valor Predictivo Negativo del TMO ; VPP_{T-OF}(RD)= Valor Predictivo Positivo de T-OF ; VPN_{T-OF}(RD)= Valor Predictivo Negativo de T-OF

La tabla 4 muestra la relación de precisión por grado de RD entre ambas estrategias, siendo siempre el TMO más sensible al detectar la patología que DART, sobre todo en los casos más avanzados.

Costo de atención estrategia FO

De acuerdo al levantamiento de información obtenido en este trabajo, el costo de atención del MO en UAPO San Felipe por cada prestación corresponde a \$18.000; en Teleoftalmología el costo asociado comprende 2 items, el primero es el informe realizado por DART que es de \$2.000 y el segundo, el costo de la atención del MO por cada una de las derivaciones que genere DART, el cual presenta un valor de \$18.000, dando un costo total de \$20.000 por teleoftalmología.

Con estos datos se definen los siguientes indicadores de costo:

$$\text{Costo TMO} = C_{\text{TMO}} = \text{FP}_{\text{TMO}} \times C_{\text{MO}}$$

$$\text{Costo T-OF} = C_{\text{T-OF}} = \text{FP}_{\text{T-OF}} \times C_{\text{MO}}$$

Para definir cuál de los dos screening genera mayor gasto innecesario por errores de derivación, se generó la siguiente relación:

$$C_{\text{FP}} = C_{\text{TMO}} / C_{\text{T-OF}}$$

Siendo C_{FP} el costo asociado a la derivación de Falsos Positivos.

$$C_{\text{TMO}} = 7 \times 18.000 = \$126.000$$

$$C_{\text{T-OF}} = 6 \times 20.000 = \$120.000$$

La relación de costo entre TMO y T-OF que genera mayor gasto innecesario por errores en la derivación se observa en la siguiente formula:

$$C_{FP} = C_{TMO} / C_{T-OF} \text{ (} C_{FP} \text{ el costo asociado a la derivación de FP)}$$

$$C_{FP} = 126.000/120.000$$

$$C_{FP} = 0,008$$

Capítulo VII: Discusión

Según lo que indica el Ministerio de Salud la teleoftalmología es una estrategia que sirve para el diagnóstico de patología ocular; por esto y con el fin de aumentar la cobertura, automatizar el tamizaje, disminuir los costos y obtener un diagnóstico precoz de RD se decidió utilizar DART como estrategia ministerial en toda la red de APS. Al respecto, la evidencia presentada en este estudio muestra que, del total de exámenes realizados y cargados correctamente en la plataforma, un 15% de los casos no cuenta con informe de diagnóstico, debido a que el software no fue capaz de analizar las imágenes, pasando a una lista de espera para ser evaluadas de forma remota por MO, este retraso en el diagnóstico aumenta el riesgo de ceguera, sobre todo cuando se trata de sospecha de RDP. En la práctica clínica, se observa que en la mayoría de los casos cuando la imagen no es posible analizarla es debido a una opacidad en los medios transparentes del ojo; DART no está diseñado para detectar signos de RD cuando existe este tipo de alteraciones, si se considera que un gran porcentaje de la población que presenta DM es adulto mayor y en su mayoría presentan algún grado de opacidad de medios, efectivamente DART no es la mejor estrategia para la pesquisa de RD en toda la población.

Al comparar DART y TMO como estrategia screening en UAPO, con atención a la distribución de pacientes con sospecha de enfermedad, se obtiene que DART presenta 34,5 veces mayor cantidad de FN, lo que implica diagnósticos errados de pacientes sospechados e informados como sanos cuando en realidad presentan algún grado de RD. Esto genera un retraso en el diagnóstico de esta patología, demorando la oportunidad de acceso al diagnóstico y tratamiento ya que, al no considerarlo enfermo, no es posible abrir un caso GES y el paciente debe esperar un año para un nuevo control dada la concentración de atención en APS y lo

establecido por el Ministerio de Salud, en cuanto a los controles por FO de pacientes con DM.

En cuanto a el acierto en la sospecha de pacientes sanos, los resultados de DART y TMO son similares con una relación de 1,02 veces la cantidad de VN de DART sobre TMO. Esto demuestra que ambas estrategias son específicas al momento de descartar la enfermedad, sin embargo, el objetivo de un screening es ser mayormente sensible que específico por tanto la alta especificidad de DART no suple su baja sensibilidad, ya que esto último es lo que permite la derivación oportuna para un tratamiento precoz de la enfermedad y así evitar la ceguera.

Los resultados respecto a sospecha de pacientes sanos y enfermos tienen relación con la calidad del screening respecto a la sensibilidad y especificidad de DART y TMO al ser comparadas con el MO como gold standard, donde ambos screening presentan una especificidad del 99,0%; sin embargo, la sensibilidad de DART es 0,71 veces la sensibilidad de TMO. Esto da luces sobre dos aspectos relevantes: por un lado, la sensibilidad de DART obtenida en esta investigación es menor a la presentada por el creador de la estrategia que detalla una sensibilidad de 94,6%(42); por otro lado, se presenta evidencia de que el screening de TMO es una mejor estrategia para sospecha de pacientes con RD.

La variación de la sensibilidad obtenida en este trabajo versus lo informado por el creador de DART (42) se puede deber principalmente por la muestra (1.123 ojos DART versus 3.416 ojos TMO) y como se seleccionaron estos pacientes, donde no especifica si los exámenes fueron elegidos al azar o por previa evaluación. Si bien el periodo que tomo DART para evaluar los exámenes comprende desde el año 2014 al año 2018, es importante considerar que, en el año 2014 el uso de cámaras retinales no estaba masificado como ahora, no se realizaban capacitaciones a los TMO en el uso de estos equipos, además no presentaban la cantidad de pixeles mínimos que se solicita actualmente por protocolo y no estaban

establecidos los protocolos de análisis por parte de los TMO; cabe señalar que en el año 2018 recién se comenzó a implementar a nivel nacional DART (41), por lo que solo en unidades piloto este programa estaba funcionando antes de esta fecha, esto podría explicar la alta sensibilidad que arroja DART.

Al comparar la precisión general de ambos screening podemos ver que el TMO es 1,09 veces más preciso que DART considerando sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos demostrando, en este estudio, que el TMO es un screening superior a DART.

Dada la calidad del screening y los indicadores de precisión, los tiempos de espera para obtener un diagnóstico son diferentes entre ambas estrategias. DART garantiza una alta oportunidad diagnóstica para los casos sanos, en menos de 24 horas, mientras que el TMO realiza la interpretación clínica de forma inmediata al momento de realizar el examen. En los casos no sano, DART presenta tiempos de espera por informe que van desde los 120 días en los casos de RDNP moderada hasta los 180 días en los casos de RDP. Una observación importante y de gran relevancia es que, dado los algoritmos que posee, DART no reconoce la RDNP leve puesto que los marcadores biológicos utilizados para el diagnóstico solo se presentan en los grados moderados en adelante. Paralelamente y para los mismos casos no sanos el TMO hace la interpretación clínica inmediatamente al realizar el examen sin importar el grado de RD, desde RDNP leve hasta RDP. Este dato importante sobre no reconocer el diagnóstico de RDNP leve, hace pensar que es posible que esos casos los tome como sanos, sobre todo cuando la patología está recién comenzando, confirmando que no es la estrategia ideal para diagnóstico precoz de RD.

El retraso en la oportunidad diagnóstica de DART, principalmente en los casos severos, implica una pérdida irreversible de la visión (45), ya que el tratamiento no se realiza a tiempo (46), lo que sugiere que esta estrategia no permite

el diagnóstico precoz y tratamiento oportuno de la enfermedad. Al considerar la prevalencia de la RD en Chile, el desconocimiento de la población que padece esta enfermedad y como aumentarán los casos al año 2030 (1), se hace indispensable contar con una estrategia de screening que permita el diagnóstico precoz, por lo que seguir considerando a DART como una herramienta válida para el diagnóstico de RD en el sistema de salud nacional sin realizar las mejoras necesarias a esta estrategia es un error, que podría generar un problema de salud pública mayor que la misma prevalencia de la RD.

Al relacionar indicadores de precisión por grado de RD y la oportunidad diagnóstica y terapéutica, se observa que entre más avanzado el grado de RD más sensible es el TMO en comparación con DART, siendo en el caso de la RDP 2,04 veces más sensible en detectar este grado de RD, de manera que, si el TMO pudiese, además de tomar las imágenes, categorizarlas para poder derivarlas de forma oportuna al MO, se podría cumplir con lo que busca esta estrategia de mejorar la cobertura y el diagnóstico precoz y oportuno de la RD.

Al evaluar el costo asociado por un mal diagnóstico, se observa que es mayor en la estrategia DART, ya que existe un valor asociado a cada informe realizado, independiente del resultado, y cuando está alterado, debe ser evaluado por MO de forma presencial, generando un nuevo costo por esta atención. En cuanto al costo de la atención por TMO, la toma de la imagen digital está dentro de sus funciones y solo cuando se deriva a MO existe un costo asociado, por lo tanto, al generarse diagnósticos errados en DART aumenta el costo de la estrategia, generando un gasto innecesario. Este estudio muestra que el TMO contribuye en un ahorro de recursos.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la principal diferencia entre DART y TMO está en la sensibilidad que presentan, resultado que no era el esperado, previo análisis, considerando lo observado en la práctica clínica, donde

se aprecia que los errores diagnósticos son mayores, por ende, se esperaba encontrar diferencias significativas en todos los indicadores presentados. Esta diferencia entre lo esperado y lo encontrado muestra que la percepción de la estrategia, en cuanto a su utilidad, es menor que los resultados obtenidos en este trabajo, dejando de manifiesto que DART es una buena estrategia, que cumple con dar mayor acceso y cobertura a la población, pero como estrategia de diagnóstico falla justamente en la precisión, por lo que se sugiere revisar esta herramienta para poder utilizarla como medio de detección precoz de RD.

En cuanto al resultado del costo de DART comparado con TMO por un diagnóstico errado, se produjo un resultado similar al punto anterior, donde antes de analizar los datos obtenidos, se esperaba que DART fuese una estrategia con un costo asociado mucho mayor que el TMO. Al analizar los datos, se observa que la diferencia no es significativa, ya que el valor asociado a los informes que entrega DART es bajo, sin embargo, no fue posible encontrar información que dijera cuanto es el valor de la mantención de la plataforma y el software que analiza las imágenes, para saber el costo real de DART. A pesar de esto, y que el valor por informe de DART es bajo, se puede hablar de un gasto innecesario con esta estrategia, ya que el TMO es más sensible y la realización del tamizaje de FO está dentro de sus funciones.

Un estudio publicado el año 2021 en la Revista Médica de Chile, que compara la exactitud de tamizaje de RD entre IA versus TMO muestra que DART presenta una sensibilidad del 100% y una especificidad 55,4% (47), resultados completamente opuestos a los obtenidos en esta investigación. Esto se podría explicar por dos puntos específicos, el primero, la forma en cómo se obtuvieron las imágenes, ya que, a diferencia de lo realizado en este trabajo, en el estudio publicado las imágenes fueron tomadas con pupila dilatada, lo que permite obtener imágenes de mejor calidad. En la práctica diaria este procedimiento se realiza sin dilatación, para evitar complicaciones como aumento de PIO y molestias

visuales(38), además los equipos que se ocupan para obtener estas imágenes, específicamente Canon CR2 del estudio publicado y AFC 330 de Nidek, utilizada en este trabajo, son cámaras no midriáticas por lo que están diseñadas para utilizarse en pacientes con pupilas pequeñas de hasta 3,3 mm(48,49). El segundo punto, es que, a diferencia de lo realizado en este estudio donde se comparó DART versus TMO, utilizando el MO como gold standard, en el estudio publicado se comparó DART con una estrategia específica utilizada solo por los TMO del Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente.

Dentro de las limitaciones que se observan en este estudio, el principal es el diseño, ya que para poder responder a cabalidad la pregunta de investigación el ideal hubiese sido un estudio prospectivo, experimental, considerando todas las UAPO del Valle de Aconcagua para evaluar mejor la precisión del TMO versus DART, considerando las características demográficas para poder conocer como esto influye en el grado de RD. Con este tipo de estudio, también se hubiese podido medir el acceso y cobertura total que puede lograr DART y el TMO y conocer como impacta en la visión del paciente la pronta pesquisa de RD, al tener un diagnóstico y tratamiento oportuno, considerando los tiempos de confirmación diagnóstica y derivación tanto de DART como de TMO.

Capítulo VIII: Conclusión

La teleoftalmología como estrategia de pesquisa de patologías oculares ha funcionado y dado buenos resultados en la mayoría de los países donde se ha implementado, principalmente porque permite atender a gran cantidad de pacientes sin las dificultades de traslado, tiempo y dinero y se ha potenciado durante la pandemia. En nuestro país esta estrategia se puso en marcha con el tamizaje de RD a través de la estrategia DART, la cual presenta la ventaja de que es posible analizar gran cantidad de exámenes por lo que se logra dar cobertura a mayor población, sin embargo, al momento de generar el diagnóstico de la enfermedad esta estrategia no presenta la sensibilidad necesaria como test de screening por lo que genera un alto número de FN y demoras en la entrega de resultados; por lo tanto DART no garantiza la oportunidad de atención, dificultando la oportunidad diagnóstica de estos pacientes, de ahí la importancia de mejorar esta estrategia incorporando al TMO en el proceso de clasificación de las imágenes digitales obtenida, ya que como muestra este estudio, el profesional TMO presenta una sensibilidad mayor que DART.

Para poder lograr un tamizaje efectivo, donde se logre dar cobertura a toda la población diabética bajo control de los centros de APS y asegurarles la oportunidad de diagnóstico y tratamiento, es necesario que el proceso de teleoftalmología, específicamente DART, sea reformulado y dejarlo como una estrategia que pesquise pacientes sanos y sea el TMO quien evalúe las imágenes digitales obtenidas, las categorice, siendo las imágenes que no presenten alteración enviadas a DART y las que presenten algún grado de RD derivadas al MO de la UAPO, para así garantizar la rápida atención, diagnóstico oportuno y certero por médico especialista.

Se sugiere como línea de investigación futura realizar un estudio a nivel nacional para evaluar esta estrategia y ver el impacto real en el diagnóstico de RD; generar

un protocolo de adquisición e interpretación de imágenes para utilizar en todas las UAPOs del país y obtener información estandarizada para generar las mejoras necesarias a esta estrategia de tamizaje de FO en pacientes diabéticos, actividad que la autora de este trabajo está dispuesta a realizar.

Referencias bibliográficas

1. "Ministerio de Salud". Guía de Practica Clínica-Problema de Salud AUGE N°31 [Internet]. Ministerio de Salud de Chile. 2021. Available from: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-desarrolladas-utilizando-manual-metodologico/retinopatia-diabetica/descripcion-y-epidemiologia/>
2. Castillo-Otí JM, Cañal-Villanueva J, García-Unzueta MT, Galván-Manso AI, Callejas-Herrero MR, Muñoz-Cacho P. Prevalence and risk factors associated with diabetic retinopathy in Santander. Northern Spain. Aten Primaria. 2020 ene 1;52(1):29–37.
3. Zheng Y, He M, Congdon N. Current Ophthalmology The worldwide epidemic of diabetic retinopathy PMID: ***** Quick Response Code. [citado 2022 sep 23]; Available from: www.ijo.in
4. "Ministerio de Salud". Guía Clínica Retinopatía Diabética . Santiago: Gobierno de Chile ; 2010.
5. "Verdaguer J, "Martínez F, "Barría F. Actualización de la Guía Clínica de Retinopatía Diabética [Internet]. Asociación Panamericana de Oftalmología PAAO. 2016. Available from: <https://pao.org/wp-content/uploads/2016/05/guiaclinicaretinopatiadiabetica2016.pdf>
6. Arenas JT, Galaz D. DART. Inteligencia artificial para la prevención de la ceguera. Santiago; 2015.
7. Diario Financiero. Plataforma de teleoftalmología DART se expandirá a 29 servicios de salud de Chile esta año . <https://www.df.cl/tendencias/tecnologia/plataforma-de-teleoftalmologia-dart-se-expandira-a-29-servicios-de-salud>. 2019.
8. TeleDx DART. TeleDx DART. <https://www.teledx.org/dart.html>. 2022.
9. ISCI. DART Tecnología artificial amplifica la detección y prevención de la ceguera por diabétes. <https://isci.cl/spinoff/dart/>. 2019.
10. "Riesco B, "Sáez V, "Escobar S, "Barría F, "Donoso R, "Gil C. Unidades de atención primaria en oftalmología en Chile: historia y funciones. Rev Med Chil. 2015;143:919–24.

11. "Berríos H. Efectos del Tecnólogo Médico como gatekeeper en el proceso diagnóstico de glaucoma en las Unidades de Atención Primaria Oftalmológica . [Santiago]: Universidad de Chile ; 2017.
12. SOCHIOF. Sociedad Chilena de Oftalmología.
13. Riesco B, Orsini M, Gil C. Propuesta de estudio: tecnólogos médicos con mención en oftalmología en los vicios de refracción. Rev Chil Salud Pública. 2011;15:98–104.
14. UNESCO. Informe de la Salud Visual en Centroamerica 2009. Catalunya; 2009.
15. Ópticos Optometrístas. Ópticos Optometrístas Consejo General [Internet]. 2021. Available from: <https://www.cgcoo.es/noticias-2/inclusion-opticos-optometristas-en-atencion-primaria-supone-un-ahorro-para-sanidad-publica>
16. OMS. Informe mundial sobre la discapacidad. Malta; 2011.
17. Lutz de Araujo A, de Campos Moreira T, Rucks Varvaki D, Blasco Gross P, Goulart Molina-Bastos C, Katz N, et al. The use of telemedicine to support Brazilian primary care physician in managing eye conditions: The TeleOftalmo Project. PLoS One. 2020;15:1–12.
18. Fialho de Souza G, Minelli Figueira R, Alkmin MB, Aparecida Pereira de Sousa L, Bonisson L, Pinho Ribeiro A, et al. Teleophthalmology Screening for Diabetic Retinopathy in Brazil: Applicability and Economy Assessment. Telemedicine and e-Health. 2020.
19. CDC. National Diabetes Statistics Report. Atlanta; 2014.
20. Liu Y, Carlson J, Torres Díaz A, Lock L, Zupan N, Molfenter T, et al. Sustaining Gains in Diabetic Eye Screening: Outcome from a Stakeholder-Based Implementation Program for Teleophthalmology in Primary Care. Telemedicine and e-Health. 2021;27:1021–7.
21. Valpuesta Martin Y, Pacheco Calillirgos G, Maroto Martin T, Piriz Veloso M, Hernández Santamaría S, López Gálvez M. Satisfaction of patients and primary care professionals with a teleophthalmology-based screening programme for diabetic retinopathy in a rural area in Castilla y León, Spain. Rural Remote Health. 2020;20(1):1–7.

22. "González C, "Castillo C, "Matute I. Serie de salud poblacional: Estructura y funcionamiento del sistema de salud chileno. Universidad del Desarrollo. Santiago: CEPS; 2019.
23. "Aguayo E, "Rojas V. Modelo de atención Integral con Enfoque familiar y comunitario en la red de atención de salud. Santiago: Gobierno de Chile ; 2017.
24. UNIVERSIDAD DE CHILE-FACULTAD DE ODONTOLOGIA DEPARTAMENTO DEL NIÑO Y ORTOPEDIA DENTOMAXILAR AREA SALUD PÚBLICA Estructura y Organización del Sistema de Salud Chileno 1 I. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE SALUD? [Internet]. 2007. Available from: <http://www.who.int/whr/2003/es/>
25. "Servicio de salud Metropolitano Norte". Atención Primaria [Internet]. Ministerio de Salud de Chile. 2021. Available from: https://www.ssmn.cl/atencion_primaria.ajax.php
26. Muñoz de Escalona-Rojas JE, Quereda Castañeda A, García García O. Actualización de la retinopatía diabética para médicos de atención primaria: Hacia una mejora de la medicina telemática. SEMERGEN Medicina de Familia. 2016;42(3):172–6.
27. InfoSalud. Cerca del 30% de los diabéticos sufren retinopatía diabética [Internet]. InfoSalud. 2010. Available from: <https://www.infosalus.com/actualidad/noticia-cerca-30-diabeticos-sufren-retinopatia-diabetica-20100811111605.html>
28. MINSAL. Guía de práctica clínica problema de salud AUGE N°31 [Internet]. 2022. Available from: <https://diprece.minsal.cl/le-informamos/auge/acceso-guias-clinicas/guias-clinicas-desarrolladas-utilizando-manual-metodologico/retinopatia-diabetica/descripcion-y-epidemiologia/>
29. Castillo Oti J, Cañal Villanueva J, García Unzueta M, Galván Manso A, Callejas Herrero M, Muñoz Cacho P. Prevalencia y factores de riesgo asociados a la retinopatía diabética en Santander. Norte de España. Aten Primaria. 2019;
30. Abuaud S, Guzmán P, Urzúa C. Prevalencia de retinopatía diabética y edema macular en población diabética del CESFAM Cordillera Andina de Los Andes. Revista Chilena de Salud Pública. 2014;18:81–6.

31. Tenorio G, Ramirez-Sanchez V. Retinopatía diabética; conceptos actuales. *Revista Médica del Hospital General de México*. 2010;73:194–200.
32. Carrillo-Alarcón L, López-López E, Hernández-Águila C, Martínez-Cervantes J. Prevalencia de la retinopatía diabética en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Oftalmología*. 2011;85:142–7.
33. “Ministerio de Salud”. Programa Nacional de Telesaud. Ministerio de Salud de Chile. Santiago;
34. MINSAL. Programa Nacional de Telesalud. Santiago; 2019.
35. "Coronado F, "Galaz D. Inteligencia artificial para prevención de la ceguera. Laboratorio de Gobierno . Santiago: Universidad de Chile ; 2015.
36. Fernandez Revuelta A. Técnica de exploración del fondo de ojo. Zaragoza; 2012.
37. VENYVE. Examen de Fondo de Ojo, ¿Para qué sirve? 2020.
38. Mayo Clinic. Dilatación ocular ¿Es necesaria en cada examen ocular? <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/eye-exam/expert-answers/eye-dilation/faq-20057882>. 2022.
39. Silva-Jorquera R, Zett C. Retinopatía Diabética en Chile: un reporte cuantitativo de la proporción de diabéticos con fondo de ojo anual Coverage rates of eye fundus examinations among Chilean patients with diabetes mellitus. Vol. 149, *Rev Med Chile*. 2021.
40. Donoso R. DART: impacto de tamizaje nacional con inteligencia artificial [Internet]. The International Agency for the Prevention of Blindness. 2019. Available from: <https://www.iapb.org/news/dart-impacto-de-tamizaje-nacional-con-inteligencia-artificial/>
41. Ministerio de Salud Chile. Ministro de Salud presenta software que permitirá triplicar la cantidad de exámenes para prevenir la ceguera diabética. <https://www.minsal.cl/ministro-de-salud-presenta-software-que-permitira-triplicar-la-cantidad-de-examenes-para-prevenir-la-ceguera-diabetica/>. 2018.
42. Tomás Arenas-Cavalli J, Abarca I, Rojas-Contreras M, Fernando Bernuy •, Donoso R. Clinical validation of an artificial intelligence-based diabetic retinopathy screening tool for a national health system. *Eye* [Internet]. 2022;36:78–85. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41433-020-01366-0>

43. Review of Ophthalmology. Fundus camera from Nidek a First [Internet]. 2007. Available from: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/fundus-camera-from-nidek-a-first>
44. Teledex.org. Manual de usuario Rol Oftalmólogo. 2018. p. 2.
45. Gomez A. Manifestaciones Oculares de la Diabetes y la Hipertensión Arterial . *Ámbito Farmacéutico Educación Sanitaria* . 2011 nov;30(44).
46. National Eye Institute. Retinopatía Diabética . <https://www.nei.nih.gov/espanol/aprenda-sobre-la-salud-ocular/enfermedades-y-afecciones-de-los-ojos/retinopatia-diabetica>. 2022.
47. Ibáñez-Bruron MC, Cruzat A, Órdenes-Cavieres G, Coria M. Exactitud de tamizaje de retinopatía diabética: inteligencia artificial versus tecnólogos médicos entrenados. Vol. 149, *Rev Med Chile*. 2021.
48. Superior Image Resolution and Auto Functionality CR-2 AF DIGITAL NON-MYDRIATIC RETINAL CAMERA.
49. AFC-330 Non-Mydriatic Auto Fundus Camera.