

UNIVERSIDAD DE



VALLADOLID

E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

Desarrollo y evaluación de un Sistema de Ayuda a la Decisión Médica móvil en iOS para el diagnóstico de enfermedades del polo anterior del ojo

Autor:

Marta Manovel López

Tutor:

Isabel de la Torre Díez

Valladolid, 14 de Julio de 2016

TÍTULO: Desarrollo y evaluación de un Sistema de Ayuda a la Decisión Médica móvil en iOS para el diagnóstico de enfermedades del polo anterior del ojo.

AUTOR: Marta Manovel López

TUTORES: Isabel de la Torre Díez

DEPARTAMENTO: Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE: Miguel López-Coronado Sánchez-Fortún

SECRETARIO: David González Ortega

VOCAL: Beatriz Sainz de Abajo

SUPLENTE: Roberto Hornero Sánchez

SUPLENTE: Jesús Poza Crespo

SUPLENTE: María García Gadañón

FECHA: 14 de Julio de 2016

CALIFICACIÓN:

RESUMEN

El uso de aplicaciones móviles sigue aumentando año tras año, y este aumento se aprecia aún más en la población adulta, es decir, personas que no son nativas digitales pero que valoran el potencial que tiene el uso de estas herramientas en su vida. Y este aumento no solo se produce en el ámbito personal, sino que los profesionales en su vida laboral cada vez recurren más a la utilización de aplicaciones móviles para desarrollar su actividad profesional. Un sector que basa la mejora del desarrollo de sus actividades en los avances tecnológicos es la medicina. Los profesionales médicos utilizan sistemas en su día a día que les ayudan a desempeñar sus tareas, como son los registros electrónicos de historiales clínicos, gestión de citas médicas, o sistemas de ayuda en el diagnóstico. Estos últimos cada vez son más demandados, ya que una de las tareas principales que desempeñan los médicos es el diagnóstico de enfermedades, y en ciertas ocasiones requieren ayuda externa para poder llevarlo a cabo, sobre todo en casos en que no se es especialista en la materia o en que la dificultad de dominio de la especialidad médica es elevada. Este escenario se plantea en los servicios sanitarios de atención primaria, donde un buen manejo de enfermedades es crucial, tanto para el paciente como para el sistema sanitario. La especialidad de oftalmología es una de las más complicadas, debido a la gran variedad de patologías que se presentan y a la delicadeza de los órganos tratados, ya que estas patologías afectan directamente en la calidad de vida del paciente.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de la aplicación móvil OphthalDSS para el sistema operativo iOS basándose en la versión anterior de la aplicación con el mismo nombre, desarrollada para el sistema operativo Android. Esta aplicación pretende ayudar en el diagnóstico de enfermedades oculares del segmento anterior del ojo, además de ofrecer a los usuarios contenido educativo sobre las patologías. Para ello se estudiará el estado del arte en cuanto a literatura y aplicaciones móviles comerciales que dispongan de sistemas de ayuda en la toma de decisiones médicas en el campo de la oftalmología, y se tendrán en cuenta las valoraciones de la calidad de experiencia por parte de los estudiantes de medicina que pudieron probar la versión de OphthalDSS en el sistema operativo Android para el desarrollo de esta nueva versión.

ABSTRACT

The use of mobile applications keeps growing year after year, and this increase is more noted in adult population, it means, people that are not digital natives but who appreciate the huge potential that the use of these tools has in their lives. This rise is not only produced in a personal level, but rather professionals in their working life use even more mobile applications to develop their professional activity. A sector where the improvement of their activities is based on the technological advances is the medicine field. Physicians use daily systems that help them carrying out their tasks, as are electronic health records, medical appointments management, or decision support systems. The last ones are increasingly demanded due that diagnosis is one of the main activities that physicians accomplish every day, and in some occasions they need extra help in order to carry out in the best way possible, especially in those cases where the physician is not a specialist in the medical field or the medical specialty is difficult to master. This scenario is shown in primary healthcare services, where a good diseases management is vital for both the patient and the health system. Ophthalmology is one of the most complicated specialties, due to the huge variety of presented pathologies and to the delicacy of the treated organs, since these pathologies directly affect to the patient's quality of life.

This work aims to develop the OphthalDSS mobile application for the iOS operative system, based on the previous version of the same-name application, developed for the Android operative system. This mobile application has as purpose helping in anterior segment ocular diseases' diagnosis, besides offering educative content about pathologies to users. For this, the state of the art in terms of reviewing literature and commercial applications that have medical decision support systems will be analysed, and it will be considered the valuations obtained after studying the scores gotten on the quality of experience survey realized by medical students which could try the Android OphthalDSS version in order to keep improving the new version.

PALABRAS CLAVE: mHealth, mSalud, oftalmología, Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD), CDSS, iOS, aplicación móvil

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Motivación.....	17
1.2. eHealth, mHealth y aplicaciones móviles.....	21
1.3. Objetivos	26
1.4. Visión global del proyecto	27
1.4.1. Aspectos innovadores	27
1.4.2. Aplicación comercial	28
1.4.3. Materialización del prototipo y recursos necesarios.....	28
1.4.4. Protección y comercialización de los resultados.....	29
CAPÍTULO 2. GUÍA OFTALMOLÓGICA.....	33
2.1. Introducción	33
2.2. Segmento posterior.....	33
2.3. Segmento anterior y superficie ocular.....	34
2.4. Enfermedades tratadas en la aplicación.....	34
2.4.1. Fístula carótido-cavernosa.....	34
2.4.2. Pinguécula	35
2.4.3. Pterigión	35
2.4.4. Queratitis actínica.....	35
2.4.5. Queratitis herpética.....	36
2.4.6. Queratitis infecciosa	37
2.5. Información de interés	39
2.5.1. El examen del ojo	39
2.5.2. Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva	40
2.5.3. Patología del cristalino. Cataratas	41
2.5.4. Degeneraciones y distrofias de la retina	42
2.5.5. Miopía patológica.....	42
2.5.6. Glaucoma crónico simple.....	43
2.5.7. Degeneraciones retinianas periféricas, desprendimiento de vítreo posterior y desprendimiento de retina.....	44
2.5.8. Hemorragias vítreas. Oclusiones vasculares retinianas.....	45
2.5.9. Ambliopatía y estrabismo	45
2.5.10. Patología oftalmológica del neonato y del lactante.....	46
2.5.11. Leucoria	47
2.5.12. La pupila	47
2.5.13. Vía óptica. Defectos del campo visual.....	48
2.5.14. Neuropatías ópticas	48

2.5.15.	Enfermedades del sistema oculomotor. Parálisis supra e infranuclear. Nistagmas.....	49
2.5.16.	Diabetes ocular.....	50
2.5.17.	Retinopatía hipertensiva.....	50
2.5.18.	Uveítis intermedias y posteriores.....	51
2.5.19.	Farmacología ocular.....	52
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE DE SADM EN LA ESPECIALIDAD DE OFTALMOLOGÍA		55
3.1.	Introducción	55
3.2.	Metodología seguida para búsqueda de información	55
3.2.1.	Metodología seguida en la revisión literaria	55
3.2.2.	Metodología seguida en la búsqueda de Apps comerciales.....	57
3.3.	Revisión literaria	57
3.3.1.	Oftalmología: Publicaciones sobre el Segmento Posterior del Ojo.....	62
3.3.2.	Oftalmología: Publicaciones sobre el Segmento Anterior del Ojo.....	67
3.3.3.	Oftalmología: Publicaciones sobre Oftalmología General.....	69
3.3.4.	Otros: Publicaciones sobre Métodos y Algoritmos SADM.....	71
3.3.5.	Otros: Publicaciones sobre <i>data mining</i> , <i>Cloud</i> , EHR y Big Data.....	74
3.3.6.	Otros: Publicaciones sobre otros temas.....	78
3.4.	Apps comerciales	80
3.5.	Conclusiones	87
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA		91
4.1.	Apple e iOS.....	91
4.1.1.	Xcode.....	92
4.1.2.	Objective-C y Swift.....	93
4.2.	Requisitos funcionales	94
4.3.	Aspecto general de la aplicación	95
4.4.	Sistema de ayuda a la decisión (SAD o DSS).....	98
CAPÍTULO 5. RESULTADOS		105
5.1.	OphthalDSS.....	105
5.2.	Evaluación en dispositivos	116
5.3.	Evaluación de QoE de la aplicación en Android.....	122
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....		131
6.1.	Conclusiones	131
6.1.1.	Conclusiones generales	131
6.1.2.	Conclusiones sobre el desarrollo e implantación de OphthalDSS.....	132
6.2.	Líneas futuras.....	134

6.2.1. Nivel funcional.....	135
6.2.2. Nivel técnico.....	135
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXO I.....	153
A. Revistas indexadas en JCR	153
B. Conferencias internacionales	153

Índice de imágenes

Imagen 3. 1. Sistema PEEK, con imágenes de fondo de ojo y de testeo de cataratas. Fuente: [88].	70
Imagen 3. 2. Pantallas de la aplicación MediDSS. Fuente: <i>Google Play</i> .	80
Imagen 3. 3. Pantallas de la aplicación “Ophthalmology pocket”. Fuente: <i>Google Play</i> .	81
Imagen 3. 4. Pantallas de la aplicación “The Eyes Have It”. Fuente: <i>Google Play</i> .	82
Imagen 3. 5. Pantallas de la aplicación “D-EYE”. Fuente: <i>Google Play</i> .	82
Imagen 3. 6. Pantallas de la aplicación “EyeTouch”. Fuente: propia.	83
Imagen 3. 7. Pantallas de la aplicación “Diagnóstico ocular”. Fuente: propia.	83
Imagen 3. 8. Pantallas de la aplicación “Ocular Diagnosis”. Fuente: <i>AppStore</i> .	84
Imagen 3. 9. Pantallas de la aplicación “Clinical Ophthalmology: A Synopsis”. Fuente: <i>AppStore</i> .	84
Imagen 3. 10. Pantallas de la aplicación “Uveítis Doctor”. Fuente: <i>AppStore</i> .	85
Imagen 3. 11. Pantallas de la aplicación “Peds Oph”. Fuente: <i>AppStore</i> .	85
Imagen 3. 12. Pantallas de la aplicación “Pain Eye”. Fuente: <i>AppStore</i> .	86
Imagen 3. 13. Pantallas de la aplicación “Vasculitis Retiniana”. Fuente: propia.	86
Imagen 3. 14. Pantallas de la aplicación “Central Florida Retina”. Fuente: propia.	87
Imagen 5. 1. Icono y pantalla de inicio de la aplicación OphthalDSS. Fuente: propia.	105
Imagen 5. 2. Pantalla principal de OphthalDSS. Fuente: propia.	106
Imagen 5. 3. Ejemplos de pantallas del algoritmo inicial del DSS. Fuente: propia.	106
Imagen 5. 4. Pantallas de ejemplo del funcionamiento del algoritmo de “Ojo rojo”. Fuente: propia.	107
Imagen 5. 5. Pantalla de posible patología. Fuente: propia.	108
Imagen 5. 6. Pantallas de la guía de la enfermedad (a) y del mensaje de aviso (b). Fuente: propia.	108
Imagen 5. 7. Pantallas del diagnóstico por imágenes. Fuente: propia.	109
Imagen 5. 8. Lista de enfermedades (a) y herramienta de búsqueda (b). Fuente: propia.	110
Imagen 5. 9. Guía de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.	111
Imagen 5. 10. Pantalla de información clínica de “Pinguécula”. Fuente: propia.	111
Imagen 5. 11. Pantalla de imágenes relacionadas con la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.	112
Imagen 5. 12. Pantalla con la información de interés de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.	112
Imagen 5. 13. Pantalla de acrónimos, etimología y terminología en inglés de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.	113
Imagen 5. 14. Pestaña de información. Fuente: propia.	113
Imagen 5. 15. Pantalla con esquemas del ojo sano. Fuente: propia.	114
Imagen 5. 16. Pantalla de información de interés de “Tema 2: Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva”. Fuente: propia.	114
Imagen 5. 17. Pantalla de acrónimos, etimología y terminología en inglés de “Tema 2: Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva”. Fuente: propia.	115
Imagen 5. 18. Pantalla con la información de la aplicación y del equipo de desarrollo de la misma. Fuente: propia.	116
Imagen 5. 19. iPhone 5S. Fuente: propia.	117
Imagen 5. 20. iPhone 6S. Fuente: propia.	117
Imagen 5. 21. iPad mini. Fuente: propia.	118
Imagen 5. 22. iPad Air. Fuente: propia.	118
Imagen 5. 23. Ejecución de la aplicación en iPhone 5S. Fuente: propia.	119

Imagen 5. 24. Ejecución de la aplicación en iPhone 6S. Fuente: propia.	119
Imagen 5. 25. Ejecución de la aplicación en iPad mini. Fuente: propia.	120
Imagen 5. 26. Ejecución de la aplicación en iPad Air. Fuente: propia.....	121

Índice de figuras

Figura 3. 1. Clasificación completa seguida en la revisión de la literatura. Fuente: propia.....	58
Figura 3. 2. Clasificación seguida para la consulta de <i>PubMed</i> . Fuente: propia.....	58
Figura 3. 3. Clasificación seguida para la consulta de <i>IEEE Xplore</i> . Fuente: propia.....	59
Figura 3. 4. Clasificación seguida para la consulta de <i>Scopus</i> . Fuente: propia.....	59
Figura 3. 5. Clasificación seguida para la consulta de <i>Web of Science (WoS)</i> . Fuente: propia.....	60
Figura 3. 6. Clasificación seguida para la consulta de <i>ScienceDirect</i> . Fuente: propia.....	60
Figura 3. 7. Clasificación de las publicaciones de interés obtenidas como resultado de la búsqueda. Fuente: propia.....	61
Figura 4. 1. Diagrama de flujo del funcionamiento de DSS. Fuente: propia.....	99
Figura 4. 2. Diagrama de flujo de inicio del sistema DSS. Fuente: propia.....	101
Figura 4. 3. Diagrama de flujo de “Ojo Rojo”. Fuente: propia.....	102
Figura 5. 1. Calificación media por bloque. Fuente: propia.....	123
Figura 5. 2. Respuestas a la pregunta “¿La aplicación realiza la función esperada?”. Fuente: propia.....	124
Figura 5. 3. Respuestas a la pregunta “¿Podría hacer lo mismo sin la aplicación?”. Fuente: propia.....	125
Figura 5. 4. Respuestas a la pregunta “¿Cree que la información es fiable?”. Fuente: propia.....	125
Figura 5. 5. Respuestas a la pregunta “¿Ha encontrado lo que necesitaba?”. Fuente: propia.....	125
Figura 5. 6. Respuestas a la pregunta “¿Cree que el método tradicional es más difícil o no existe?”. Fuente: propia.....	126
Figura 5. 7. Respuestas a la pregunta “¿La aplicación podría tener un funcionamiento más optimizado?”. Fuente: propia.....	126
Figura 5. 8. Respuestas a la pregunta “¿Es adecuada la apariencia de esta aplicación?”. Fuente: propia.....	126
Figura 5. 9. Respuestas a la pregunta “¿Cree que el método de diagnóstico de esta aplicación es, en general, preciso?”. Fuente: propia.....	127

Índice de tablas

Tabla 3. 1. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – segmento posterior del ojo. Fuente: propia.....	62
Tabla 3. 2. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – segmento anterior del ojo. Fuente: propia.....	68
Tabla 3. 3. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – oftalmología general. Fuente: propia.....	69
Tabla 3. 4. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas – métodos y algoritmos SADM. Fuente: propia.....	71
Tabla 3. 5. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas – <i>data mining</i> , <i>cloud</i> , EHR y Big Data. Fuente: propia.....	75
Tabla 3. 6. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas. Fuente: propia.	78
Tabla 5. 1. Dispositivos en los que la aplicación “OphthalDSS” ha sido evaluada. Fuente: propia.....	116
Tabla 5. 2. Encuesta de evaluación de la QoE de OphthalDSS. Fuente: propia.	122
Tabla 5. 3. Resultados de la QoE extraídos de la encuesta. Fuente: propia.....	123
Tabla 5. 4. Resultados de las opiniones de los encuestados. Fuente: propia.	124

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Hemos tenido la suerte (o, según el punto de vista, infortunio) de vivir en la Sociedad de la Información. Es tal la revolución tecnológica que no concebimos nuestro día a día sin el uso de la tecnología. Desde que comienza nuestro día y antes de salir de casa posiblemente hemos consultado nuestra cuenta de correo, hemos revisado la previsión del tiempo y hemos echado un vistazo a nuestra red social preferida. Además hemos pedido cita para acudir al médico a través de la *app* de nuestro teléfono o incluso hemos comprado a través de Internet el último *single* de nuestro grupo de música favorito que acabamos de escuchar en la radio. Son acciones que hemos incluido de manera natural en nuestra rutina ya que las ventajas que nos reportan parecen más valiosas que las dificultades que en un principio podrían existir.

Un elemento importante que ha favorecido la adaptación del uso de las nuevas tecnologías en nuestra vida diaria son los teléfonos móviles inteligentes o *Smartphones*. Estos dispositivos han hecho que el acceso a las plataformas tecnológicas se realice con un elevado grado de movilidad y que además la información y los resultados se plasmen en tiempo real. Pero esto no hubiera sido posible sin las aplicaciones móviles, esas herramientas software que tienen como función facilitar a los usuarios la vía de acceso a estas plataformas. Las nuevas generaciones, actualmente conocidas como generación Y (o *Millennials*) y generación Z, no han necesitado acomodarse a las nuevas tecnologías porque han nacido rodeados de ellas. Sin embargo, la población adulta ha tenido que adaptarse a este cambio y ha supuesto esfuerzos de aprendizaje y de cambio de mentalidad. Aun así, según el informe de Ditrendia [1], aunque en el año 2014 el uso de *Smartphones* y de aplicaciones móviles aumentó en todos los sectores de la población respecto del año anterior, lo hizo en mayor medida entre la población comprendida entre los 40 y los 55 años. Ya no solamente los más jóvenes utilizan las nuevas tecnologías, sino que la población adulta está integrando el uso de aplicaciones móviles en su vida diaria.

También cabe mencionar que el uso de aplicaciones móviles no solamente se realiza en el ámbito personal, sino que los usuarios también utilizan aplicaciones específicas que les ayuden en su día a día en el trabajo. Según la consultora Gartner [2], en el año 2018 un 70% de los profesionales utilizará sus dispositivos móviles personales para llevar a cabo su tarea profesional, de lo que se deduce que la tendencia de las aplicaciones móviles derivará hacia aquellas que sean útiles, sencillas de manejar y que cumplan las necesidades profesionales que los usuarios requieran.

Debido a la diversidad de personas que utilizan las aplicaciones móviles de sus dispositivos, la oferta de las mismas es muy variada, abarcando todo tipo de disciplinas y ofreciendo soluciones a múltiples y muy diversas necesidades. Los usuarios ya no solamente utilizan las aplicaciones de su dispositivo para comunicarse con otras personas o para entretenerse en sus momentos de ocio, sino

que sus *Smartphones* cuentan también con aplicaciones dedicadas a contribuir a los hábitos de vida saludables. Los usuarios se preocupan por su salud y tratan de llevar a cabo prácticas de vida sana, y han visto en las aplicaciones móviles una herramienta de ayuda. El desarrollo de los *wearables* también está en alza y ha favorecido el desarrollo de nuevas aplicaciones relacionadas con la salud y además han hecho posible que estas aplicaciones hayan tenido una gran acogida entre los usuarios.

En septiembre de 1978, se celebró en la actual Kazajistán la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud, la cual supuso uno de los eventos relacionados con la política de la salud internacional más importantes del siglo XX. Esta conferencia concluyó con la publicación de la Declaración de Alma-Ata [3], un documento que recogía en 10 puntos directrices para que gobiernos, profesionales sanitarios, y la comunidad mundial tomará acciones urgentes para promover y proteger la salud para todas las personas del mundo. Se resaltó una especial importancia en la atención primaria de la salud como la estrategia inicial y principal para alcanzar ese nivel de cobertura global sanitaria.

En lo que concierne a nuestro país, en la Constitución Española de 1978, vigente actualmente con sus respectivas reformas y revisiones, se reflejó el derecho a la protección de la salud para todos los ciudadanos [4]. Fue entonces cuando se estableció en España el Estado de Bienestar, pasando de un sistema sanitario de Seguridad Social, el cual tenía limitada cobertura y además era financiado por medio de las cotizaciones de trabajadores y empresarios, al Sistema Nacional de Salud (SNS), contando con una cobertura universal y sustentado gracias a los Presupuestos Generales del Estado. En 1986, por la Ley General de Sanidad, se definía el modelo sanitario español según cuatro pilares fundamentales: cobertura universal, financiación pública, gestión mayoritariamente pública de los servicios y competencias descentralizadas hacia las Comunidades Autónomas (CCAA). A partir de este momento se comienza a consolidar el Sistema Nacional de Salud como la conjunción de los Servicios de Salud de la Administración del Estado y de los Servicios de Salud de las CCAA. El afianzamiento de los Servicios de Salud de las CCAA ha sido un desarrollo progresivo que ha necesitado años para consolidarse.

La Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria (SESPA) comentaba en su informe del año 2012 [5] la importancia de la atención primaria como pieza clave para el futuro del Sistema Nacional de Salud. Se enorgullece del sistema sanitario español, pudiendo presumir de uno de los mejores de la Unión Europea. A este logro han contribuido factores como el médico de cabecera que actúa como primer filtro de entrada en el Sistema, disminuyendo la iatrogenia o daño a la salud por un mal acceso directo al sistema y ayudando a hacer del SNS un sistema sostenible y eficiente. Otro factor que ha contribuido es la lista de pacientes, que permite la asignación de un médico y un centro de salud para el uso habitual, consiguiendo así una mejor utilización del sistema, asistencia más oportuna y una respuesta médica apropiada a las necesidades. Está comprobado que los países que apuestan por la atención primaria presentan un mejor nivel de servicio sanitario

además de una reducción de costes. A pesar de ello, la SESPA reivindica una mayor dotación económica para la atención primaria, ya que los tiempos de crisis que ha vivido nuestro país han hecho mella en el SNS y la atención primaria ha sido la primera en notar la reducción de presupuesto, lo cual se ha traducido en un descontento entre los profesionales sanitarios.

Este informe de la SESPA del año 2012 tiene un apartado relacionado con las nuevas tecnologías [6]. Comentan que hoy en día es difícil entender el Sistema Sanitario sin la tecnología, refiriéndose principalmente al Historial Clínico Electrónico (HCE) y al acceso a Internet en las consultas médicas. El hecho de que el SNS sea bastante homogéneo entre Comunidades Autónomas ha hecho que España tenga un gran número de consultas informatizadas. En España, los puntos principales de la eSalud o Salud Electrónica son la tarjeta sanitaria, el HCE y la receta electrónica.

El actual Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad o el equivalente en las diferentes etapas políticas de nuestro país, viene publicando desde el año 2003 el Informe Anual del Sistema Nacional de Salud. En el último informe que data del año 2015 [7] se pone de manifiesto que en la atención primaria del SNS se atienden 371 millones de consultas médicas y de enfermería al año, lo que supone una frecuencia de 5.2 visitas por persona al año en cuanto a consultas médicas, y son más las mujeres que acuden al médico comparado con los hombres. Respecto de la atención de urgencias, se registran un total de 47.2 millones de consultas al año en el SNS. El sistema organiza la atención de las urgencias en tres ámbitos: la atención primaria, los servicios de urgencia de los hospitales y los servicios de emergencias llevados a cabo a través de la llamada al servicio 112 o 061. Casi la mitad de las emergencias se atienden en el ámbito de la atención primaria, siendo estas un volumen de 26.5 millones de urgencias.

En cuanto a la eSalud, en este informe se exponen ciertos aspectos con los que cuenta el SNS, los cuales son la Tarjeta Sanitaria Individual, el Sistema de Historia Clínica Digital y el sistema de Receta Electrónica. Estas tres herramientas son los pilares fundamentales de la digitalización e informatización del sistema sanitario. Los usuarios del SNS están identificados gracias a la Tarjeta Sanitaria y los profesionales médicos pueden acceder a los datos clínicos y administrativos de cada persona. En cuanto a la Historia Clínica Digitalizada o HCE, contiene toda la información para ser accedida dentro de cada Servicio de Salud de cada Comunidad Autónoma. En teoría, gracias al sistema de interoperabilidad de Historia Clínica del SNS, los pacientes y profesionales sanitarios autorizados tienen acceso a la información clínica más relevante que haya sido generada en cualquier Servicio de Salud del SNS. El sistema de la Receta Electrónica está prácticamente implantado en toda la atención primaria del SNS, y su aplicación en la atención especializada está logrando la total implantación. Además también se está trabajando en la homogeneidad de la dispensación de la Receta Electrónica en el SNS para que estas sean válidas en cualquier Sistema de Salud del SNS.

También se menciona en el informe la opinión de los usuarios del Sistema Nacional de Salud, y según el Eurobarómetro, el 77% de los ciudadanos de España encuestados afirman que la calidad de la atención sanitaria es buena. Tan solo un 0.8% de los encuestados alegan problemas a la hora de atender sus necesidades sanitarias como los costes, una gran distancia al centro médico o falta de medios de transporte, así como listas de espera.

Estos informes plasman la familiaridad de las nuevas tecnologías para el personal sanitario. En la mayoría de las consultas médicas en España cuentan con equipos informáticos y prácticamente todos los centros de salud y hospitales del país cuentan con conexión a Internet. Pero los profesionales médicos también utilizan las TIC para ayudar en el desempeño su actividad profesional o realizarlo de otra manera.

En las Primeras Jornadas sobre e-Salud [8], celebradas en el año 2014, se pusieron de manifiesto las nuevas tecnologías al servicio de la salud y se celebró en el Principado de Asturias, siendo esta una comunidad donde hay un número considerable de proyectos de telemedicina debido a las condiciones geográficas y demográficas. En palabras de Mario Margolles Martins, Director General de Innovación Sanitaria del Principado de Asturias *“Las TIC facilitan el trabajo de los profesionales de la sanidad, mejoran los diagnósticos, siendo estos más rápidos, y mejoran el problema de la dispersión geográfica que presenta comunidades como Asturias. Proyectos de telemedicina, telemonitorización, etc. pueden aumentar la calidad de vida de los ciudadanos. No se puede entender la sanidad desligada de la tecnología. Mencionando el nuevo hospital central sin papeles, donde todos sus sistemas están basados 100% en la informática, intentando generar una atención más personalizada, rápida y eficaz. Como todo, esto también puede ocasionar sus riesgos, tales como la impersonalización de la asistencia sanitaria, excluyendo factores humanos, que son cosas de debemos intentar pulir. Las TIC son unas herramientas para resolver problemas, no son un objetivo en sí mismo, y que deben favorecer la solución de los problemas de los ciudadanos. La relación médico-paciente es una relación humana no tecnológica, y se debe integrar de la mejor manera posible el factor humano y el factor tecnológico para conseguir el mejor servicio al ciudadano.”* Según Telefónica [9], la mHealth podría reducir el gasto anual invertido en el cuidado de la salud en la Unión Europea en aproximadamente 100.000 millones de euros para el año 2017.

Cada día aparecen nuevas aplicaciones, y cada vez son más el número de aplicaciones relacionadas con la medicina y el cuidado de la salud. Según Martínez-Pérez, B. et al. (2014) [10], en los últimos años ha crecido rápidamente las aplicaciones móviles del tipo herramientas de ayuda a la decisión médica, las cuales facilitan a los profesionales médicos su tarea diaria de decisión médica, y también ha aumentado la inclusión de estas herramientas en la práctica clínica, pero los desarrolladores han de poner especial atención en el diseño de la interfaz y en la facilidad de uso para no empobrecer la experiencia de usuario.

La Fundación Telefónica muestra en su último estudio “La Sociedad de la Información en España 2015” [11] la situación de la eHealth en nuestro país, y comenta que la teleoftalmología es la tercera

especialidad médica con más presencia en cuanto a desarrollo de soluciones tecnológicas. En su publicación, de la Torre-Díez, I. et al. (2014) [12] comentan que la especialidad de oftalmología requiere de más sistemas de ayuda a la decisión médica y más aplicaciones que los implementen, ya que los sistemas de ayuda existentes se centran en el diagnóstico de enfermedades del polo posterior del ojo.

En el Trabajo de Fin de Grado “Desarrollo y evaluación de un sistema móvil de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología” [13], se presentó el desarrollo de una aplicación móvil denominada OphthalDSS para el sistema operativo Android. Tras la evaluación de la experiencia de usuario (QoE) por parte de estudiantes de medicina de la Universidad de Valladolid, los resultados presentados por Manovel-López, M. et al. (2016) [14] revelaron que OphthalDSS es considerada una herramienta muy útil, viendo positivo su uso, pero los alumnos expresaron la necesidad de ver aumentadas las funcionalidades de esta aplicación móvil, así como que estuviera disponible para todos aquellos usuarios que disponen de un dispositivo con el sistema operativo iOS.

1.2. eHealth, mHealth y aplicaciones móviles

Según la Comisión Europea [15] la eHealth (electronic Health o salud electrónica) se refiere a las herramientas y servicios que utilizan las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) para mejorar la prevención, el diagnóstico, el tratamiento, la monitorización y la gestión de la salud. La eHealth puede beneficiar a toda la comunidad mejorando el acceso al cuidado de la salud y la calidad del mismo, así como haciendo un sector sanitario más eficiente. La eHealth incluye la compartición de datos e información entre pacientes y proveedores de servicios de la salud como especialistas, profesionales médicos, hospitales o redes de información médica. También incluye registros electrónicos de información médica, servicios de telemedicina, dispositivos móviles para la monitorización del paciente, herramientas software para la planificación de las salas de operación, cirugía robotizada e investigación sobre un ser humano fisiológico virtual. Puesto que se es consciente de la importancia de la aplicación de las TIC en el ámbito de la sanidad, la Unión Europea tiene en mente varios objetivos para poder:

- Mejorar la salud de los ciudadanos elaborando información disponible de auxilio utilizando las herramientas de eHealth, para que sea accesible incluso entre países cuando sea necesario.
- Incrementar la calidad del cuidado de la salud y el acceso al mismo, haciendo que la eHealth sea parte de la política de salud y coordinando las estrategias políticas, financieras y técnicas de los países de la Unión Europea.
- Hacer las herramientas de eHealth más efectivas, fáciles de utilizar y ampliamente aceptadas, involucrando a profesionales médicos y a pacientes en la estrategia, en el diseño y en la implementación de estas herramientas.

La mHealth (mobile Health o salud móvil) se especifica por la Organización Mundial de la Salud como un módulo de la eHealth. Actualmente no consta una definición estandarizada para este término, pero se asume cómo definición de referencia aquella publicada por el Observatorio Mundial para la eHealth (GOe) [16], en la cual se define la mHealth como las prácticas médicas y de salud pública sustentadas por dispositivos móviles tales como teléfonos móviles, dispositivos de monitorización de pacientes, asistentes digitales personales (PDAs) y otros dispositivos inalámbricos. La mHealth comprende el uso y capitalización de las utilidades básicas de los teléfonos móviles como los servicios de voz y de mensajería instantánea, así como funcionalidades y aplicaciones más complejas que incluyan el servicio GPRS, las telecomunicaciones móviles de tercera y cuarta generación, sistemas de posicionamiento global o tecnología Bluetooth.

La Asociación de Investigadores en eSalud publicó en el año 2015 un informe sobre el estado de la eSalud [17], y en él comentan que las TIC aplicadas a la eSalud facilitan la mejora de la asistencia sanitaria a un coste menor. Desde el punto de vista de los ciudadanos, la eSalud provee un mejor y más fácil acceso a información médica fiable, así como la posibilidad de obtener diagnósticos alternativos. La aplicación de la eSalud al panorama sanitario actual contribuye a la mejora de la calidad asistencial puesto que reduce el tiempo de diagnóstico y mejora la efectividad de los tratamientos médicos. Además, puesto que facilita la adaptación a cada situación, la eSalud reduce tiempos de gestión y lleva un control más exhaustivo del proceso médico del paciente. Gracias a la eSalud, el paciente se ve involucrado en el proceso asistencial, siendo partícipe del mismo, lo cual contribuye a mejorar la relación médico-paciente así como incrementar la confianza en el personal sanitario. Desde el punto de vista de los profesionales médicos, la eSalud supone un medio por el cual acceder a información médica actualizada y fidedigna, además de mejorar la relación con el paciente, pudiendo personalizar en mayor medida el diagnóstico, así como valerse de herramientas tecnológicas que le permitan establecer un diagnóstico rápido y claro.

La inclusión de la eSalud y de la mSalud en el ámbito sanitario y en la sociedad ha sido un proceso cuyo mayor auge se ha venido produciendo en los últimos años debido a la conjunción de varios factores, como el vertiginoso desarrollo de los dispositivos móviles hacia dispositivos más potentes, rápidos y ligeros, así como conexiones móviles e infraestructuras de red que ofrecen nuevas y potentes posibilidades y nuevas oportunidades de desarrollo de proyectos de servicios de mHealth.

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU) publicó a finales del año 2015 el informe “Medición de la Sociedad de la Información” [18] en el cual se recogen datos a nivel mundial entre los años 2010 y 2015 relacionados con el desarrollo de las TIC. Comentan que las suscripciones de telefonía han aumentado en más de un 30% desde 2010, alcanzándose a finales de 2015 la cifra que indica que un 47.2% de la población mundial está suscrita al servicio móvil, suponiendo casi 7100 millones de suscripciones, y además un 96% de la población puede recibir una señal móvil. A finales del año 2015 un 43.4% de la población mundial se conecta a Internet. El único dato que ha

disminuido progresivamente es el número de suscripciones a telefonía fija. Un aspecto importante que refleja este informe es el Índice de Desarrollo de las TIC (IDI). El IDI se trata de una herramienta muy valiosa para la medición de la sociedad de la información, suponiendo una referencia para evaluar los niveles de acceso a las TIC, valorar la utilización de estas tecnologías y considerar los conocimientos de cada país en la materia. Según el último ranking del IDI del año 2015, Corea es el primer país en desarrollo de las TIC, y ya lo era en el año 2010. En el caso que refiere a nuestro país, actualmente España se encuentra en el puesto 26 del total de 167 contemplados en el ranking, habiendo mejorado su posición respecto del año 2010.

En la 19ª Conferencia de Plenipotenciarios de la ITU de principios del año 2014 se definió la llamada “Agenda Conectar 2020 para el desarrollo mundial de las telecomunicaciones y tecnologías de la información y la comunicación (TIC)” [19], un documento que recoge una serie de metas y objetivos comunes que los Estados Miembro de la ITU se han comprometido a cumplir y alcanzar antes del año 2020. En el informe “Medición de la Sociedad de la Información” se ponen de manifiesto previsiones hasta el 2020, comparando con las metas establecidas en la “Agenda Conectar 2020”. Según la evolución del panorama de las telecomunicaciones, en el año 2020 los hogares que tendrán acceso a Internet serán del 56%, superando la meta del 55% establecida en la “Agenda Conectar 2020”. Sin embargo, otra meta establecida es alcanzar en el año 2020 un 60% de usuarios conectados a Internet, sin embargo, las previsiones del informe anuncian que tan solo un 53% de la población mundial estará en línea en el año 2020. En relación a los países en desarrollo y a los países menos avanzados, en los cuales está el futuro del crecimiento de las telecomunicaciones, la “Agenda Conectar 2020” fijó como meta que al menos el 50% de hogares de países en desarrollo tengan acceso a Internet, así como el 15% de los hogares en países menos avanzados. Sin embargo, las previsiones del informe no son tan positivas, estimando que para el año 2020 un 45% de los hogares de países en desarrollo tendrá acceso a Internet, mientras que en los países menos avanzados esta cifra será de un 11% de los hogares. Es por ello que en estos países es donde se deben dedicar más esfuerzos para fomentar el desarrollo de las telecomunicaciones y las TIC.

Vistos los datos que proporciona la ITU, parece que plantean un buen escenario para la implantación de las TIC, ya no solo a nivel mundial, sino también en nuestro país, ya que el Índice de Desarrollo de las TIC ha mostrado una evolución ascendente y se prevé que siga con esta tendencia en los próximos años. El último informe elaborado por Research2Guidance de finales del año 2015, “mHealth App Developer Economics 2015” [20] muestra la situación del mercado y de los desarrolladores de aplicaciones de mHealth. En primer lugar comenta que Europa representa el 40% del mercado global de las aplicaciones de mHealth, seguida de América del Norte que acapara el 32% del mercado. Más de la mitad de aplicaciones de mHealth desarrolladas hasta la fecha se han publicado en los tres últimos años. Las tiendas de aplicaciones móviles líderes, es decir, *Google Play* para Android y *AppStore* para iOS, son las que cuentan con más aplicaciones relacionadas con la

mHealth, contando con cerca de 70 mil aplicaciones cada una. El número de descargas de aplicaciones de mHealth sigue aumentando, siendo en el año 2015 este número de descargas de aproximadamente 3 billones, suponiendo un 35% más que en el año anterior. A pesar del éxito de este tipo de aplicaciones, los desarrolladores son exigentes con ellos mismos, y más de la mitad asegura no haber alcanzado los objetivos que se había planteado con la publicación de la aplicación. En general, la mayoría de las aplicaciones de mHealth tienen un despliegue respaldado por las tecnologías de la información o por un soporte tecnológico, y en el año 2015, un 51% de las aplicaciones publicadas contaron con especialistas médicos en el propio equipo de desarrollo y un 45% habían colaborado con profesionales médicos para el desarrollo de las aplicaciones.

En cuanto a la motivación que conduce al desarrollo de aplicaciones de mHealth, en el informe comentan que en primer lugar se encuentra la idea de ayudar a las personas a mejorar su condición de salud, seguida por la idea de reducir costes o incrementar la eficiencia. Respecto a los usuarios finales que utilizan principalmente este tipo de aplicaciones se encuentran los pacientes con alguna enfermedad crónica, seguidos de centros médicos y hospitales, y de profesionales médicos. También exponen cuáles serán, de las soluciones que presentan las aplicaciones de mHealth, aquellas que tendrán mayor impacto en la vida de los pacientes en los próximos 5 años, y las tres más importantes serán el tratamiento, sobre todo en pacientes con tratamiento a largo plazo, el diagnóstico y la prevención de enfermedades. Exponen que los dispositivos que serán el principal objetivo para la implementación de las aplicaciones de mHealth serán los *Smartphones* en primer lugar, seguidos de relojes (*Smart watches*) y de *tablets*, y en cuanto a las plataformas elegidas para el desarrollo de estas aplicaciones siguen liderando Android e iOS, ambas en una proporción bastante parecida. Centrándose en el ámbito de enfermedades, las previsiones mostradas en este informe presentan que la diabetes se mantendrá en los próximos 5 años como la enfermedad que requiere más soluciones de mHealth. Pero en cuanto a las soluciones ofrecidas por las aplicaciones, las relacionadas con el diagnóstico son las que presentan mayor potencial de negocio de aquí en los próximos 5 años.

En España no hay ninguna regulación que marque cómo ha de ser el uso de las aplicaciones móviles en el ámbito sanitario. Por tanto, puesto que en cierto modo las aplicaciones móviles relacionadas con el desempeño del cuidado de la salud se pueden considerar productos sanitarios, existen una serie de criterios establecidos por la Comisión Europea en Enero de 2012 recogidos en “Directrices para la calificación y clasificación de programas informáticos autónomos empleados en sanidad dentro del marco regulatorio de dispositivos médicos” [21]. En este documento se exponen los criterios que deben cumplir estos sistemas software autónomos para ser calificados como dispositivos médicos. En cuanto a los sistemas de ayuda a la decisión, exponen que son herramientas que combinan bases de datos de conocimientos médicos con datos específicos de pacientes. Estos sistemas están destinados a proporcionar a los profesionales del cuidado de la salud

y a los usuarios, recomendaciones para el diagnóstico, pronóstico, monitorización y tratamiento de pacientes individuales. Es por todo ello que son considerados dispositivos médicos.

Según los datos mostrados en Statista.com [22], en el mes de Marzo de 2016, las aplicaciones relacionadas con mHealth y Fitness en la *AppStore* de Apple no son las más populares pero se encuentran entre las 10 primeras, representando cerca de un 3% de las aplicaciones disponibles en la tienda virtual. A pesar de que no son la categoría más numerosa en la *AppStore*, a lo largo del año 2015 las aplicaciones de mHealth y Fitness vieron incrementado el tiempo que los usuarios dedican a estas aplicaciones en un 52% [23].

Según la compañía Greatcall de San Diego, California, [24], hay más de 97 mil aplicaciones relacionadas con la mHealth y Fitness disponibles en las tiendas virtuales, y prevén que para el año 2017, el 50% de usuarios de *Smartphone* tengan descargada en su dispositivo alguna aplicación relacionada con mHealth. Desde el punto de vista del perfil del médico, el 80% de los especialistas médicos encuestados utilizan *smartphones* y aplicaciones de mHealth. El 93% de los médicos aseguran que las aplicaciones móviles relacionadas con la mHealth pueden mejorar la salud de los pacientes. Un 40% cree que las aplicaciones de mHealth pueden reducir el número de visitas a la consulta y más de un 25% ya utilizan aplicaciones móviles para cuidar de la salud de sus pacientes.

La escuela de negocios IESE junto con Telefónica publicaron en el año 2013 el primer estudio sobre los sistemas de Gestión Remota de Pacientes en España “Gestión Remota de Pacientes: Un estudio sobre las percepciones de pacientes y profesionales en España” [25]. En él los autores comentan que tras haber encuestado a 1800 personas entre las que figuran pacientes con enfermedades crónicas y profesionales médicos, el 70% de los pacientes y el 80% de los médicos están dispuestos a utilizar este tipo de sistemas si lo tuvieran implementado ya que los beneficios que observan en el empleo de estos sistemas son considerables.

El Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información publicó en el pasado mes de abril el informe “Los ciudadanos ante la e-Sanidad” [26], en concordancia con el publicado en el año 2012. En este reciente informe presenta un compendio de las opiniones de los ciudadanos sobre el uso de las TIC en el ámbito sanitario. El estudio revela que el perfil de los ciudadanos encuestados cada vez está más familiarizado con el uso de la tecnología y además suele practicar deporte y lleva unos hábitos de vida saludables. Además la relación médico-paciente ha cambiado, ya que en los últimos años el paciente ha pasado a formar parte activa de su proceso sanitario. Se habla de “paciente empoderado”, y significa que el médico le proporciona las herramientas para trabajar conjuntamente y para tomar decisiones juntos. En relación a la búsqueda en fuentes de información, la mayoría de los ciudadanos suele acudir a los profesionales sanitarios y a los farmacéuticos, pero un porcentaje elevado de ciudadanos busca en Internet información sobre la salud. De las personas que consultan Internet, un 50.8% afirma que tienen bastante o mucha

confianza en la información extraída de este medio. Sin embargo, para el caso de la información sobre salud publicada en las Redes Sociales, tan solo un 20.1% deposita su confianza en ella. También cabe resaltar que cuanto menor es la edad de las personas, más confianza depositan en la información obtenida de las consultas en Internet sobre salud. Centrándose en el uso de las TIC para el cuidado de la salud, los pacientes que han sido diagnosticados de una enfermedad crónica son los que más utilizan dispositivos que ayuden en el cuidado de su enfermedad, lo que supone un 39.2% frente al 12.9% de ciudadanos que utilizan estos dispositivos sin padecer enfermedades crónicas. Una media de un 4.3% de la población utiliza aplicaciones para *Smartphone* para la gestión de su salud. De las personas que utilizan algún dispositivo, aplicación o sistema informático, un 63.3% afirman que lo utilizan por voluntad propia, mientras que un 24.7% lo utilizan por prescripción médica o porque el profesional médico les ha recomendado su uso. Cabe mencionar que en este último grupo la mayoría de las personas son mayores de 65 años. Actualmente pocos profesionales sanitarios recomiendan páginas web o aplicaciones móviles a sus pacientes, aunque desde el punto de vista de los pacientes, los médicos que utilizan el correo electrónico, los blogs o webs, o las redes sociales son los mejor valorados. De cara al futuro a un 38.6% de la población les gustaría que el profesional médico les recomendase dispositivos o aplicaciones para la gestión y el cuidado de su salud. De este informe se pueden extraer como conclusiones que el paciente es mucho más participativo en el proceso sanitario, siendo partícipe del diagnóstico y del conocimiento sobre la enfermedad. Los usuarios están habituados al uso de las nuevas tecnologías y buscan nuevas herramientas que les ayuden a gestionar su salud. Tanto pacientes como médicos ven positivo el uso de las TIC en las consultas y en el proceso médico, a pesar de que su implantación no es todo lo amplia como debería.

1.3. Objetivos

El fin de este Proyecto de Fin de Máster es el desarrollo de una aplicación relacionada con el campo de la oftalmología, siendo esta desarrollada para la plataforma iOS. Esta aplicación se basa en la *app* OphthalDSS, desarrollada para la plataforma Android en el anterior Proyecto Fin de Grado “Desarrollo y evaluación de un sistema móvil de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología” [13].

Será necesario en primer lugar evaluar el estado del arte de los sistemas de ayuda a la decisión puntualizando para la especialidad de oftalmología, para poder así estudiar qué tipo de sistemas ya han sido desarrollados o cuáles son las necesidades que presenta la especialidad médica de oftalmología y valorar cómo por medio de la tecnología estos problemas pueden ser resueltos.

La aplicación aquí desarrollada seguirá la trayectoria estilística de su antecesora, tomando el mismo nombre, OphthalDSS. Al igual que la aplicación anterior, OphthalDSS será una aplicación de ayuda a la decisión médica para personal sanitario no especializado en el campo de la oftalmología, es decir, médicos de atención primaria, así como para estudiantes de medicina. Para el desarrollo de

esta nueva aplicación se han tenido en cuenta ciertos aspectos que la evaluación por parte de alumnos de medicina de la Universidad de Valladolid reveló tras la utilización de la aplicación OphthalDSS en Android y que están recogidos en Manovel-López et al. (2016) [14]. No solo tendrá una función de ayuda al diagnóstico, sino que contará con información médica fidedigna elaborada por profesionales de la oftalmología. Toda la información con la que contará OphthalDSS habrá sido extraída del manual “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias” [27] de los autores José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos pertenecientes a la Universidad de Valladolid, y que además desarrollan su actividad investigadora en el Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) [28].

La nueva aplicación OphthalDSS ya no solo abarcará enfermedades del polo anterior del ojo que se manifiesten con ojo rojo como su antecesora, sino que el objetivo es abarcar un mayor número de enfermedades presentes en el manual “Guiones de oftalmología”. OphthalDSS ayudará al profesional sanitario de una manera sencilla y rápida en el diagnóstico de las enfermedades oftalmológicas. Será una herramienta útil en sí misma, es decir, que no requerirá de instrumental extra para poder elaborar el diagnóstico.

La segunda funcionalidad principal de OphthalDSS es la presentación de información médica sobre las enfermedades con las que cuenta, condensando esta información en una descripción clínica de cada enfermedad, los síntomas que esta presenta y el tratamiento que se debería seguir. Asimismo, para cada una de las enfermedades se presentará información de ayuda para el personal sanitario de atención primaria, como es en qué momento referenciar el paciente al oftalmólogo o cómo contribuir a la atención primaria de la visión. Además cuenta con una funcionalidad educativa, ya que OphthalDSS contendrá información etimológica, abreviaturas y términos en inglés utilizados en oftalmología frecuentemente.

1.4. Visión global del proyecto

1.4.1. Aspectos innovadores

La nueva aplicación OphthalDSS, como ya se ha comentado previamente, supone la continuación del desarrollo de la aplicación anterior, extendiendo su disponibilidad para usuarios de la plataforma iOS. El principal aspecto diferenciador de esta nueva *app* respecto a la anterior y respecto a los sistemas de ayuda actualmente disponibles en el campo de la oftalmología, es que la nueva OphthalDSS tiene como propósito abarcar el mayor número de enfermedades recogidas en el manual “Guiones de oftalmología”. La aplicación anterior para Android contaba con 33 enfermedades relacionadas con el polo anterior del ojo y que se manifiestan en el paciente mediante ojo rojo. La nueva aplicación extenderá el diagnóstico a las enfermedades del polo posterior del ojo. Una ventaja importante de esta aplicación frente a otros sistemas, es que no requiere de

instrumental a mayores para poder elaborar el diagnóstico, lo cual hace de OphthalDSS una herramienta útil, sencilla y rápida de utilizar.

Además, cumpliendo con el objetivo de ser una aplicación con funcionalidad educativa e informativa, esta aplicación será complementaria al manual “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias”, tomando de este manual la información médica para ofrecer datos fiables elaborados por profesionales de prestigio en el campo de la oftalmología como son el doctor Maldonado y el doctor Pastor. El hecho de contar con información médica fiable y realizada por especialistas con años de experiencia en el campo de la oftalmología hace de esta aplicación móvil una herramienta muy valiosa y que generará confianza en los usuarios finales. Puesto que “Guiones de oftalmología” es un manual de consulta y educativo, cuenta también con acrónimos y términos en lengua inglesa utilizados frecuentemente en oftalmología, así como un breve recuerdo etimológico de los principales términos oftalmológicos. Es por ello que cumpliendo con la función educativa de la aplicación, OphthalDSS incluye esta información facilitando el acceso a la misma. La nueva *app* contendrá toda la información relativa a la etimología, acrónimos y terminología en inglés, así como la información de ayuda para el profesional de atención primaria sobre la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la salud, de cada una de las enfermedades, abarcando las 30 unidades didácticas del manual. Esto supone una ampliación frente a la aplicación desarrollada en Android, la cual solo contaba con 11 unidades didácticas de las cuales ofrecer esta información.

1.4.2. Aplicación comercial

Según las directrices de la Comisión Europea que se comentaron en un apartado anterior [21], los sistemas software autónomos que tan sólo contengan información, no son considerados dispositivos médicos, sin embargo, puesto que OphthalDSS cuenta con un sistema de ayuda a la decisión, las pautas de la Comisión Europea establecen que esta herramienta ha de ser considerada un dispositivo médico. Por esta razón, esta aplicación está enfocada a personal sanitario no especializado en el campo de la oftalmología, concretamente para profesionales médicos de atención primaria.

OphthalDSS ofrece además una función educativa, proporcionando información detallada de las enfermedades, así como información relacionada con la etimología de ciertas palabras utilizadas en oftalmología y los principales acrónimos y términos ingleses empleados en el campo. La aplicación complementa al manual de consulta “Guiones de oftalmología”, por lo que es también un herramienta valiosa para los estudiantes de medicina.

1.4.3. Materialización del prototipo y recursos necesarios

Para el desarrollo de la aplicación OphthalDSS para la plataforma en iOS se ha contado con la colaboración de personal médico especializado en el campo de la oftalmología, de manera que durante el proceso de la misma los especialistas médicos han participado en el proyecto, facilitando

la información y el material necesarios para poder desarrollar las funcionalidades principales con las que cuenta la aplicación. Cabe destacar que para el desarrollo de esta aplicación se cuenta con la experiencia adquirida en el desarrollo de la aplicación en la plataforma Android, conociendo cuales son las necesidades del cliente. Por supuesto, el cliente ha estado presente todos los procesos del desarrollo, por lo que ha sido posible establecer desde el primer momento los requisitos con los que ha de contar la aplicación y en sucesivas etapas el cliente ha colaborado evaluando el desarrollo y materialización de OphthalDSS.

La nueva aplicación OphthalDSS ha sido desarrollada para la plataforma iOS. El desarrollo de aplicaciones en iOS es más limitante que en Android. Se requiere el entorno de desarrollo integrado (IDE) Xcode que ofrece Apple, el cual está disponible de manera gratuita en la *AppStore*, pero dicho software solo puede ser ejecutado desde un dispositivo Apple como pueden ser Mac o MacBook. Para la instalación de Xcode se ha utilizado un MacBook Pro. Xcode ofrece un simulador, en el cual poder comprobar el funcionamiento de la aplicación, bastante rápido y sencillo, que contiene la mayoría de los dispositivos móviles Apple, desde los distintos modelos de iPhone hasta las variantes del iPad. Además, se cuenta con varios dispositivos móviles Apple reales sobre los cuales poder realizar las pruebas. Estos son un iPhone 4S y un iPad mini.

Contabilizando los costes asociados al desarrollo, mencionar que ya se disponía de los recursos hardware para el desarrollo de la aplicación (MacBook Pro, iPhone y iPad), por lo que no serían computables. En cuanto al software, el IDE de Apple, Xcode, está disponible de manera gratuita en la *AppStore*. Para poder publicar aplicaciones en la *AppStore* y poder disfrutar de todas las funcionalidades que ofrece Xcode, es necesario registrarse con una cuenta de desarrollador de Apple. Si se realiza de manera individual, esta operación tiene un coste. Sin embargo, Apple ofrece un programa de desarrolladores para universidades, denominado “iOS Developer University Program”, que es gratuito para los desarrolladores vinculados a la universidad una vez que la universidad ha adquirido la licencia. El Grupo de Telemedicina y eSalud (GTe) [29] de la Universidad de Valladolid está asociado a dicho programa de desarrolladores, por lo que no es necesario considerar ningún coste de este proyecto asociado a la licencia de desarrollo. Es por ello que los únicos costes que se pueden asociar a este proyecto son aquellos relacionadas con el desarrollo del software, incluyendo el esfuerzo requerido por el proyecto, el tiempo invertido en el desarrollo de la aplicación, la cantidad de personas implicadas en el proyecto o la cantidad de ficheros y líneas de código con las que cuenta.

1.4.4. Protección y comercialización de los resultados

El mercado de la mHealth actualmente ya es considerado como un mercado creciente y fructífero. En Europa es donde más presencia adquiere este mercado. Según las previsiones, el mercado de la mHealth crecerá de manera considerable en los próximos años. La compañía GreatCall [24] prevé que los ingresos del mercado total de la mHealth alcanzarán los 26 billones de dólares. Además, las

previsiones de Research2Guidance [20] son esperanzadoras, exponiendo que España es uno de los países en los cuales las condiciones son propicias para el desarrollo de aplicaciones y proyectos relacionados con la mHealth, además de comentar que las aplicaciones que cuentan con herramientas de apoyo en el tratamiento y ayuda al diagnóstico de enfermedades serán las que más impacto supongan en los próximos 5 años.

Actualmente hay una carencia de aplicaciones móviles que dispongan de herramientas para la ayuda de toma de decisiones médicas en el campo de la oftalmología, y más aún si se limita la búsqueda a aquellas que puedan dar diagnóstico de enfermedades relacionadas con el polo anterior y con el polo posterior del ojo.

Por estas razones, la aplicación OphthalDSS es un sistema novedoso, que amplía la disponibilidad de la herramienta para usuarios que disponen de un dispositivo móvil con el sistema operativo iOS, y que ofrece una funcionalidad muy valiosa, en una especialidad médica compleja, aprovechando las posibilidades que ofrece la tecnología, augurando a esta aplicación buenas perspectivas de futuro de inclusión en el mercado.

CAPÍTULO 2
GUÍA
OFTALMOLÓGICA

CAPÍTULO 2. GUÍA OFTALMOLÓGICA

2.1. Introducción

La aplicación móvil aquí presentada está enfocada hacia un público particular, concretamente médicos de atención primaria y estudiantes de medicina, además de otro tipo de personal sanitario al que esta herramienta le pueda servir de ayuda. En definitiva, los usuarios de esta aplicación serán personas con conocimientos médicos pero sin ser especialistas en el campo de la oftalmología. Es por ello que conviene introducir ciertos conceptos para que el usuario esté familiarizado con los aspectos que aquí se tratan.

La información recogida en la aplicación ha sido obtenida del manual de referencia en oftalmología “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias” [27] de los autores José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos pertenecientes a la Universidad de Valladolid, y que además desarrollan su actividad investigadora en el Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA).

Las visitas a la consulta médica de atención primaria relacionadas con una afección en el ojo del paciente suelen ser frecuentes, destacando aquellas que presentan pérdida de agudeza visual u ojo rojo [30]. La mayoría de los pacientes que presentan pérdida de agudeza visual suele deberse a errores de la refracción, como pueden ser la miopía o hipermetropía, pero el médico de atención primaria ha de estar capacitado o contar con las herramientas necesarias para poder tratar y derivar al paciente al oftalmólogo en caso de que se pueda tratar de una afección más grave como puede ser el glaucoma. Otro de los motivos frecuentes de visita a la consulta es cuando el paciente presenta ojo rojo. Es una afección que preocupa bastante al paciente debido a que en ciertos casos la condición ocular puede ser aparatosa, pero en la mayoría de los casos la causa del ojo rojo no supone riesgo alguno para la visión del paciente, pero se debe identificar adecuadamente las condiciones oculares graves que podrían suponer una complicación, derivando debidamente el paciente al oftalmólogo.

2.2. Segmento posterior

La función del segmento posterior del ojo es transformar en impulsos nerviosos la luz que la retina del ojo recibe [31]. El nervio óptico es el encargado de transportar los impulsos eléctricos desde la retina al cerebro, lugar donde serán interpretados. La retina tiene un conjunto de células nerviosas que son los conos y los bastones [27]. Los conos son los encargados de percibir el detalle fino y el color, sin embargo los bastones son más sensibles a la variación de la cantidad de luz que penetra en el ojo.

Las enfermedades relacionadas con el segmento posterior del ojo son de complicado diagnóstico, ya que no son visibles desde el exterior a simple vista, a no ser que se utilicen dispositivos de

captación de imágenes de fondo de ojo. Son enfermedades que pueden sufrir complicaciones, incluso derivar en pérdida de visión, por lo que su pronto diagnóstico es de vital importancia.

2.3. Segmento anterior y superficie ocular

El segmento anterior del ojo tan solo representa una décima parte de la superficie del globo ocular. Comprende desde el endotelio corneal hasta el iris, incluyendo todas aquellas estructuras situadas delante del humor vítreo [27].

La superficie ocular es el concepto que engloba los párpados, la conjuntiva, la córnea y la película lacrimal. Los párpados son los elementos encargados de proteger los órganos oculares, gobernados por músculos que mantienen la tensión de los párpados sobre el ojo [31]. Las glándulas de Meibomio son las encargadas de la lubricación, situadas en los bordes de los párpados, de donde parten las pestañas. La conjuntiva es la membrana sensitiva y transparente que cubre la superficie ocular visible y el interior de cada párpado.

2.4. Enfermedades tratadas en la aplicación

En esta aplicación se incluyen enfermedades que afectan tanto al segmento anterior como al segmento posterior del ojo. La mayoría de las enfermedades aquí tratadas ya se trataron en la primera versión de la aplicación OphthalDSS y que han sido expuestas en el Trabajo de Fin de Grado anterior [13], por lo que tan solo se comentarán aquellas patologías de las que ahora también se va a poder ofrecer diagnóstico.

2.4.1. Fístula carótido-cavernosa

La fístula carótido-cavernosa (FCC) [32] es una condición rara, caracterizada por una comunicación anómala entre la carótida interna o externa y el seno cavernoso. Puede ser de origen traumático (más común) o espontáneo (menos común). Puede presentarse en todas las edades pero es más común en personas jóvenes, principalmente en los casos traumáticos.

Síntomas

Los síntomas pueden variar, pero en general los pacientes pueden referir ojo rojo, diplopía, disminución de la agudeza visual, protrusión del globo ocular y dolor en la distribución de la primera rama del trigémino. A la evaluación, puede auscultarse el ojo o la zona periorbitaria y podría escuchar un sonido de 'soplo' similar a los encontrados en algunas patologías cardiovasculares. Puede encontrarse también un exoftalmos pulsátil sincrónico con los latidos cardíacos, edema palpebral, queratopatía por exposición y hemorragias retinianas.

Tratamiento

Todos los pacientes con FCC deberían ser remitidos para manejo especializado de forma prioritaria. La queratopatía por exposición se maneja con lubricantes oculares, o con el uso de tarsorrafia en situaciones severas. El glaucoma secundario requiere manejo aunque tiende a ser de respuesta

pobre. El tratamiento definitivo de la enfermedad requiere del cierre quirúrgico de la comunicación anómala, preservando la permeabilidad de la carótida afectada.

2.4.2. Pinguécula

Las pinguéculas [33] son acumulaciones blanco-amarillentas que se producen por degeneraciones de las fibras elásticas subconjuntivales, que se relaciona con la acción solar. Están localizadas en la conjuntiva bulbar yuxtalímbica nasal o temporal. La pinguécula constituye la degeneración conjuntival más frecuente.

Síntomas

Suelen ser asintomática pero puede inflamarse dando lugar a una pingueculitis y ojo rojo localizado. Los síntomas referidos por el paciente son ardor y sensación de cuerpo extraño.

Tratamiento

El tratamiento consiste en humidificar los ojos con lágrima artificial y, si es muy molesto, se puede añadir algún antiinflamatorio tópico. Raramente se extirpan.

2.4.3. Pterigión

Consiste en un crecimiento fibrovascular [33], de la conjuntiva bulbar, de aspecto triangular que crece lenta y horizontalmente sobre la córnea. Su localización habitual es nasal, y en ocasiones es también temporal. Puede asentarse sobre una pinguécula previa.

Síntomas

Suele ser bilateral, más o menos simétrico. No suele presentar síntomas hasta que origina astigmatismo (aplana el eje horizontal de la córnea con su crecimiento) o invade el eje pupilar. Ocasionalmente produce ojo rojo debido a su importante vascularización y al ojo seco que puede asociar. Es más frecuente en personas con una elevada exposición a la luz ultravioleta: personas que viven próximas al ecuador, en profesiones como pescadores o agricultores y en practicantes de ocio al aire libre como jugadores de golf y cazadores.

Tratamiento

Actualmente no existe tratamiento médico efectivo aunque las lágrimas artificiales pueden ayudar a mitigar el componente de ojo seco que exista. Su tratamiento es quirúrgico mediante extirpación, aunque puede reaparecer después de un periodo de convalecencia. El pterigión puede albergar o confundir una lesión carcinomatosa por lo que debe ser siempre valorada por el oftalmólogo para su posible biopsia.

2.4.4. Queratitis actínica

Son defectos focales del epitelio corneal debidos a múltiples causas [34]:

- Síndrome de ojo seco.
- Exposición a la radiación ultravioleta (queratitis actínica).

- Utilización prolongada de colirios.
- Asociada a afecciones alérgicas como la queratoconjuntivitis vernal.
- Infecciones (queratoconjuntivitis bacterianas, víricas...).
- Lentes de contacto.
- Triquiasis.
- Traumatismos.
- Exposición del globo ocular por cierre incompleto de la hendidura palpebral.
- Defecto en la inervación sensitiva (queratitis neurotrófica).

Síntomas

La mayor parte de los pacientes refieren molestias oculares del tipo sensación de cuerpo extraño, escozor y frecuentemente dolor o pinchazos (la córnea es uno de los órganos más ricamente inervados del organismo). La visión puede estar disminuida o ser normal en función del grado y de la localización de la queratitis.

Tratamiento

El tratamiento de las queratitis depende de la etiología. En la mayoría de los casos se recomienda la utilización de lágrimas artificiales.

Las queratitis o las erosiones epiteliales no infecciosas por lentes de contacto o de origen traumático se tratan con medicación ocular tópica antibiótica para evitar las sobreinfecciones bacterianas. Además, puede asociarse un colirio ciclopléjico (ciclopentolato, homatropina) por su efecto analgésico al eliminar la contractura espasmódica del músculo ciliar que aparece reflejamente en procesos del segmento anterior, sobre todo si existe algún grado de reacción inflamatoria en cámara anterior. También puede ser útil ocluir el ojo durante 24-48 horas.

Las queratitis actínicas curan sin dejar secuelas en unas 12-24 horas; se pueden tratar con medicación ocular tópica antibiótica a la que se asocian antiinflamatorios no esteroideos tópicos para aliviar el dolor, o un colirio ciclopléjico.

2.4.5. Queratitis herpética

Suelen afectar al epitelio y al estroma de la córnea [34]. Los agentes infecciosos que las originan pueden ser bacterias, virus, hongos o protozoos. Para que se produzcan, suele ser necesario que se altere el epitelio, lo que ocurre ante determinados factores predisponentes como la utilización de lentes de contacto, el ojo seco, las blefaritis crónicas, etc. También son más frecuentes en pacientes inmunodeprimidos.

Síntomas

La clínica es similar a la de las úlceras no infecciosas, con dolor y disminución de la agudeza visual. Además, suele existir fotofobia y lagrimeo. En estos casos es frecuente que exista bastante componente inflamatorio en los párpados y la conjuntiva.

La afectación corneal por herpes simple suele producirse en las recurrencias de la enfermedad, ya que el virus permanece en el ganglio del nervio trigémino en estado de latencia después de la primoinfección, que se suele manifestar como una conjuntivitis folicular o con lesiones vesiculosas en los párpados. En las recurrencias, lo habitual es que se afecte el epitelio de la córnea, aunque también puede afectar al estroma, el endotelio o producir un cuadro de iridociclitis. La lesión epitelial más frecuente es la llamada úlcera dendrítica (su forma recuerda a las células nerviosas) que es debida a una infección activa por el virus herpes. También puede producir queratitis estromales (queratitis disciforme o queratitis intersticial), endotelitis y uveítis. Como secuela de las queratitis por herpes es frecuente encontrar leucomas (opacidades relativamente densas) o nubéculas corneales (opacidades menos densas)

Tratamiento

Constituyen una urgencia oftalmológica. Precisan un tratamiento antimicrobiano intensivo y específico, en muchas ocasiones no solo tópico, sino también sistémico. Antes de empezar dicho tratamiento es conveniente tomar muestras para tinción y cultivo, y realizar antibiogramas con el objeto de conocer el germen responsable del cuadro.

Estos pacientes deben ser tratados por un oftalmólogo directamente, evitando la instilación de colirios previa a la toma de las muestras.

2.4.6. Queratitis infecciosa

Suelen afectar al epitelio y al estroma de la córnea [34]. Los agentes infecciosos que las originan pueden ser bacterias, virus, hongos o protozoos. Para que se produzcan, suele ser necesario que se altere el epitelio, lo que ocurre ante determinados factores predisponentes como la utilización de lentes de contacto, el ojo seco, las blefaritis crónicas, etc. También son más frecuentes en pacientes inmunodeprimidos.

Síntomas

La clínica es similar a la de las úlceras no infecciosas, con dolor y disminución de la agudeza visual. Además, suele existir fotofobia y lagrimeo. En estos casos es frecuente que exista bastante componente inflamatorio en los párpados y la conjuntiva.

En las infecciones bacterianas, la lesión suele presentar un infiltrado blanco-amarillento en el estroma y edema en los bordes de la lesión. Con frecuencia se acompaña de una reacción inflamatoria en la cámara anterior con presencia de hipopión (material blanquecino, habitualmente fibrina, que forma un nivel en la parte inferior de la cámara anterior) y en la superficie ocular (ojo

rojo y grados de secreción variables). Estas infecciones pueden ser muy agresivas, sobre todo las ocasionadas por *Pseudomonas* sp. y *Streptococcus* sp.

La afectación corneal por herpes simple suele producirse en las recurrencias de la enfermedad, ya que el virus permanece en el ganglio del nervio trigémino en estado de latencia después de la primoinfección, que se suele manifestar como una conjuntivitis folicular o con lesiones vesiculosas en los párpados. En las recurrencias, lo habitual es que se afecte el epitelio de la córnea, aunque también puede afectar al estroma, el endotelio o producir un cuadro de iridociclitis. La lesión epitelial más frecuente es la llamada úlcera dendrítica (su forma recuerda a las células nerviosas) que es debida a una infección activa por el virus herpes. También puede producir queratitis estromales (queratitis disciforme o queratitis intersticial), endotelitis y uveítis. Como secuela de las queratitis por herpes es frecuente encontrar leucomas (opacidades relativamente densas) o nubéculas corneales (opacidades menos densas)

El virus varicela-zoster también puede alterar la córnea cuando afecta a la rama nasociliar del trigémino (signo de Hutchinson). La afectación más frecuente consiste en una conjuntivitis, acompañada o no de úlceras dendríticas similares a las del herpes simple, pero de menor tamaño. No obstante, puede producir también graves lesiones en córnea, úvea, retina (necrosis retiniana aguda) y nervio óptico.

Las úlceras producidas por hongos tienen un aspecto grisáceo. Con frecuencia se asocian con pequeñas lesiones satélite y se acompañan de hipopión.

Las queratitis por *Acanthamoeba* suelen aparecer en portadores de lentes de contacto blandas, particularmente si la higiene es deficiente (uso de agua del grifo en vez de soluciones desinfectantes estériles). Son difíciles de diagnosticar en las fases iniciales, puesto que no tienen un aspecto característico, pudiendo aparecer como una queratitis punteada o adoptando un aspecto parecido al de la infección herpética, habitualmente con mucho dolor (típicamente desproporcionado con respecto a la lesión observable). En ocasiones, en los primeros estadios se pueden observar infiltrados perineurales; posteriormente, suele aparecer un infiltrado de forma anular que evoluciona hacia un absceso.

Tratamiento

Constituyen una urgencia oftalmológica. Precisan un tratamiento antimicrobiano intensivo y específico, en muchas ocasiones no solo tópico, sino también sistémico. Antes de empezar dicho tratamiento es conveniente tomar muestras para tinción y cultivo, y realizar antibiogramas con el objeto de conocer el germen responsable del cuadro.

Estos pacientes deben ser tratados por un oftalmólogo directamente, evitando la instilación de colirios previa a la toma de las muestras.

2.5. Información de interés

Asimismo, la aplicación cuenta con información de interés para ayudar al médico de atención primaria a que contribuya a la atención de la visión y cómo debería derivar al paciente al oftalmólogo. En esta nueva versión de la aplicación se incluye esta información de la totalidad de las unidades didácticas de las que dispone el manual “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias”, por lo que en esta memoria se incluye dicha información relativa a los temas que no fueron incluidos en el trabajo anterior.

2.5.1. El examen del ojo

Referencia al oftalmólogo [35]

Deben ser vistos por el oftalmólogo con cierta urgencia:

- Pérdidas agudas de visión mono o bilaterales.
- Úlceras corneales de origen vegetal u orgánico o de varios días de evolución.
- Ojos con sintomatología y cámaras anteriores aparentemente estrechas.
- Anisocorias (diferencias en el tamaño pupilar) de aparición brusca.
- Paciente con hiperemia ciliar o periquerática mono o bilateral.
- Pacientes con dolor ocular que se acompañe de enrojecimiento, con o sin fotofobia.
- Pacientes con presiones elevadas superiores a los 30 mmHg.
- Pacientes que refieran una sombra en el campo visual de instauración brusca.
- Pacientes con sospecha de papilas de bordes borrosos y elevados.
- Diplopías de instauración brusca.

Deben ser vistos en uno o dos días:

- Pacientes con presiones elevadas superiores a 21 mmHg.
- Anisocorias sin otra sintomatología.
- Pupilas irregulares sin o tras dilatación pupilar.
- Metamorfopsias.
- Miodesopsias de instauración brusca (uno o dos días).
- Fotopsias o fosfenos.
- Presencia de lesiones en el fondo de ojo dentro o fuera del contexto de una patología sistémica (diabetes, hipertensión arterial, SIDA, etcétera).

Deben ser vistos sin urgencia:

- Pérdidas progresivas de visión que no mejoren con estenopeico.
- Papilas con excavaciones grandes o asimétricas.
- Alteraciones en la visión de colores si son asimétricas y el paciente es consciente.

- Trastornos de los movimientos oculares sin diplopía.

Atención primaria [35]

- Promoviendo exámenes oculares periódicos en la población, especialmente en la de riesgo (diabéticos, familiares de glaucomatosos, miopes, etc.).
- Evaluando la agudeza visual y examinando el estado de la motilidad ocular en niños.
- Orientando correctamente a los pacientes tras una anamnesis cuidadosa y una adecuada exploración ocular, identificando los procesos que puede tratar el médico de atención primaria y aquellos que debe derivar. Y, en este caso, asignando a cada paciente la prioridad adecuada.

2.5.2. Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva

Referencia al oftalmólogo [36]

- Cualquier persona que presente signos (estrechamiento forzado de la hendidura interpalpebral) o síntomas (astenopia, cefalea frontal, etc.) sospechosos de padecer una ametropía
- En el caso de niños que, llevando gafas o no, presenten desviación de un ojo con respecto al otro (estrabismo), la referencia deber ser más diligente.
- Cualquier paciente que en la tercera edad refiera que últimamente lee mejor de cerca de lo que acostumbraba: existe una causa adquirida de la miopización que se debe identificar (catarata, alteración del metabolismo, etc.).
- Todo paciente que presente aparentemente una presbicia prematura o una incapacidad de enfoque de cerca desproporcionada a su edad. El oftalmólogo debe encontrar causas principalmente oculares que la justifiquen; si no existieran, se sospechar de alteraciones sistémicas neurológicas, metabólicas o iatrogénicas.

Atención primaria [36]

- Fomentando la utilización de normas de higiene visual: 1) descansando del trabajo de visión cercana mediante el enfoque de objetos lejanos para relajar la acomodación con periodicidad (cada media o una hora), 2) situando el plano de lectura lo más alejado posible (si es preciso, mediante la utilización de atriles), 3) utilizando luz natural siempre que sea posible y, en su defecto, un foco de luz directo sobre la zona de lectura, así como otro indirecto en la habitación donde se trabaje, y 4) evitando frotar los ojos si se irritan (lo adecuado es administrar lágrimas artificiales sin conservantes).
- Recomendando la actualización de la compensación óptica tras periodos de descanso visual. En la medida de lo posible, evitar justo aquellos momentos de mayor demanda de lectura continuada de cerca, ya que entonces es fácil que se gradúe una pseudomiopía

acomodativa: muchos estudiantes están 0,25-0,5 D más miopes a finales de curso que al inicio.

2.5.3. Patología del cristalino. Cataratas

Referencia al oftalmólogo [37]

- Si un paciente, con diagnóstico oftalmológico previo de catarata en evolución, refiere una limitación en su calidad de vida por la visión. Normalmente la agudeza visual con estenopéico será igual o inferior a 0,5.
- Si el paciente, operado ya de un ojo, refiere que hace muchos años que no se revisa el otro y se le objetiva en la exploración: a) pérdida visual importante (movimiento de mano a percepción de luz) o b) leucocoria como consecuencia de una catarata madura.
- Si, conociendo que tiene una catarata avanzada desde hace años, el paciente acude con ojo rojo y dolor. Puede tratarse de la presentación de un glaucoma facolítico o facomórfico.
- Si ha sido operado de catarata recientemente (1-7 días) y bruscamente ha perdido visión con dolor ocular y ojo rojo, debe ser referido con urgencia para descartar una endoftalmitis.
- Si, varios años después de haber sido intervenido de catarata, el paciente refiere que está perdiendo visión paulatinamente y su agudeza visual se comprueba que es inferior a 0,5. Puede que se trate de una opacificación de la cápsula posterior y que requiera una capsulotomía.

Atención primaria [37]

- Sospechando del paciente que refiera necesitar más luz para leer pese a utilizar la gafa para cerca: puede tener cataratas. Igualmente, del paciente que manifieste que ahora puede leer sin gafas (miopización).
- Recordando a los pacientes que no todas las pérdidas visuales en la edad senil son debidas a cataratas.
- Difiriendo en pacientes con catarata conocida la introducción de fármacos que producen el síndrome de iris flácido (bloqueantes-alfa adrenérgicos, antagonistas de la angiotensina, finasteride o el producto de herbolario *Serenoa Repens*) hasta después de la intervención de catarata en ambos ojos. Si ya ha recibido alguno de estos fármacos, debe informar a su oftalmólogo antes de la intervención.
- Colaborando en la educación a los pacientes para reconocer los síntomas de alarma de enfermedades que pueden afectar a la mácula (metamorfopsias) o a la retina periférica (miodesopsias o ftopsias) para que, si aparecen después de la intervención de catarata, puedan ser referidos al oftalmólogo diligentemente. En caso de que no haya ninguna sintomatología, los pacientes intervenidos de cataratas en ambos ojos no precisan más

revisiones periódicas por el oftalmólogo a medio y largo plazo que las de la población general.

2.5.4. Degeneraciones y distrofias de la retina

Referencia al oftalmólogo [38]

- Pacientes mayores con pérdida rápida de visión central o cualquier otro síntoma del «síndrome macular» (metamorfopsia, escotomas centrales o paracentrales) deben ser enviados inmediatamente a urgencias; puede tratarse de una DMAE en progresión o de otra patología que requiera de un tratamiento precoz.
- En pacientes jóvenes o adultos jóvenes con dificultades en visión central o que refieran «nictalopía», debe descartarse una distrofia retiniana central o periférica. Esto será más necesario si los pacientes tienen historia familiar.

Atención primaria [38]

- Aplicando el consejo genético a los pacientes que padecen distrofias retinianas, ya que carecen de tratamiento eficaz en la actualidad.
- Derivando precozmente al paciente con sospecha de DMAE, ya que algunas formas tienen tratamiento eficaz y la respuesta a este será mejor cuanto antes se trate al paciente.
- Fomentar hábitos saludables que se conoce tienen influencia en el desarrollo de DMAE, en especial en pacientes con antecedentes familiares: evitar tabaquismo, control de los factores de riesgo cardiovascular (HTA, colesterol e hiperlipidemias, sedentarismo y obesidad), control de ingesta de azúcares refinados, dieta rica en vitaminas y elementos antioxidantes y utilización de gafas con un buen filtro ultravioleta cuando exista exposición al sol.
- Promoviendo la cultura sanitaria de evitar fijar la mirada en el sol, en especial sin el filtro de la densidad adecuada (100 % de la radiación infrarroja, 100 % de la ultravioleta y el 99,9 % de la luz visible —norma europea—), particularmente en el contexto de un eclipse solar. Resulta fundamental educar a los niños sobre los riesgos de la exposición en vez de incentivar que observen el eclipse.

2.5.5. Miopía patológica

Referencia al oftalmólogo [39]

- Si el paciente con MP presenta aparición repentina de miodesopsias, especialmente acompañadas de fotopsias, escotomas o pérdida brusca de visión, debe ser remitido con urgencia al oftalmólogo en los términos que se explican en la Unidad Didáctica 7: Degeneraciones retinianas periféricas, desprendimiento de vítreo.
- Ante la aparición de metamorfopsia, escotoma central o disminución moderada de la agudeza visual, el paciente debe ser remitido con diligencia al oftalmólogo, puesto que el

éxito del tratamiento de una posible membrana neovascular subretiniana disminuye si ha estado en actividad durante un tiempo prolongado (de semanas).

Atención primaria [39]

- Indicando al paciente con MP la conveniencia de una revisión oftalmológica anual, en especial a partir de los 40 años.
- Educando al paciente con MP en el reconocimiento de los síntomas de alerta de una posible alteración retiniana central o periférica. En este sentido, se deben adicionar todas las recomendaciones dadas en la Unidad Didáctica 7: Degeneraciones retinianas periféricas, desprendimiento de vítreo.

2.5.6. Glaucoma crónico simple

Referencia al oftalmólogo [40]

- Cualquier paciente de 40 años o más con antecedente familiar de glaucoma, aunque aparentemente no padezca ninguna alteración.
- Cualquier paciente en el que se sospeche una presión intraocular elevada.
- Cualquier paciente con una papila que muestre una excavación cuyo tamaño se aproxime a la mitad del diámetro papilar total ($\geq 40\%$) y/o asimetría entre la papila de un ojo y la del contralateral.

Atención primaria [40]

- Remitiendo al oftalmólogo todos los casos arriba mencionados.
- Realizando una estimación de la presión intraocular, si se dispone de un sistema de medida fiable, o remitiendo al paciente para que el oftalmólogo le mida la presión intraocular como parte de la vigilancia de la salud que hay que realizar en la población que supera la década de los 40 años.
- Extremando las medidas de higiene si se hace tonometría de contacto: utilizando terminales de un solo uso o desinfectando adecuadamente los sistemas reutilizables.
- Examinando el fondo del ojo, con especial atención a la papila, siempre que sea factible. Para ello, el médico de atención primaria puede disponer de un oftalmoscopio o se pueden utilizar sistemas de fotografía retiniana (cámara no midriática).
- Colaborando en las campañas de despistaje de glaucoma; proporcionando información que refuerce la conveniencia de participar en las mismas.
- Ayudando al cumplimiento de la medicación antiglaucomatosa que, en la mayoría de los casos, es de administración crónica.
- Controlando adecuadamente la presión arterial. Cuando un exceso de medicación o una administración extemporánea ha conducido a un paciente hipertenso a una hipotensión sistémica excesiva, producirá una menor presión de perfusión ocular, factor de riesgo

fundamental para el glaucoma. Lo ideal es realizar periódicamente una monitorización de la presión arterial con un Holter.

2.5.7. Degeneraciones retinianas periféricas, desprendimiento de vítreo posterior y desprendimiento de retina

Referencia al oftalmólogo [41]

- Ante la aparición o el aumento súbito de miodesopsias («moscas volantes», «arañas», etc.) el paciente debe ser visto cuanto antes (no más de pocos días) por un oftalmólogo para que explore extensamente la retina bajo midriasis farmacológica.
- La aparición brusca de defectos del campo visual periférico («velos», «cortinas», «sombras», etc.) con o sin afectación de la visión central deben ser igualmente referidos de modo urgente.
- Si cualquiera de estos síntomas son de reciente aparición y se relacionan con cefalea hemisférica, la primera sospecha diagnóstica será entonces la de migraña clásica y la referencia al oftalmólogo no es urgente.
- Es conveniente hacer constar si el paciente se halla bajo tratamiento antiagregante/anticoagulante. También hay que recordar la conveniencia de retirar o modificar la pauta antiagregante/anticoagulante para afrontar la intervención quirúrgica, si finalmente el oftalmólogo confirma el diagnóstico de desprendimiento de retina.

Atención primaria [41]

- Educando, particularmente a los pacientes con miopía o intervenidos de catarata, en la importancia de reconocer los síntomas de aparición súbita, en especial de fotopsias, pero también de miodesopsias y de escotomas, en ausencia de cefalea, para dirigirse al oftalmólogo con prontitud.
- Promoviendo la protección ocular de los traumatismos tanto en el ámbito laboral como en el ocio (deportes de raqueta o bolas). Se puede realizar evitando la exposición y utilizando gafas antiimpacto. Es probable que los pacientes con miopía elevada o cirugía de la catarata se beneficien de evitar deportes de contacto. También se deben evitar deformaciones reiteradas del globo ocular como las que se producen cuando los pacientes se frotan los ojos vigorosamente de modo rutinario.
- Identificando precozmente los síntomas tanto premonitorios (aparición súbita de fotopsias y/o miodesopsias) como sugestivos de desprendimiento de retina (manifestación repentina de escotoma) para su referencia diligente al oftalmólogo, según se ha indicado en los apartados anteriores.
- Intensificando el control metabólico en los pacientes diabéticos, ya que la retinopatía diabética proliferativa puede causar desprendimientos de retina traccionales, y de la tensión

arterial, ya que la toxemia gravídica y la hipertensión maligna pueden asociar desprendimientos de retina exudativos.

- Identificando precozmente la queja visual en el paciente oncológico, ya que un tumor primario ocular o metastásico en la coroides puede asociar un desprendimiento de retina seroso.

2.5.8. Hemorragias vítreas. Oclusiones vasculares retinianas

Referencia al oftalmólogo [42]

- Las hemorragias vítreas y subhialoides siempre deben ser remitidas a un oftalmólogo para su evaluación, quien decidirá adoptar una actitud expectante, hacer hialodotomía con láser YAG (en el caso de las hemorragias premaculares recientes), tratar las causas de los neovasos retinianos (por ejemplo, hacer panfotocoagulación retiniana en una retinopatía diabética proliferante) o realizar una vitrectomía.
- Las oclusiones vasculares retinianas siempre deben ser remitidas a un oftalmólogo para su evaluación con prontitud. Las obstrucciones de arteria central o rama constituyen una auténtica urgencia.

Atención primaria [42]

- Controlando las enfermedades sistémicas que pueden asociar HV u oclusiones vasculares para su prevención.
- Recomendando la protección ocular antiimpacto en las actividades laborales o de ocio expuestas a traumatismos oculares. Remitiendo al oftalmólogo ante la sospecha de HV.
- Colaborando en el diagnóstico etiológico cuando en la causa de HV subyace una enfermedad sistémica y mejorando su manejo médico (por ejemplo, en la HTA y la DM).
- Remitiendo al oftalmólogo con celeridad ante la sospecha de oclusión vascular retiniana.

2.5.9. Ambliopatía y estrabismo

Referencia al oftalmólogo [43]

- Todo niño sospechoso de padecer ambliopía debe ser enviado al oftalmólogo lo antes posible. No se trata de una urgencia médica, salvo que la causa sea orgánica, pero debe confirmarse cuanto antes el diagnóstico, puesto que, como se ha explicado, el tratamiento es más eficaz cuanto antes se instaure.
- Todo paciente, ante la sospecha o diagnóstico de presunción de padecer estrabismo, debe ser enviado al oftalmólogo para su exploración, pues algunas de las causas de estrabismo pueden ser graves. El oftalmólogo valorará el tipo de estrabismo y pondrá el tratamiento oportuno desde fases muy precoces de su aparición para la prevención de la ambliopía compensando además los defectos refractivos.

- Todo paciente que manifieste diplopía (visión doble). Si la aparición de la diplopía ha sido súbita, ha de referenciarse con urgencia al neurólogo y al oftalmólogo porque la patología de base en el sistema nervioso central puede comprometer el pronóstico vital del paciente.

Atención primaria [43]

- Realizando labores de detección precoz. Es básica la contribución del médico general y del pediatra en este campo, en las dos vertientes más importantes: la prevención de su aparición —mediante la detección de sus causas (estrabismo, etc.)— y el diagnóstico precoz de la propia ambliopía.
- Tomando a todo niño la agudeza visual de cada ojo por separado antes de los cuatro años para descartar una ambliopía a tiempo. Ante la exploración de rutina de cualquier niño, en la mente del médico, debe estar la posible presencia de una causa de ambliopía y sobre todo determinar la AV entre los dos años y medio y los cuatro años.

2.5.10. Patología oftalmológica del neonato y del lactante

Referencia al oftalmólogo [44]

- Todo niño que presente una conjuntivitis en el primer mes de vida. Si la presentación es hiperaguda, la actuación del oftalmólogo ha de ser muy urgente.
- Todo niño que presente una epífora. Si a la presión del saco lagrimal aparece reflujo de lágrima o secreción, es muy probable que padezca una obstrucción congénita de la vía lagrimal. Se puede referir sin urgencia.
- Todo niño que presente una inflamación en la fosa lagrimal; puede tratarse de una dacriocistitis aguda asociada o no a un mucocele. La referencia ha de ser urgente.
- Si un niño presenta una córnea con un diámetro >11 mmHg en el primer año de edad, la referencia ha de ser preferente.
- Si un niño presenta la tríada de irritación trigeminal: lagrimeo, fotofobia y blefaroespasma, además de una córnea de tamaño aumentado, la referencia ha de ser urgente.

Atención primaria [44]

- Procurando atención al niño que presenta ojo lloroso en las primeras semanas de vida. Hay que pensar en los posibles diagnósticos, de los cuales el glaucoma congénito es el de peor pronóstico visual.
- Aplicando una profilaxis de la oftalmía del recién nacido mediante la administración de una sola dosis de povidona yodada al 1,25-2,5 % tópica o la administración de una o dos dosis de tetraciclina tópica o de eritromicina tópica.
- Sospechando de un origen gonocócico en una conjuntivitis hiperaguda en el neonato, diagnosticándola mediante frotis, cultivo y antibiograma y tratándola de un modo adecuado; no solo local, sino también sistémicamente.

- Prolongando el tratamiento sistémico de la oftalmía del recién nacido por Chlamydia trachomatis durante tres semanas. Fomentando en los padres de los niños con obstrucción de la vía lagrimal congénita que lleven a cabo el masaje y compresión del saco lagrimal tres veces al día, ya que esta maniobra ayuda a resolver la amplia mayoría de casos dentro de los seis primeros meses de vida.
- Derivando al oftalmólogo a todo niño con una córnea grande (>11 mm) en el primer año de vida; con especial diligencia si además presenta lagrimeo, fotofobia o blefaroespasmos.

2.5.11. Leucoria

Referencia al oftalmólogo [45]

- Cualquier paciente que presente leucocoria cierta, o incluso dudosa, debe ser remitido al oftalmólogo con inmediatez.
- Todo niño con fulgor pupilar asimétrico en el test de Brückner debe referirse rápidamente para intentar el diagnóstico más precoz posible.
- Todo niño que presente estrabismo debe ser igualmente remitido con diligencia al oftalmólogo.
- Todo niño prematuro con un peso menor a 1.500 g.

Atención primaria [45]

- Atendiendo adecuadamente a las observaciones de los padres sobre posible anomalía en la apariencia de los ojos del recién nacido o del niño. Ante la duda, remisión al oftalmólogo, puesto que algunas anomalías solo se aprecian externamente de un modo intermitente.
- Fijándose de modo específico en la simetría de la apariencia de la pupila y de la posición del ojo al mirar a una fuente luminosa en las visitas rutinarias de los niños al pediatra, particularmente en la edad preverbal. Además, si es posible, fomentando la realización de un test de Brückner.
- Derivando rápidamente al oftalmólogo, pero sin alarmismo para los padres, cuando se constate o sospeche leucocoria.
- Realizando una buena práctica neonatal y asegurándose de que todo niño prematuro nacido con ≤ 32 semanas posmenstruales o peso ≤ 1.500 g recibe exploración oftalmológica periódica bajo midriasis a partir de la 31.ª semana posmenstrual, inclusive. En el resto de los prematuros, habrá que valorar sus circunstancias individualmente. Normalmente, las exploraciones se extienden hasta la semana posmenstrual 36.ª a 45.ª.

2.5.12. La pupila

Referencia al oftalmólogo [46]

- Todo paciente que presente deformación pupilar uni o bilateral.
- Cualquier paciente que presente anisocoria mayor a 1 mm.

- Al paciente que presente un defecto pupilar aferente total o relativo (pupila de Marcus Gunn).

Atención primaria [46]

- Absteniéndose de aplicar colirios midriáticos para explorar el fondo de ojo en un paciente neurológico agudo. Durante el tiempo de acción de la midriasis farmacológica se pueden estar enmascarando signos de importancia vital para seguir la evolución del paciente.
- No aplicando un colirio de pilocarpina (miótico) para intentar revertir una midriasis farmacológica. En pacientes predispuestos por un ángulo mínimamente estrecho supone una prueba de provocación máxima de glaucoma de ángulo cerrado en la que se aumenta el bloqueo pupilar al conjugarse la dilatación pupilar con un tono elevado del músculo esfínter del iris. Si lo que se necesita es hacer el diagnóstico diferencial entre midriasis farmacológica u otras causas, instilar la pilocarpina con particular precaución en pacientes con cámaras anteriores estrechas y luego tomar la presión intraocular.

2.5.13. Vía óptica. Defectos del campo visual

Referencia al oftalmólogo [47]

- Cualquier paciente que presente tendencia a golpearse con obstáculos laterales, superiores o inferiores: es probable que tenga un defecto del campo visual periférico.
- Todo paciente que refiera ver «como si estuviera en un túnel».
- Cualquier paciente que, pese a llevar la corrección refractiva de cerca adecuada, haya sentido que su capacidad para leer o distinguir detalles ha disminuido.
- Todo paciente que empiece a quejarse de problemas de fusión y visión binocular sin haber aparecido un estrabismo paralítico o restrictivo que lo justifique.

Atención primaria [47]

- Controlando los factores de riesgo cardiovascular; la etiología isquémica explica una proporción considerable de las alteraciones de la vía visual y es, por lo tanto, prevenible.
- Incorporando el examen campimétrico al conjunto de exploraciones que cualquier paciente neurológico debe realizar, aunque sea visualmente asintomático: existe información que solo la perimetría puede revelar y ninguna otra prueba de imagen o funcional aporta.

2.5.14. Neuropatías ópticas

Referencia al oftalmólogo [48]

- Siempre que se sospeche una neuropatía óptica, el paciente debe ser remitido al oftalmólogo. Si existe borramiento de los bordes de la papila, debe ser referido, aunque presente una visión normal.
- Si se objetiva un edema de papila bilateral, la remisión debe ser urgente para descartar un proceso expansivo intracraneal.

- Cualquier paciente que presente episodios transitorios de visión borrosa.

Atención primaria [48]

- Informando a los pacientes con historia de neuritis óptica o con EM de que situaciones que elevan la temperatura corporal (ejercicio, sauna, baño...) pueden provocar episodios transitorios de visión borrosa (fenómeno de Uhthoff).
- Controlando los factores de riesgo vascular para prevenir la NOIA-NA.
- En pacientes con NOIA-NA, la hipotensión arterial puede ser un factor desencadenante, por lo que debe evitarse un tratamiento excesivo de la hipertensión arterial, sobre todo en administración nocturna (podría ser recomendable modificar la pauta del tratamiento antihipertensivo a administración matinal). Asimismo, se evitarán los fármacos y sustancias que asocian de forma colateral hipotensión nocturna (sedantes, analgésicos potentes, alcohol, alfa 1 bloqueantes, fármacos para la disfunción eréctil...).
- Fomentando los programas de autotransfusión para evitar la anemia y/o la hipotensión agudas en cirugías sangrantes programadas (resección de próstata, cirugía de la cadera, etc.), especialmente si existen factores de riesgo ateroscleróticos o son cirugías prolongadas y/o con apoyo facial por colocación en decúbito prono (cirugías de la columna espinal).
- Actuando con el papiledema y la NOIA arterítica como emergencias médicas.

2.5.15. Enfermedades del sistema oculomotor. Parálisis supra e infranuclear. Nistagmas

Referencia al oftalmólogo [49]

- Un paciente con una parálisis del III par craneal con afectación pupilar debe ser evaluado inmediatamente por un oftalmólogo y en la sala de urgencias.
- Se debe referir inmediatamente a un paciente con parálisis de múltiples nervios craneales.
- Todo paciente con parálisis infranuclear, nuclear, internuclear o supranuclear debe ser referido al oftalmólogo y al neurólogo. Mientras, para mitigar los síntomas, se puede ocluir uno de los dos ojos con una gasa y esparadrapo, lo que eliminará entretanto la diplopía binocular en las parálisis infranucleares, nucleares e internucleares.
- Todo paciente con nistagmus central o asimétrico debe ser evaluado por un oftalmólogo y un neurólogo, en especial si es de reciente aparición.

Atención primaria [49]

- Una buena historia clínica realizada por un médico de atención primaria puede ayudar a determinar si la diplopía de un paciente es de origen neurológico: es importante saber identificar cuándo el síntoma de diplopía es indicativo de una condición que puede poner en peligro la vida del paciente.

- Los fenómenos isquémicos microvasculares son la causa más común de parálisis infranuclear. Por ello, el médico de atención primaria puede contribuir significativamente asistiendo al paciente diabético con el objeto de controlar los niveles de glucosa en la sangre, para así minimizar estas complicaciones microvasculares. Su papel es igualmente relevante en el paciente con hipertensión arterial o hiperlipidemia.

2.5.16. Diabetes ocular

Referencia al oftalmólogo [50]

- A todo paciente diabético se le debe realizar una exploración anual del fondo de ojo y un control de la tensión ocular, aunque no existan síntomas. En los casos de diabetes tipo II, estas revisiones deben comenzar desde el momento del diagnóstico de la metabolopatía. En los diabéticos juveniles se deben iniciar las exploraciones a partir de la pubertad o tras un periodo de cinco a diez años del comienzo de la diabetes. El tratamiento en el momento adecuado de la RD es la base fundamental para evitar la pérdida de visión.
- Ante la disminución de la agudeza visual o la aparición brusca de miodesopsias, el paciente debe ser remitido urgentemente a un oftalmólogo.

Atención primaria [50]

- Existen muchos diabéticos que no saben que lo son. El diagnóstico precoz de la enfermedad metabólica y un plan adecuado de revisiones del fondo de ojo son claves para poder realizar un tratamiento antes de que se produzca la pérdida visual.
- En muchos centros de salud existen equipos que permiten obtener fotografías del fondo de ojo. Se puede realizar una fotografía del fondo de ojo que debe ser remitida al oftalmólogo para su valoración si se observan hemorragias, exudados lipídicos o vasos anormales (telemedicina). También permite ver la cabeza del nervio óptico y con ello valorar si existe una excavación marcada, que es característica de un glaucoma.
- El control estricto de los niveles de glucemia, tensión arterial y de los lípidos en sangre es fundamental para retrasar la aparición de la RD.

2.5.17. Retinopatía hipertensiva

Referencia al oftalmólogo [51]

- Todo paciente que padezca de dolor en la nuca y se sospeche pueda tener HTA, ya que el oftalmólogo podrá realizar una valoración detallada de la semiología retiniana completa.
- Cualquier paciente diagnosticado de HTA debe recibir un control periódico del fondo de ojo.
- Las embarazadas que desarrollen preeclampsia o eclampsia; puede complicarse también con un desprendimiento de retina exudativo (véase la Unidad Didáctica 7). Esta referencia ha de ser urgente.

- Al paciente con HTA conocida que refiera pérdida visual. Dependiendo de la intensidad y velocidad de aparición, la referencia deberá ser preferente o urgente.

Atención primaria [51]

- Controlando adecuadamente la tensión arterial: una HTA no controlada tiene efectos negativos sobre el ojo y el resto del organismo. Pero también una excesiva hipotensión (típicamente nocturna, detectable mediante Holter), por exceso de dosis o administración nocturna de fármacos hipotensores, puede favorecer la aparición de episodios vasculares oclusivos retinianos (véase la Unidad Didáctica 8), neuropatía óptica isquémica y puede disminuir la presión de perfusión ocular, que es el principal factor patogénico del glaucoma crónico (véase la Unidad Didáctica 6).
- Extremando la precaución en el control de la tensión arterial durante el embarazo; proporcionando a la mujer información sobre los hábitos alimentarios saludables (íngesta de fibra) durante el mismo para prevenir la toxemia gravídica.
- Sometiendo a exámenes fundoscópicos periódicos al paciente como parte del seguimiento que se debe realizar de la HTA; constituye una oportunidad única de observar de modo no invasivo el impacto tisular de la HTA.

2.5.18. Uveítis intermedias y posteriores

Referencia al oftalmólogo [52]

- Los pacientes con disminución aguda (horas a semanas) de la agudeza visual uni o bilateral deben ser referidos urgentemente a un oftalmólogo.
- Las pérdidas progresivas de visión (meses) también requieren de una atención oftalmológica, que puede diferirse unos días.
- Los pacientes con enfermedades infecciosas sistémicas capaces de producir uveítis posteriores o intermedias, incluyendo SIDA, deberían recibir una exploración oftalmológica completa.

Atención primaria [52]

- Ante la aparición de pérdida de agudeza visual o miodesopsias en un paciente con historia de enfermedad autoinmune o infecciosa, la referencia oportuna al oftalmólogo especialista facilitará la instauración del tratamiento en el tiempo menor posible para que el control adecuado de la actividad inflamatoria produzca las menores secuelas posibles.
- A diferencia de las uveítis anteriores, que pueden ser tratadas correctamente por un oftalmólogo general, en los casos de uveítis posteriores, los pacientes deben remitirse a un centro de referencia que cuente con una unidad especializada en uveítis.

2.5.19. Farmacología ocular

Referencia al oftalmólogo [53]

- Todo paciente que se estime que requiere de tratamiento con corticoides tópicos necesita un seguimiento cercano por parte del oftalmólogo.
- Cualquier paciente que presente quejas visuales posiblemente relacionadas con la administración sistémica de un fármaco.
- Todo paciente que vaya a iniciar un tratamiento con un fármaco que puede producir toxicidad o efectos secundarios oculares o neurooftalmológicos.
- Se debe remitir con una periodicidad acorde al riesgo y la proximidad a la dosis límite a todos los pacientes que se han mencionado en el punto previo.

Atención primaria [53]

- No administrando corticoides tópicos sin la supervisión prevista de un oftalmólogo.
- No prescribiendo ni suministrando colirios anestésicos a los pacientes para su «uso terapéutico» o sintomático.
- Limitando el uso de midriáticos oculares y fármacos sistémicos que puedan producir midriasis (véase la Unidad Didáctica 21) a los pacientes que no presenten una cámara estrecha (véase la Unidad Didáctica 1) o historia de glaucoma de ángulo cerrado.
- Estableciendo el régimen adecuado de exploraciones oftalmológicas de modo previo y posterior a la introducción de un fármaco de administración sistémica con previsibles efectos secundarios oculares o neurooftalmológicos.
- Advirtiendo al paciente de los posibles síntomas que la toxicidad ocular podría manifestar para actuar en consecuencia con inmediatez.

CAPÍTULO 3
ESTADO DEL ARTE
DE SADM EN LA
ESPECIALIDAD DE
OFTALMOLOGÍA

CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE DE SADM EN LA ESPECIALIDAD DE OFTALMOLOGÍA

3.1. Introducción

Es necesario conocer el panorama de los sistemas de ayuda a la decisión médica y evaluar las existencias y las carencias de los mismos, teniendo en cuenta también el campo de aplicación y las enfermedades de las cual dar diagnóstico. Martínez-Pérez et al. (2014) [10] concluían en “*Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review*” que en los últimos años la cantidad de aplicaciones de mHealth que incluían herramientas de SADM se había visto incrementada rápidamente, pero entre especialidades médicas está presente una gran diferencia en cuanto al número de estos sistemas disponibles. También comentaban que gran parte de estos sistemas y aplicaciones están centrados en la información que contienen, pero no dedican esfuerzos en el desarrollo de la interfaz o en la facilidad de uso. Por tanto es muy importante ya no solo tener en cuenta la especialidad a la que el sistema va dirigido, sino también se debe tener en cuenta la opinión de los usuarios finales, evaluando la calidad de experiencia (QoE), con el fin de desarrollar aplicaciones de altas prestaciones que cumplan las expectativas de los usuarios.

En este apartado se va a presentar el estudio del estado del arte de los sistemas de ayuda a la decisión médica, realizando una revisión literaria y estudiando el mercado de las aplicaciones móviles que dispongan de estas herramientas. Esta revisión del estado del arte de los sistemas de ayuda a la decisión médica en la especialidad de oftalmología ha sido realizada hasta la fecha del mes de Junio de 2016.

Para la revisión de la literatura se consultarán las plataformas de revistas electrónicas y bases de datos científicas *PubMed* [54], *IEEE Xplore* [55], *Scopus* [56], *Web of Science* [57] y *ScienceDirect* [58]. En cuanto a las aplicaciones comerciales, se realizarán búsquedas en las principales tiendas virtuales de aplicaciones de los sistemas operativos móviles que dominan el mercado, siendo estas *Google Play* [59] para Android y *AppStore* [60] para iOS.

3.2. Metodología seguida para búsqueda de información

3.2.1. Metodología seguida en la revisión literaria

En la revisión literaria se ha procedido a realizar una búsqueda por comandos, aprovechando las funcionalidades avanzadas que ofrecen los buscadores de las revistas electrónicas y bases de datos científicas. La combinación de palabras introducida en las plataformas mencionadas anteriormente ha sido:

(DSS OR CDSS OR “Decision Support”) AND (Ophthalmology OR Eye OR “Eye anterior segment” OR “Eye posterior segment”)

Se desean estudiar los artículos e informes más recientes, por lo que se limitan los resultados a aquellos publicados a partir del año 2005.

El orden seguido a la hora de consultar las plataformas ha sido en primer lugar *PubMed*, seguido de *IEEE Xplore*, *Scopus*, *Web of Science* y *ScienceDirect*. Esto tiene importancia ya que en las últimas plataformas consultadas se obtendrán como resultado artículos que ya habrán sido seleccionados en las primeras búsquedas, y además, a medida que se va estudiando un mayor número de artículos, se va perfilando los requisitos de lo que realmente se está buscando, de manera que en ocasiones será necesario revisar los primeros artículos seleccionados para valorar si realmente tienen interés en la revisión que se está llevando a cabo.

Una vez obtenidos los resultados tras la realización de la búsqueda, se analiza el título de cada artículo y, en caso de que no sea lo suficientemente descriptivo, se valora el contenido del *abstract*, de manera que se pueda determinar de una manera rápida el interés que puede suponer el artículo para la revisión. Si tras haber procedido de esta manera, no se está en disposición de decidir si el artículo es relevante o no, se procede a leer secciones del artículo, como la introducción o las conclusiones, o incluso el artículo entero. Cuando se realizan las búsquedas, los resultados principales vienen acompañados generalmente de una lista de artículos relacionados, con los cuales se procede de la misma manera para determinar el interés de los mismos para este proyecto.

En cuanto a la clasificación de los resultados obtenidos, se han distinguido dos grandes grupos en los cuales agrupar los resultados. En primer lugar se agrupan todos aquellos artículos que tratan temas o cuyo contenido está íntimamente relacionado con el proyecto aquí presentado. Este grupo contendrá todos los artículos relacionados con la oftalmología y con sistemas de ayuda a la decisión médica. Y en un segundo conjunto se agruparán todos aquellos artículos que sin estar fuertemente ligados al tema desarrollado en el proyecto, contienen aspectos interesantes para el desarrollo del mismo.

A su vez, los artículos contenidos en cada uno de estos grandes grupos, se clasifican en varios subgrupos. En el primer grupo de artículos relacionados con la oftalmología y los sistemas de ayuda a la decisión se distinguen (i) aquellos artículos que tratan enfermedades relacionadas con el segmento posterior del ojo, (ii) aquellos artículos que tratan enfermedades relacionadas con el segmento anterior del ojo, y (iii) aquellos artículos que tratan de una manera más genérica aspectos sobre la oftalmología. En el segundo gran grupo de artículos que contienen aspectos de interés a pesar de no estar fuertemente ligados al tema del proyecto se pueden diferenciar (i) aquellos artículos que presentan algoritmos de prácticas clínicas y sistemas de ayuda a la decisión médica, (ii) aquellos artículos que presentan información sobre el almacenamiento en la nube, Historial Clínico Electrónico (HCE), minería de datos o Big Data aplicado a estos sistemas, y (iii) todos los demás

artículos que resultan de interés pero que no ha sido posible clasificarlos en cualquiera de las categorías anteriores.

3.2.2. Metodología seguida en la búsqueda de Apps comerciales

Con objeto de realizar un revisión de aplicaciones móviles que dispongan de un sistema de ayuda a la decisión médica relacionado con la oftalmología, o que dispongan de algún método de ayuda para el diagnóstico o estén íntimamente relacionadas con el tema que aquí se trata, se ha realizado una búsqueda de las mismas directamente en las tiendas virtuales de los sistemas operativos líderes de los dispositivos móviles, siendo *Google Play* para el sistema operativo Android y *AppStore* para iOS.

Los buscadores de las tiendas virtuales permiten realizar una búsqueda simple de un solo término o de una sucesión de varios, pero no permiten la búsqueda por comandos como las revistas y bases de datos académicas. Los términos o sucesiones de los mismos que se han utilizado para esta búsqueda han sido:

“Clinical DSS”, “Ophthalmology diagnosis”, “Diagnóstico oftalmología”, “Eye diagnosis”,
“Diagnóstico ojo” y “mHealth eye”

De entre todos los resultados obtenidos tras la búsqueda, se procede de la misma manera con todos ellos: tras leer el título se decide si la aplicación puede ser de interés o no para el estudio, y en caso de que el título no sea lo suficientemente descriptivo, se analiza la descripción de la aplicación móvil. Cabe destacar que de todas las aplicaciones obtenidas solo se han estudiado aquellas que estén en lengua española o inglesa. Además, si la descarga de la aplicación es gratuita, se procede a su adquisición para realizar pruebas y estudiar las funcionalidades de cada aplicación de primera mano. Para estas pruebas se ha utilizado un Samsung I9100 Galaxy SII para las aplicaciones del sistema operativo Android, y un iPhone 4S para las aplicaciones del sistema operativo iOS.

3.3. Revisión literaria

Tras haber realizado la búsqueda en las revistas y bases de datos científicas comentadas en el primer apartado de esta sección, a continuación se mostrarán los resultados obtenidos. En la Figura 3. 1 se muestra el total de resultados obtenidos, indicando cuántas publicaciones han sido descartadas inicialmente por estar duplicadas o que ya hayan sido evaluadas tras la consulta previa de otra base de datos, seguido de la cantidad de publicaciones que han sido evaluadas, distinguiendo las publicaciones descartadas por ser poco o nada relevantes de las publicaciones seleccionadas por tratar un tema ligado al propósito de este trabajo.

En las siguientes figuras se analizan los resultados individualmente, de la misma manera que se ha analizado la totalidad de las publicaciones. La búsqueda en *PubMed* se muestra en la Figura 3. 2, la búsqueda en *IEEE Xplore* se muestra en la Figura 3. 3, los resultados de la consulta a *Scopus* se muestran en la Figura 3. 4, aquellos obtenidos de *Web of Science* (WoS) se observan en la Figura 3. 5 y finalmente las publicaciones obtenidas de *ScienceDirect* se muestran la Figura 3. 6.

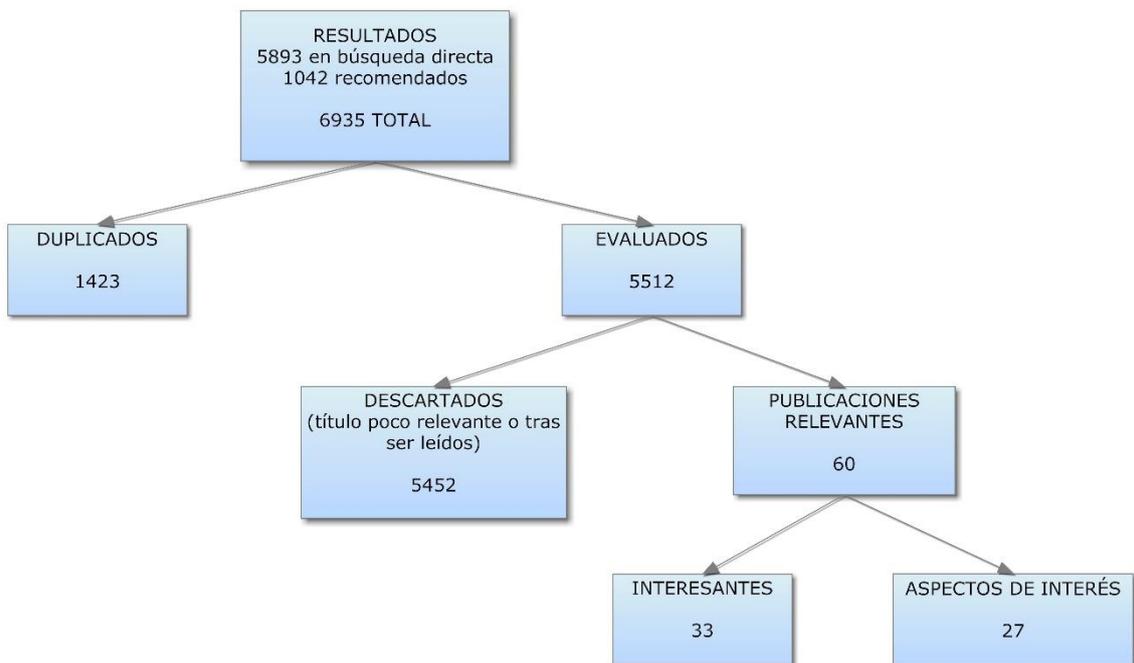


Figura 3. 1. Clasificación completa seguida en la revisión de la literatura. Fuente: propia.

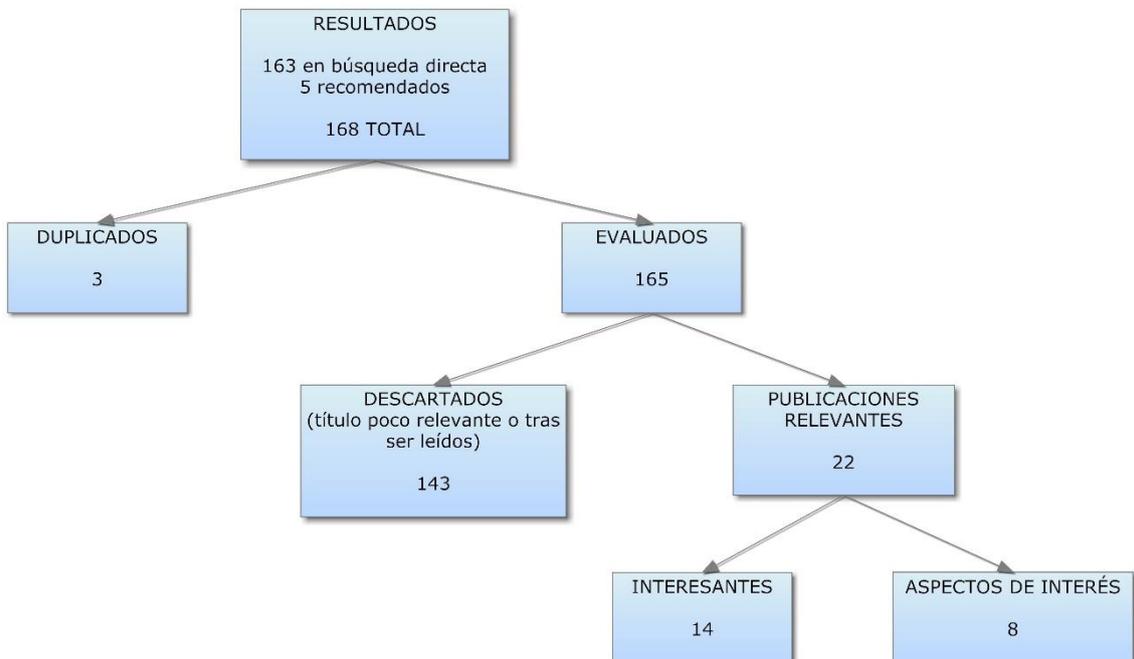


Figura 3. 2. Clasificación seguida para la consulta de *PubMed*. Fuente: propia.

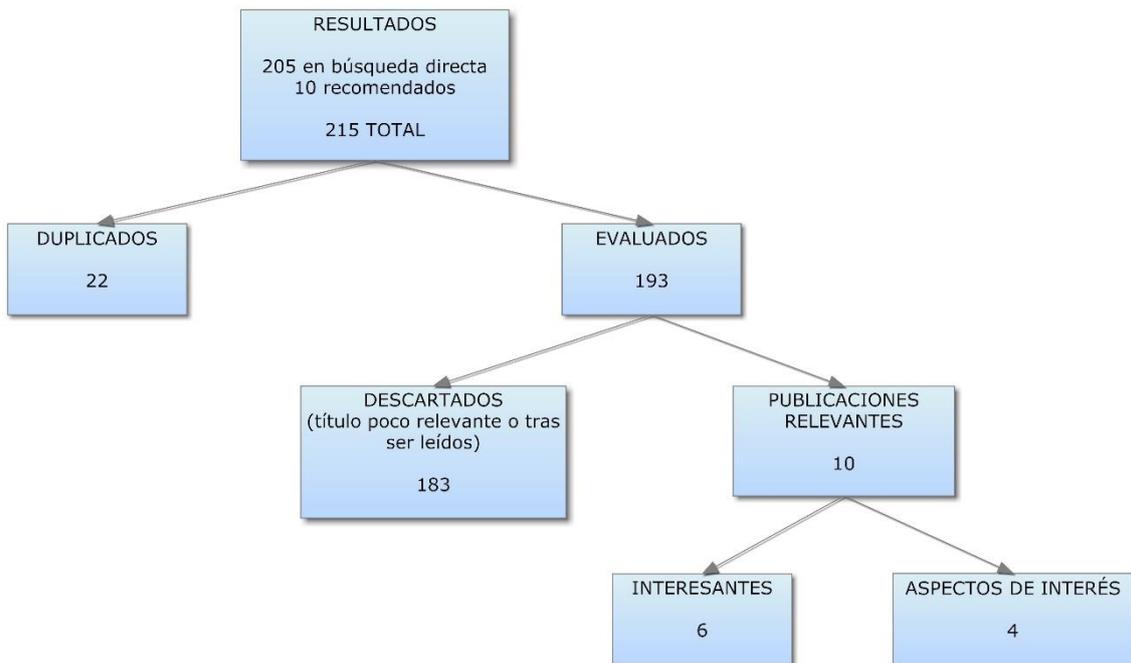


Figura 3. 3. Clasificación seguida para la consulta de *IEEE Xplore*. Fuente: propia.

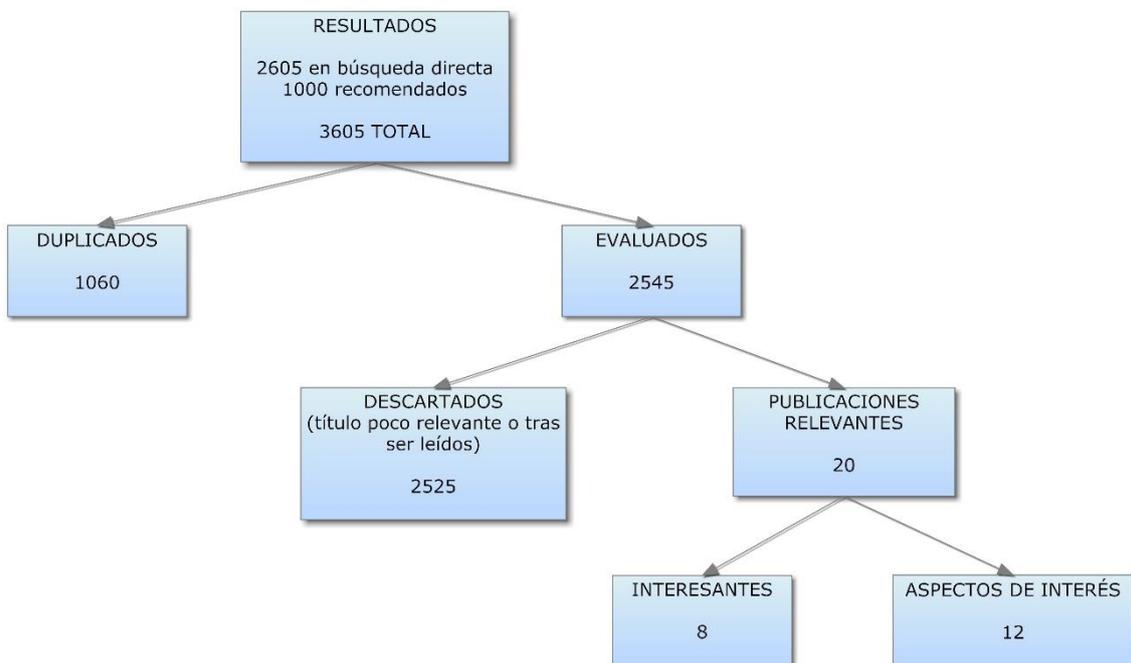


Figura 3. 4. Clasificación seguida para la consulta de *Scopus*. Fuente: propia.

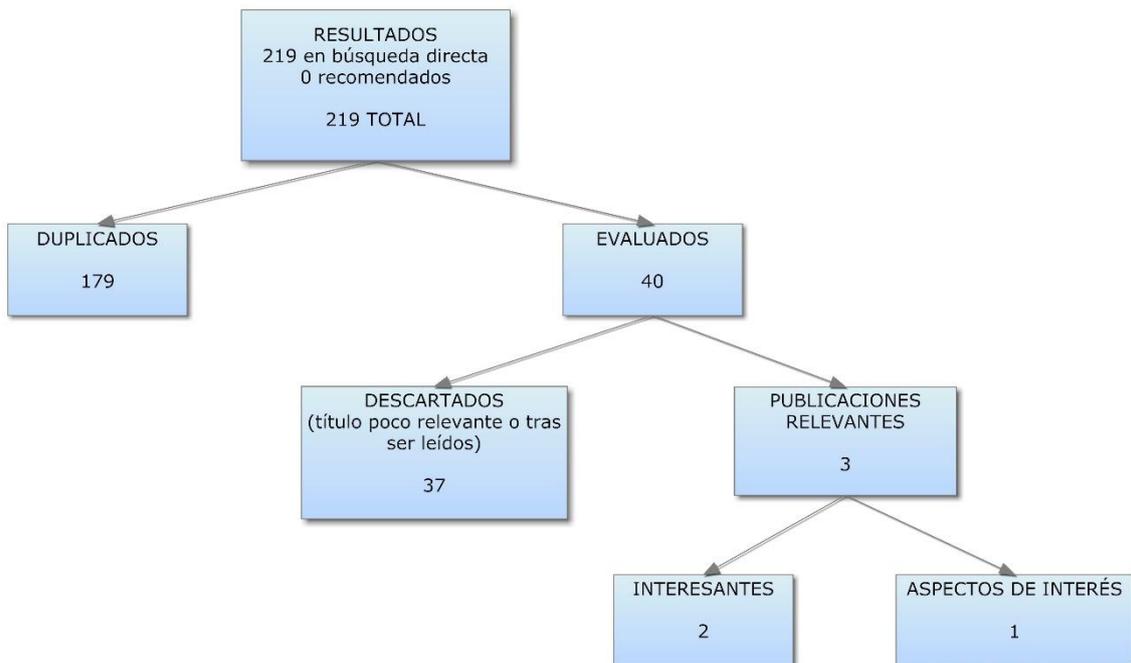


Figura 3. 5. Clasificación seguida para la consulta de *Web of Science* (WoS). Fuente: propia.

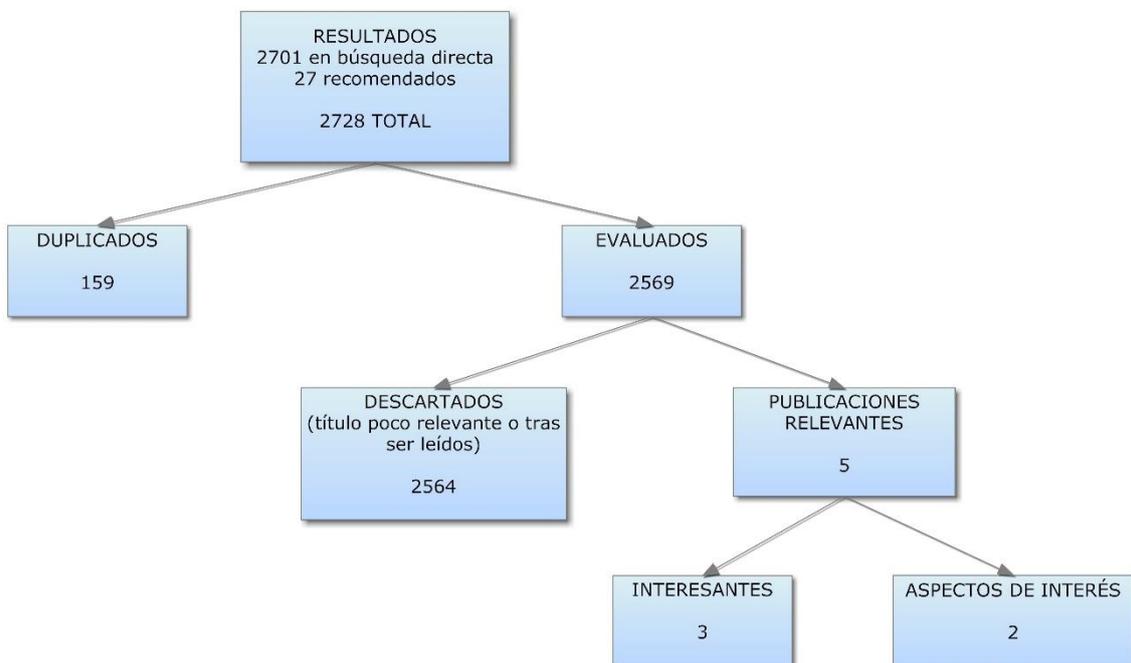


Figura 3. 6. Clasificación seguida para la consulta de *ScienceDirect*. Fuente: propia.

En la Figura 3. 7 queda reflejada la clasificación de las publicaciones seleccionadas, diferenciando la temática dentro de los grupos de aquellas que son relevantes para el desarrollo de este proyecto y aquellas que contienen aspectos de interés.

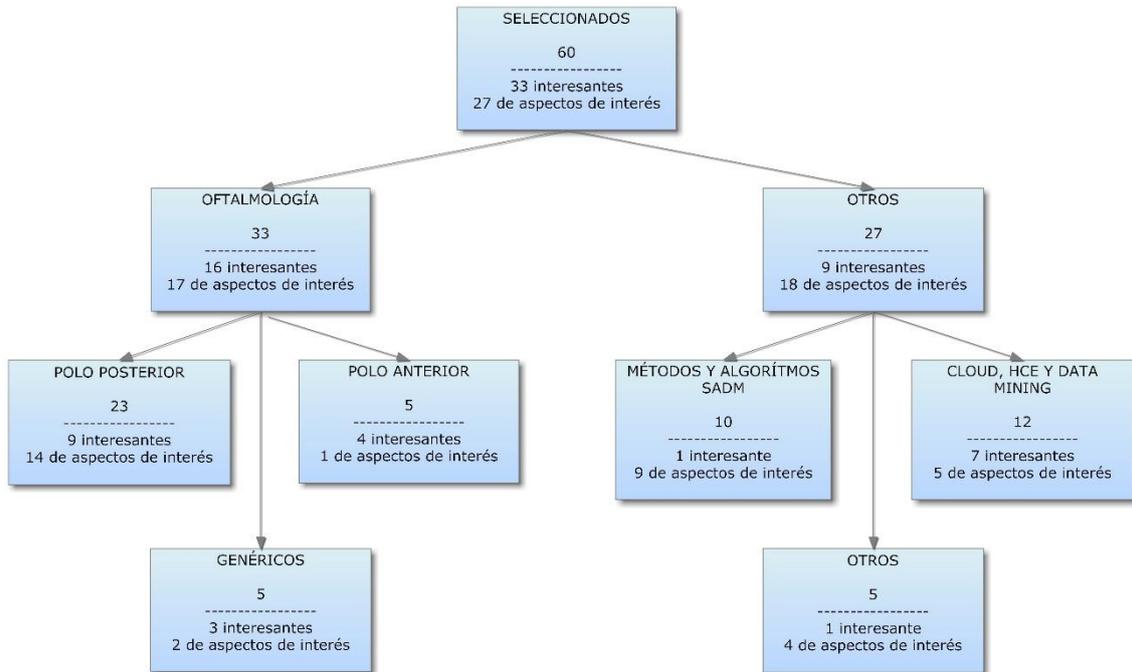


Figura 3. 7. Clasificación de las publicaciones de interés obtenidas como resultado de la búsqueda. Fuente: propia.

En los próximos apartados se comentarán y analizarán las publicaciones seleccionadas, habiendo sido clasificadas según la tabla anterior, y comentando su relación dentro la sección, indicando para cada una de ellas los autores, el año de publicación y el medio en el que fue publicada.

3.3.1. Oftalmología: Publicaciones sobre el Segmento Posterior del Ojo

En la Tabla 3. 1 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con la oftalmología, concretamente con el segmento posterior del ojo, ordenadas de la más reciente a la más antigua.

Tabla 3. 1. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – segmento posterior del ojo. Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
I-Maculaweb: a tool to support data reuse in ophthalmology. [61]	Bonetto, M., Nicolo, M., Gazzarata, R., Fraccaro, P., Rosa, R., Musetti, D., Musolino, M., Traverso, C. E., Giacomini, M.	2016	PubMed
Clinical decision support for the classification of diabetic retinopathy: a comparison of manual and automated results. [62]	Mitsch, C., Fehre, K., Prager, S., Scholda, C., Kriechbaum, K., Wrba, T., Schmidt-Erfurth, U.	2016	PubMed
Human visual system-based fundus image quality assessment of portable fundus camera photographs. [63]	Wang, S., Jin, K., Lu, H., Cheng, C., Ye, J., Qian, D.	2016	IEEE
Diabetic retinopathy assessment: towards an automated system. [64]	Zaki, W. M. D. W., Zulkifley, M. A., Hussain, A., Halim, W. H. W. A., Mustafa, N. B. A., Ting, L. S.	2016	Scopus
Image processing based automatic diagnosis of glaucoma using wavelet features of segmented optic disc from fundus image. [65]	Singh, A., Dutta, M. K., ParthaSarathi, M., Uher, V., & Burget, R.	2016	ScienceDirect
The chronic care for wet age related macular degeneration (charmed) study: a randomized controlled trial. [66]	Markun, S., Dishy, A., Neuner-Jehle, S., Rosemann, T., Frei, A.	2015	PubMed
OCT angiography by absolute intensity difference applied to normal and diseased human retinas. [67]	Ruminski, D., Sikorski, B. L., Bukowska, D., Szkulmowski, M., Krawiec, K., Malukiewicz, G., Wojtkowski, M.	2015	PubMed
Learning from healthy and stable eyes: a new approach for detection of glaucomatous progression. [68]	Belghith, A., Bowd, C., Medeiros, F. A., Balasubramanian, M., Weinreb, R. N., Zangwill, L. M.	2015	PubMed
Automatic classification of glaucomatous images using wavelet and moment feature. [69]	Gajbhiye, G. O., Kamthane, A. N.	2015	IEEE
Automated diagnosis of hypertensive retinopathy using fundus images. [70]	Narasimhan, K., Vijayarekha, K.	2015	Scopus

Automated detection of age-related macular degeneration using empirical mode decomposition. [71]	Mookiah, M. R. K., Acharya, U. R., Fujita, H., Koh, J. E. W., Tan, J. H., Chua, C. K., Tong, L.	2015	WOS
An intelligent decision support system for retinal disease diagnosis based on SVM using a smartphone. [72]	Lee, B., Jeong, E., Tifani, Y.	2015	WOS
Decision support system for age-related macular degeneration using discrete wavelet transform. [73]	Mookiah, M., Acharya, U., Koh, J., Chua, C., Tan, J., & Chandran, V., Lim, C.M., Noronha, K., Laude, A., Tong, L.	2014	PubMed
Optical coherence tomography in the diagnosis and management of uveitis. [74]	Pakzad-Vaezi, K., Or, C., Yeh, S., Forooghian, F.	2014	ScienceDirect
Decision support system for diabetic retinopathy using discrete wavelet transform. [75]	Noronha, K., Acharya, U. R., Nayak, K. P., Kamath, S., Bhandary, S. V.	2013	PubMed
Computer-aided diagnosis of diabetic retinopathy: a review. [76]	Mookiah, M. R. K., Acharya, U. R., Chua, C. K., Lim, C. M., Ng, E. Y. K., Laude, A.	2013	Scopus
Retinal image registration and comparison for clinical decision support. [77]	Xiao, D., Vignarajan, J., Lock, J., Frost, S., Tay-Kearney, M.-L., Kanagasingam, Y.	2012	PubMed
Telemedicine and ocular health in diabetes mellitus. [78]	Bursell, S. E., Brazionis, L., Jenkins, A.	2012	PubMed
Retinal vessels segmentation using supervised classifiers decisions fusion. [79]	Holbura, C., Gordan, M., Vlaicu, A., Stoian, I., Capatana, D.	2012	IEEE
An automated decision-support system for non-proliferative diabetic retinopathy disease based on mas and has detection. [80]	Saleh, M. D., Eswaran, C.	2012	Scopus
Decision support system for the detection and grading of hard exudates from color fundus photographs. [81]	Jaafar, H. F., Nandi, A. K., Al-Nuaimy, W.	2011	PubMed
Automated diagnosis of glaucoma using texture and higher order spectra features. [82]	Acharya, U. R., Dua, S., Du, X., Sree S, V., Chua, C. K.	2011	IEEE
Automated detection of red lesions from digital colour fundus photographs. [83]	Jaafar, H. F., Nandi, A. K., Al-Nuaimy, W.	2011	Scopus

La tabla recoge un total de 23 publicaciones íntimamente relacionadas con el ámbito de la oftalmología, centradas especialmente en el segmento posterior del ojo. Con tan solo observar los títulos de las publicaciones, se puede comprobar que la mayoría están relacionadas con la detección precoz de enfermedades oftalmológicas como la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad.

Bonetto, M. et al. (2016) [61] proponen “I-Maculaweb”, una aplicación web con interfaz sencilla que recoge y gestiona datos y ensayos clínicos, integrando datos individuales y colectivos relevantes para el diagnóstico de las enfermedades degenerativas y vasculares de la mácula. La degeneración macular asociada a la edad o sus siglas en inglés ADM, es una enfermedad que afecta al campo de visión, indolora, y que si su progresión es rápida, puede causar pérdida de visión en ambos ojos. Markun, S. et al. (2015) [66] evalúan si el modelo de cuidado de enfermedades crónicas (*The Chronic Care Model*) ayuda en el seguimiento de la degeneración macular húmeda asociada a la edad, utilizando personas preparadas para el cuidado crónico, sistemas de recordatorio, seguimiento estructurado, pacientes empoderados en su propia monitorización y proporcionar sistemas de ayuda en la decisión. La ADM tiene dos variantes, la húmeda y la seca, y para la ADM seca no existe un tratamiento efectivo hoy en día, por lo que el diagnóstico de esta variante lo antes posible es fundamental. Mookiah, M. R. K. et al. (2015) [71] proponen para este caso un sistema que clasifica imágenes de ojos sanos y ojos con ADM, extrayendo de estas imágenes características no lineales basado en un modo de descomposición empírico, haciendo que este sistema pueda ser utilizado como una herramienta de ayuda a la decisión médica para profesionales sanitarios en el cribado masivo de ADM. Un año antes, el grupo de trabajo encabezado por el mismo autor, Mookiah, M. R. K. et al. (2014) [73] proponían un sistema automático para la detección de la ADM utilizando la transformada discreta wavelet (DWT) y caracterizando estrategias de ranking.

Wang, S. et al. (2016) [63] comentan que en la era de la telemedicina y del Big Data médico, ha aumentado el uso de fotografías de fondo de ojo no midriático, las cuales han dado lugar a indispensables aplicaciones de cámaras portátiles de fondo de ojo. Aun así, la calidad de las imágenes no midriáticas es más vulnerable a distorsiones, así como una iluminación desigual, distorsión del color, difuminado o bajo contraste. Ellos proponen un algoritmo capaz de seleccionar imágenes de calidad genérica equitativa que será especialmente útil para ayudar a individuos inexpertos en la recolección de datos significativos e interpretables con consistencia. El algoritmo, el cual está basado en el sistema de visión humano, puede evaluar la calidad de imagen no midriática, especialmente para aplicaciones de telemedicina oftalmológica a bajo coste.

La retinopatía diabética supone una complicación de la enfermedad diabetes y es una de las principales causas de ceguera en el mundo, por lo que su detección temprana es fundamental para prevenir la rápida pérdida de visión. Mitsch, C. et al. (2016) [62] comentan que el tratamiento de la retinopatía diabética se basa revisiones periódicas con procedimientos estandarizados. El objetivo es poder estandarizar estos procedimientos y en su artículo evalúan la viabilidad y seguridad de la automatización de estos procedimientos, comparándolo con la manera tradicional de llevarlos a cabo. Zaki, W. et al. (2016) [64] comentan que es crucial la detección precoz de la retinopatía diabética y que los profesionales médicos son conscientes de la necesidad de un sistema automático para clasificar la retinopatía diabética basados en imágenes de fondo de ojo y poder actuar en

consecuencia. Esto conduce a métodos de evaluación más efectivos, así como que el médico disponga de una segunda opinión para elaborar el diagnóstico. Los sistemas automáticos tienen un gran potencial y una amplia aceptación en las aplicaciones de la vida real. Aun así se debe mejorar desarrollando sistemas más robustos. Noronha, K. et al. (2013) [75] proponen un sistema de ayuda al diagnóstico de la retinopatía diabética utilizando la DWT (transformada discreta wavelet) y un clasificador basado en máquina de vectores (SVM) de aprendizaje automático. Mookiah, M. R. K. et al. (2013) [76] afirman que los sistemas de diagnóstico basados en computación pueden reducir significativamente la carga de trabajo de los oftalmólogos y aliviar variabilidad del observador, y además existen varios métodos que extraen varias características de la retina para el análisis automático de la retinopatía diabética. Bursell, S. E. et al. (2012) [78] explican que los programas de teleoftalmología que utilizan las soluciones de tecnología de la información sanitaria existentes para personas con diabetes, incrementan el acceso a un cuidado del ojo apropiado. Los estudios teleoftalmológicos indican que el simple hecho de que los pacientes puedan ver las imágenes de su propia retina mejora la gestión de su propia salud y mejora los resultados clínicos. En algunas configuraciones esto puede hacerse a un coste más bajo y con unos resultados visuales mejores comparado con el cuidado del ojo estándar. Este enfoque necesita un cuidado colaborativo, transformacional y centrado en el paciente que integra datos desde sistemas de registros médicos con monitorización remota de los datos y registro longitudinal de la salud. Esto incluye asociación de datos con aplicaciones social-media y tecnología de salud personal móvil y debería apoyar interacciones permanentes entre el paciente, el equipo sanitario y el entorno social del paciente. Todo junto hace que estos sistemas puedan proporcionar ayuda en la toma de decisiones contextualmente y temporalmente a los pacientes para facilitar su estado de bienestar y reducir el riesgo de complicaciones de la diabetes. Saleh, M. D. et al. (2012) [80] propusieron un sistema de diagnóstico automático de la retinopatía diabética integrado en una interfaz de fácil uso. Para clasificar los niveles de retinopatía diabética se basa en detectar y analizar los signos clínicos tempranos asociados con la enfermedad como microaneurismas o hemorragias. El sistema extrae aspectos de la retina como el disco óptico, la fovea o el tejido de la retina para facilitar la segmentación de lesiones de manchas oscuras en las imágenes de fondo de ojo. En función del número de microaneurismas y de hemorragias, el sistema cuantifica la severidad de la retinopatía diabética. Jaafar, H. F. et al. (2011) [80] comentan que los signos tempranos para diagnosticar la retinopatía diabética son el daño de los vasos sanguíneos y la formación de lesiones en la retina. Es fundamental la detección temprana de estos signos, por lo que proponen un sistema basado en computación para identificar automáticamente lesiones enrojecidas en imágenes de fondo de ojo de la retina, pudiendo además detectar otros tipos de lesiones.

Narasimhan, K., et al. (2015) [70] proponen un CDSS para el diagnóstico de la retinopatía hipertensiva a partir de imágenes de fondo de ojo. Para ello extraen resultados de la segmentación de los vasos sanguíneos, detectan la región de interés, normalizan la imagen, clasifican los vasos

sanguíneos, calculan la relación vena-arteria y realizan otras medidas que resultan en buenos resultados y suponen el primer paso para la detección de la retinopatía hipertensiva. Todas estas funcionalidades se engloban en una interfaz de usuario que ayuda al profesional médico a realizar el tratamiento según los protocolos médicos. Este método ayuda en la detección temprana de la retinopatía hipertensiva y ayuda como herramienta de primeros auxilios al oftalmólogo.

La enfermedad del glaucoma son un conjunto de afecciones que pueden dañar el nervio óptico y provocar la pérdida de visión. Es otra de las causas que provocan ceguera a nivel mundial y su pronto diagnóstico es fundamental para prevenir esta pérdida de visión. Singh, A. et al. (2016) [65] presentan un sistema automático de procesamiento de imagen basado en el método de diagnóstico del glaucoma a partir de imágenes de fondo de ojo. Para ello utilizan una selección genética junto con una extracción wavelet combinado con varios algoritmos de aprendizaje. Para mejorar la precisión en la identificación del glaucoma, la extracción se realiza a partir de discos ópticos segmentados y de los cuales se han eliminado los vasos sanguíneos. Gajbhiye, G. O. et al. (2015) [69] proponen que la ayuda computacional en la toma de decisiones es un sistema fácil y abordable para el diagnóstico temprano del glaucoma. En este artículo se propone la detección del glaucoma utilizando las características wavelet y momento geométrico de las imágenes. Se utilizan tres filtros para la descomposición de wavelet, Daubechies, Symlets y Biorthogonal, y se utilizan momentos de orden más alto para la función de cómputo. El algoritmo propuesto proporciona mejor precisión y menos tiempo de computación que los algoritmos existentes que utilizan wavelet y características de momento. Belghith, A. et al. (2015) [68] comentan que la tomografía coherente en el dominio del espectro óptico tridimensional (SD-OCT) es una técnica de imágenes ópticas que supone el estándar para el diagnóstico y monitorización de numerosas enfermedades del ojo. En este artículo, basándose en esta técnica, tienen por objetivo detectar cambios en imágenes multitemporales utilizando un marco de trabajo jerárquico totalmente bayesiano y así después poder diferenciar entre cambios debidos a la progresión del glaucoma. Acharya, U. R. et al. (2011) [82] proponen utilizar la tomografía coherente óptica para evaluar la capa de fibra del nervio óptico de la retina, así como el uso de otras técnicas como la polarimetría de escaneo láser o métodos de escaneo tomográficos Heidelberg de la retina. Proponen un método novedoso para la detección del glaucoma utilizando una combinación de texturas y de espectro de alto orden para imágenes de fondo de ojo digitales, obteniendo buenos resultados de manera que el sistema puede ser utilizado para detectar el glaucoma de manera precisa.

También existen sistemas de ayuda al diagnóstico de enfermedades de retina, utilizando varias técnicas como la tomografía o el análisis de imágenes de fondo de ojo. Ruminski, D. et al. (2015) [67] comparan cuatro técnicas de tomografía para visualización no invasiva de la red microcapilar de la retina y del córtex murino. Investigan la relación contraste a ruido de las imágenes angiográficas obtenidas con cada uno de los algoritmos de las técnicas. Concluyen con que el

algoritmo computacionalmente más simple, basado únicamente en dos imágenes de intensidad de sección cruzada, se obtienen mejores resultados y puede ser utilizado para el cuidado de los ojos con maculopatía diabética y con oclusión de las ramificaciones venéreas de la retina. Lee, B. et al. (2015) [72] proponen un sistema de ayuda a la decisión para reconocer enfermedades de la retina, utilizando como soporte un *Smartphone* y la computación de la nube. Una lente microscópica se acopla a la cámara del *Smartphone* para tomar imágenes de la retina del paciente y reconocer condiciones médicas en la misma. El *Smartphone* cuenta con la aplicación adecuada, cuyo papel fundamental es conectar el sistema del *Smartphone* con el sistema en la nube, de manera que enviará las imágenes de la retina a la nube para ser clasificadas por un algoritmo clasificador por eliminación optimizado, utilizando dos bases de datos oftalmológicas como son DIARETDB1 v2.1 y STARE, consiguiendo una alta precisión en el diagnóstico y una baja tasa de error. Xiao, D. et al. (2012) [77] tenían por objetivo proporcionar un enfoque de registro de imágenes de retina para alineación longitudinal de imágenes de retina y su posterior comparación. Utilizaron dos métodos de registro de imágenes para afrontar diferentes calidades de imagen, para hacer el método más robusto y factible en los sistemas de aplicación clínica, ambos con buenos resultados. Holbura, C. et al. (2012) [79] exponen que dentro del marco de las técnicas automáticas para la identificación de las patologías es importante destacar la segmentación precisa de los vasos sanguíneos de la retina. Un punto de vista es la clasificación de los píxeles de la imagen en vasos sanguíneos o no vasos sanguíneos. Para ello proponen una combinación de potentes clasificadores de aprendizaje automático, máquinas de vectores de soporte y redes neuronales, para mejorar la precisión de la clasificación por fusión de decisión ponderada, pudiéndose distinguir vasos sanguíneos más finos. También Jaafar, H. F. et al. (2011) [81] proponen técnicas para detectar y clasificar exudados en la retina. Para la clasificación de exudados, se utiliza un sistema de coordenadas polares en la fovea de acuerdo con el criterio médico.

Pakzad-Vaezi, K. et al. (2014) [74] comentan que la tomografía óptica coherente se ha convertido en una herramienta integral para la gestión de imágenes del segmento posterior del ojo, y algunos síntomas de la uveítis infecciosa y no infecciosa como los cambios de la inflamación inducida en el nivel de la retina, pigmentación del epitelio de la retina o coroides pueden ser identificados con la técnica de la tomografía, y aunque no dan diagnóstico de los síntomas específicos de la uveítis, es una herramienta muy útil en diagnóstico y manejo de la uveítis.

3.3.2. Oftalmología: Publicaciones sobre el Segmento Anterior del Ojo

En la Tabla 3. 2 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con la oftalmología, concretamente con el segmento anterior del ojo, ordenadas de la más reciente a la más antigua.

Tabla 3. 2. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – segmento anterior del ojo. Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
A mobile decision support system for red eye diseases diagnosis: experience with medical students. [14]	Manovel, M., Maldonado, M., de la Torre, I., Pastor, J., López-Coronado, M.	2016	PubMed
Automated anterior segment OCT image analysis for angle closure glaucoma mechanisms classification. [84]	Niwas, S. I., Lin, W., Bai, X., Kwoh, C. K., Jay Kuo, C. C., Sng, C. C., Chew, P. T. K.	2016	ScienceDirect
Normalizing videos of anterior eye segment surgeries. [85]	Quellec, G., Charrière, K., Lamard, M., Cochener, B., Cazuguel, G.	2014	IEEE
Detection of subclinical keratoconus using an automated decision tree classification. [86]	Smadja, D., Touboul, D., Cohen, A., Doveh, E., Santhiago, M. R., Mello, G. R., Colin, J.	2013	PubMed
Evaluation of machine learning classifiers in keratoconus detection from Orbscan II examinations. [87]	Souza, M. B., Medeiros, F. W., Souza, D. B., Garcia, R., Alves, M. R.	2010	Scopus

La tabla recoge un total de 5 publicaciones relacionadas con el ámbito de la oftalmología, centradas especialmente en el segmento anterior del ojo. Es notable que la cantidad de publicaciones seleccionadas en esta sección es muy inferior a las publicaciones seleccionadas relacionadas con el segmento posterior.

Manovel, M. et al. (2016) [14] proponen una aplicación móvil como soporte de un sistema de ayuda a la decisión médica para enfermedades oftalmológicas que se manifiestan con ojo rojo. Esta aplicación fue valorada por estudiantes de medicina y de los resultados extrajeron que consideraban muy positiva la herramienta y que valoraban mucho el diagnóstico por imágenes.

Niwas, S. I. et al. (2016) [84] comentan que la enfermedad del glaucoma de ángulo cerrado (ACG) puede ser causada por una cámara exagerada de la lente, un bloqueo pupilar, un rodillo grueso del iris periférico, o la llanura del iris. Los métodos tradicionales de detección de estas condiciones se basan en la medida de parámetros importantes de imágenes de tomografía coherente del segmento anterior óptico, lo cual requiere segmentación precisa de las imágenes.

Quellec, G. et al. (2014) [85] exponen que las cirugías del segmento anterior del ojo normalmente son grabadas en vídeo, de manera que analizando eficientemente estos vídeos en tiempo real se pueden desarrollar nuevas herramientas de ayuda en la toma de decisiones. Los principales puntos de referencia anatómicos en estos vídeos son los bordes de la pupila y el limbo, pero segmentarlos es un reto debido a la variedad de colores y texturas de la pupila, el iris, la esclera y los párpados. En

este artículo presentan una solución para normalizar el centro y escalar la imagen en los vídeos, sin segmentar los puntos de referencia.

El keratocono (del griego “keratoconus”) es una enfermedad que afecta a la estructura de la córnea, volviéndose esta más delgada y haciendo que su forma cambie hacia una forma cónica en vez de redondeada, lo cual provoca que el ojo sobresalga. Smadja, D. et al. (2013) [86] proponen el desarrollo de un método para la detección automática de la enfermedad keratocono basado en un árbol de decisión. Este árbol es capaz de clasificar los ojos entre pacientes con ojos saludables, pacientes con ojos que presentan una forma de keratoconus frustrada o pacientes con keratocono. El clasificador de aprendizaje automático presentó buen funcionamiento para discriminar entre córneas normales y córneas que presentan una forma frustrada de keratocono y supone una herramienta que está cerca de ser un método automático de razonamiento para el diagnóstico de esta enfermedad. Esto puede ayudar en la decisión quirúrgica antes de la cirugía refractiva, proporcionando buena sensibilidad detectando córneas susceptibles de ectasia. Por otro lado, Souza, M. B. et al. (2010) [87] evaluaron el funcionamiento de máquinas de vectores de soporte (SVM) y funciones básicas radiales de redes neuronales como herramientas auxiliares para identificar el keratocono a partir de mapas Orbscan II. Orbscan es un topógrafo tridimensional de elevación, tratándose de un dispositivo no invasivo, que muestra la información a través de mapas de códigos de colores entre otros. Concluyeron con que el uso de estas herramientas permite representar técnicas útiles para la detección del keratocono.

3.3.3. Oftalmología: Publicaciones sobre Oftalmología General

En la Tabla 3. 3 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con la oftalmología, concretamente aquellas que tratan temas generales de la oftalmología, ordenadas de la más reciente a la más antigua.

Tabla 3. 3. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología – oftalmología general. Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
Acceptability, usability, and views on deployment of PEEK, a mobile phone mHealth intervention for eye care in Kenya: qualitative study. [88]	Lodhia, V., Karanja, S., Lees, S., Bastawrous, A.	2016	PubMed
An ophthalmologist's tool for predicting deterioration in patients with accommodative esotropia. [89]	Imberman, S. P., Zelikovitz, S., Ludwig, I.	2013	IEEE
SeyeS - support system for preventing the development of ocular disabilities in leprosy. [90]	Girardi, D. R., Moro, C. M., Bulegon, H.	2010	PubMed
Diagnostic decision support in ophthalmology. [91]	Odufuwa, T., Solebo, L., Low, S.	2007	Scopus

The use of information technologies for diagnosis in ophthalmology. [92]	Paunksnis, A., Barzdziskas, V., Jegelevicius, D., Kurapkiene, S., Dzemyda, G.	2006	Scopus
--	---	------	--------

La tabla recoge un total de 5 publicaciones relacionadas con el ámbito de la oftalmología pero desde un punto de vista más genérico, sin centrarse únicamente en enfermedades relativas a un segmento particular del ojo, y presentando sistemas de ayuda a la decisión médica en aspectos generales del ámbito de la oftalmología.

Lodhia, V. et al. (2016) evalúan el sistema “Portable Eye Examination Kit” (PEEK), un sistema móvil para examinar el segmento anterior del ojo y para realizar fondoscopias. Se ha evaluado en Nakuru, Kenya, y ha tenido una gran aceptación. Se trata de un sistema móvil que facilita un conjunto de herramientas de ayuda para el diagnóstico de enfermedades oftalmológicas, pudiendo evaluar estas enfermedades sin necesidad de caros equipos de diagnóstico, sobre todo en zonas rurales o en países poco desarrollados donde se necesita ayuda humanitaria y los recursos son escasos. Algunos ejemplos de funcionamiento de este sistema pueden observarse en la Imagen 3. 1. Con este sistema se puede realizar un diagnóstico rápido de las enfermedades y abarcar un amplio rango de población diagnosticada y tratada. Este sistema permite saltar las barreras de acceso a los servicios de oftalmología en cualquier parte del mundo.

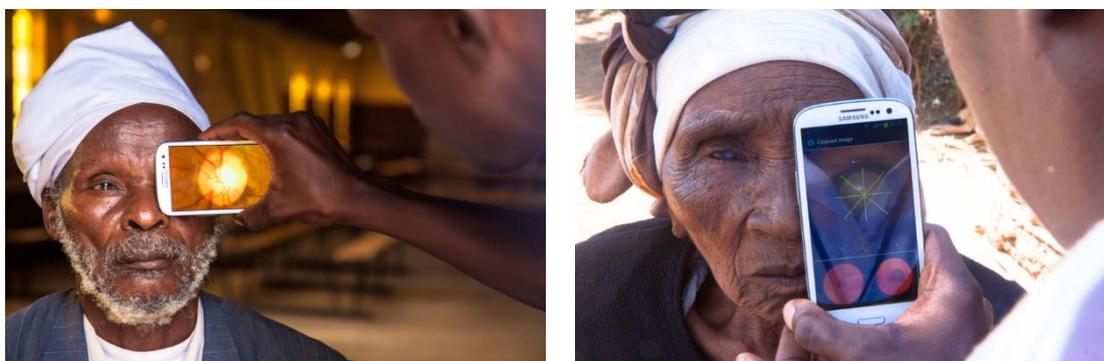


Imagen 3. 1. Sistema PEEK, con imágenes de fondo de ojo y de testeo de cataratas. Fuente: [88].

Imberman, S. P. et al. (2013) [89] en su trabajo aplican técnicas de aprendizaje automático a una base de datos de pacientes con endotropía acomodativa, siendo esta afección una desviación de los ojos causada por un esfuerzo de acomodación a medida que el individuo intenta aclarar la imagen. Los pacientes cuyos músculos se deterioran más necesitan cirugía correctiva para prevenir dicha condición debido a que los métodos de tratamiento menos invasivos hayan resultado fallidos en estos pacientes. Siempre es difícil para los médicos determinar qué pacientes van a necesitar cirugía. Utilizando metodologías de aprendizaje y el análisis de árboles de decisión de los pacientes con endotropía acomodativa, conducen al descubrimiento de dos variables conjuntivas que predicen el deterioro, por lo que utilizando estas variables se puede mejorar la predicción y dar una visión a los expertos.

Girardi, D. R. et al. (2010) [90] proponen en su artículo un sistema de ayuda a la decisión, SeyeS, para la identificación de disfunción de los ojos debidas a la enfermedad de la lepra y evaluar la progresión de la discapacidad, aplicando redes bayesianas. Se espera que el sistema propuesto se aplique en la monitorización de pacientes durante el tratamiento y después de la cura terapéutica de la lepra. Con SeyeS se ha descubierto que la presencia de triquiasis (crecimiento anómalo de las pestañas hacia el ojo) y lagofthalmía (imposibilidad de cerrar completamente los párpados) tienden a incrementar la probabilidad de desarrollar más discapacidades. Además, características como cataratas tienden a minimizar el desarrollo de otras discapacidades, considerando que las intervenciones médicas podrían reducirla. Lo más importante del sistema es indicar qué debería ser monitorizado y qué elementos necesitan intervención para no incrementar las discapacidades oculares de los pacientes.

Odufuwa, T. et al. (2007) [91] presentan el sistema “Isabel”, un sistema de ayuda a la decisión basado en web diseñado para facilitar un diagnóstico diferencial de la condición del paciente. Se centra en la atención primaria de la visión y en el estudio comparan los resultados obtenidos con el sistema, con los resultados de la toma de decisiones por parte de profesionales médicos, obteniendo buenos resultados indicando que el sistema coincide con las decisiones de los profesionales en más de la mitad de los casos.

Finalmente Paunksnis, A. et al. (2006) [92] presentan el programa de tecnologías de la información que comenzó en Lituania para la ayuda en la toma de decisiones médicas en el año 2003. El objetivo principal era crear bases de datos con imágenes de oftalmología y desarrollar algoritmos de procesamiento para extraer información valiosa de las imágenes para el diagnóstico. Además la detección del glaucoma se podría mejorar simplificando los patrones de búsqueda.

3.3.4. Otros: Publicaciones sobre Métodos y Algoritmos SADM.

En la Tabla 3. 4 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con otros temas relevantes, concretamente aquellas relacionadas con métodos y algoritmos utilizados en SADM, ordenadas de la más reciente a la más antigua.

Tabla 3. 4. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas – métodos y algoritmos SADM. Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
How regrouping alerts in computerized physician order entry layout influences physicians' prescription behavior: results of a crossover randomized trial. [93]	Wipfli, R., Ehrler, F., Bediang, G., Bétrancourt, M., Lovis, C.	2016	PubMed
Mobile cyber physical systems for health care: functions, ambient ontology and e-diagnostics. [94]	Costanzo, A., Faro, A., Giordano, D., Pino, C.	2016	Scopus

eHealth: past and future perspectives. [95]	van Rooij, T., Marsh, S.	2016	Scopus
From wearable sensors to smart implants-toward pervasive and personalized healthcare. [96]	Andreu-Pérez, J., Leff, D. R., Ip, H. M. D., Yang, G. Z.	2015	Scopus
Application of probabilistic and fuzzy cognitive approaches in semantic web framework for medical decision support. [97]	Papageorgiou, E. I., Huszka, C., De Roo, J., Douali, N., Jaulent, M. C., Colaert, D.	2013	PubMed
Decision support system based semantic web for personalized patient care. [98]	Douali, N., De Roo, J., Jaulent, M.-C.	2012	Scopus
Network based clinical decision support system. [99]	Jegelevicius, D., Krisciukaitis, A., Lukosevicius, A., Marozas, V., Paunksnis, A., Barzdziskas, V.	2009	IEEE
Eye tracking users of a visual diagnostic clinical decision support system to discover decision-making strategies and to inform user interface design. [100]	Haake, A. R., Pelz, J. B., Smagner, J., Colombo, D., Lindsay, L., Papier, A.	2008	PubMed
Assessment models for telemedicine services in national health systems. [101]	Masella, C., Zanaboni, P.	2008	Scopus
MobileEmerGIS: a wireless-enabled technology platform to support emergency response management. [102]	Wietfeld, C., Wolff, A., Bieker, U.	2007	IEEE

La tabla recoge un total de 10 publicaciones relacionadas con otros aspectos interesantes para el desarrollo de este trabajo, siendo en este caso aquellas que tratan temas como diferentes sistemas de ayuda a la decisión o metodologías para el desarrollo de los mismos.

Wipfli, R. et al. (2016) [93] comparan dos sistemas de prescripción electrónica asistida (PEA o CPOE sus siglas en inglés), es decir, un método para gestionar electrónicamente el tratamiento del paciente, comprendiendo la programación de tareas y la gestión de alertas. Comentan que se deben conocer las necesidades de los profesionales médicos, ya que un número mayor de alertas innecesarias perturban el flujo de trabajo del personal sanitario sin necesidad alguna.

En las últimas décadas, las personas mayores tienden a vivir en su casa de manera autónoma, por lo que en estos casos suele ser útil monitorizar sus signos vitales y el entorno del hogar para controlar la situación de la persona y avisar a familiares y servicios de emergencia en caso necesario. Costanzo, A. et al. (2016) [94] proponen un sistema de monitorización flexible y fiable basado en sistemas embebidos y dispositivos *wearables*. El software del sistema utiliza tanto el modelo ontológico del paciente así como los datos del contexto para elaborar un diagnóstico y proporcionar la primera ayuda.

van Rooij, T. et al. (2016) [95] exponen que el término eHealth engloba cualquier área que combine el cuidado de la salud con la tecnología para incrementar la eficiencia y reducir costes. El último objetivo es racionalizar la selección de los tratamientos para mejorar la seguridad de los pacientes y mejorar los resultados. La telemedicina ya es considerada la forma más antigua de eHealth ya que actualmente la banda ancha de Internet, así como las tecnologías inalámbricas, han permitido la explosión de aplicaciones de mHealth. Los dispositivos *wearables* son utilizados para el diagnóstico y monitorización de pacientes. Los retos residen en desarrollar CDSS polivalentes que puedan ser utilizados en varias aplicaciones llevando el flujo de datos desde los laboratorios clínicos al punto en el que proporcionar el cuidado de la salud.

Andreu-Pérez, J. et al. (2015) [96] comentan la evolución de la asistencia sanitaria generalizada desde el reconocimiento de la actividad utilizando sensores en dispositivos *wearables* hasta el futuro con la implantación de sensores y el procesamiento de datos. Los avances técnicos han facilitado la evolución de los sistemas del cuidado de la salud a través de la medicina preventiva, predictiva, personalizada y participativa. Las tecnologías de sensorización jugarán en el futuro un papel clave en la realización de sistemas sanitarios sostenibles.

Papageorgiou, E. I. et al. (2013) [97] se centran en su estudio en el razonamiento y en la representación del conocimiento médico utilizando los procesos de influencia difusos y probabilísticos, implementados en la semántica web para tareas de ayuda en la toma de decisiones. Se aplican las redes de confianza bayesiana y mapas cognitivos difusos como gráficas de influencia dinámica, para manejar las tareas de formalización del conocimiento médico para la ayuda en la decisión. Para poder argumentar estos modelos, un motor de razonamiento de propósito general, EYE, ha sido desarrollado en la semántica web. Las dos aproximaciones normales constituyen el sistema de ayuda a la decisión propuesto animando a reconocer las directrices apropiadas del problema médico y así poder proponer fácilmente una serie de acciones entendibles que guíen a los prácticos sanitarios.

La medicina personalizada se puede considerar como una extensión del enfoque tradicional pero tratando las enfermedades con mayor precisión. Douali, N. et al. (2012) [98] afirman un perfil de la variación genética del paciente puede guiar en la selección de fármacos y protocolos de tratamiento, para minimizar los efectos colaterales y asegurar mejores resultados. Se debe trabajar en sistemas CDSS que ayuden a los médicos a ofrecer al paciente un cuidado personalizado, así como que proporcionen al personal sanitario metodologías para la integración con los flujos de trabajo clínicos. Se necesitan métodos que interaccionen con conocimientos y datos heterogéneos. Los CDSS basados en semántica web para el cuidado personalizado del paciente consiguen mejorar la calidad, la seguridad y la eficiencia del servicio sanitario.

Un sistema de ayuda a la decisión médica consiste en una base de datos clínicos y aplicaciones basadas en web para métodos y algoritmos de análisis de señales e imágenes. Jegelevicius, D. et al. (2009) [99] proponen un sistema que cubra primeramente las especialidades de cardiología y oftalmología, presentando para esta última la implementación de los métodos de análisis de imagen de fondo de ojo. La combinación de la base de datos basada en red y el análisis de los parámetros obtenidos por los métodos implementados ofrece la posibilidad de un enfoque integral de un sistema de ayuda en la toma de decisiones clínicas.

Los sistemas de ayuda en la toma de decisiones clínicas ayudan a los médicos y a otros profesionales sanitarios en tareas como el diagnóstico diferencial. Los usuarios finales pueden utilizar diferentes estrategias de toma de decisiones dependiendo del entrenamiento médico. Haake, A. R. et al. (2008) [100] comentan que el estudio de los movimientos del ojo del usuario de estos sistemas revelan estrategias de procesamiento de información, siendo estos movimientos realizados por debajo del nivel de consciencia. El seguimiento del ojo de estudiantes de medicina y de médicos residentes mientras usan los sistemas CDSS en las tareas de diagnóstico, muestran la adopción de distintas estrategias e informan sobre recomendaciones para el diseño efectivo de interfaces de usuario de sistemas de ayuda a la decisión médica.

Masella, C. et al. (2008) [101] comentan que es necesario que las personas encargadas de tomar decisiones en todos los sistemas nacionales de salud evalúen correctamente los servicios de telemedicina con el objetivo de tomar decisiones responsables en la adopción de estos sistemas en la rutina de la práctica clínica. En este artículo los autores presentan un marco de trabajo completo que enlaza las dimensiones de evaluación de estos sistemas a las fases de los procesos de evaluación. Además este marco de trabajo ha de estar soportado por un buen análisis empírico y por un enfoque metodológico sistemático para apoyar la toma de decisiones.

Wietfeld, C. et al. (2007) [102] presentan el sistema MobileEmerGIS, el cual permite reunir y distribuir información multimedia hacia y desde nodos móviles. Además, los cuerpos de seguridad y los testigos de la emergencia pueden transmitir datos recogidos con sus teléfonos móviles, como imágenes o ubicaciones, de manera inmediata a los centros de toma de decisiones o a otros cuerpos de seguridad. Con el objetivo de no saturar a los servicios de emergencia con demasiada información, este sistema ofrece la información a los dispositivos móviles de manera focalizada, aplicando, por ejemplo, filtros de geolocalización.

3.3.5. Otros: Publicaciones sobre *data mining*, *Cloud*, *EHR* y *Big Data*.

En la Tabla 3. 5 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con otros temas relevantes, concretamente aquellas relacionadas con tecnologías TIC como *data mining*, computación en la nube, historial clínico electrónico (HCE o EHR sus siglas en inglés) o Big Data, ordenadas de la más reciente a la más antigua.

Tabla 3. 5. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas – *data mining, cloud, EHR y Big Data.*

Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
Smart Eye data: development of a foundation for medical research using smart data applications. [103]	Kortüm, K., Müller, M., Hirneiß, C., Babenko, A., Nasseh, D., Kern, C., Kreutzer, T. C.	2016	PubMed
Social big data: recent achievements and new challenges. [104]	Bello-Orgaz, G., Jung, J. J., Camacho, D.	2016	Scopus
The good, the bad and the early adopters: providers' attitudes about a common, commercial EHR. [105]	Makam, A. N., Lanham, H. J., Batchelor, K., Moran, B., Howell-Stampley, T., Kirk, L., Halm, E. A.	2014	PubMed
Knowledge based systems for ubiquitous e-healthcare. [106]	Ahmed, S.	2014	IEEE
Future prospects of health management systems using cellular phones. [107]	Kim, H. S., Hwang, Y., Lee, J. H., Oh, H. Y., Kim, Y.J., Kwon, H. Y., Kim, J. H.	2014	Scopus
Social media and internet-based data in global systems for public health surveillance: a systematic review. [108]	Velasco, E., Aghenza, T., Denecke, K., Kirchner, G., Eckmanns, T., Agheneza, T.	2014	Scopus
Critical success factors for adoption of electronic health record systems: literature review and prescriptive analysis. [109]	Ben-Zion, R., Pliskin, N., Fink, L.	2014	WOS
Cloud computing and its decision-making for medical and health informatization in the context of big data. [110]	Zeng, L., Meng, C., Li, Z., Huang, X., Liang, Z.	2014	Scopus
A pilot study of distributed knowledge management and clinical decision support in the cloud. [111]	Dixon, B. E., Simonaitis, L., Goldberg, H. S., Paterno, M. D., Schaeffer, M., Hongsermeier, T., Middleton, B.	2013	PubMed
Age-related macular degeneration screening using data mining approaches. [112]	Hijazi, M. H. A., Coenen, F., Zheng, Y.	2012	IEEE
Methodology of adaptation of data mining methods for medical decision support: case study. [113]	Speckauskiene, V., Lukosevicius, A.	2009	Scopus
Incorporation of clinical practice guidelines for glaucoma into an ophthalmology electronic medical record. [114]	Silverstone, D. E., Paek, H. M., Kogan, Y., Essaihi, A., Shiffman, R. N.	2005	Scopus

La tabla recoge un total de 12 publicaciones relacionadas con otros aspectos interesantes para el desarrollo de este trabajo, siendo en este caso aquellas que tratan temas relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a los sistemas médicos.

Smart Data significa el almacenamiento inteligente de grandes cantidades de conjuntos de datos. En la especialidad de oftalmología la cantidad de datos creados cada vez es mayor. Se espera un incremento en el conocimiento médico y en las terapias personalizadas combinadas con historiales clínico electrónicos y la medición de datos. Kortüm, K. et al. (2016) [103] proponen utilizar un almacén de datos (DW – Data Warehouse) para almacenar datos sobre oftalmología, suponiendo la base para los sistemas de ayuda a la decisión médica.

Bello-Organ, G. et al. (2016) [104] comentan que el Big data se ha convertido en una pieza clave para investigaciones como la minería de datos, el aprendizaje automático, la inteligencia computacional, la semántica web y las redes sociales. El crecimiento de diferentes plataformas de Big Data ha permitido un uso más eficiente de métodos de minería de datos y de algoritmos de aprendizaje automático en diferentes ámbitos, y ha generado nuevos retos interesantes en otras áreas como social-media o redes sociales. Estos retos se centran en el procesamiento de los datos, el almacenamiento de grandes cantidades de datos, representación de datos y cómo estos datos pueden ser utilizados como patrón en la minería de datos, analizando comportamientos de los usuarios.

Makam, A. N. et al. (2014) [105] en su estudio han encuestado a profesionales de atención primaria en 11 especialidades afiliadas a los 3 sistemas sanitarios en Texas. La mayoría de las especialidades tienen más de 5 años de experiencia con EHR. Gran parte de los encuestados piensa que el EHR tiene un impacto positivo en las tareas diarias, como dispensación de recetas, mientras que unos pocos afirman que tiene un impacto positivo en tareas complejas como dispensar directrices concordantes para el cuidado para enfermedades crónicas. Dos tercios piensan que interfieren con el contacto personal en la consulta con el paciente y un 40% comentan que interfiere con la comunicación en la visita. Los que han adoptado más tempranamente el EHR comentan los grandes efectos positivos de la tecnología. Como conclusión extraen que los profesionales de la atención primaria que tienen experiencia en el uso de EHR comerciales comunes observan gran cantidad de efectos positivos y destacan dos áreas clave para la mejora, que son la centralización en el paciente y el apoyo inteligente en la toma de decisiones. Los profesionales sanitarios más propensos a adaptarse a las nuevas tecnologías tienen percepciones más favorables del EHR.

Hoy en día el objetivo de los desarrolladores de TIC es proporcionar soluciones ubicuas en Internet a través de servicios en la nube. Ahmed, S. (2014) [106] expone que los sistemas basados en conocimiento disponibles en Internet tienen en cuenta la importancia de la minería de datos y la presentación de los servicios para los sistemas de ayuda a la decisión. Las soluciones de eHealth basadas en estos sistemas son deseadas por los profesionales médicos y por los pacientes. La clave de la amplia aceptación de estos desarrollos es la creciente confianza que los usuarios finales depositan en estos sistemas.

Kim, H. S. et al. (2014) [107] explican que los teléfonos móviles facilitan la comunicación entre los profesionales sanitarios y los pacientes para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, pero lo importante es el desarrollo de la informática médica basada en teléfonos móviles efectiva y fácil de utilizar para el cuidado de la salud. Estos sistemas son prácticos y proporcionan beneficios médicos, pero deben ser usados en concordancia con las diferentes características de cada enfermedad. Se espera que estos sistemas sean especialmente útiles en pacientes con enfermedades crónicas.

Velasco, E. et al. (2014) [108] afirman que el intercambio de información en Internet ha supuesto una oportunidad de mejorar la vigilancia y cuidado de la salud pública. Se genera información que conduce a un reconocimiento más rápido en casos de enfermedades infecciosas. Además los epidemiólogos pueden detectar potenciales amenazas a la salud pública. Los retos de estos sistemas son disponer de los recursos necesarios, los requisitos técnicos y la aceptabilidad por parte de los profesionales de la salud pública.

La adopción de EHR en los sistemas sanitarios ha sido lento. Ben-Zion, R. et al. (2014) [109] aseguran que hay factores críticos que marcan la aceptación de estos sistemas. A los profesionales médicos se les ofrece orientación con respecto a la gestión de las implementaciones de historiales médicos electrónicos para que la inclusión del sistema tenga el éxito esperado, mientras que a los investigadores se les ofrece una base para nuevas investigaciones sobre la implementación de EHR y su adopción.

Hay tres modelos de computación en la nube, como es el software como servicio (SaaS), plataforma como servicio (PaaS) e infraestructura como servicio (IaaS). Según Zeng, L. et al. (2014) [110], la computación en la nube ha proporcionado ideas innovadoras y constructivas para la informatización médica y de la salud, pero aun así, esta tecnología presenta retos a los enfoques tradicionales de diseño de aplicaciones y de gestión de instituciones sanitarias u otros centros de datos, especialmente en materia de seguridad, interoperabilidad, portabilidad, etc. Hay que tener en cuenta los aspectos más importantes de la computación en la nube en el desarrollo de la informatización médica para crear decisores médicos prácticos en el contexto del Big Data.

En su estudio, Dixon, B. E. et al. (2013) [111] desarrollaron y probaron la conectividad a un servicio de ayuda a la decisión externo, evaluando el intercambio de datos y conocimientos desde el servicio externo de ayuda a la decisión, y aprendiendo lecciones para guiar la expansión a lugares más prácticos y a más usuarios. El sistema de ayuda a la toma de decisiones basado en la nube, asíncrono y remoto, tiene un funcionamiento razonablemente bueno a pesar de los problemas debidos a las diferentes políticas de gobierno, y la interoperabilidad semántica, o la facilidad de uso siguen siendo retos clave para la fructífera adopción y uso del sistema basado en la nube que requieren colaboración entre la informática biomédica y la ciencia de la computación. La toma de

decisiones basada en la nube es factible y puede ser un camino razonable a través del cual conseguir mejor soporte clínico de toma de decisiones clínicas a través del rango más amplio de profesionales del cuidado de la salud.

Hijazi, M. H. A. et al. (2012) [112] proponen un enfoque de clasificación de imágenes de retina según si presentan degeneración macular asociada a la edad (ADM). La novedad es que no presenta segmentación, de manera que se utilizan codificaciones de imágenes completas utilizando técnicas de minería de datos, consiguiendo buenos resultados de sensibilidad y precisión.

La medicina es uno de los campos donde más se utilizan técnicas de minería de datos, y Speckauskiene, V. et al. (2009) [113] en su artículo analizan la aplicación de estas técnicas en el cuidado del ojo, de manera que han ajustado los algoritmos de minería de datos a los algoritmos de ayuda a la toma de decisiones, alcanzando una elevada sensibilidad y plena especificación.

Silverstone, D. E. et al. (2005) [114] comentan que las directrices en la práctica clínica son las que representan de mejor manera la gestión de condiciones médicas agudas y crónicas, pero la implementación de estas directrices termina siendo difícil y problemática. Es por ello que los registros médicos electrónicos (EHR) suponen una oportunidad para incorporar directrices de recomendación sin perturbar el flujo de trabajo médico, y aquí proponen la incorporación de directrices en la gestión del glaucoma en un registro médico electrónico en oftalmología.

3.3.6. Otros: Publicaciones sobre otros temas.

En la Tabla 3. 6 se muestran las publicaciones obtenidas tras la búsqueda que están relacionadas con otros temas relevantes, pero que no se ha visto procedente incluirlos en las clasificaciones anteriores.

Tabla 3. 6. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas. Fuente: propia.

Título	Autores	Año de publicación	Revista/Base de datos
A systematic review of best practices in teaching ophthalmology to medical students. [115]	Succar, T., Grigg, J., Beaver, H. A., Lee, A. G.	2016	ScienceDirect
Decision support systems and applications in ophthalmology: literature and commercial review focused on mobile apps. [12]	de la Torre-Díez, I., Martínez-Pérez, B., López-Coronado, M., Rodríguez-Díaz, J., Maldonado-López, M.	2014	PubMed
Nanotechnology in ophthalmology. [116]	Zarbin, M. A., Montemagno, C., Leary, J. F., Ritch, R.	2010	ScienceDirect
Representation of ophthalmology concepts by electronic systems: intercoder agreement among physicians using controlled terminologies. [117]	Hwang, J. C., Yu, A. C., Casper, D. S., Starren, J., Cimino, J. J., Chiang, M. F.	2006	PubMed

Standardized exchange of clinical documents: towards a shared care paradigm in glaucoma treatment. [118]	Gerdson, F., Müller, S., Jablonski, S., Probsch, H. U.	2006	Scopus
--	--	------	--------

La tabla recoge un total de 5 publicaciones relacionadas con otros aspectos interesantes para el desarrollo de este trabajo, que no se ha considerado adecuado clasificar en los subgrupos anteriores.

Succar, T. et al. (2016) [115] comentan que los especialistas que instruyen en la especialidad de oftalmología, aparte de basarse en la literatura existente, han adoptado los avances pedagógicos que se han producido en la educación de la especialidad de oftalmología. Investigaciones futuras han de centrarse en innovaciones de aprendizaje que pueden resultar más efectivas en cuanto a tiempo y recursos. El objetivo es incrementar los conocimientos de los estudiantes y producir graduados que estén altamente entrenados en las habilidades de examinación, lo cual resulte en una mejora del cuidado del paciente con un diagnóstico más rápido y efectivo.

de la Torre-Díez, I., et al. (2014) [12] presentan en su estudio una revisión literaria y comercial sobre los sistemas DSS en el ámbito sanitario, concretamente en la especialidad de oftalmología. Tras su análisis afirman que la especialidad de oftalmología cuenta con pocos DSS comparado con otras especialidades médicas, y esta carencia es más notable si la búsqueda se limita a los sistemas de ayuda a la decisión para enfermedades del polo anterior.

Zarbin, M. A. et al. (2010) [116] comentan que el objetivo de la nanomedicina es la monitorización exhaustiva, el control, la construcción, reparación, defensa y mejora de los sistemas biológicos humanos a un nivel molecular. Hay algunas aplicaciones de la nanotecnología en la oftalmología como el tratamiento del estrés oxidativo, medidas de la presión intraocular, teragnóstico (combinación de terapia y diagnóstico), uso de nanopartículas para tratar nuevos vasos coroidales, prevenir cicatrices después de la cirugía del glaucoma, tratar enfermedades degenerativas de la retina con terapia genética, o nanomedicina regenerativa. La nanotecnología revoluciona la forma de afrontar los retos terapéuticos pero existen obstáculos a la incorporación de la nanotecnología, como que las técnicas de fabricación de los nanocomponentes han de ser seguras o las consecuencias biológicas de los nanomateriales utilizados.

Hwang, J. C. et al. (2006) [117] han evaluado la compatibilidad entre tres codificadores médicos para conceptos oftalmológicos utilizando 5 terminologías controladas: Clasificación Internacional de Enfermedades, *Clinical Modification* [ICD9CM], *Current Procedural Terminology*, *Logical Observation Identifiers, Names and Codes* [LOINC], y *Medical Entities Dictionary*. El nivel de compatibilidad entre los codificadores para los conceptos oftalmológicos es imperfecto, y además exponen que la reproducibilidad es esencial para representación de datos médicos consistente y precisa.

Gerdson, F. et al. (2006) [118] afirman que para establecer una plataforma integral de cuidado de la salud es esencial el intercambio de datos médicos desde investigaciones y rutinas médicas a través de las fronteras institucionales. El objetivo es estandarizar el intercambio de datos médicos entre diferentes instituciones sanitarias y sistemas de información integrados e interoperables para la ayuda en la decisión del tratamiento y de la investigación del glaucoma. Los especialistas se pueden beneficiar de la transferencia automática de hallazgos en el cribado de imágenes a los registros médicos electrónicos de la clínica oftalmológica.

3.4. Apps comerciales

A continuación se muestran los resultados obtenidos tras la revisión comercial en las tiendas virtuales de los dos sistemas operativos móviles del mercado. Se muestran según el orden de los resultados obtenidos, habiendo seguido la serie de combinación de palabras comentada en los primeros apartados de esta sección.

MediDSS [119]

Se trata de una aplicación en lengua inglesa que contiene un sistema de ayuda a la decisión médica basado en computación en la nube para el sistema operativo Android. Es de descarga gratuita pero que requiere suscripción después de un periodo de prueba de 30 días. Se basa en el motor de inferencia Duodecim EBMeDS, una herramienta de la inteligencia artificial. El proceso utilizado por Duodecim EBMeDS ha sido acreditado por el Instituto Nacional para la Salud y la Excelencia Clínica (NICE – National Institute for Health and Clinical Excellence).

La aplicación MediDSS incluye varios apartados:

- “Rule assistant”: un conjunto de reglas para la ayuda en la decisión médica basado en evidencias, donde se muestran mensajes de tipo recordatorio, de aviso o alertas.
- “Drug assistant”: módulo para ayudar a los profesionales médicos en la elección de los fármacos para el tratamiento.
- “Guideline assistant”: contiene un conjunto personalizado de enlaces basados en los registros del diagnóstico del paciente.
- “Form assistant”: módulo que ayuda al personal sanitario incluir los datos del paciente para que puedan ser adaptados a diferentes formularios.

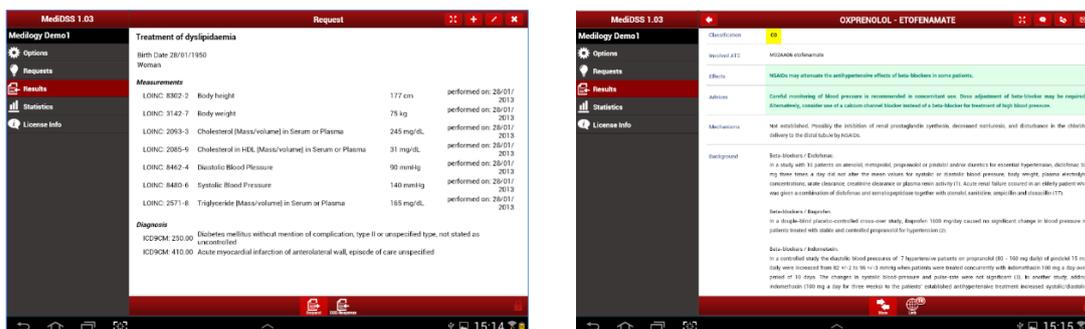


Imagen 3. 2. Pantallas de la aplicación MediDSS. Fuente: Google Play.

Ophthalmology Pocket [120]

Es una aplicación en lengua inglesa disponible tanto para Android como para iOS, con la diferencia de que para el sistema operativo iOS se debe pagar la cantidad de 5.99€. Se trata de una guía rápida de referencia que contiene información valiosa relacionada con las principales condiciones médicas detectadas en el campo de la oftalmología. Los aspectos más destacados son la anatomía del ojo, los errores de refracción y su manejo, el diagnóstico y el manejo temporal de arteritis, endofalmitis, oclusión central de venas o arterias, o desprendimiento de retina, síntomas y diagnóstico del glaucoma, degeneración macular, queratoconjuntivitis y uveítis, clasificación de retinopatía diabética y de edema macular diabético, algoritmos en el manejo de bloqueo de la pupila agudo y glaucoma de ángulo abierto, así como imágenes para examinar el daltonismo o la precisión visual.

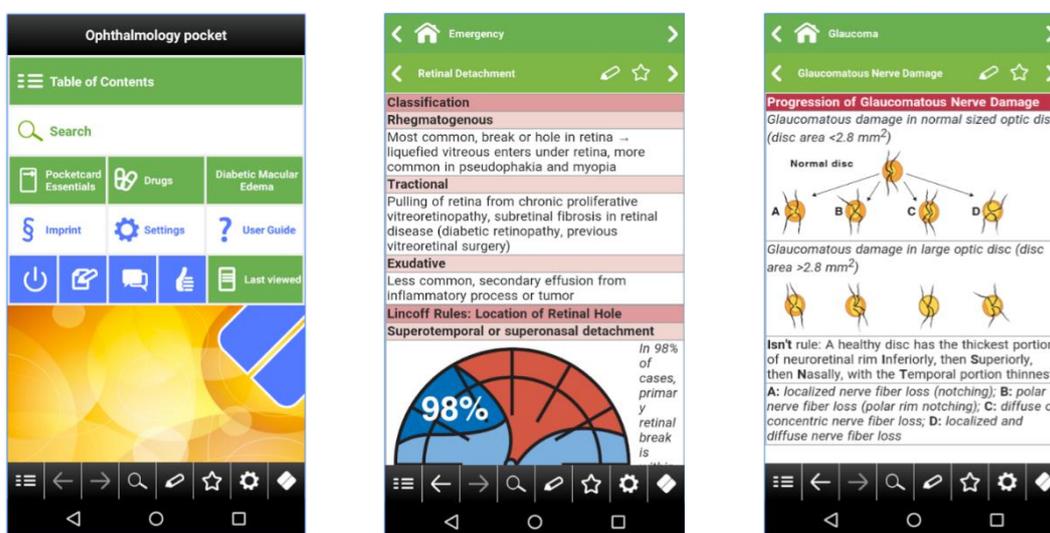


Imagen 3. 3. Pantallas de la aplicación “Ophthalmology pocket”. Fuente: *Google Play*.

The Eyes Have It [121]

Es una aplicación en lengua inglesa disponible tanto para el sistema operativo Android como para iOS, con un precio de 5.55€ en *Google Play* y 4.99€ en *AppStore*. Se trata de una aplicación desarrollada por la universidad de Michigan diseñada para ayudar en el estudio a estudiantes de medicina o de optometría, y para ayudar a los médicos, optometristas, oftalmólogos, auxiliares sanitarios y demás personal sanitario en el diagnóstico y en el manejo de problemas en el cuidado del ojo.

Lo más destacado de la aplicación son los apartados de aprendizaje sobre las condiciones del ojo, imágenes complementarias con animaciones y vídeos, diagnóstico diferencial, conocer las estructuras del ojo a través de imágenes oftalmoscópicas, o examinar los propios conocimientos del usuario a través de un test.

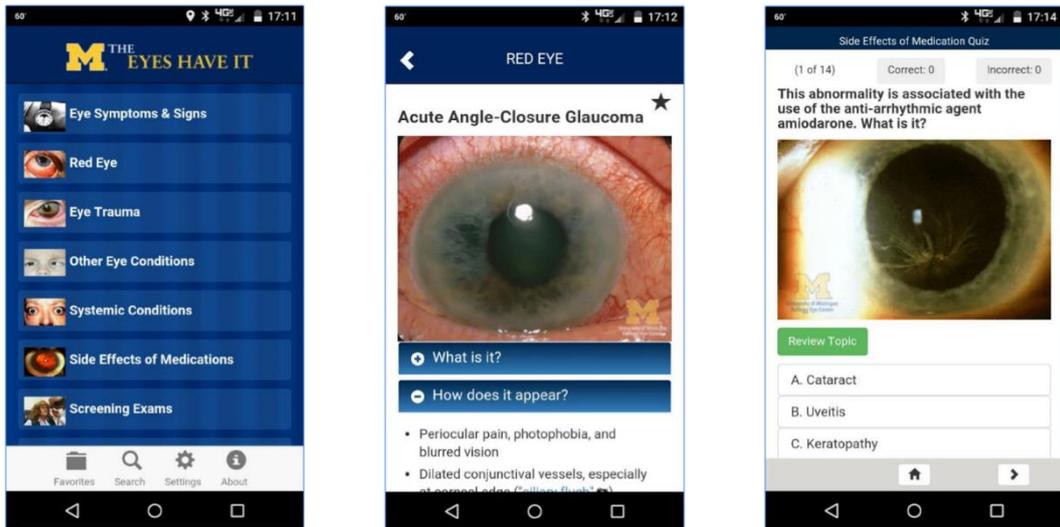


Imagen 3. 4. Pantallas de la aplicación “The Eyes Have It”. Fuente: *Google Play*.

D-EYE [122]

Se trata de una aplicación que requiere de un dispositivo adicional que se acopla al *Smartphone* para tomar imágenes de alta resolución y vídeo del interior del ojo para evaluación oftálmica y clínica. El sistema innovador de lentes para observar el fondo de ojo permite cribados del ojo proporcionando información específica sobre enfermedades oculares. El sistema D-EYE permite compartir las imágenes y los datos relacionados a través del servicio en la nube D-EYE ImageVault para el diagnóstico. La aplicación es gratuita y está disponible tanto para Android como para iOS, pero el dispositivo con la lente tiene un precio de aproximadamente 400€ [123].

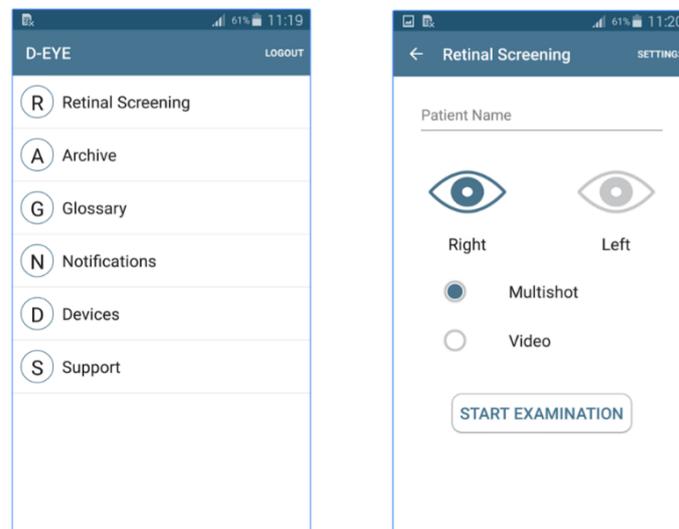


Imagen 3. 5. Pantallas de la aplicación “D-EYE”. Fuente: *Google Play*.

Eye Touch [124]

Se trata de una aplicación móvil únicamente para el sistema operativo Android, gratuita y en lengua inglesa. Pretende ser una herramienta de ayuda para las tareas clínicas diarias de los profesionales del cuidado del ojo. Proporciona información clínica de alta calidad como referencia, y está

enfocada hacia estudiantes de medicina, graduados, médicos residentes, asistentes sanitarios, optometristas y oftalmólogos.

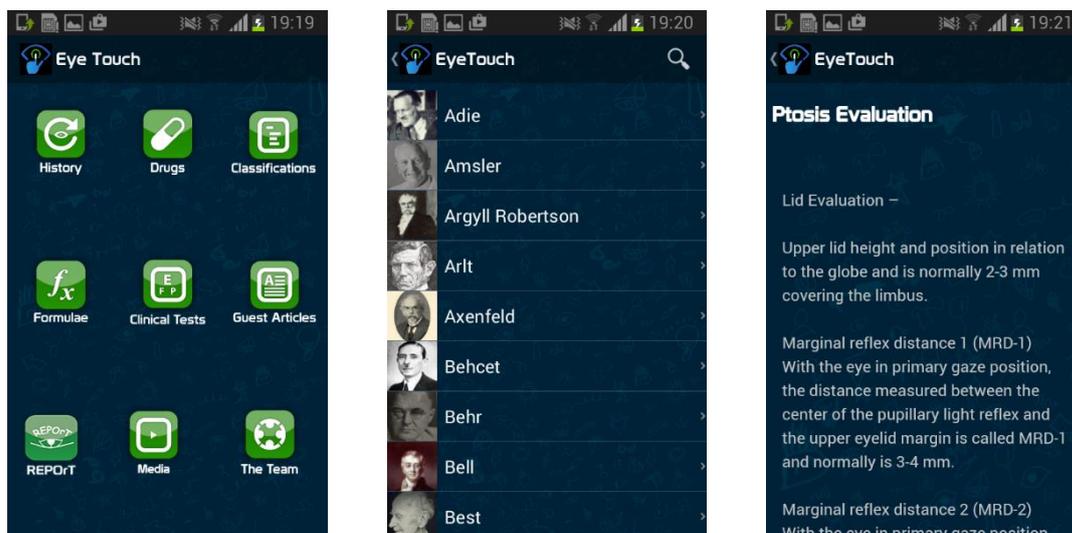


Imagen 3. 6. Pantallas de la aplicación “EyeTouch”. Fuente: propia.

Diagnóstico ocular [125]

Se trata de una aplicación disponible para el sistema operativo Android que tiene como objetivo llevar a cabo un registro organizado de imágenes de los ojos para poder realizar un diagnóstico. La descarga es gratuita pero únicamente es una versión de prueba de uso libre durante dos semanas. Tras ese periodo, para seguir utilizando la aplicación hay que comprar el paquete Premium. La aplicación permite tomar fotografías de los ojos derecho e izquierdo del paciente y ordenarlas para poder visualizarlas por nombre, fecha y ver las imágenes de ambos ojos al mismo tiempo para poder realizar comparaciones. Se ha procedido a la descarga de esta aplicación para la realización de pruebas, pero los resultados no han sido satisfactorios y no ha sido posible probar las funcionalidades que ofrece.

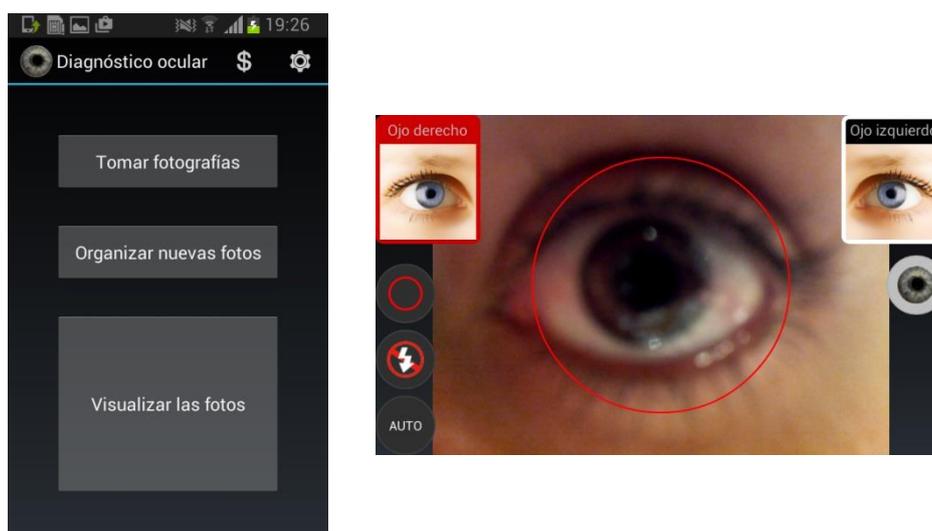


Imagen 3. 7. Pantallas de la aplicación “Diagnóstico ocular”. Fuente: propia.

Ocular Diagnosis [126]

Se trata de una aplicación móvil gratuita disponible para el sistema operativo iOS. Es una aplicación con función educativa acerca del ojo y que prueba y mejora los conocimientos de los oftalmólogos, médicos de familia, sanitarios de los servicios de emergencia y estudiantes de medicina. Comprende un total de 11 categorías y dentro de cada una se presenta un conjunto de imágenes entre las cuales el usuario puede elegir y se mostrará entonces la información de diagnóstico y comentarios clínicos. Además se incentiva que los usuarios puedan subir fotos con la información de diagnóstico y comentarios clínicos.

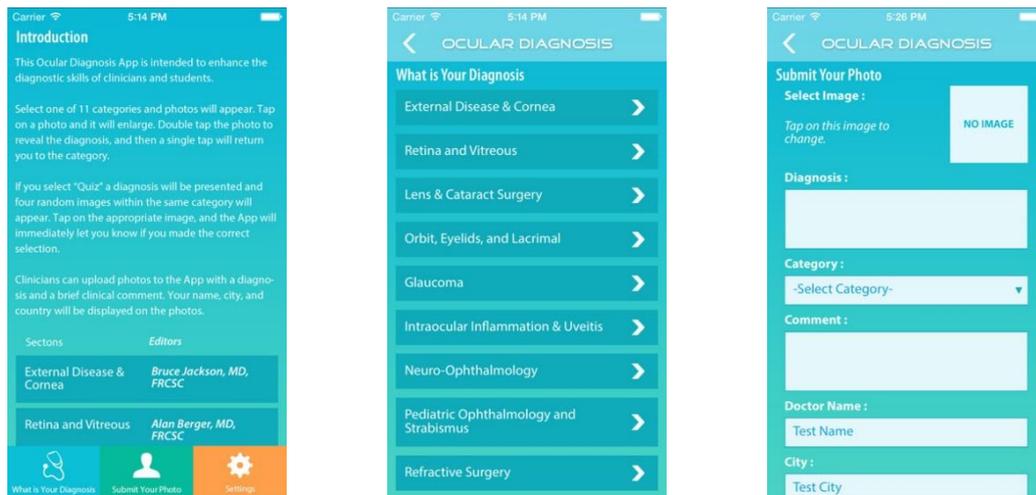


Imagen 3. 8. Pantallas de la aplicación “Ocular Diagnosis”. Fuente: *AppStore*.

Clinical Ophthalmology: A Synopsis [127]

Se trata de una aplicación disponible para iOS a un precio de 84.99€, relacionada con el manual físico de referencia de oftalmología que lleva por título el mismo nombre y cuyo autor es Jack J. Kanski. Se accede fácilmente a cada enfermedad, mostrándose la información principal. Está indicada para estudiantes que están preparando sus exámenes o para profesionales médicos que desean refrescar sus conocimientos, teniendo una referencia rápida a un diagnóstico particular o a un problema terapéutico. La aplicación cuenta con más de mil imágenes, ofreciendo de cada enfermedad los puntos clave, el diagnóstico y el posible tratamiento.

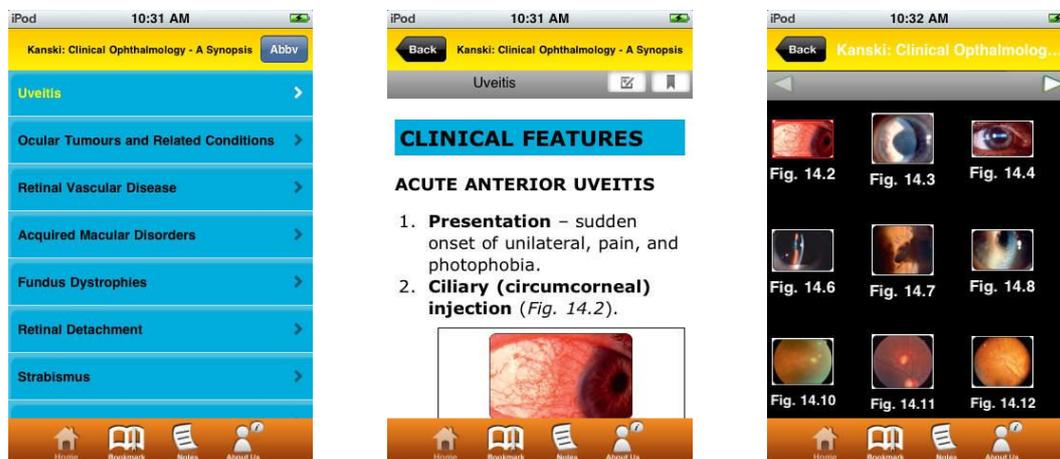


Imagen 3. 9. Pantallas de la aplicación “Clinical Ophthalmology: A Synopsis”. Fuente: *AppStore*.

Uveítis Doctor [128]

Es una aplicación disponible para el sistema operativo iOS a un precio de 2.99€. Se trata de una herramienta para uso de los profesionales médicos con objeto de ser utilizada para ayudar en el diagnóstico de pacientes con uveítis. Contiene un algoritmo clínico que intenta ofrecer el mejor diagnóstico posible de uveítis, sin necesidad de pruebas analíticas ni radiológicas. También ofrece información sobre cada una de las patologías como descripción clínica, pruebas diagnósticas y tratamiento, contando además con más de 250 imágenes.

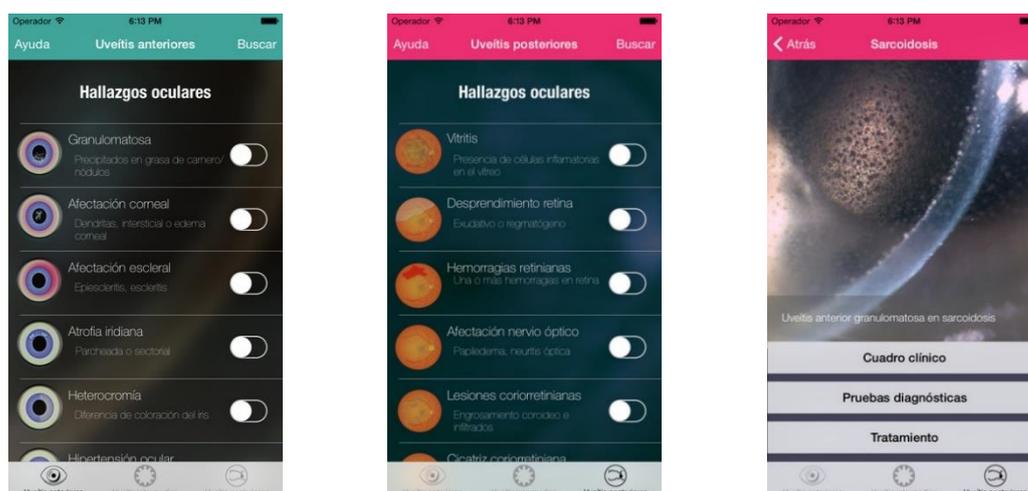


Imagen 3. 10. Pantallas de la aplicación “Uveítis Doctor”. Fuente: *AppStore*.

Peds Oph [129]

Es una aplicación disponible tanto para el sistema operativo Android como para iOS a un precio de 1.48€ y 1.99€ respectivamente. Se trata de una aplicación destinada principalmente a pediatras, médicos de familia o auxiliares sanitarios de pediatría. Tiene por objetivo ayudar a estos especialistas médicos en el campo de la oftalmología en el ámbito pediátrico a través de varios apartados con información clínica, imágenes y vídeos, poniendo especial importancia en aquello que los médicos no deberían pasar por alto así como recomendaciones farmacológicas. El fin principal es que pediatras o médicos de familia actualicen sus conocimientos sobre oftalmología y puedan dar el diagnóstico de la mejor manera posible.

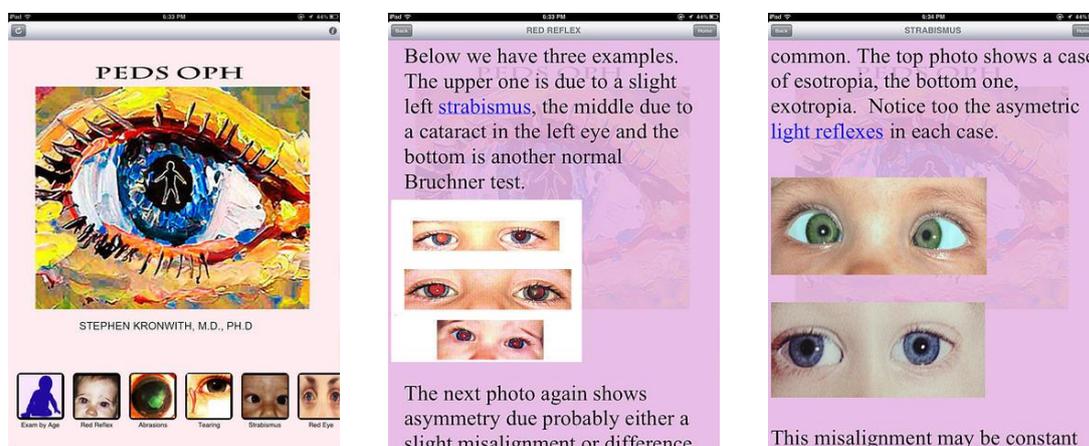


Imagen 3. 11. Pantallas de la aplicación “Peds Oph”. Fuente: *AppStore*.

Pain Eye [130]

Se trata de una aplicación para el sistema operativo iOS disponible a un precio de 0.99€. El objetivo de esta aplicación es servir como herramienta para enfermedades oculares en las que el paciente presenta dolor. Se captura la imagen de la pupila del paciente con la cámara del Smartphone y un simple algoritmo basado en la respuesta a la luz de la pupila proporciona un diagnóstico preliminar. Los desarrolladores informan de que es una aplicación útil para sanitarios de los servicios de emergencias, médicos en formación o personas con problemas en los ojos que quieran descartar de manera precisa afecciones como el glaucoma.

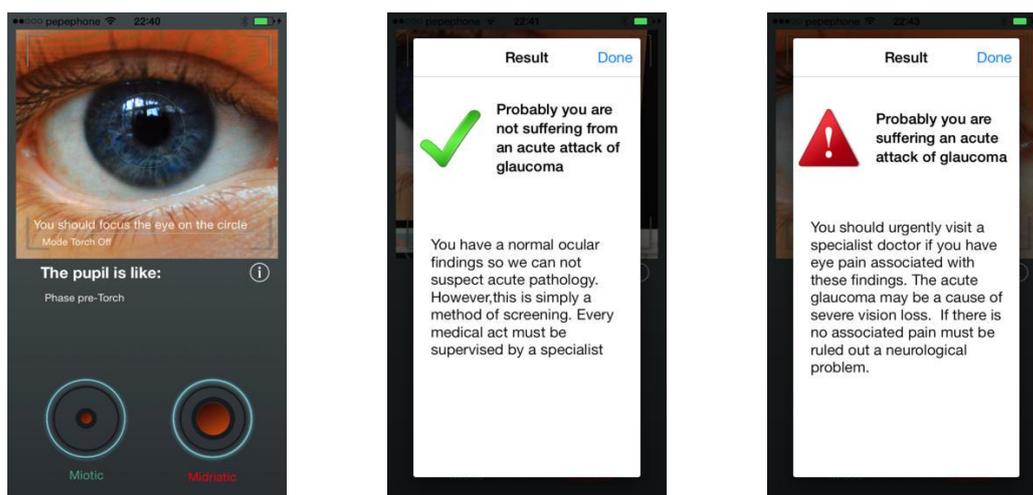


Imagen 3. 12. Pantallas de la aplicación “Pain Eye”. Fuente: *AppStore*.

Vasculitis Retiniana [131]

Es una aplicación gratuita disponible para el sistema operativo iOS que pretende ayudar en el diagnóstico de la vasculitis retiniana, una enfermedad ocular que puede producir pérdida de visión. La aplicación ofrece una lista con los posibles signos oftalmológicos, y para cada uno de ellos se muestran las posibles etiologías así como las posibles pruebas diagnósticas que se deberían realizar. Se ha descargado esta aplicación y se ha comprobado que se trata de una aplicación muy simple, tan solo con función informativa y no se adapta adecuadamente a la pantalla de todos los dispositivos.

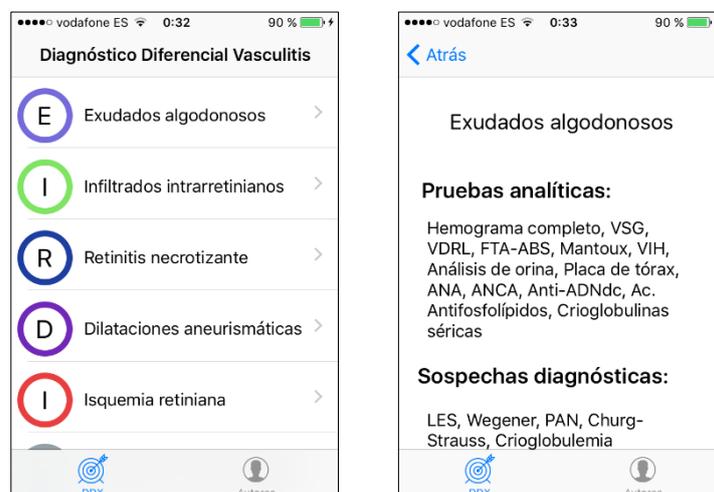


Imagen 3. 13. Pantallas de la aplicación “Vasculitis Retiniana”. Fuente: *propia*.

Central Florida Retina [132]

Se trata de una aplicación gratuita disponible para el sistema operativo iOS relacionado con el “Central Florida Retina”. El “Central Florida Retina” y el “Macular Degeneration Center” son centros especializados en diagnóstico y tratamiento de enfermedades de la retina y del vítreo. Esta aplicación promueve el cuidado de la retina así como ofrece información educativa a pacientes y al personal relacionado con el cuidado de los ojos. Esta aplicación ofrece información sobre varias enfermedades de la retina, incluidas la degeneración macular, el desprendimiento de retina o la retinopatía diabética. Además también dispone de cuestionarios o ejemplos visuales de condiciones médicas.

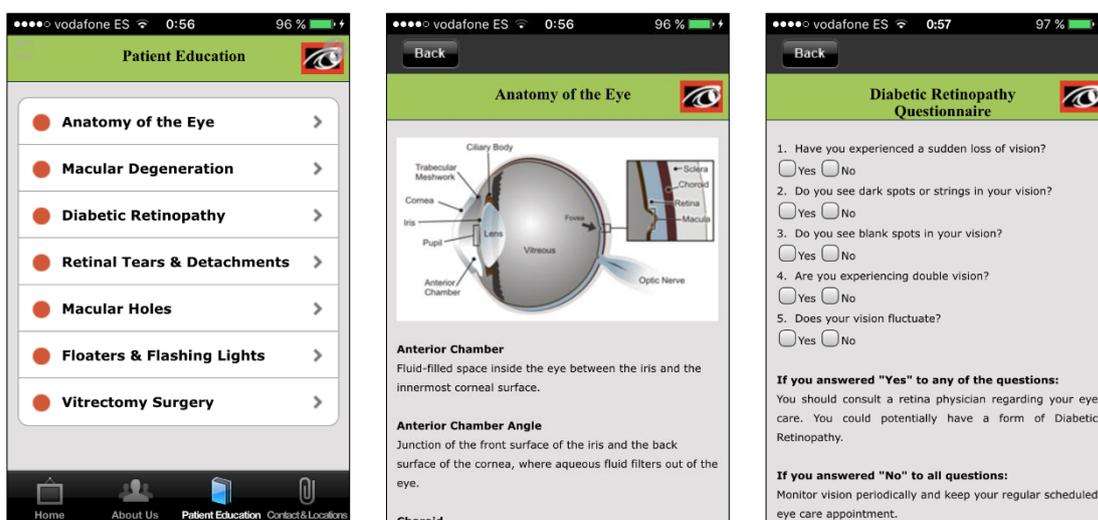


Imagen 3. 14. Pantallas de la aplicación “Central Florida Retina”. Fuente: propia.

3.5. Conclusiones

Tras haber concluido la revisión del estado del arte se ha comprobado que cada vez existen más publicaciones relacionadas con sistemas de ayuda a la decisión médica relacionadas con la oftalmología, y lo que es aún más notable, hay más aplicaciones móviles relacionadas con la oftalmología, tomando como referencia la revisión literaria y comercial realizada por de la Torre, I. et al. (2014) [12] y el anterior Trabajo Fin de Grado realizado [13].

En cuanto a la literatura, siguen predominando las publicaciones que exponen sistemas de ayuda a la decisión en enfermedades relacionadas con el segmento posterior del ojo, frente a sistemas de diagnóstico ligados a enfermedades del segmento anterior. Esto puede deberse a que algunas las condiciones oculares del segmento posterior pueden producir pérdida de visión, como la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad. Claramente hay mayor preocupación hacia estas enfermedades y es lo que ha motivado el desarrollo de sistemas de ayuda al diagnóstico en ese ámbito, ya que la detección precoz es fundamental.

La revisión literaria abarca un periodo amplio de más de 10 años, desde el año 2005 hasta el actual año 2016, y tras el análisis se observa que a medida que avanzan los años, la tecnología utilizada es

más potente, teniéndose un dominio de ciertos aspectos tecnológicos, que conduce a sistemas de diagnóstico más potentes. Además, sólo en los dos últimos años se observa una tendencia al desarrollo de sistemas de diagnóstico basado en dispositivos móviles, los cuales facilitan la llegada del servicio de oftalmología a zonas con pocos recursos. Y también se aprecia que en los últimos años, el número de publicaciones relacionadas con la computación en la nube y Big Data aplicados al diagnóstico de enfermedades va aumentando, frente a publicaciones menos recientes que se basan únicamente en el análisis de imágenes para el diagnóstico. Es notable la evolución hacia sistemas de ayuda al diagnóstico colaborativos, utilizando el potencial de las herramientas TIC actuales, y teniendo en cuenta la facilidad de uso de estos sistemas para que tengan la acogida que los desarrolladores e investigadores esperan. Además se está tratando de desarrollar sistemas compatibles con la variedad de tecnologías ya existentes, para así mejorar la versatilidad y adaptación de los mismos.

En cuanto a la revisión de aplicaciones móviles comerciales, se ha notado un aumento de estas herramientas, relacionadas con la ayuda al diagnóstico, centradas en el campo de la oftalmología. Tras realizar la búsqueda en las tiendas virtuales de los principales sistemas operativos, cabe destacar que una gran cantidad de aplicaciones han sido descartadas por pertenecer a la categoría de ocio y entretenimiento al contener pequeños juegos de carácter infantil relacionados con la oftalmología, y otras muchas aplicaciones que están relacionadas con test visuales o exámenes optométricos han sido obviadas puesto que, a pesar de estar relacionadas con el ámbito ocular, su objetivo no es el mismo que el que se trata en este trabajo. También existe un número considerable de aplicaciones relacionadas con clínicas oftalmológicas o con congresos de oftalmología, lo cual se traduce en que médicos, oftalmólogos y pacientes están cada vez más acostumbrados al uso de aplicaciones móviles en su día a día, incluso en aspectos relacionados con el cuidado de su salud. De las aplicaciones consideradas para la revisión del estado del arte, destacar que se ha obtenido una aplicación que cuenta con un sistema de ayuda al diagnóstico con certificación para la medicina general. Muchas de las aplicaciones obtenidas están disponibles tanto para el sistema operativo Android como para iOS, abarcando el mayor número de usuarios posible. La mayoría de las aplicaciones aquí presentadas disponen de un CDSS, los cuales abarcan más o menos patologías. Existen aplicaciones que abarcan las principales patologías oftalmológicas que necesitan un diagnóstico temprano para no sufrir complicaciones, y otras se centran en una única patología. Todas estas aplicaciones, además de contar con el CDSS, cuentan con información e imágenes de cada una de las enfermedades, teniendo un fin educativo a la vez que ayudan en el diagnóstico.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1. Apple e iOS

Desde que existe Internet, el principal dispositivo de acceso a la red de redes siempre ha sido el ordenador, hasta el año 2014. Según muestra el último informe “La Sociedad de la Información en España 2015” elaborado por la Fundación Telefónica [11], la rápida evolución de los *Smartphones* supuso que a partir de entonces, el ordenador y el *Smartphone* estuvieran en una situación de empate en cuanto a dispositivos fundamentales a través de los cuales se accedía a Internet. Fue ya en 2015 cuando el *Smartphone* mostró su preponderancia superando claramente al ordenador, siendo el uso de los ordenadores para acceder a Internet de un 78.2% frente al 88.2% del uso de *Smartphones*. Las predicciones para los próximos años apuntan a que esta diferencia será cada vez mayor.

Los últimos datos de las ventas de *Smartphones* a nivel mundial proporcionados por la consultora tecnológica Gartner muestran que se han vendido 349 millones de dispositivos en el primer cuatrimestre de 2016, lo que supone un 3.9% más que en el mismo periodo que el año anterior [133]. Los *Smartphones* con el sistema operativo Android son los que predominan en el mercado de los dispositivos móviles inteligentes. Samsung es la compañía que más teléfonos inteligentes vende, debido a la gran variedad de dispositivos que ofrece, desde dispositivos modestos hasta dispositivos de alta gama que compiten con los dispositivos de Apple. Pero si se juntan Samsung y Apple, tan sólo ambas compañías acaparan casi el 40% de la cuota de mercado de los dispositivos móviles.

En cuanto a sistemas operativos, Android domina claramente. Esta superioridad se debe a varios factores, entre los que destaca que el sistema operativo no está ligado a ningún dispositivo móvil concreto, por lo que varios fabricantes de teléfonos inteligentes incluyen el sistema operativo Android en sus dispositivos. Otra de las razones por la cual Android sigue aumentando su presencia es que ha visto una vía de expansión con los *wearables*, los coches inteligentes o el hogar digital. Sin embargo, a pesar de la complicada situación que parece tener la compañía de la manzana, Apple mantiene su posición en este mercado tan competitivo.

Algunas de las razones por las cuales Apple ha alcanzado su situación en el mercado, marcando el ritmo del mismo, pueden ser [134]:

- **Son dispositivos seguros:** A penas les afecta el malware, ya que el sistema operativo iOS es bastante hermético y Apple tiene un proceso exhaustivo de verificación y aceptación de aplicaciones móviles, pudiendo así asegurar al máximo la seguridad de sus dispositivos.
- **Ofrece una buena experiencia de usuario:** todos los dispositivos Apple son fáciles de utilizar y posiblemente esta haya sido una de las principales razones por la cual los dispositivos Apple hayan tenido una tremenda acogida.

- **Sistemas estables:** puesto que Apple desarrolla tanto el hardware como el software, el funcionamiento de estos dispositivos es firme y consistente. La vida útil de estos dispositivos es larga, manteniendo un buen ritmo de trabajo.
- **Compatibilidad entre dispositivos:** en Apple tienen muy clara la idea de compatibilidad y conectividad con el resto de dispositivos (Apple, por supuesto). Han desarrollado su propia plataforma de computación en la nube para los usuarios de Apple, pudiendo acceder fácilmente a cualquier fichero desde cualquier dispositivo.
- **Imagen y diseño:** la compañía se ha preocupado de vender la marca desde el primer momento, creando dispositivos con un diseño impecable, marcando tendencia.

Tras haber desarrollado previamente la aplicación OphthalDSS para el sistema operativo Android, es momento de completar la franja de usuarios finales que disponen de un dispositivo con el sistema operativo iOS. Además, cada vez son más los profesionales médicos que disponen de un dispositivo Apple [135], por lo que es conveniente y necesario ofrecer esta aplicación para los dos sistemas operativos dominantes del mercado.

4.1.1. Xcode

Xcode es el entorno de programación integrado (IDE) que ofrece Apple para desarrollar las aplicaciones para iPhone, iPad y Mac, así como para Apple TV y Apple Watch. Es una herramienta software de descarga gratuita pero para disfrutar al completo de todas sus funcionalidades, el desarrollador tiene que suscribirse a una de las variantes del programa de desarrolladores que ofrece Apple. En este caso, para el desarrollo de este trabajo, se dispone de la suscripción al programa de desarrolladores de la universidad, del cual la Universidad de Valladolid dispone de licencia.

Xcode incluye la GCC o colección de compiladores del proyecto GNU (*GNU Compiler Collection*) y es capaz de compilar código en lenguaje C, C++, Objective-C, Objective-C++, Java y AppleScript. Xcode se integra perfectamente con los marcos de trabajo Cocoa y Cocoa Touch, haciendo de él un IDE potencialmente productivo.

Cuenta con varias características que hacen de Xcode un IDE fácil de utilizar, completo y potente [136]:

- **Assistant Editor:** divide la pantalla de edición de código en dos partes, creando un panel secundario en el cual se muestran los ficheros más útiles basado en el código que el usuario está editando, como puede ser el fichero equivalente, el superclase, las llamadas, etc.
- **Asset Catalog:** es el gestor de las imágenes de la aplicación, agrupando varias resoluciones de una misma imagen en el mismo elemento del catálogo. A la hora de construir la aplicación, Xcode compila el “Asset Catalog” de la manera más eficiente dentro del mismo paquete para la distribución final.

- **Interface Builder:** permite el diseño de la interfaz gráfica de la aplicación sin necesidad de escribir código. Se enlazan de manera muy sencilla los elementos de la interfaz con el código para implementar las funcionalidades.
- **iOS simulator:** Xcode proporciona el SDK o kit de desarrollo de software (Software Development Kit) para poder construir, instalar, ejecutar y depurar las aplicaciones en un simulador iOS basado en Mac para un trabajo de desarrollo fluido. Ofrece la mayoría de los dispositivos Apple disponibles en el mercado actualmente, como son todos los modelos de iPhone y varios modelos del iPad.

4.1.2. Objective-C y Swift

En el año 2014 Apple presentó Swift, un lenguaje de programación creado por Apple integrable con los marcos de trabajo Cocoa y Cocoa Touch para el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo iOS. Hasta el momento, el lenguaje utilizado para el desarrollo de aplicaciones iOS era Objective-C, un lenguaje complejo e intimidante que durante varios años fomentó el mito de la dificultad de programar aplicaciones para iOS, razón por la cual se desarrolló Swift.

Aun así, la dificultad no reside en el lenguaje de programación, sino en lo que hay debajo. Para programar aplicaciones en iOS consistentes se debe entender el funcionamiento de Cocoa Touch, la API para programar en iOS que supone una capa de abstracción entre el nivel del sistema operativo iOS y el nivel del lenguaje de programación [137].

En Apple se dieron cuenta de la complejidad que suponía programar en Objective-C, porque además de las dificultades que supone entender la API, Objective-C es menos transigente con los errores, su sintaxis es complicada y además utiliza conceptos poco familiares y complejos de dominar incluso para personas que están acostumbradas a varios lenguajes de programación, como son el manejo de protocolos o el denominado “First Responder” que funciona como un *proxy* en el patrón objetivo-acción, permitiendo conectarlo a un objeto dinámico al vuelo durante el tiempo de ejecución.

Swift se presenta como el futuro de las aplicaciones en iOS, siendo un lenguaje moderno y que ofrece grandes ventajas frente a Objective-C, como que facilita la organización del código, siendo este más conciso, claro y limpio, elimina los punteros y controla el desbordamiento de variables, gestiona automáticamente la memoria y facilita la depuración de las aplicaciones entre otras. Sin embargo, hay que tener presente que independientemente de Swift o de Objective-C, ambos están sustentados por la API Cocoa o Cocoa Touch, la cual está desarrollada totalmente en Objective-C por lo que siempre va a ser necesario el conocimiento de los principios de la programación orientada a objetos, los punteros, protocolos, etc. para poder entender la API. Conocer Objective-C es conocer la implementación de la base.

Es recomendable conocer Objective-C, ya no solo porque la API Cocoa Touch esté implementada en este lenguaje, sino porque las principales bibliotecas para iOS también lo están en Objective-C, además de que la inmensa mayoría de aplicaciones en iOS están desarrolladas con este lenguaje. Es más fácil visualizar la ejecución de los programas a bajo nivel y detectar problemas de memoria con Objective-C, y por supuesto, la cantidad de documentación disponible para Objective-C es mucho mayor que para Swift, disponiendo de una amplia comunidad de desarrolladores, además de que Apple ofrece documentación y código en Objective-C de aplicaciones de ejemplo en su plataforma para desarrolladores.

Por todo ello, puesto que al inicio de este proyecto no se tenían conocimientos de desarrollo de aplicaciones para iOS, ni del lenguaje de programación Objective-C ni de Swift, finalmente se decidió desarrollar la aplicación en Objective-C, puesto que se tienen conocimientos de otros lenguajes de programación y la documentación disponible para este lenguaje es mucho mayor ya que lleva más años implantado y la comunidad de usuarios es mayor que para Swift.

4.2. Requisitos funcionales

Antes de desarrollar cualquier tipo de software, el desarrollador tiene que tener claros cuales son los objetivos a conseguir, determinando las funcionalidades y el diseño de la aplicación con el cliente o usuario final. Para el desarrollo de la aplicación OphthalDSS en iOS se parte, relativamente, con ventaja, ya que se ha desarrollado previamente la aplicación para el sistema operativo Android, se conocen las necesidades fundamentales del cliente y además se cuenta con la opinión de la experiencia de usuario que percibieron un grupo de estudiantes de medicina de la Universidad de Valladolid.

Desde el primer momento se han mantenido reuniones con el Dr. Maldonado junto la tutora de este proyecto para establecer las funcionalidades de la aplicación, así como aspectos de diseño, y se estudió de qué manera se podrían incluir nuevas funcionalidades que los estudiantes de medicina habían echado en falta en la primera versión. Teniendo todo esto en cuenta se determinó que la aplicación debía cumplir con los siguientes requisitos:

- **Facilidad de uso:** cualquier persona ha de ser capaz de utilizar la aplicación sin dificultades, incluso aunque no esté familiarizado con este tipo de herramientas.
- **Intuitiva y amigable:** la interfaz de usuario ha de ser sencilla, limpia y clara. El usuario ha de entender perfectamente la funcionalidad de cada elemento de la aplicación y se debe sentir cómodo utilizándola, teniendo la sensación de disponer del control del manejo de la misma.
- **DSS:** el objetivo principal del desarrollo de esta aplicación es que contenga un sistema de ayuda a la decisión médica, por lo que debe ser una de las primeras funcionalidades que se muestre.

- **Diagnóstico por imágenes:** la aplicación también ofrecerá al usuario la posibilidad de realizar un diagnóstico a partir de las imágenes de las patologías presentadas.
- **Guía de enfermedades:** cumpliendo con la tarea educativa de la aplicación, esta debe ofrecer al usuario la información relativa a cada enfermedad de manera clara y que sea de fácil acceso. Además de la descripción clínica, los síntomas y el tratamiento de cada enfermedad, también se ofrecerá información como una lista de acrónimos comúnmente utilizados, un recuerdo etimológico y terminología inglesa utilizada en oftalmología.
- **Diseño adaptativo:** por supuesto, la aplicación ha de funcionar correctamente en todos los dispositivos Apple, tanto en los distintos dispositivos iPhone como iPad, y mantener la misma apariencia en todos ellos, teniendo en cuenta las diferentes resoluciones de pantalla.

Además de estos requisitos, que son las exigencias básicas que se le piden a esta aplicación, se han tenido en cuenta requisitos que harán de OphthalDSS una aplicación realmente útil tanto para médicos de atención primaria como para estudiantes de medicina. Estas consideraciones son:

- **Herramienta de búsqueda:** OphthalDSS cada vez cuenta con más enfermedades de las que dar diagnóstico y poder informar, por lo que se hace necesaria una barra de búsqueda para poder encontrar rápidamente la enfermedad buscada.
- **Anatomía del ojo sano:** puesto que la aplicación pretende servir como herramienta educativa, se echa en falta un apartado que informe sobre la estructura del ojo sano, indicando su anatomía y las estructuras, tejidos y células que lo conforman.

4.3. Aspecto general de la aplicación

Para el desarrollo de esta aplicación para el sistema operativo iOS se han tenido en cuenta las directrices de diseño que ofrece iOS en su plataforma de desarrolladores [138]:

- **Claridad:** a lo largo de todo el sistema, el texto ha de ser legible en cualquier tamaño, los iconos han de ser precisos y claros, los adornos sutiles y apropiados, y una atención precisa a la funcionalidad motiva el diseño. Los colores, fuentes, gráficos y elementos de la interfaz correctos destacan sutilmente la importancia del contenido y facilitan la interactividad.
- **Deferencia:** Interfaces fluidas, bonitas y frescas ayudan a los usuarios a entender y a interactuar con el contenido en vez de competir contra él. Generalmente el contenido llena completamente la pantalla, mientras el desenfoque y lo traslúcido a menudo insinúan. Minimizando el uso de biseles, gradientes o sombras se consigue mantener una interfaz luminosa y limpia, al mismo tiempo que se da la importancia que merece el contenido mostrado.

- **Profundidad:** las distintas capas visuales y el movimiento realista transmiten sensación de jerarquía, imparten vitalidad y facilitan la comprensión. La posibilidad de tocar y detectar realzan el disfrute de la experiencia de usuario y permiten el acceso a funcionalidades y a contenido adicional sin perder de vista el contexto. Las transiciones proporcionan una sensación de profundidad a medida que se navega por el contenido.

Además de estas directrices, a la hora de desarrollar aplicaciones en iOS hay que tener en cuenta otros principios como:

- **Integridad estética:** la apariencia de la aplicación y su comportamiento ha de estar correctamente integrada con su funcionalidad.
- **Consistencia:** una aplicación consistente implementa estándares familiares y paradigmas utilizando elementos de la interfaz proporcionados por el sistema, iconos conocidos, estilos de fuente estándar y terminología uniforme. La aplicación tiene que contener características y comportamientos que los usuarios esperan.
- **Manejo directo:** el manejo directo del contenido sobre la pantalla engancha a los usuarios y facilita la comprensión. Los usuarios experimentan este manejo directo del contenido cuando rotan el dispositivo o utilizan gestos que afectan al contenido de la pantalla. A través de la manipulación directa, pueden ver de manera inmediata el resultado visible de sus acciones.
- **Feedback:** conviene avisar al usuario de sus acciones, mostrando confirmación de la operación o mostrando los resultados. Los elementos interactivos se resaltan brevemente al pulsarlos, las barras o indicadores de progreso han de mostrar el estado de operaciones en ejecución, y animaciones o sonidos ayudan a clarificar los resultados de las acciones.
- **Metáforas:** los usuarios aprenden el manejo de una aplicación más rápidamente cuando los objetos virtuales y acciones son metáforas de experiencias familiares. Las metáforas funcionan bien en iOS porque los usuarios interaccionan físicamente con la pantalla, como las acciones de desplazar las barras de desplazamiento o arrastrar y deslizar elementos.
- **Control del usuario:** la aplicación sugiere una serie de acciones o alerta sobre las consecuencias, pero es un error que la aplicación quiera tomar el control de la toma de decisiones del usuario. Las mejores aplicaciones encuentran el equilibrio entre permitir a los usuarios las acciones y evitar resultados indeseados. Por ellos, las aplicaciones puede hacer sentir al usuario que tiene el control manteniendo elementos interactivos familiares y predecibles, confirmando acciones destructivas y haciendo sencillo la cancelación de operaciones incluso cuando ya están en marcha.

Tras el análisis de las directrices y recomendaciones que Apple ofrece para el desarrollo de aplicaciones móviles en iOS, se está en disposición de planificar el diseño de la aplicación teniendo en cuenta los requisitos de los que ha de disponer y las condiciones que una aplicación en iOS debe cumplir.

Se decidió por tanto diseñar la aplicación con tres pestañas, situadas en la parte inferior como marca el diseño de aplicaciones en iOS, las cuales se comentan a continuación:

- **DSS:** se trata de la pantalla inicial de la aplicación, y se muestra a continuación de la pantalla de inicio. En esta pantalla se accede al sistema de ayuda a la decisión médica (DSS) en la especialidad de oftalmología, así como a la herramienta que permite el diagnóstico por imágenes, es decir, se muestran todas las imágenes de patologías con las que cuenta la aplicación y el usuario puede acceder a la guía de la enfermedad pulsando la imagen que se asemeja al aspecto del ojo del paciente.
- **Guía:** en esta pestaña aparecerán todas las enfermedades con las que cuenta la aplicación ordenadas en una lista alfabéticamente, ofreciendo al usuario una herramienta de búsqueda para acceder de manera rápida a la información de la patología. La información presentada de cada una de ellas se divide en cuatro apartados a los cuales se accede a través de cuatro botones:
 - **Guía de la enfermedad:** se muestra la descripción clínica de la patología además de los síntomas que la caracterizan y el tratamiento a seguir.
 - **Imágenes:** se muestra la imagen o imágenes relacionadas con la enfermedad.
 - **Información de interés:** se muestra la información de interés para el médico de atención primaria, siendo esta cómo referir al oftalmólogo y cómo contribuir a la atención primaria de la visión.
 - **Acrónimos y etimología:** se muestra una lista con los acrónimos más utilizados en oftalmología, así como un breve recuerdo etimológico y los principales términos en lengua inglesa utilizados en oftalmología.
- **Info:** en esta pestaña se accede a través de tres botones a los siguientes apartados:
 - **Anatomía del ojo sano:** en esta pantalla aparecen los principales esquemas para comprender la estructura del ojo humano.
 - **Información de interés:** aparece una lista con todas las unidades didácticas de las que dispone el manual “Guiones de oftalmología: aprendizaje basado en competencias”, dispuestas según el orden que sigue el libro. Pulsando en cada uno de ellos se accede a la información de interés para el médico de atención primaria, como es la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la visión.

- **Acrónimos y etimología:** también se muestra una lista con las unidades didácticas del libro, siguiendo el mismo orden que en el apartado anterior, y pulsando en cada uno de ellos se accede a la lista de acrónimos, recuerdo etimológico y terminología inglesa.

En estas tres pestañas se dispone toda la información con la que cuenta la aplicación, tanto la información clínica como la información destinada a la función educativa. Toda la información ha sido extraída del manual “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias”, lo cual hace de esta aplicación una herramienta muy valiosa por el hecho de disponer de información fidedigna elaborada por personal especializado en el campo de la oftalmología.

La aplicación también cuenta con el acceso a la información del equipo de desarrollo a través del botón “Acerca de” disponible en la esquina superior derecha de cualquiera de las tres pestañas. En esta pantalla se presenta una breve descripción de la aplicación, la importancia del desarrollo de esta aplicación así como información del equipo personal implicado en el desarrollo.

Disponiendo de esta manera el contenido, y combinando las consideraciones de diseño con la valiosa información clínica, se espera que la aplicación aquí desarrollada tenga cabida en el mundo de la mHealth, teniendo buena aceptación entre los médicos de atención primaria y estudiantes de medicina, y que este público exigente encuentre en ella una herramienta que les pueda ayudar en su tarea médica diaria.

4.4. Sistema de ayuda a la decisión (SAD o DSS)

El objetivo de esta aplicación móvil es disponer de un sistema de ayuda a la decisión médica que ayude al médico de atención primaria en la toma de decisiones a la hora de elaborar el diagnóstico en el campo de la oftalmología. Mientras que la primera versión de OphthalDSS en Android tan solo podía dar diagnóstico de un conjunto de patologías relacionadas con el polo anterior del ojo, en esta versión se quiere abrir el abanico en cuanto a enfermedades en las que poder ayudar en el diagnóstico, ya no solo aquellas relacionadas con el polo anterior que presentan ojo rojo.

Para conseguir que la aplicación móvil pueda ayudar en el diagnóstico, el planteamiento es idear un conjunto de preguntas que vayan guiando al usuario por el árbol de decisión y finalmente se pueda establecer un diagnóstico. En este punto del trabajo ha sido fundamental la colaboración con el Dr. Maldonado, siendo un profesional de referencia en el campo de la oftalmología, el cual ha facilitado el desarrollo de los árboles de decisión para poder así implementarlos en la aplicación a través del lenguaje de programación.

En primer lugar, independientemente del algoritmo de decisión para el diagnóstico al cual nos derive el sistema, el funcionamiento global del DSS será siempre el mismo, y es el que se muestra en la Figura 4. 1. El usuario accedería al sistema de ayuda a la decisión, y a través de una breve sucesión

de preguntas, el sistema le conducirá hacia un árbol de decisión determinado. Una vez que comienzan las preguntas de dicho árbol, el algoritmo de funcionamiento global es el mismo para todos los casos. El sistema mostrará una serie de preguntas breves al usuario, el cual deberá contestar en la mayoría de ellas con un “Sí” o un “No”, o en algunos casos elegir una entre las opciones que se le muestran. Tras haber realizado la batería de preguntas, en caso de que no haya resultado en ninguna de las enfermedades de las que la aplicación puede dar diagnóstico, la aplicación informa al usuario de que no se cuenta con la guía de la enfermedad. Sin embargo, en caso de que el árbol de diagnóstico haya conducido al usuario hacia una posible enfermedad, se mostrará en la pantalla del dispositivo una imagen relacionada con la posible patología que presenta el paciente, y se pregunta al usuario si la imagen mostrada puede corresponder con la aspecto del ojo del paciente. En caso de que el usuario respondiera negativamente a la pregunta, el sistema no puede dar un diagnóstico del paciente e informa al usuario de que no se cuenta con la guía de la enfermedad. Por el contrario, si el usuario hubiera respondido afirmativamente, el sistema procede a mostrar al usuario la guía de la enfermedad, en la cual se hace accesible para el usuario toda la información relativa a la enfermedad diagnosticada.

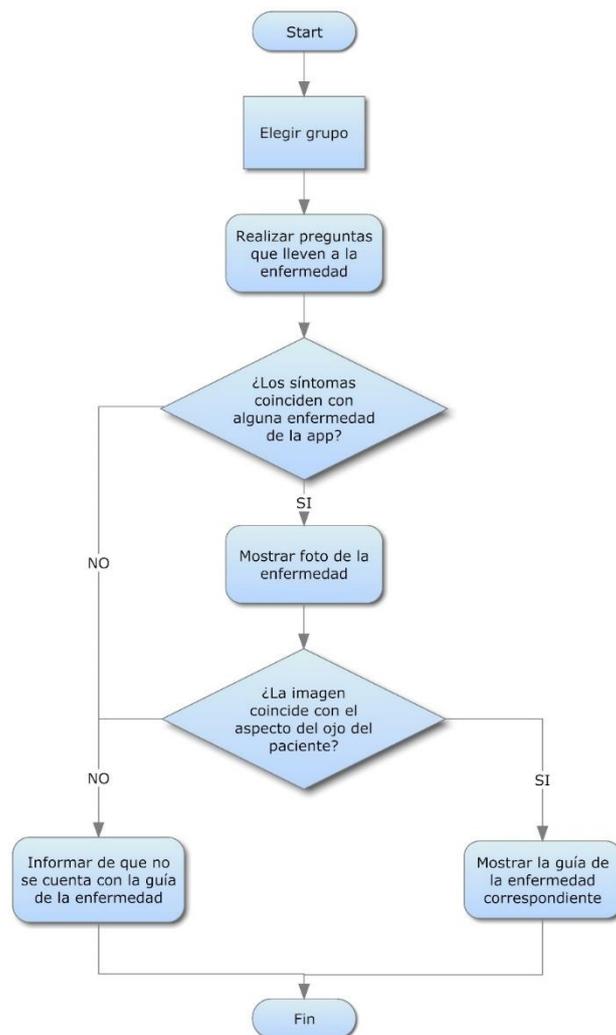


Figura 4. 1. Diagrama de flujo del funcionamiento de DSS. Fuente: propia.

Para poder llevar esto a cabo, puesto que se quiere abarcar enfermedades que no estén únicamente relacionadas con el ojo rojo, primero se dispone de un algoritmo inicial que guía hacia los diferentes árboles de decisión, siendo estos un total de siete, que dan cobertura a diferentes áreas clínicas. Estas siete subsecciones son las que a continuación se muestran [27]:

- **Trauma ocular:** en los países desarrollados, cerca de un 3% de los pacientes que acuden a los servicios de urgencias, presentan traumatismo ocular. Suelen ocurrir en el ámbito laboral, doméstico, de ocio y el tráfico. Dependiendo del manejo adecuado del trauma ocular en atención primaria, la persona afectada mantendrá su visión o podría padecer una pérdida significativa e irreversible.
- **Neonato y lactante:** un niño que padezca en los primeros momentos de su vida un ojo lloroso es posible que padezca una oftalmia del recién nacido, una dacriocistitis del recién nacido o un glaucoma congénito. La prevención de enfermedades que afectan al desarrollo de la visión es fundamental en las primeras etapas del niño para evitar complicaciones.
- **Ojo Rojo:** es un motivo de consulta que suele plantear un reto debido a su alta prevalencia en la práctica diaria, a la importancia de la visión en la calidad de vida de las personas y porque en la primera atención del paciente no interviene personal especializado en oftalmología. El ojo rojo suele causar bastante preocupación en el paciente, y aunque en la mayoría de los casos corresponde a causas no muy graves, el ojo rojo también puede estar originado por enfermedades que amenazan a la visión o a la integridad del ojo.
- **Pérdida visual progresiva e indolora:** puede estar relacionada con enfermedades como cataratas, glaucoma crónico de ángulo abierto, enfermedades crónicas de retina, miopía degenerativa o enfermedades crónicas corneales entre otras.
- **Pérdida visual rápida e indolora:** en este caso la pérdida de visión puede estar relacionada con hemorragias vítreas, oclusión de los vasos retinianos, desprendimiento de retina, maculopatía, por ejemplo.
- **Pérdida visual dolorosa:** cuando la pérdida visual va acompañada de dolor, es posible que la causa sea una enfermedad del tipo uveítis o glaucoma agudo.
- **Diplopía:** también denominada “visión doble”, referente a visión borrosa o desenfocada. Puede ser monocular, o más frecuentemente, binocular.

Se requiere de un árbol de decisión para poder distinguir hacia qué árbol de diagnóstico derivar. Dicho árbol supone el inicio del DSS y es el que se muestra en la Figura 4. 2. Este primer diagrama de flujo de decisión guiará al usuario hacia uno de los siete diagramas de decisión médica.

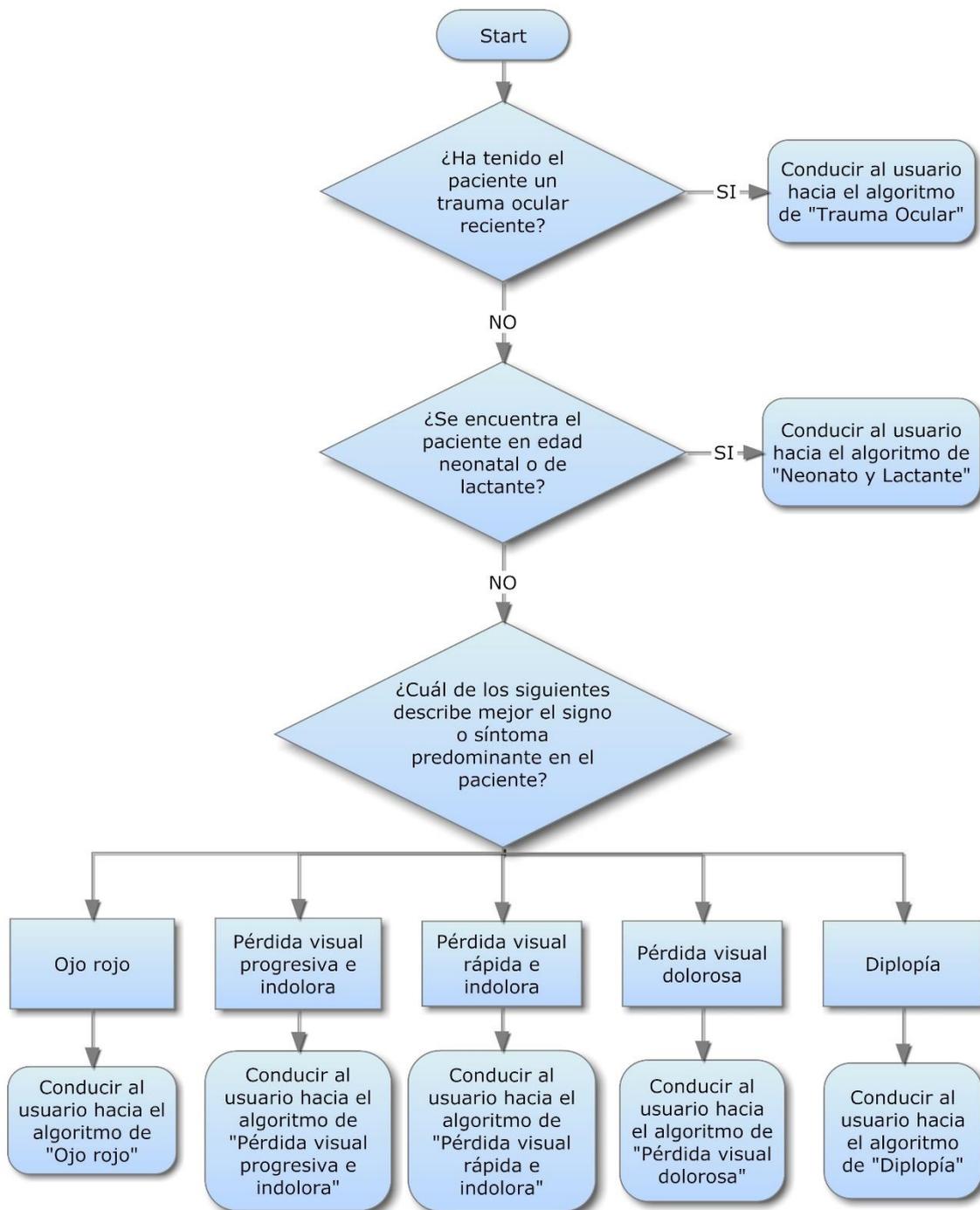


Figura 4. 2. Diagrama de flujo de inicio del sistema DSS. Fuente: propia.

Uno de los árboles de decisión hacia los que deriva este algoritmo inicial es el de “Ojo rojo” y es el que se muestra a continuación en la Figura 4. 3. En dicho algoritmo, en el momento en el que se muestra una imagen relacionada con la enfermedad, se pregunta al usuario si el aspecto de la imagen coincide con el ojo del paciente, y se procederá como se explicó en el diagrama de flujo del sistema DSS de la Figura 4. 1.

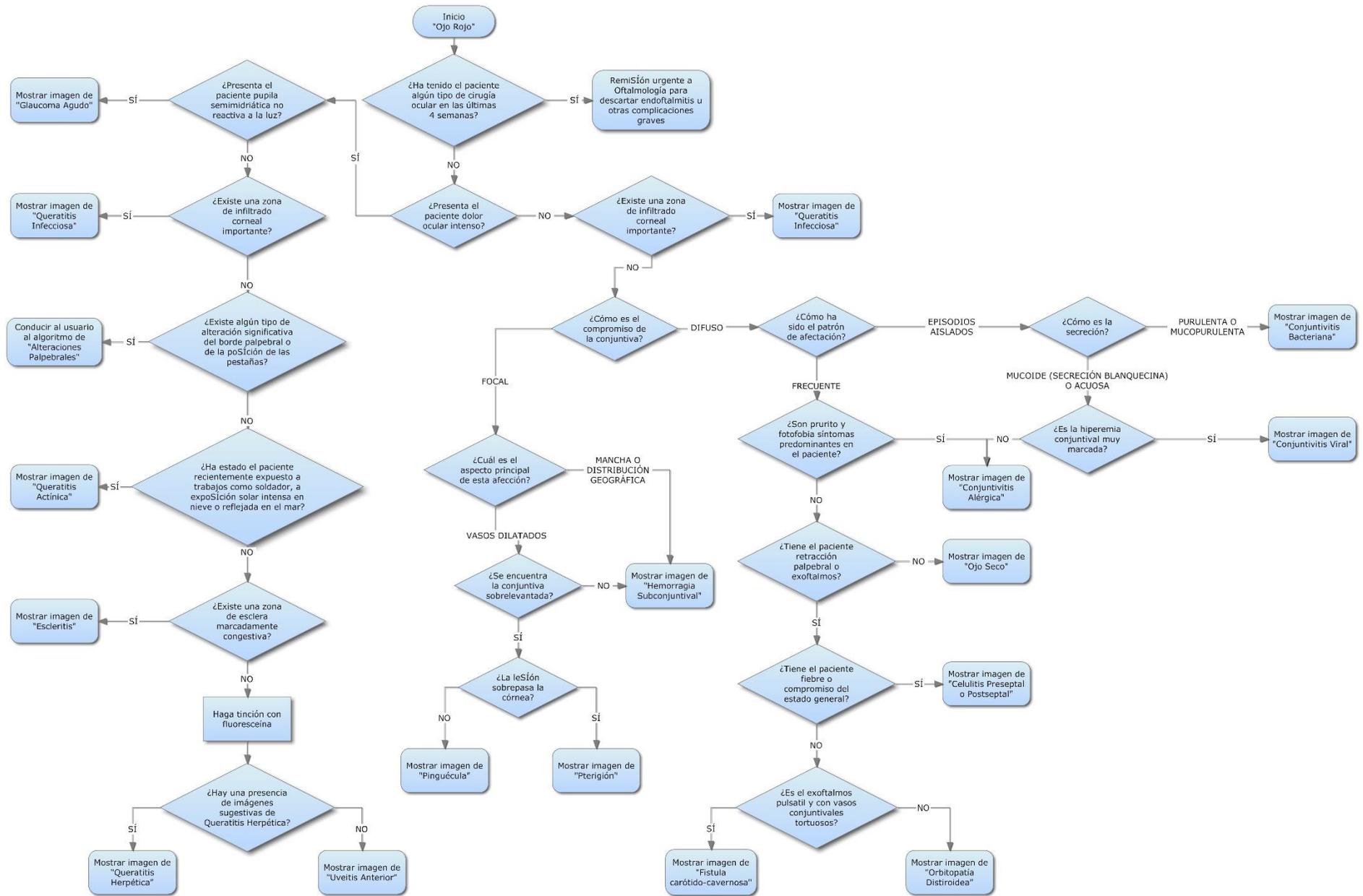


Figura 4. 3. Diagrama de flujo de "Ojo Rojo". Fuente: propia.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. OphthalDSS

A continuación se van a mostrar los resultados obtenidos tras el desarrollo de la aplicación OphthalDSS para el sistema operativo iOS. El entorno de programación integrado que ofrece Apple, Xcode, dispone de un potente simulador de dispositivos en los que probar la aplicación al mismo tiempo que se desarrolla, por lo que la aplicación se ha ido verificando para la mayoría de los dispositivos que el simulador ofrece. Aun así, las pruebas en dispositivo físico se han realizado sobre un iPhone 4S.

El diseño propio del icono de la aplicación y de la pantalla de inicio ha permitido definir la función descriptiva de los mismos, dando a entender al usuario qué tipo de aplicación es OphthalDSS, al mismo tiempo que dota a la aplicación de un diseño moderno y fresco. Ambos diseños se muestran en la Imagen 5. 1.



Imagen 5. 1. Icono y pantalla de inicio de la aplicación OphthalDSS. Fuente: propia.

Tras la pantalla inicial aparece en el dispositivo la primera pestaña de la aplicación, es decir, la que da acceso al sistema DSS y al diagnóstico por imágenes. Dicha pantalla es la que se muestra en la Imagen 5. 2, en la cual figuran dos botones para poder acceder a cada una de las herramientas. El primer botón da acceso al sistema de ayuda a la decisión, mientras que el segundo, da acceso al diagnóstico por imágenes.



Imagen 5. 2. Pantalla principal de OphthalDSS. Fuente: propia.

A continuación se ejemplificará el funcionamiento del sistema de ayuda a la decisión. En primer lugar, entra en acción el primer árbol de decisión que conduce al usuario hacia uno de los algoritmos de ayuda en la decisión clínica. A través de breves preguntas, el sistema guía al usuario hacia el algoritmo correspondiente. Algunos ejemplos de estas preguntas son los que se muestran en la Imagen 5. 3.



Imagen 5. 3. Ejemplos de pantallas del algoritmo inicial del DSS. Fuente: propia.

Supongamos que el usuario desemboca en el algoritmo de “Ojo Rojo”. En este momento el sistema comienza a presentar al usuario preguntas breves para conducir al usuario hacia el diagnóstico de enfermedades que se manifiestan con ojo rojo. Un ejemplo del funcionamiento de este sistema es el que se muestra en las siguientes figuras. En este caso, el sistema presentaría al usuario la primera pregunta, para averiguar si el paciente ha tenido algún tipo de cirugía en las últimas 4 semanas, como muestra la Imagen 5. 4 (a). Suponiendo que el usuario respondiera negativamente a esta

pregunta, el sistema procedería a mostrar la siguiente pregunta correspondiente, mostrada en la Imagen 5. 4 (b), siendo esta si el paciente presenta dolor ocular intenso. Si el usuario respondiera con un “no”, la siguiente pregunta mostrada en la Imagen 5. 4 (c) sería si el paciente presenta una zona de infiltrado corneal importante. Contestando el usuario negativamente a la misma, la siguiente pantalla presentada en Imagen 5. 4 (d) le preguntaría por el compromiso de la conjuntiva, debiendo elegir entre “focal” o “difuso”. Si el usuario eligiese la opción “difuso”, el sistema pretende ahora averiguar cómo ha sido el patrón de afectación, si ha sido “frecuente” o “episodios aislados”, como aparece en la Imagen 5. 4 (e). Si el usuario indicara que el patrón es “frecuente”, el sistema le presenta la pregunta de si los síntomas de prurito y fotofobia son predominantes en el paciente, contestando el usuario en este caso afirmativamente a la pregunta, como se muestra en la Imagen 5. 4 (f).

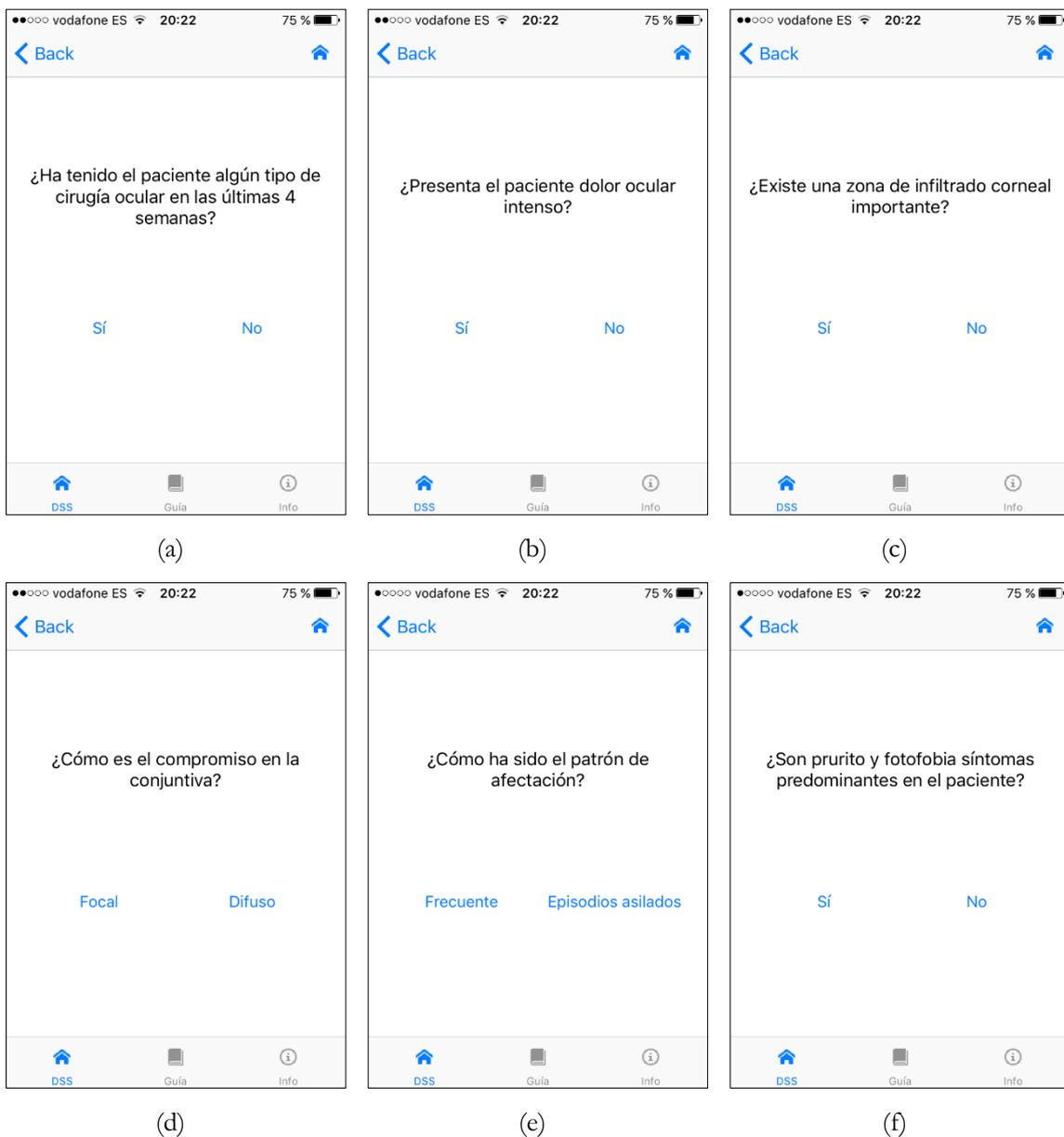


Imagen 5. 4. Pantallas de ejemplo del funcionamiento del algoritmo de “Ojo rojo”. Fuente: propia.

El sistema ha detectado que existe una patología contenida en la aplicación que puede coincidir con los síntomas introducidos. Por ello, se muestra seguidamente la pantalla mostrada en la Imagen 5. 5, en la cual se pregunta al usuario si el aspecto del ojo del paciente se corresponde con el mostrado en la imagen.

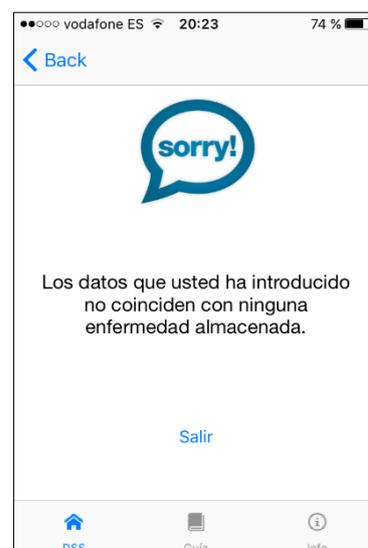


Imagen 5. 5. Pantalla de posible patología. Fuente: propia.

En caso de que el usuario respondiera afirmativamente a la pregunta, se le mostraría la guía de la enfermedad, que en este caso se trata de la Conjuntivitis Alérgica, como se muestra en la Imagen 5. 6 (a). Sin embargo, si el aspecto del ojo del paciente no tuviera nada que ver con la imagen mostrada, entonces se mostraría una pantalla de aviso indicando que no se cuenta con la guía de la enfermedad correspondiente a los signos y síntomas introducidos que presenta el paciente, tal y como se presenta en la Imagen 5. 6 (b).



(a)



(b)

Imagen 5. 6. Pantallas de la guía de la enfermedad (a) y del mensaje de aviso (b). Fuente: propia.

La segunda de las funcionalidades a la cual se accede desde la primera pestaña de la aplicación es el diagnóstico por imágenes. Se trata de un total de 3 páginas con cabida para 8 imágenes cada una, como se muestra en Imagen 5. 7, entre las cuales el usuario se puede desplazar deslizando su dedo hacia la izquierda o hacia la derecha. Pulsando cada una de las imágenes, el usuario accederá a la guía de la enfermedad correspondiente. El objetivo de esta herramienta es que el usuario pueda comparar rápidamente el aspecto del ojo del paciente con las imágenes de las patologías con las que cuenta la aplicación, pudiendo acceder rápidamente a la información necesaria.

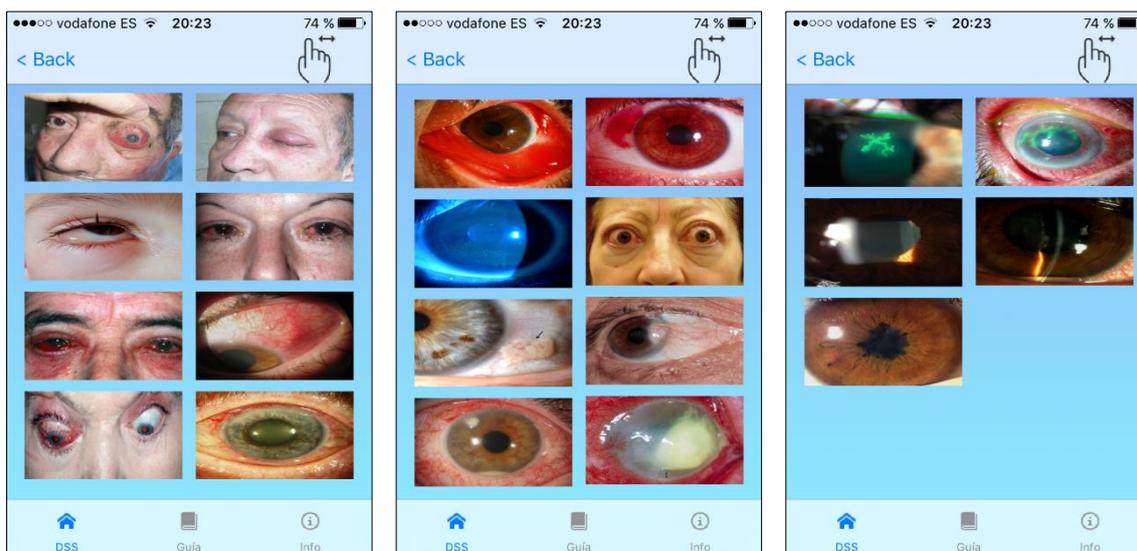


Imagen 5. 7. Pantallas del diagnóstico por imágenes. Fuente: propia.

En el desarrollo de esta funcionalidad se tuvo que tener en cuenta la capacidad de procesamiento y de memoria de los dispositivos físicos. Las imágenes incluidas en la aplicación son de alta resolución por lo que los ficheros son de gran tamaño. Inicialmente se comenzó a trabajar con los ficheros de gran tamaño, y se comprobó que la simulación de la aplicación en Xcode era correcta, realizando la función esperada y mostrando las imágenes adecuadamente. Sin embargo, al instalar la aplicación OphthalDSS en los dispositivos físicos, en el momento de seleccionar la herramienta de diagnóstico por imágenes, la aplicación sufría un cierre inesperado. Esto es debido a que la capacidad de los recursos hardware de los dispositivos móviles empleados es inferior a los que el simulador ofrece, el cual toma prestada parte de la capacidad de procesamiento de un ordenador Mac. El hecho de cargar simultáneamente en una misma pantalla imágenes de gran tamaño, supuso un mal funcionamiento de la aplicación, por lo que se tuvo que pensar en soluciones para solventar este problema.

En primer lugar se trató la resolución por código, cargando imágenes de menor tamaño a partir de las originales, pero esto no era sencillo de conseguir puesto que las imágenes han sido establecidas desde la interfaz gráfica y a través del código no fue sencillo encontrar una solución que funcionara razonablemente bien en todos los dispositivos. Finalmente, puesto que el tamaño de las imágenes era excesivo para una aplicación móvil, se decidió reducir su tamaño, escalando las imágenes con un

software de retoque fotográfico. De esta manera, al cargar las 8 imágenes por página, el funcionamiento de la aplicación era el adecuado en todos los dispositivos físicos, y además el tamaño de la imagen era el correcto para poder visualizar todas las imágenes de las enfermedades al mismo tiempo.

La segunda pestaña de la aplicación es la pestaña de “Guía”. En esta pestaña el usuario puede acceder a la lista de enfermedades que contiene la aplicación. Las enfermedades aparecen ordenadas alfabéticamente, como se muestra en la Imagen 5. 8 (a). Además, el usuario tiene la opción de poder buscar las enfermedades por su nombre gracias a la barra de búsqueda situada en la parte superior de la pantalla como se observa en la Imagen 5. 8 (b).

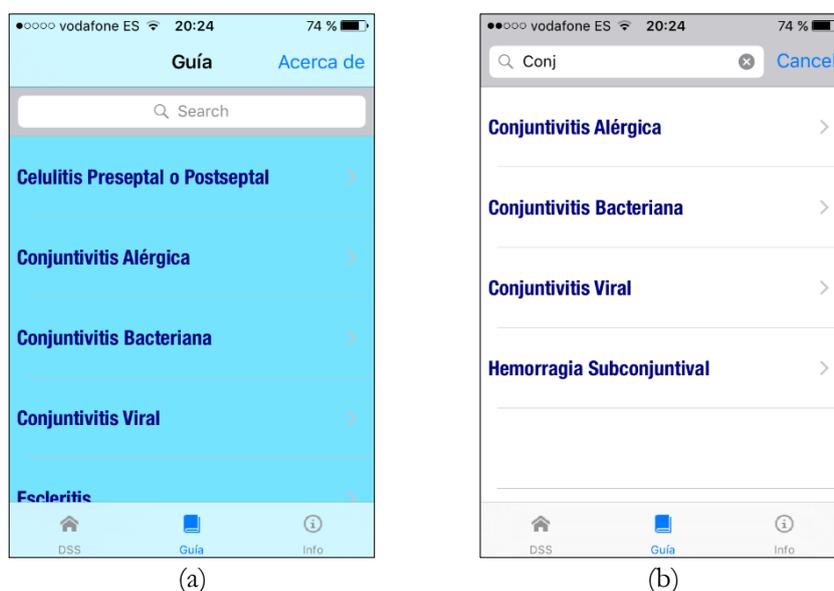


Imagen 5. 8. Lista de enfermedades (a) y herramienta de búsqueda (b). Fuente: propia.

Pulsando en cada uno de los nombres de las patologías se accede a la información clínica completa de cada enfermedad. Por ejemplo, para el caso de la enfermedad “Pinguécula” la información mostrada es la que se presenta a continuación. Lo primero que se muestra es la pantalla de la Imagen 5. 9. A través de cuatro botones se accede a toda la información disponible. El primer botón da acceso a la información clínica de la enfermedad; el segundo, da paso a la pantalla con imágenes relacionadas con la patología; el tercero permite la visualización de la información de interés para el médico de atención primaria; y el cuarto botón da acceso a la información con fin educativo como es la lista de acrónimos, etimología y terminología en inglés.



Imagen 5. 9. Guía de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.

Pulsando en el primer botón, se accede a la información clínica de la enfermedad, siendo esta una breve descripción de la enfermedad, así como los síntomas que la caracterizan y el tratamiento a seguir. El usuario puede deslizar el dedo por la pantalla para poder visualizar correctamente toda la información. En la Imagen 5. 10 se muestra esta pantalla para el caso de la enfermedad “Pinguécula”.

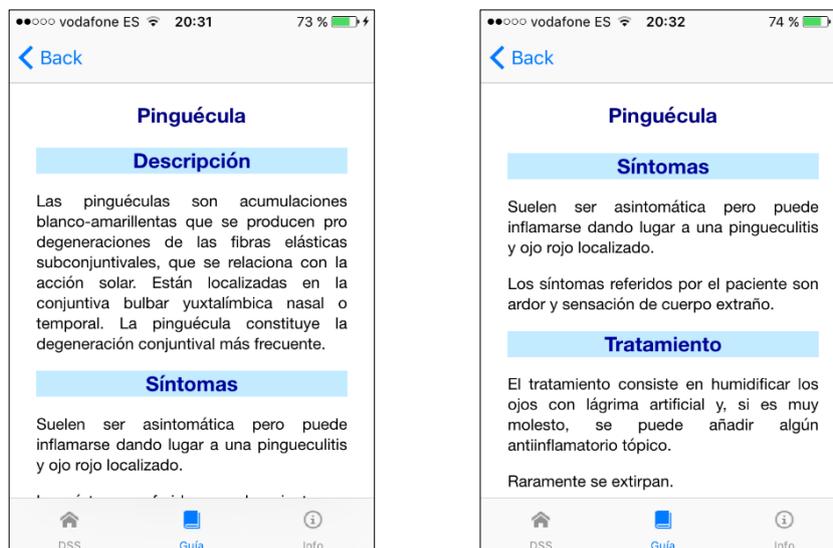


Imagen 5. 10. Pantalla de información clínica de “Pinguécula”. Fuente: propia.

A través del segundo botón de la página inicial de la guía de la enfermedad, se accede a las imágenes relacionadas con la enfermedad. En el caso de “Pinguécula” tan solo se cuenta con una imagen disponible para esta patología, y es la mostrada en la Imagen 5. 11.

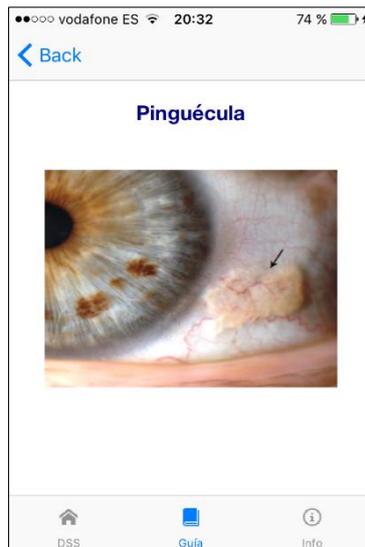


Imagen 5. 11. Pantalla de imágenes relacionadas con la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.

Pulsando el tercer botón de la pantalla inicial de la guía, se accede a la información de interés para el médico de atención primaria como es la referencia al oftalmólogo y cómo contribuir a la atención primaria de la salud. Toda la información se muestra en una única pantalla, por lo que el usuario puede visualizarla correctamente deslizando el dedo por la pantalla para desplazar así el contenido. En el caso de la enfermedad “Pinguécula”, esta información se muestra en la Imagen 5. 12.

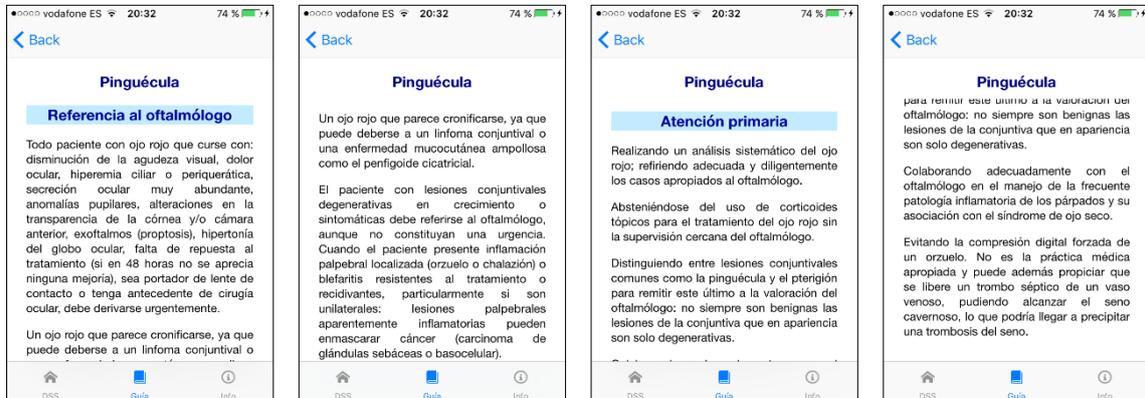


Imagen 5. 12. Pantalla con la información de interés de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.

Y por último, el cuarto botón da acceso al contenido educativo relacionado con la enfermedad, como es la lista de acrónimos más utilizados en un determinado ámbito de la oftalmología con el que se relaciona la patología, un breve recuerdo etimológico de ciertos términos, además de la lista con los términos en lengua inglesa más empleados en el contexto de la enfermedad. Un ejemplo de esta pantalla es el mostrado en la Imagen 5. 13.

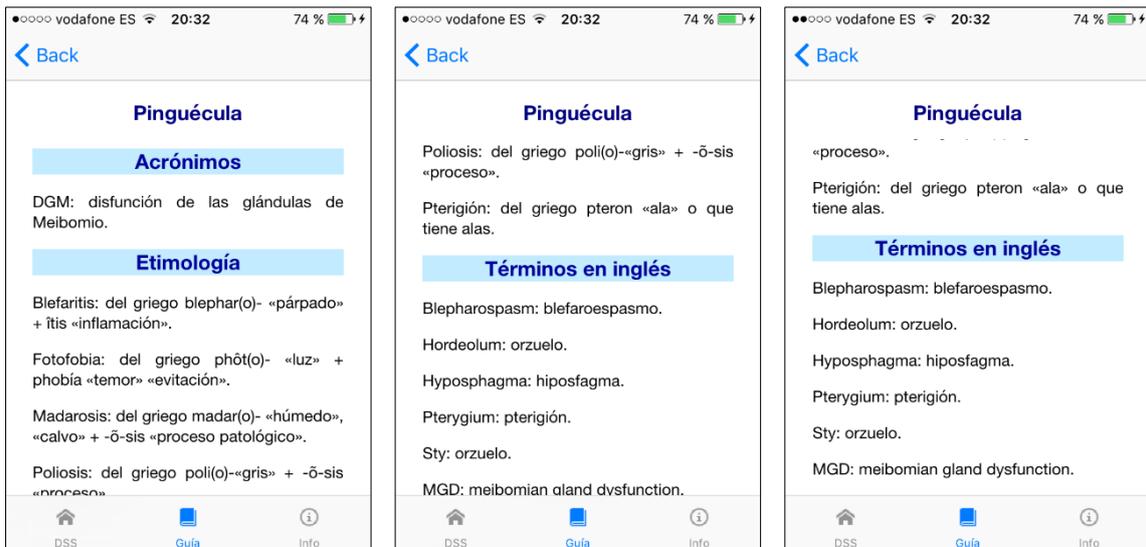


Imagen 5. 13. Pantalla de acrónimos, etimología y terminología en inglés de la enfermedad “Pinguécula”. Fuente: propia.

La última pestaña de la aplicación tiene sobre todo una función informativa. Es en esta sección donde se puede acceder a los esquemas de la anatomía del ojo sano, así como al listado de temas para poder acceder a la información de interés para los médicos de atención primaria y a la lista de acrónimos, etimología y terminología en inglés. La apariencia de esta pantalla es la que se muestra en la Imagen 5. 14.



Imagen 5. 14. Pestaña de información. Fuente: propia.

A través de tres botones se puede acceder a las funcionalidades antes comentadas. El primero de ellos permite el acceso a los esquemas que muestran la anatomía del ojo sano. Son un total de 7 esquemas mostrados en una misma pantalla, de manera que el usuario puede desplazar la pantalla para poder ver correctamente el contenido. Algunos de estos esquemas son los que se muestran en la Imagen 5. 15.

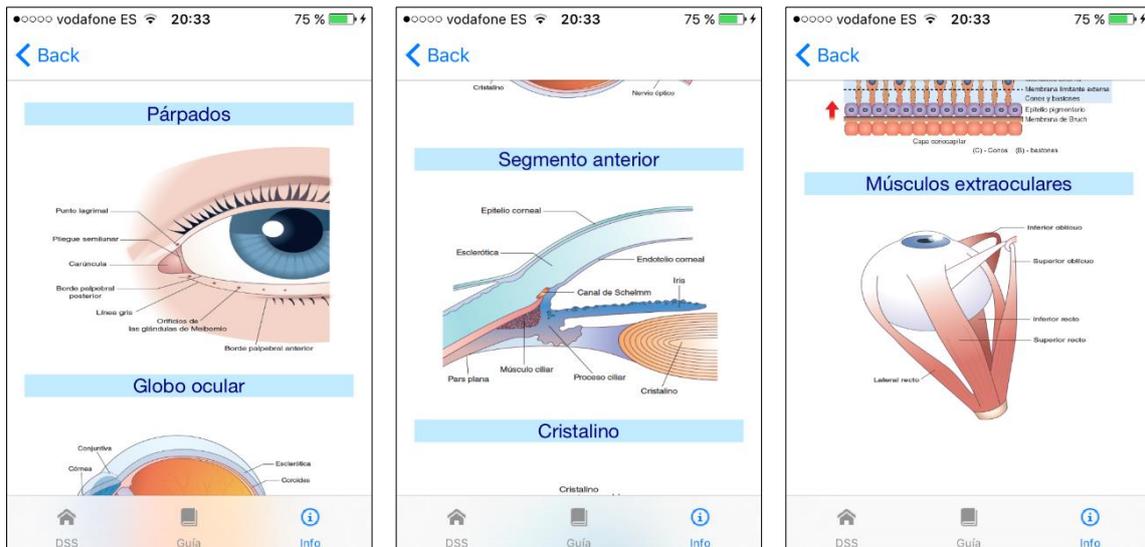


Imagen 5. 15. Pantalla con esquemas del ojo sano. Fuente: propia.

El segundo botón da paso a la lista de temas siguiendo el orden de las unidades didácticas del manual “Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias”. Pulsando cada uno de los temas, se accede a la información de interés para médicos de atención primaria. Un ejemplo de ello es el que muestra en la Imagen 5. 16.

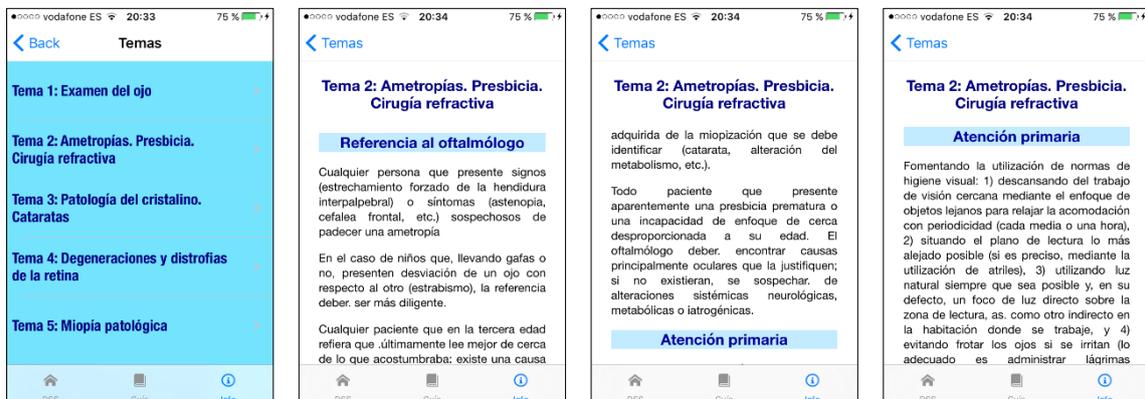


Imagen 5. 16. Pantalla de información de interés de “Tema 2: Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva”. Fuente: propia.

Y finalmente, el último botón da acceso a la lista de temas, igualmente ordenados que en el caso anterior, pero esta vez para poder acceder a la lista de acrónimos, recuerdo etimológico y terminología en inglés relacionados con dichos temas. Al pulsar en cada tema se presenta la información relacionada. Un ejemplo de ello se muestra en Imagen 5. 17.

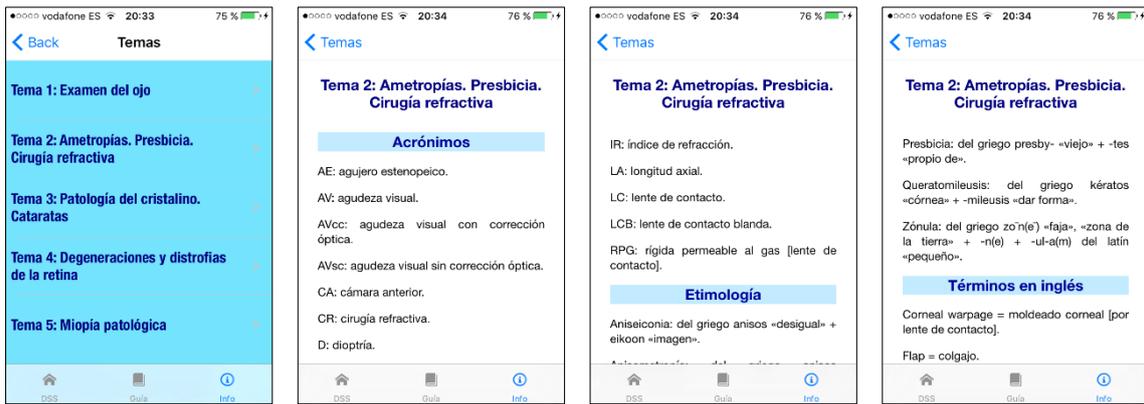
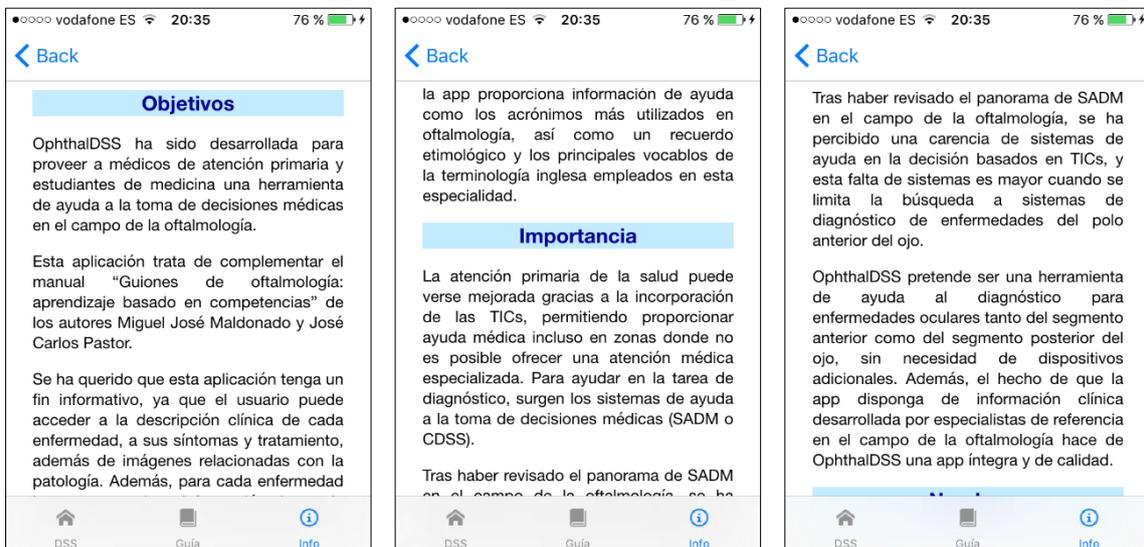


Imagen 5. 17. Pantalla de acrónimos, etimología y terminología en inglés de “Tema 2: Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva”. Fuente: propia.

Por último indicar que desde cualquiera de las pantallas iniciales de las tres pestañas se puede acceder a la información del desarrollo de la aplicación a través del botón “Acerca de” situado en la esquina superior derecha de la pantalla. En esta pantalla se muestra información de los objetivos que se han querido alcanzar con el desarrollo de esta aplicación, así como la importancia de que tiene el desarrollo de una aplicación como esta en nuestros días y el nombre proporcionado a la misma, además de información sobre el equipo de personas implicado en el desarrollo. El aspecto de esta pantalla es el que se muestra en la Imagen 5. 18.



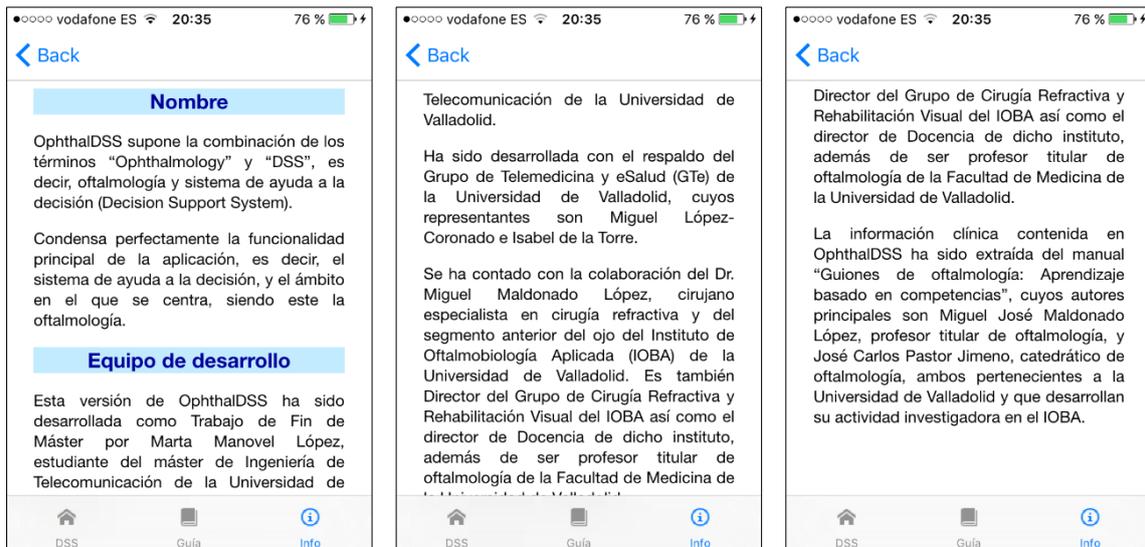


Imagen 5. 18. Pantalla con la información de la aplicación y del equipo de desarrollo de la misma. Fuente: propia.

5.2. Evaluación en dispositivos

A pesar de que los dispositivos que soportan el sistema operativo iOS son una cantidad muy inferior a los dispositivos que pueden contener el sistema operativo Android, hay que tener en cuenta los distintos tamaños de los dispositivos Apple, teniendo en cuenta la resolución de la pantalla de los mismos. Esta aplicación está destinada únicamente para *Smartphones* y *tablets*, por lo que se tendrán en cuenta los dispositivos iPhone y iPad de Apple.

El objetivo es conseguir que la aplicación OphthalDSS pueda visualizarse correctamente en cualquier dispositivo, pudiendo acceder a todas las funcionalidades y que el contenido sea legible y accesible, es decir, que el diseño de la aplicación ha de ser adaptativo para poder ajustarse a cualquier tamaño de pantalla.

En la Tabla 5. 1 se muestran los dispositivos en los cuales ha sido posible realizar pruebas con la aplicación OphthalDSS, indicando el modelo, el tipo de dispositivo móvil, la versión del sistema operativo y la resolución de la pantalla.

Tabla 5. 1. Dispositivos en los que la aplicación “OphthalDSS” ha sido evaluada. Fuente: propia.

Modelo	Dispositivo	Versión iOS	Resolución
iPhone 5S	Smartphone	iOS 9	640 x 1136 píxeles (326 ppp ¹)
iPhone 6S	Smartphone	iOS 9	750 x 1334 píxeles (326 ppp)
iPad mini	Tablet	iOS 9	768 x 1024 píxeles (163 ppp)
iPad Air	Tablet	iOS 9	1536 x 2048 píxeles (264 ppp)

¹ ppp = píxeles por pulgada

A continuación se presentan imágenes realizadas a estos dispositivos mientras se estaba ejecutando en ellos la aplicación OphthalDSS.



Imagen 5. 19. iPhone 5S. Fuente: propia.



Imagen 5. 20. iPhone 6S. Fuente: propia.



Imagen 5. 21. iPad mini. Fuente: propia.

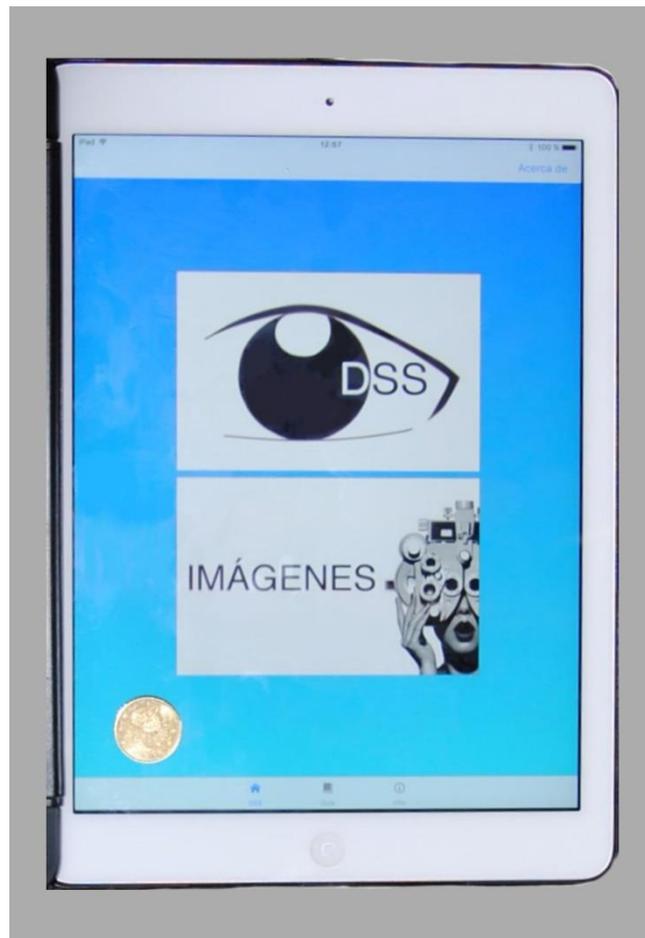


Imagen 5. 22. iPad Air. Fuente: propia.

En todos estos dispositivos se han realizado pruebas de funcionamiento de la aplicación, y ejemplos de la visualización de la aplicación OphthalDSS en dichos dispositivos son los que se muestran a continuación, con muestras de pantallas en modo vertical (*portrait*) y horizontal (*landscape*).

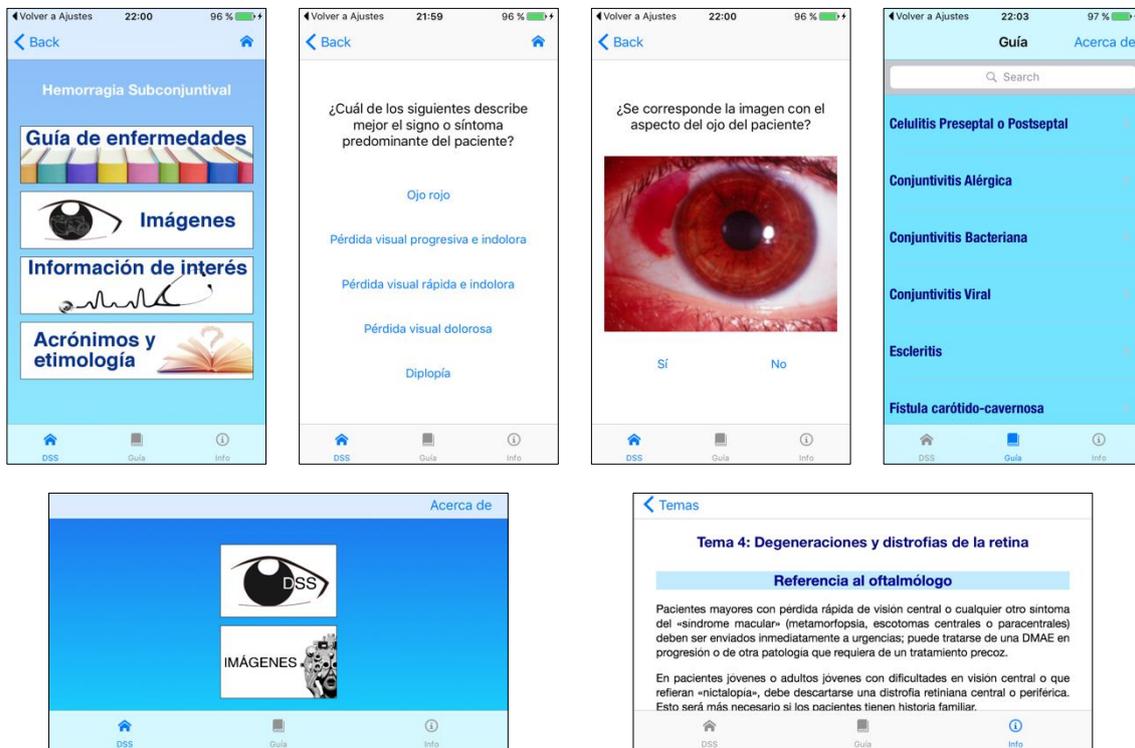


Imagen 5. 23. Ejecución de la aplicación en iPhone 5S. Fuente: propia.

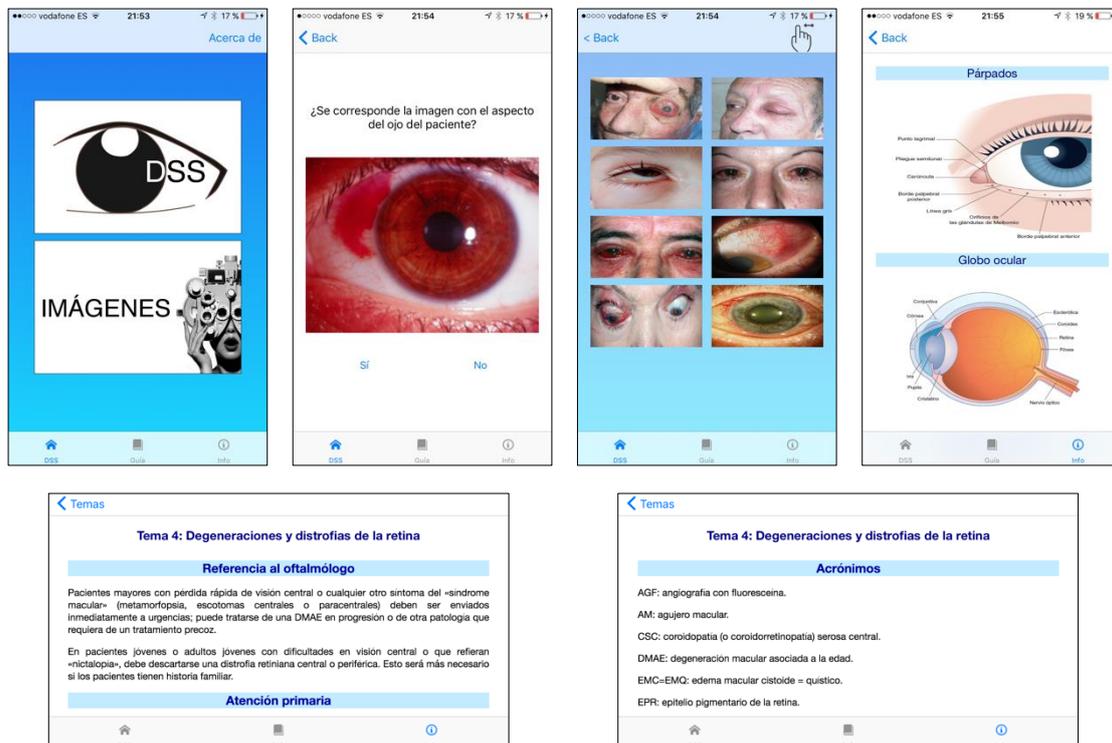


Imagen 5. 24. Ejecución de la aplicación en iPhone 6S. Fuente: propia.

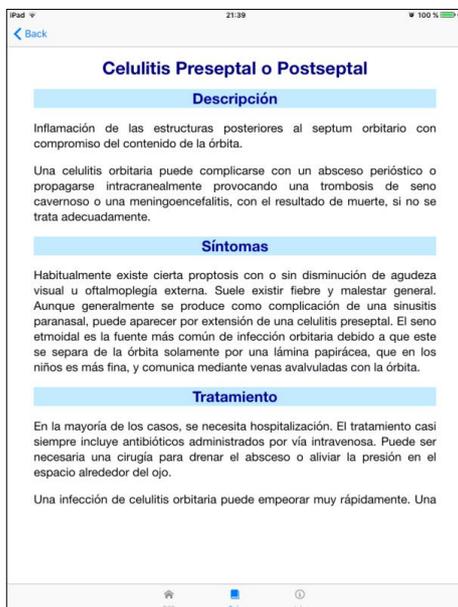
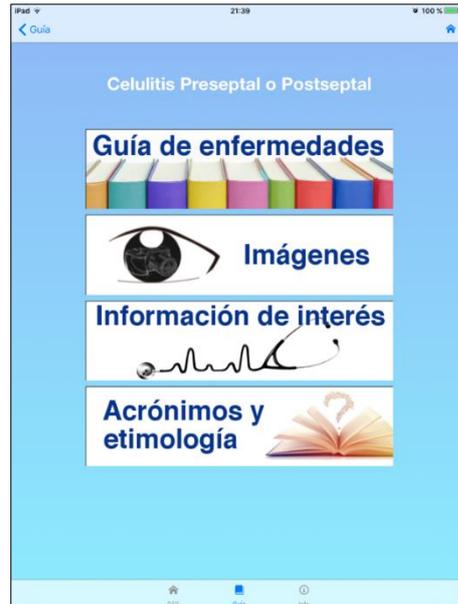
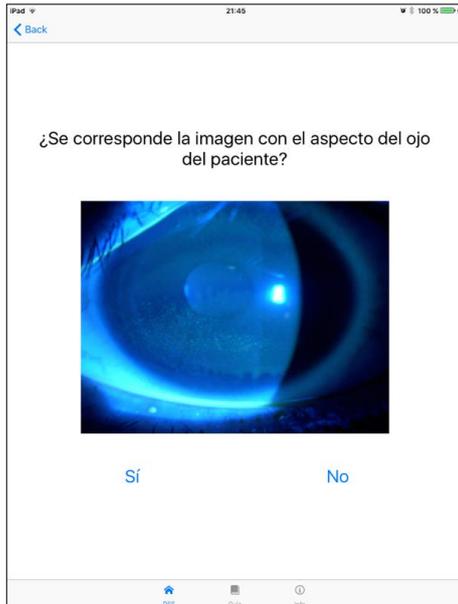


Imagen 5. 25. Ejecución de la aplicación en iPad mini. Fuente: propia.

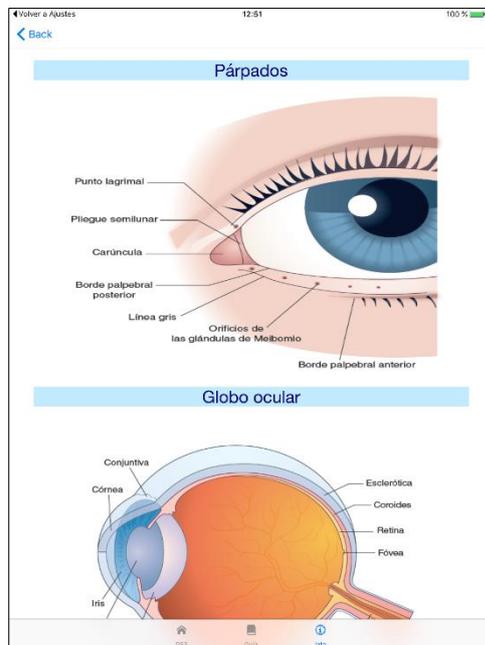
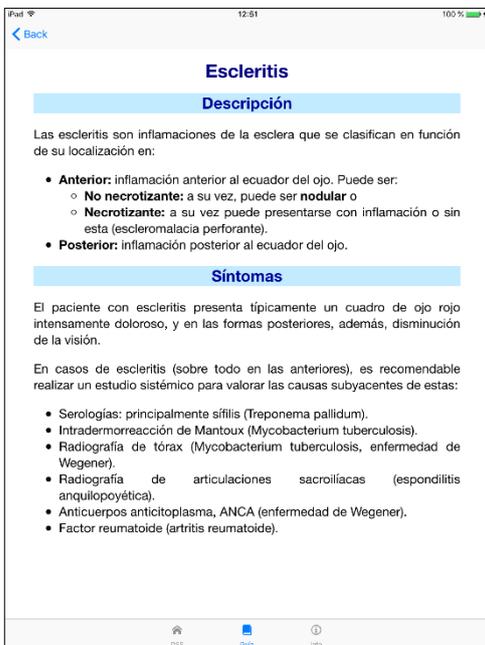
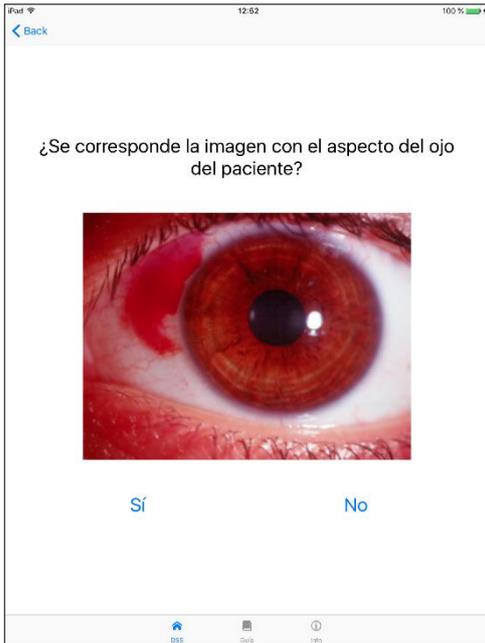


Imagen 5. 26. Ejecución de la aplicación en iPad Air. Fuente: propia.

5.3. Evaluación de QoE de la aplicación en Android

En el desarrollo de esta aplicación para el sistema operativo iOS se ha tenido en cuenta la evaluación que los estudiantes de medicina de la Universidad de Valladolid realizaron sobre la primera versión de esta aplicación para el sistema operativo iOS, la cual está recogida en la publicación de Manovel-López, M. et al. [14].

La calidad de la experiencia de usuario (QoE) ha sido evaluada a través de una sencilla encuesta basada en la escala Likert, en la cual el encuestado evalúa cada pregunta con un valor del 1 al 5, siendo el 1 “Totalmente en desacuerdo” y el 5 “Totalmente de acuerdo”. La Tabla 5. 2 muestra las preguntas contenidas en la encuesta.

Tabla 5. 2. Encuesta de evaluación de la QoE de OphthalDSS. Fuente: propia.

CALIDAD DEL CONTENIDO		
1	¿La aplicación realiza la función esperada?	1 2 3 4 5
2	¿Podría hacer lo mismo sin la aplicación?	1 2 3 4 5
3	¿Opina que la información contenida es fiable?	1 2 3 4 5
4	¿Puede relacionar problemas de salud al uso de esta aplicación?	1 2 3 4 5
5	¿Su calidad de vida ha mejorado con el uso de la aplicación?	1 2 3 4 5
6	¿Hay algún contenido de la misma que ha encontrado realmente útil?	
7	¿Cree que falta algún contenido que no debería?	
FACILIDAD DE USO		
8	¿Ha encontrado lo que necesitaba?	1 2 3 4 5
9	¿Cree que el método tradicional es más difícil o no existe?	1 2 3 4 5
10	¿Es esta aplicación útil para la monitorización de enfermedades?	1 2 3 4 5
DISPONIBILIDAD		
11	¿Tiene la garantía de poder utilizar esta aplicación en cualquier momento y cualquier lugar?	1 2 3 4 5
FUNCIONAMIENTO		
12	¿Cree que podría tener un funcionamiento más optimizado?	1 2 3 4 5
13	¿Ha encontrado algún error mientras utilizaba la aplicación?	1 2 3 4 5
APARIENCIA		
14	¿Encuentra adecuada la apariencia de la aplicación?	1 2 3 4 5
15	¿Le gustaría cambiar algo de la apariencia de la aplicación?	1 2 3 4 5
16	¿Qué le gustaría cambiar de la apariencia aplicación?	
PRECISIÓN		
17	¿Cree que el método de diagnóstico de esta aplicación es, en general, preciso?	1 2 3 4 5

Tras la realización de la encuesta, se obtuvieron un total de 67 respuestas. Como se ha comprobado en la tabla anterior, la mayoría de las preguntas se basan en la escala Likert, mientras que tres de

ellas ofrecen al usuario la posibilidad de mostrar su opinión. Todas las respuestas basadas en Likert han sido recogidas en la siguiente tabla, habiendo sido estas clasificadas según los posibles valores para cada pregunta. Las dos últimas columnas representan la calificación media y la desviación estándar para cada pregunta.

Tabla 5. 3. Resultados de la QoE extraídos de la encuesta. Fuente: propia.

Pregunta	# de 1	# de 2	# de 3	# de 4	# de 5	Media	Desviación estándar
P1	1	1	10	39	16	4,01	0,77
P2	6	22	27	11	1	2,69	0,91
P3	1	0	2	25	39	4,51	0,70
P4	16	7	16	24	4	2,90	1,29
P5	4	10	29	22	2	3,12	0,91
P8	0	3	15	38	11	3,85	0,74
P9	0	4	42	17	4	3,31	0,68
P10	1	7	19	26	14	3,67	0,98
P11	5	6	8	22	26	3,87	1,24
P12	0	5	27	23	12	3,63	0,87
P13	26	13	12	11	5	2,34	1,34
P14	1	6	12	26	22	3,93	1,00
P15	11	16	17	15	8	2,90	1,27
P17	0	2	22	32	11	3,78	0,76

En la Figura 5. 1 se muestran las calificaciones medias obtenidas para cada bloque de la encuesta, obteniendo todos ellos una calificación superior a 2.5 puntos.

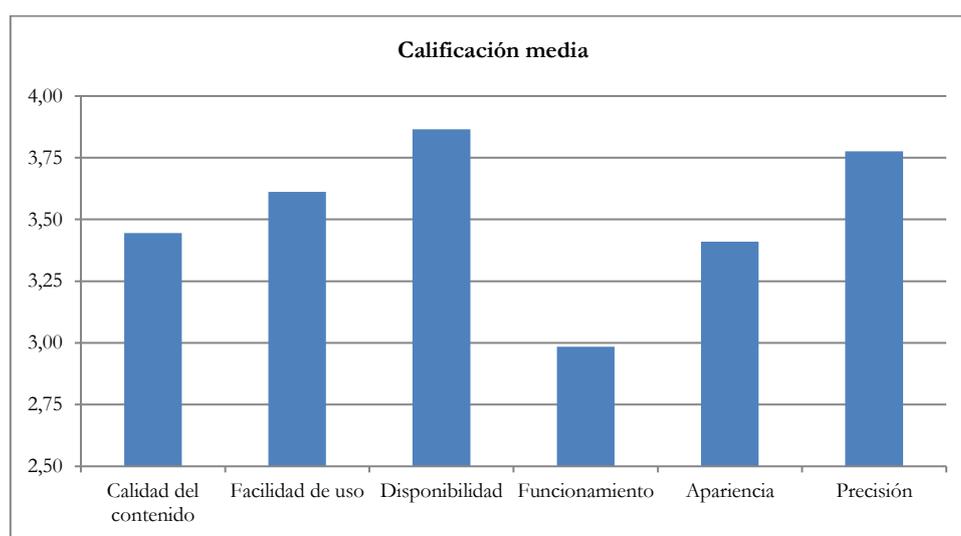


Figura 5. 1. Calificación media por bloque. Fuente: propia.

Las preguntas P6, P7 y P16 permiten al usuario mostrar su opinión en cuanto al tema preguntado, y un resumen de las respuestas recogidas en estas preguntas es el que se muestra en la Tabla 5. 4.

Tabla 5. 4. Resultados de las opiniones de los encuestados. Fuente: propia.

Pregunta	Respuesta
¿Hay algún contenido que haya encontrado realmente útil?	<i>La sección de imágenes es la más apreciada, pero también el sistema DSS ha resultado muy interesante, al igual que la información sobre las patologías, el cual es considerado como contenido muy valioso.</i>
¿Cree que falta algún contenido que no debería?	<i>Los estudiantes de medicina muestran la necesidad de una sección de autoevaluación, con cuestiones tipo test que ayuden a los estudiantes a aprender y evaluar sus contenidos sobre la materia. También echan de menos información sobre la anatomía del ojo sano e información sobre la farmacología y la posología de enfermedades. En caso de que la aplicación no cuente con la guía de la enfermedad correspondiente, o incluso en el caso de que sí, apreciarían que la aplicación mostrase una lista con las posibles patologías que puede presentar el paciente. <i>Ven interesante la posibilidad de hacer una fotografía al ojo del paciente con la cámara del Smartphone para comparar con las imágenes de una base de datos.</i></i>
¿Qué le gustaría cambiar de la apariencia de la aplicación?	<i>La mayoría de los estudiantes piensan que el diseño de la aplicación es claro y simple, pero algunos opinan que podría tener un diseño más moderno y atractivo, y que las imágenes de las enfermedades podrían ser de mayor tamaño.</i>

Analizando cada bloque de la encuesta, se pueden extraer ideas valiosas de cara a la valoración de la calidad de la experiencia de usuario. Respecto al bloque “Calidad del contenido”, la mayoría de los estudiantes aseguran que OphthalDSS realiza la función que ellos esperaban, como se muestra en la Figura 5. 2. En cuanto a si los usuarios podrían hacer lo mismo sin utilizar la herramienta ofrecida por la aplicación, la mayoría piensa que el uso de esta herramienta no interfiere en su tarea, reflejado en la Figura 5. 3. Y en relación a la confianza en la información contenida, prácticamente la totalidad de los estudiantes piensa que la información clínica de OphthalDSS es bastante o muy fiable, como se presenta en la Figura 5. 4.

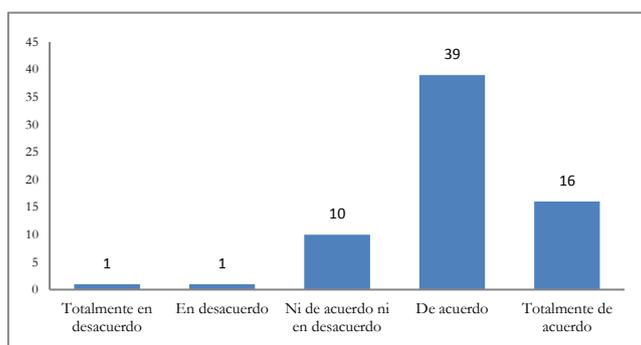


Figura 5. 2. Respuestas a la pregunta “¿La aplicación realiza la función esperada?”. Fuente: propia.

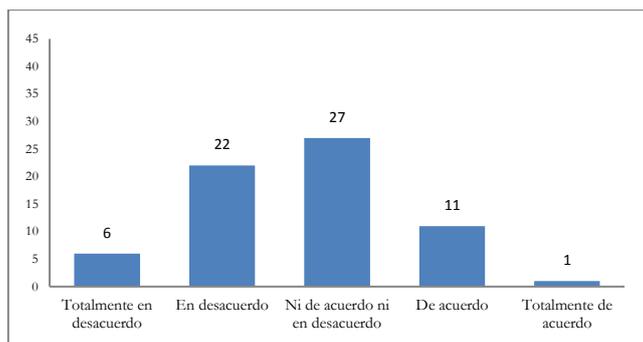


Figura 5. 3. Respuestas a la pregunta “¿Podría hacer lo mismo sin la aplicación?”. Fuente: propia.

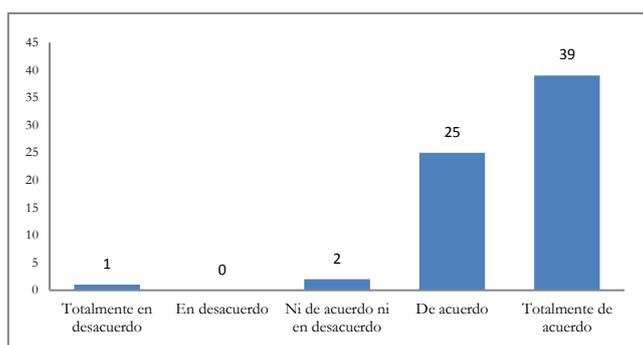


Figura 5. 4. Respuestas a la pregunta “¿Cree que la información es fiable?”. Fuente: propia.

En el bloque “Facilidad de Uso”, la mayoría de los estudiantes encontró lo que estaba buscando mientras utilizaba la aplicación, lo cual significa que la herramienta OphthalDSS es intuitiva, como muestra la Figura 5. 5. Y en cuanto si el método tradicional es más difícil o no existe, un 25% de los estudiantes piensa que OphthalDSS puede ayudar en el método tradicional de diagnóstico, pero la mayoría, alrededor de un 69% de los estudiantes, no tienen una opinión clara y están moderadamente de acuerdo con la pregunta, como refleja la Figura 5. 6.

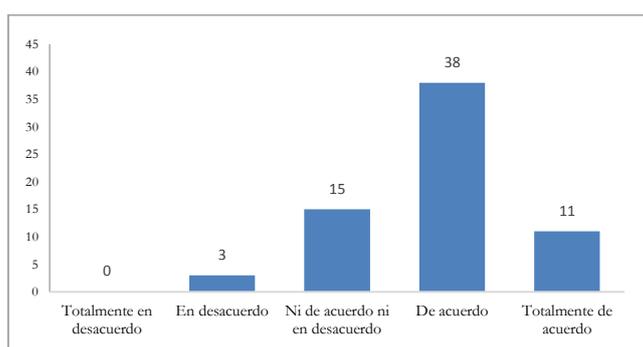


Figura 5. 5. Respuestas a la pregunta “¿Ha encontrado lo que necesitaba?”. Fuente: propia.

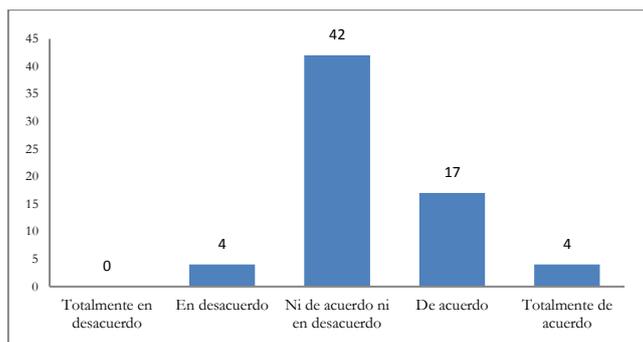


Figura 5. 6. Respuestas a la pregunta “¿Cree que el método tradicional es más difícil o no existe?”. Fuente: propia.

En cuanto al bloque de “Funcionamiento”, la mayoría de los estudiantes piensan que la aplicación podría presentar un funcionamiento más optimizado, pero la mayoría está satisfecha con el funcionamiento de la misma, como se muestra en la Figura 5. 7. Respecto a la “Apariencia”, alrededor de un 72% de los estudiantes están bastante o muy satisfechos con el diseño y el aspecto de OphthalDSS, lo cual es reflejado en la Figura 5. 8. Y finalmente, en relación al bloque de “Precisión”, cerca de un 65% de los estudiantes están bastante de acuerdo con la efectividad del algoritmo de decisión implementado por OphthalDSS, como muestra la Figura 5. 9.

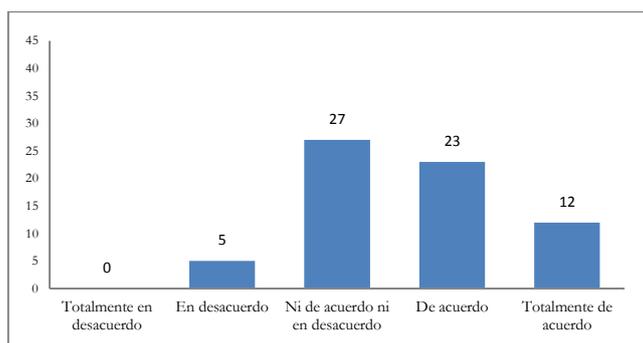


Figura 5. 7. Respuestas a la pregunta “¿La aplicación podría tener un funcionamiento más optimizado?”. Fuente: propia.

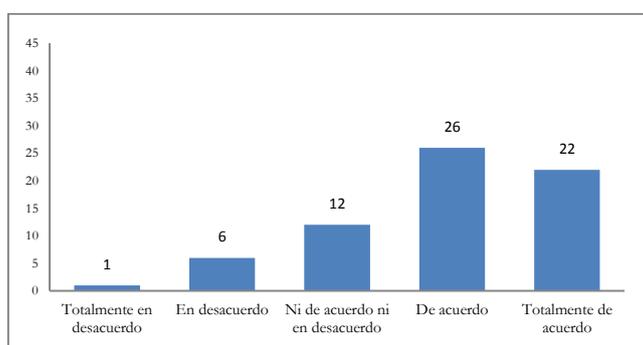


Figura 5. 8. Respuestas a la pregunta “¿Es adecuada la apariencia de esta aplicación?”. Fuente: propia.

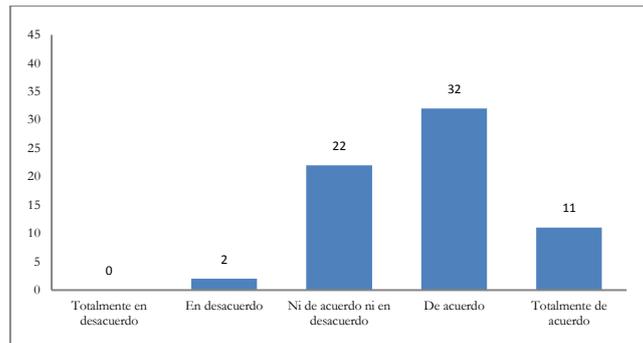


Figura 5. 9. Respuestas a la pregunta “¿Cree que el método de diagnóstico de esta aplicación es, en general, preciso?”. Fuente: propia.

A pesar de no haber llegado al centenar de estudiantes, el número de respuestas es considerable, de manera que se pueden extraer buenas conclusiones tras analizar las respuestas a esta encuesta. La evaluación de cada uno de los bloques ha obtenido una calificación superior al valor medio. La mayoría de los estudiantes encuestados coinciden en que OphthalDSS realiza la función que ellos esperaban, y aprecian realmente la calidad de la información presentada. También cabe destacar que la mayoría de los encuestados valoran positivamente la efectividad del algoritmo de decisión, el cual es uno de los aspectos más importantes a valorar en la encuesta. Y en cuanto a la apariencia, están de acuerdo en que es una aplicación intuitiva y su aspecto es apropiado teniendo en cuenta el objetivo de la misma. Después de haber analizado las opiniones de los estudiantes de medicina, se puede concluir con que OphthalDSS es una herramienta muy práctica pero que esta versión requiere contenido extra que haga de ella un instrumento realmente útil.

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES
Y LÍNEAS FUTURAS

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1. Conclusiones

6.1.1. Conclusiones generales

Tras finalizar el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, hay varios aspectos a comentar en este apartado de conclusiones, sobre todo relacionados con la revisión del estado del arte de sistemas de ayuda en la toma de decisiones médicas en el ámbito de la oftalmología, y también relacionados con el desarrollo de estos sistemas para el sistema operativo iOS.

En primer lugar cabe destacar que el uso de aplicaciones sigue aumentando año tras año, y este uso aumenta en usuarios adultos, en franjas de edades por encima de los 45 años. De manera que no sólo la gente más joven utiliza las aplicaciones móviles, y por tanto el mercado de las aplicaciones móviles ha de adaptarse a las necesidades de los nuevos usuarios. La categoría de aplicaciones relacionadas con la salud nunca ha sido mayoritaria dentro de la amplia oferta de aplicaciones, pero es de las categorías que más ha visto incrementado el número de aplicaciones en este área. A las personas cada vez nos preocupa más nuestra salud, y no es de extrañar que recurramos a las aplicaciones móviles para llevar un seguimiento de ciertos parámetros físicos, controlar nuestra medicación o pedir cita en el médico.

Y si en general las personas cada vez utilizamos más las aplicaciones móviles para suplir alguna necesidad en nuestro ámbito privado, en el ámbito profesional cada vez se recurre más a estas herramientas. Las empresas y organizaciones cada vez potencian más el uso de aplicaciones móviles en el día a día entre los trabajadores. Los médicos, por supuesto, también utilizan herramientas TIC para desempeñar su tarea diaria en una profesión que exige un aprendizaje continuo y que la buena organización y la toma de decisiones están a la orden del día. En el ámbito médico cada vez son más habituales herramientas como los historiales clínicos electrónicos, la dispensación de recetas electrónicas o aplicaciones para gestionar electrónicamente las citas previas.

Tras la revisión de la literatura relacionada con sistemas de ayuda a la decisión médica en el ámbito de la oftalmología, la primera conclusión que se puede extraer es que la mayoría de las publicaciones que presentan un sistema de ayuda a la decisión médica están relacionados con enfermedades del polo posterior del ojo. Esto es debido a que enfermedades como el glaucoma, la degeneración macular asociada a la edad o la retinopatía diabética, son la principal causa de ceguera en el mundo y su diagnóstico se elabora a partir de imágenes de fondo de ojo. Por ello gran parte de los esfuerzos científicos se han dedicado a la ayuda en el diagnóstico de estas enfermedades, desarrollando sistemas que detecten patrones de afectación en imágenes de fondo de ojo, o árboles de decisión que ayuden en el diagnóstico temprano de estas patologías. Estos sistemas suelen implementarse en dispositivos específicos para conseguir el diagnóstico adecuado, por lo que son sistemas cuya viabilidad de implementación no es siempre adecuada, sobre todo en zonas donde los

recursos son escasos. Por ello también se está trabajando en el desarrollo de sistemas de bajo coste, basados en *Smartphone*, que permitan que las soluciones de teleoftalmología puedan llegar a todos los rincones. En cuanto al diagnóstico de enfermedades relacionadas con el polo anterior del ojo, aún hay una carencia de publicaciones en este ámbito, aunque vayan surgiendo tímidamente artículos. Algunos de ellos pretenden diagnosticar enfermedades del polo posterior detectando signos y síntomas en el segmento anterior del ojo.

En cuanto a la revisión de aplicaciones comerciales, mencionar que van aumentando las aplicaciones relacionadas con sistemas de ayuda en el diagnóstico de enfermedades oculares. Se es consciente del potencial que tienen las herramientas móviles aplicadas al ámbito sanitario, y también que la especialidad de oftalmología es una de las más complicadas y en la cual los profesionales de atención primaria utilizan más herramientas de consulta. Existen aplicaciones para el diagnóstico de enfermedades oculares, así como herramientas que ayudan en la actualización de los conocimientos médicos de los profesionales sanitarios.

Por todos los aspectos comentados a lo largo del presente trabajo y de lo recientemente expuesto, es adecuado pensar que el sistema aquí desarrollado cuenta con gran potencial para hacerse un lugar en el mercado de las aplicaciones, siendo este un sector en constante cambio, muy competitivo, y donde es necesario estar a la vanguardia de la tecnología y del conocimiento. Aún son pocas las aplicaciones móviles que dispongan de un sistema de ayuda en la decisión médica en el ámbito de la oftalmología y que comprendan un conjunto amplio de enfermedades de las cuales poder ofrecer diagnóstico, por lo que el sistema aquí presentado puede presumir de ofrecer una herramienta útil para los profesionales sanitarios y estudiantes de medicina que les ayude en su tarea diaria.

6.1.2. Conclusiones sobre el desarrollo e implantación de OphthalDSS

Además de extraer aspectos relacionados con el estado actual de los sistemas de ayuda a la decisión, también se pueden extraer conclusiones de la versión de la aplicación OphthalDSS desarrollada para el sistema operativo iOS, es decir, aspectos de su desarrollo y consideraciones sobre la implantación de la aplicación.

En cuanto a los aspectos a destacar asociados al desarrollo de la aplicación móvil comentar que:

- **Funcionalidades:** se han alcanzado los objetivos establecidos en las primeras fases de diseño en las cuales se determinaron las funcionalidades de la aplicación. OphthalDSS cuenta con un sistema de ayuda a la decisión médica, además de poder ofrecer contenido educativo como es la información clínica de las enfermedades y las imágenes relacionadas con cada una de ellas, además de información de interés para el médico de atención primaria, así como información de carácter pedagógico como son los acrónimos utilizados en oftalmología, un breve recuerdo etimológico y ciertos términos en lengua inglesa, información que también pretende servir de ayuda a estudiantes de medicina. En la versión

anterior se echó en falta una herramienta de búsqueda para poder acceder rápidamente a la guía de la enfermedad deseada, por lo que se ha incluido la funcionalidad en esta versión de OphthalDSS.

- **Conjunto de patologías:** uno de los objetivos era abarcar un número mayor de patologías de las cuales poder ayudar en el diagnóstico, lo cual se ha conseguido y se sigue trabajando en ello. Se ha continuado el trabajo en los algoritmos de decisión respecto de la primera versión y además el escenario de la aplicación es el adecuado para seguir incluyendo más diagramas de decisión para poder así ofrecer una herramienta completa de ayuda a la toma de decisiones en oftalmología.
- **Diseño adecuado:** se ha conseguido que la aplicación OphthalDSS disponga de una interfaz de usuario clara, simple y agradable para los usuarios. Además, consigue condensar gran cantidad de información, pudiendo acceder a ella de una manera sencilla. Los dispositivos móviles que soportan el sistema operativo iOS son los modelos de iPhone y iPad. A pesar de que solo son dos tipos de dispositivos, hay varios modelos de cada uno de ellos, por lo que se ha tenido cuidado en diseñar una aplicación que permita la correcta visualización del contenido en todos los dispositivos.
- **Aplicación fácil de utilizar:** OphthalDSS es una aplicación intuitiva de manera que el usuario puede interactuar con ella sin ningún problema, pudiendo acceder a todas las funcionalidades conociendo inequívocamente cuál es el resultado de sus acciones y teniendo la sensación de que tiene el control completo sobre la aplicación.

Las conclusiones que se pueden extraer respecto a la futura implantación de la aplicación OphthalDSS son:

- En general, podría ser considerada como una aplicación de gran utilidad, ya que así lo reflejaron los resultados obtenidos de la encuesta que valoraba la QoE de los estudiantes de medicina. La aplicación realiza la función que los usuarios esperan y su principal objetivo es poder ayudar en la elaboración del diagnóstico de enfermedades oculares.
- El sistema de ayuda a la decisión con el que cuenta OphthalDSS tiene un funcionamiento apropiado y elabora un diagnóstico adecuado, razón por la cual se espera que esta aplicación sea ampliamente aceptada por médicos de atención primaria y estudiantes de medicina a los cuales sea posible echar una mano en su tarea médica diaria. Además, el hecho de que OphthalDSS cuente con imágenes de todas las patologías es una herramienta extra que les facilitará la elaboración del diagnóstico.
- La aplicación cuenta con información médica elaborada por especialistas en la materia de la oftalmología, por lo que los usuarios valorarán esta característica como reflejó la evaluación de la QoE de los estudiantes de medicina.

- La aplicación dispone de una interfaz clara y sencilla, haciendo fácil el acceso a todas las funcionalidades, por lo que se espera que cualquier usuario pueda manejar la aplicación sin presentar ningún problema.

Por supuesto, aunque los objetivos propuestos inicialmente se hayan alcanzado, posiblemente a los usuarios les vayan surgiendo nuevas necesidades a medida que utilizan OphthalDSS, por lo que el equipo de desarrollo estará siempre dispuesto a recibir opiniones y sugerencias de mejora que ayuden a que la aplicación móvil sea realmente útil y esté completa.

Proyectos de esta índole permiten fusionar conocimientos de varias áreas, en este caso del ámbito de la oftalmología con el ámbito de las telecomunicaciones centradas en el desarrollo de herramientas TIC, consiguiendo el desarrollo de herramientas como la aquí presentada, que combinando dos áreas de conocimiento potentes, consigue dar como resultado un instrumento útil, que ayude de una manera sencilla en las tareas diarias de los profesionales médicos.

6.2. Líneas futuras

El desarrollo de los proyectos puede ser tan largo como se quiera, pero suele haber un tiempo limitado que restringe los resultados que se pueden ofrecer. Por ello siempre se debe indicar aquellos aspectos que han quedado en el tintero y que se pueden considerar para versiones futuras, sobre todo a nivel funcional y a nivel técnico, para seguir mejorando y completando las funcionalidades de la herramienta.

Para el desarrollo de esta versión de OphthalDSS se ha podido contar de antemano con la opinión de los usuarios finales, en este caso, estudiantes de medicina, que valoraban la calidad de experiencia de usuario. Estas opiniones han sido de gran valor para poder seguir mejorando la aplicación y suplir las necesidades que los usuarios se han encontrado durante la utilización de la misma. Por lo que ya se cuenta con la evaluación de los estudiantes de medicina, sería conveniente poder contar con la opinión de los médicos de atención primaria. A través de una sencilla encuesta con preguntas muy breves, el equipo de desarrollo obtendría una valoración de aspectos fundamentales de la aplicación como son:

- El diseño.
- La facilidad de uso.
- La apariencia.
- El funcionamiento.
- La precisión.

Sería adecuado además poder comparar la percepción que tienen los estudiantes de medicina de esta aplicación frente a la opinión de los médicos de atención primaria. Con un número

considerable de profesionales médicos se podrían extraer conclusiones válidas que den una idea de la repercusión que puede tener la utilización de una herramienta como esta en el ámbito sanitario.

6.2.1. Nivel funcional

Se pueden incluir tantas funcionalidades como se deseen en la aplicación, siempre que sean funcionalidades que proporcionen un valor añadido y que la implementación sea correcta para que el funcionamiento de OphthalDSS siga siendo adecuado. Es por ello que para el desarrollo de nuevas funcionalidades se debe tener muy presente la opinión proporcionada por los usuarios finales. Algunas de estas posibles mejoras pueden ser:

- **Incluir más enfermedades:** uno de los objetivos, en el cual se sigue trabajando, es poder conseguir una herramienta que ayude en el diagnóstico de la mayoría de las patologías oculares. Los algoritmos de decisión han de analizarse cuidadosamente, puesto que la variedad de enfermedades del ojo es muy amplia.
- **Lista de enfermedades probables:** bien en el caso de que el sistema haya podido elaborar un diagnóstico o bien en el caso en que la aplicación no cuente con la posible enfermedad que presenta el paciente, podría ser de utilidad ofrecer al usuario una lista con las enfermedades más probables que según los síntomas podría presentar el paciente, ordenadas por relevancia con los signos que presente.
- **Lengua inglesa:** para poder alcanzar un público mayor, sería conveniente ofrecer la aplicación en inglés, tanto para médicos y estudiantes extranjeros como para profesionales médicos y estudiantes españoles que deseen manejar la información en inglés para estar habituados al uso de la terminología correspondiente en lengua inglesa.
- **Sección de autoevaluación:** los estudiantes de medicina aprecian la posibilidad de evaluar sus habilidades oftalmológicas para preparar sus exámenes, por lo que una sección con preguntas tipo test basadas en los ejemplos de examen de preparación del MIR podría ser realmente útil para este perfil de usuario.
- **Teleoftalmología:** en un futuro podría ser interesante que la aplicación contara con la posibilidad de establecer una conexión telemática entre el profesional de atención primaria con el especialista en oftalmología.
- **Data mining y Cloud:** esta aplicación sienta las bases para desarrollar funcionalidades que aprovechen las técnicas de minería de datos y del almacenamiento en la nube. Una de estas funcionalidades podría ser la toma de fotografías con la cámara del *Smartphone* para posteriormente almacenarlas en una nube implementada para la compartición de imágenes de oftalmología y además emplear técnicas de minería de datos analizando estas imágenes.

6.2.2. Nivel técnico

El desarrollo de las TIC cada día amplía el abanico de posibilidades para desarrollar herramientas más potentes y con funcionalidades que hasta la fecha habían sido impensables. Por ello, a nivel

técnico hay varias consideraciones que pueden tenerse en cuenta para un futuro y que habrá que ir actualizando cada vez que la tecnología evolucione. Algunas mejoras podrían ser:

- **DSS:** continuar mejorando el sistema de decisión, ya no solo basándolo en árboles de decisión, sino utilizando técnicas de inteligencia artificial y redes neuronales que consigan que el sistema de decisión tenga cierta autonomía, pudiendo así aprender de las respuestas de los usuarios e ir mejorando en la elaboración del diagnóstico.
- **Imágenes:** ofrecer imágenes de gran calidad combinado con un buen funcionamiento de la aplicación, utilizando eficientemente los recursos del dispositivo.
- **Registro del paciente:** sería conveniente poder monitorizar el estado del paciente, conectando la aplicación a un sistema de historial clínico electrónico, con el fin de realizar un seguimiento más exhaustivo del paciente.
- **Cloud:** las posibilidades que ofrece el almacenamiento en la nube cada vez son mayores, incluso aún más si se aplican al ámbito médico, ya que permiten la compartición de información. Podría ser interesante conectar la aplicación con un servicio de computación y almacenamiento en la nube a través del cual los profesionales médicos pudieran compartir información y obtener una segunda opinión para elaborar el diagnóstico.
- **Data mining:** si la comunidad de usuarios de esta aplicación fuera lo suficientemente grande, la aplicación de técnicas de minería de datos sería interesante para esta aplicación, de manera que se pudiesen estudiar y analizar patrones de diagnóstico.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ditrendia. (2015). *Informe Mobile en España y en el Mundo 2015*. Recuperado el 18 de Junio desde <http://www.ditrendia.es/wp-content/uploads/2015/07/Ditrendia-Informe-Mobile-en-Espa%C3%B1a-y-en-el-Mundo-2015.pdf>
- [2] Alhambra-Eidos. (2014). *En 2018 el 70% de los profesionales llevará a cabo su trabajo con sus dispositivos inteligentes personales, según Gartner*. Recuperado el 18 de Junio desde http://www.alhambra-eidos.com/docs/Prensa/140528_NDP_%20AE_desayuno_movilidadCorporativa.pdf
- [3] *Alma-Ata, 1978*. (2016). *Alma-ata.es*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, desde <http://www.alma-ata.es/declaraciondealmaata/declaraciondealmaata.html>
- [4] Ministerio de Sanidad y Consumo. (2003). *Informe Anual del Sistema Nacional de Salud*. Recuperado el 18 de Junio de 2016 desde http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/pdf/equidad/Informe_Anual_1_parte.pdf
- [5] Hernansanz Iglesias, F., Clavería Fontán, A., Gervas Camacho, J., Márquez Calderón, M., & Alvarez-Dardet, C. (2012). El futuro del Sistema Nacional de Salud y su piedra angular, la atención primaria. In F. Hernansanz, A. Clavería & J. Gervás, *Informe SESPAS 2012: Atención Primaria: Evidencias, experiencias y tendencias en clínica, gestión y política sanitaria*. Recuperado el 18 de Junio de 2016 desde <http://www.gacetasanitaria.org/es/el-futuro-del-sistema-nacional/articulo/S0213911112000726/>
- [6] Alfaro, M., Bonis, J., Bravo, R., Fluiters, E., & Minué, S. (2012). Nuevas tecnologías en atención primaria: personas, máquinas, historias y redes. In F. Hernansanz, A. Clavería & J. Gervas, *Informe SESPAS 2012: Atención Primaria: Evidencias, experiencias y tendencias en clínica, gestión y política sanitaria*. Recuperado el 18 de Junio de 2016 desde <http://www.gacetasanitaria.org/es/nuevas-tecnologias-atencion-primaria-personas/articulo/S0213911112000520/>
- [7] Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2015). *Informe Anual del Sistema Nacional de Salud*. Recuperado el 18 de Junio de 2016 desde http://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/Inf_Anual_SNS_2015.pdf
- [8] esaludAST. (2014). *Memoria Jornadas e-Salud Asturias*. Oviedo. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde <http://esaludasturias.org/wp-content/uploads/2016/01/esaludAST2014.Memoria.pdf>
- [9] *e-Health | Telco Accesible | Sostenibilidad | Telefónica*. (2016). *Telefonica.com*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, desde <https://www.telefonica.com/es/web/sostenibilidad/telco-accesible/e-health>
- [10] Martínez-Pérez, B., de la Torre-Díez, I., López-Coronado, M., Sainz-de-Abajo, B., Robles, M., & García-Gómez, J. (2014). Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review. *J Med Syst*, 38(1). <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-013-0004-y>

- [11] Fundación Telefónica, (2016). *La Sociedad de la Información en España 2015*. Recuperado el 20 de Junio desde http://www.fundaciontelefonica.com/artes_cultura/publicaciones-listado/pagina-item-publicaciones/itempubli/483/
- [12] de la Torre-Díez, I., Martínez-Pérez, B., López-Coronado, M., Díaz, J., & López, M. (2014). Decision Support Systems and Applications in Ophthalmology: Literature and Commercial Review Focused on Mobile Apps. *J Med Syst*, 39(1). <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-014-0174-2>
- [13] Manovel López, M. (2015). *Desarrollo y evaluación de un sistema móvil de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología* (Grado en Ingeniería de Telecomunicación). Universidad de Valladolid.
- [14] Manovel López, M., Maldonado López, M., de la Torre Díez, I., Pastor Jimeno, J., & López-Coronado, M. (2016). A mobile decision support system for red eye diseases diagnosis: experience with medical students. *J Med Syst*, 40(6). <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-016-0508-3>
- [15] Policy - European Commission. (2016). *Ec.europa.eu*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, desde http://ec.europa.eu/health/ehealth/policy/index_en.htm
- [16] World Health Organization, (2011). *mHealth: New horizons for health through mobile technologies*. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf
- [17] AIES - Asociación de Investigadores de eSalud. (2015). *Informe inicial de presentación sobre el estado de la eSalud*. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde <http://aiesalud.com/actividad/eventos/presentacion/>
- [18] ITU - International Telecommunication Union. (2015). *Measuring the Information Society Report*. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2015/MISR2015-w5.pdf>
- [19] *Agenda Conectar 2020 - Principales logros de la PP-14*. (2016). *Itunews.itu.int*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, desde <https://itunews.itu.int/Es/5554-Agenda-Conectar-2020.note.aspx>
- [20] research2guidance. (2015). *mHealth App Developer Economics 2015*.
- [21] European Commission. (2012). *Guidelines on the Qualification and Classification of Stand Alone Software Used In Healthcare within the Regulatory Framework of Medical Devices*. DG Health and Consumer. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/10362/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- [22] Most popular Apple App Store categories in March 2016, s. (2016). *Apple: most popular app store categories 2016 | Statistic*. Statista. Recuperado el 20 de Junio de 2016, desde <http://www.statista.com/statistics/270291/popular-categories-in-the-app-store/>
- [23] *Fastest growing mobile app categories 2015 | Statistic*. (2016). Statista. Recuperado el 20 de Junio de 2016, desde <http://www.statista.com/statistics/251096/fastest-growing-shopping-app-categories/>

- [24] *Is Mobile Healthcare the Future? - Infographic | GreatCall.* (2016). *Greatcall.com*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, desde <http://www.greatcall.com/greatcall/lp/is-mobile-healthcare-the-future-infographic.aspx>
- [25] Reutskaja, E. & Ribera, J. (2013). *Gestión remota de pacientes: Un estudio sobre las percepciones de pacientes y profesionales en España*. IESE & Telefónica. Recuperado el 20 de Junio de 2016 desde <http://www.iese.edu/research/pdfs/ESTUDIO-305.pdf>
- [26] ONTSI - Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2015). *Los Ciudadanos Ante La E-Sanidad. Opiniones Y Expectativas De Los Ciudadanos Sobre El Uso Y La Aplicación De Las Tic En El Ámbito Sanitario*. Recuperado el 16 de Junio de 2016 desde http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/los_ciudadanos_ante_la_e-sanidad.pdf
- [27] Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011.
- [28] IOBA | Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada. (2016). *Web.ioba.es*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <http://www.web.ioba.es/>
- [29] Grupo de Telemedicina y eSalud. (2016). *Grupo de Telemedicina y eSalud*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <http://www.sigte.tel.uva.es/index.php/es/inicio/>
- [30] Gómez Ocaña, J., Revilla Pascual, E., Fernández-Cuesta Valcarce, M., & El-Asmar Osman, A. (2016). *Las 50 principales consultas en medicina de familia*. Recuperado el 21 de Junio desde <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3DLas+50+principales+consultas.pdf&blobheadervalue2=language%3Des%26site%3DPortalSalud&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310980700132&ssbinary=true>
- [31] Smith, T. (1995). *Guía completa de la salud familiar* (10th ed.). Planeta Pub Corp.
- [32] Pérez Moreiras, J.V., Álvarez López, A. "Orbitopatía tiroidea". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 305-312
- [33] González Pastor, E., Benítez del Castillo, J. M. "Semiología del ojo rojo. Lesiones conjuntivales e inflamación palpebral". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 101-113.
- [34] Fernández-Vega Sanz, L., Baamonde Arbaiza, B. "Patología corneal". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 127-138
- [35] Pastor Jimeno, J. C. "El examen del ojo". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 1-14

- [36] Maldonado López, M. J. "Ametropías. Presbicia. Cirugía refractiva". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 15-33
- [37] Hernández Galilea, E. "Patología del cristalino. Cataratas". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 35-46
- [38] Piñero Bustamante, A. "Degeneraciones y distrofias de la retina". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 47-58
- [39] Ruiz Moreno, J. M., Montero Moreno, J. "Miopía patológica". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 59-65
- [40] Sampaolesi, R. "Glaucoma crónico simple". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 67-80
- [41] García Arumí, J. "Degeneraciones retinianas periféricas, desprendimiento de vítreo posterior y desprendimiento de retina". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 81-90
- [42] Gómez-Ulla de Irazazábal, F. J. "Hemorragias vítreas. Oclusiones vasculares retinianas". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 91-100
- [43] Zato Gómez de Liaño, M. A. "Ambliopatía y estrabismo". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 207-216
- [44] Vogel González, M., Urzúa Salinas, C. "Patología oftalmológica del neonato y del lactante". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 217-225
- [45] Fandiño López, A. C., Saravia, M. "Leucoria". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 227-235
- [46] Alió Sanz, J. L., Artola Roig, A. "La pupila". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 237-248
- [47] Villegas Pérez, M. P., Vidal Sanz, M. "Vía óptica. Defectos del campo visual". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 249-263

- [48] Rebolleda Fernández, G., Muñoz Negrete, F. J. "Neuropatías ópticas". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 265-274
- [49] García Santana, S., Cestari, D. M. "Enfermedades del sistema oculomotor. Parálisis supra e infranuclear. Nistagmus". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 275-283
- [50] García Layana, A., Moreno Montañés, J. "Diabetes ocular". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 285-294
- [51] Maquet Dusart, J. A. "Retinopatía hipertensiva". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 295-304
- [52] Adán Civera, A., Pelegrín Colás, L. "Uveítis intermedias y posteriores". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 313-319
- [53] Arias Puente, A. "Farmacología ocular". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 339-350
- [54] *Home - PubMed - NCBI*. (2016). *Ncbi.nlm.nih.gov*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- [55] *IEEE Xplore Digital Library*. (2016). *Ieeexplore.ieee.org*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- [56] *Scopus - Welcome to Scopus*. (2016). *Scopus.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <https://www.scopus.com/>
- [57] *Web of Science*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=S2nLU4sCZ6GgwnFmgY4&preferencesSaved=
- [58] *ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books*. (2016). *Sciencedirect.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <http://www.sciencedirect.com/>
- [59] *Google Play* (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store?hl=es>
- [60] *App Store*. (2016). *Itunes.apple.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/es/genre/ios/id36?mt=8>
- [61] Bonetto, M., Nicolo, M., Gazzarata, R., Fraccaro, P., Rosa, R., & Musetti, D. et al. (2016). I-Maculaweb: A Tool to Support Data Reuse in Ophthalmology. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 4, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1109/jtehm.2015.2513043>

- [62] Mitsch, C., Fehre, K., Prager, S., & Scholda, C. (2016). Clinical Decision Support for the Classification of Diabetic Retinopathy : A Comparison. <http://doi.org/10.3233/978-1-61499-645-3-17>
- [63] Wang, S., Jin, K., Lu, H., Cheng, C., Ye, J., & Qian, D. (2016). Human Visual System-Based Fundus Image Quality Assessment of Portable Fundus Camera Photographs. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(4), 1046–1055. <http://doi.org/10.1109/TMI.2015.2506902>
- [64] Zaki, W. M. D. W., Zulkifley, M. A., Hussain, A., Halim, W. H. W. A., Mustafa, N. B. A., & Ting, L. S. (2016). Diabetic retinopathy assessment: Towards an automated system. *Biomedical Signal Processing and Control*, 24, 72–82. <http://doi.org/10.1016/j.bspc.2015.09.011>
- [65] Singh, A., Dutta, M. K., ParthaSarathi, M., Uher, V., & Burget, R. (2016). Image processing based automatic diagnosis of glaucoma using wavelet features of segmented optic disc from fundus image. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 124, 108–120. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2015.10.010>
- [66] Markun, S., Dishy, A., Neuner-Jehle, S., Rosemann, T., & Frei, A. (2015). The chronic care for wet age related macular degeneration (CHARMED) study: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 10(11). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0143085>
- [67] Ruminski, D., Sikorski, B. L., Bukowska, D., Szkulmowski, M., Krawiec, K., Malukiewicz, G., & Wojtkowski, M. (2015). OCT angiography by absolute intensity difference applied to normal and diseased human retinas. *Biomedical Optics Express*, 6(8), 2738–2754. <http://doi.org/10.1364/BOE.6.002738>
- [68] Belghith, A., Bowd, C., Medeiros, F. A., Balasubramanian, M., Weinreb, R. N., & Zangwill, L. M. (2015). Learning from healthy and stable eyes: A new approach for detection of glaucomatous progression. *Artificial Intelligence in Medicine*, 64(2), 105–115. <http://doi.org/10.1016/j.artmed.2015.04.002>
- [69] Gajbhiye, G. O., & Kamthane, A. N. (2015). Automatic classification of glaucomatous images using wavelet and moment feature. In *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)* (pp. 1–5). <http://doi.org/10.1109/INDICON.2015.7443150>
- [70] Narasimhan, K., & Vijayarekha, K. (2015). Automated diagnosis of hypertensive retinopathy using fundus images. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 8(11), 1534–1539. <http://doi.org/10.5958/0974-360X.2015.00274.7>
- [71] Mookiah, M. R. K., Acharya, U. R., Fujita, H., Koh, J. E. W., Tan, J. H., Chua, C. K., & Tong, L. (2015). Automated detection of age-related macular degeneration using empirical mode decomposition. *Knowledge-Based Systems*, 89, 654–668. <http://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.09.012>
- [72] Lee, B., Jeong, E., & Tifani, Y. (2015). An Intelligent Decision Support System for Retinal Disease Diagnosis based on SVM using a Smartphone. *The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 8(5), 373–383. <http://dx.doi.org/10.17661/jkiict.2015.8.5.373>
- [73] Mookiah, M., Acharya, U., Koh, J., Chua, C., Tan, J., & Chandran, V. et al. (2014). Decision support system for age-related macular degeneration using discrete wavelet transform. *Med Biol Eng Comput*, 52(9), 781–796. <http://dx.doi.org/10.1007/s11517-014-1180-8>
- [74] Pakzad-Vaezi, K., Or, C., Yeh, S., & Forooghian, F. (2014). Optical coherence tomography in the diagnosis and management of uveitis. *Canadian Journal of Ophthalmology. Journal Canadien D'ophtalmologie*, 49(1), 18–29. <http://doi.org/10.1016/j.jcjo.2013.10.005>

- [75] Noronha, K., Acharya, U. R., Nayak, K. P., Kamath, S., & Bhandary, S. V. (2013). Decision support system for diabetic retinopathy using discrete wavelet transform. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of Engineering in Medicine*, 227(3), 251–261. <http://doi.org/10.1177/0954411912470240>
- [76] Mookiah, M. R. K., Acharya, U. R., Chua, C. K., Lim, C. M., Ng, E. Y. K., & Laude, A. (2013). Computer-aided diagnosis of diabetic retinopathy: A review. *Computers in Biology and Medicine*. <http://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2013.10.007>
- [77] Xiao, D., Vignarajan, J., Lock, J., Frost, S., Tay-Kearney, M.-L., & Kanagasingham, Y. (2012). Retinal image registration and comparison for clinical decision support. *Australasian Medical Journal*, 5(9), 507–512. Retrieved from 10.4066/AMJ.2012.1364\n<http://ezproxy.library.uvic.ca/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=87021131&site=ehost-live&scope=site>
- [78] Bursell, S. E., Brazionis, L., & Jenkins, A. (2012). Telemedicine and ocular health in diabetes mellitus. *Clinical and Experimental Optometry*. <http://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2012.00746.x>
- [79] Holbura, C., Gordan, M., Vlaicu, A., Stoian, I., & Capatana, D. (2012). Retinal vessels segmentation using supervised classifiers decisions fusion. In *Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2012 IEEE International Conference on* (pp. 185–190). <http://doi.org/10.1109/AQTR.2012.6237700>
- [80] Saleh, M. D., & Eswaran, C. (2012). An automated decision-support system for non-proliferative diabetic retinopathy disease based on MAs and HAs detection. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 108(1), 186–196. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.03.004>
- [81] Jaafar, H. F., Nandi, A. K., & Al-Nuaimy, W. (2011). Decision support system for the detection and grading of hard exudates from color fundus photographs. *Journal of Biomedical Optics*, 16, 116001(1–10). <http://doi.org/10.1117/1.3643719>
- [82] Acharya, U. R., Dua, S., Du, X., Sree S, V., & Chua, C. K. (2011). Automated diagnosis of glaucoma using texture and higher order spectra features. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 15(3), 449–455. <http://doi.org/10.1109/TITB.2011.2119322>
- [83] Jaafar, H. F., Nandi, A. K., & Al-Nuaimy, W. (2011). Automated detection of red lesions from digital colour fundus photographs. In *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS* (pp. 6232–6235). <http://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091539>
- [84] Niwas, S. I., Lin, W., Bai, X., Kwoh, C. K., Jay Kuo, C. C., Sng, C. C., & Chew, P. T. K. (2016). Automated anterior segment OCT image analysis for Angle Closure Glaucoma mechanisms classification. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 130, 65–75. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.03.018>
- [85] Quellec, G., Charrière, K., Lamard, M., Cochener, B., & Cazuguel, G. (2014). Normalizing videos of anterior eye segment surgeries. *Conference Proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference, 2014*, 122–125. <http://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6943544>
- [86] Smadja, D., Touboul, D., Cohen, A., Doveh, E., Santhiago, M. R., Mello, G. R., & Colin, J. (2013). Detection of subclinical keratoconus using an automated decision tree classification. *American Journal of Ophthalmology*, 156(2). <http://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.03.034>

- [87] Souza, M. B., Medeiros, F. W., Souza, D. B., Garcia, R., & Alves, M. R. (2010). Evaluation of machine learning classifiers in keratoconus detection from orbscan II examinations. *Clinics Sao Paulo Brazil*, 65(12), 1223–1228. <http://doi.org/10.1590/s1807-59322010001200002>
- [88] Lodhia, V., Karanja, S., Lees, S., & Bastawrous, A. (2016). Acceptability, Usability, and Views on Deployment of Peek, a Mobile Phone mHealth Intervention for Eye Care in Kenya: Qualitative Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 4(2), e30. <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.4746>
- [89] Imberman, S. P., Zelikovitz, S., & Ludwig, I. (2013). An Ophthalmologist's Tool for Predicting Deterioration in Patients with Accommodative Esotropia. In *Information Technology: New Generations (ITNG), 2013 Tenth International Conference on* (pp. 738–742). <http://doi.org/10.1109/ITNG.2013.114>
- [90] Girardi, D. R., Moro, C. M., & Bulegon, H. (2010). SeyeS - Support system for preventing the development of ocular disabilities in leprosy. In *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC'10* (pp. 6162–6165). <http://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627769>
- [91] Odufuwa, T., Solebo, L., & Low, S. (2007). Diagnostic decision support in ophthalmology. *J Telemed Telecare*, 13(5), 44–46. <http://dx.doi.org/10.1258/135763307781645121>
- [92] Paunksnis, A., Barzdzikus, V., Jegelevicius, D., Kurapkiene, S., & Dzemyda, G. (2006). The use of information technologies for diagnosis in ophthalmology. *Journal of Telemedicine & Telecare*, 12, 37–40. <http://doi.org/10.1258/135763306777978443>
- [93] Wipfli, R., Ehrler, F., Bediang, G., Bétrancourt, M., & Lovis, C. (2016). How Regrouping Alerts in Computerized Physician Order Entry Layout Influences Physicians' Prescription Behavior: Results of a Crossover Randomized Trial. *JMIR Human Factors*, 3(1), e15. <http://dx.doi.org/10.2196/humanfactors.5320>
- [94] Costanzo, A., Faro, A., Giordano, D., & Pino, C. (2016). Mobile cyber physical systems for health care: Functions, ambient ontology and e-diagnostics. In *2016 13th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2016* (pp. 972–975). <http://doi.org/10.1109/CCNC.2016.7444920>
- [95] van Rooij, T., & Marsh, S. (2016). eHealth: past and future perspectives. *Personalized Medicine*, 13(1), 57–70. <http://doi.org/10.2217/pme.15.40>
- [96] Andreu-Pérez, J., Leff, D. R., Ip, H. M. D., & Yang, G. Z. (2015). From Wearable Sensors to Smart Implants: Toward Pervasive and Personalized Healthcare. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(12), 2750–2762. <http://doi.org/10.1109/TBME.2015.2422751>
- [97] Papageorgiou, E. I., Huszka, C., De Roo, J., Douali, N., Jalent, M. C., & Colaert, D. (2013). Application of probabilistic and fuzzy cognitive approaches in semantic web framework for medical decision support. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 112(3), 580–598. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.008>
- [98] Douali, N., De Roo, J., & Jalent, M. C. (2012). Decision support system based semantic web for personalized patient care. *Studies in Health Technology and Informatics*, 180, 1203–5. <http://doi.org/10.3233/978-1-61499-101-4-1203>
- [99] Jegelevicius, D., Krisciukaitis, A., Lukosevicius, A., Marozas, V., Paunksnis, A., Barzdzikus, V., IEEE. (2009). *Network Based Clinical Decision Support System. 2009 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*. <http://doi.org/10.1109/ITAB.2009.5394348>

- [100] Haake, A. R., Pelz, J. B., Smagner, J., Colombo, D., Lindsay, L., & Papier, A. (2008). Eye tracking users of a visual diagnostic clinical decision support system to discover decision-making strategies and to inform user interface design. *AMLA. Annual Symposium Proceedings / AMLA Symposium*, 962.
- [101] Masella, C., & Zanaboni, P. (2008). Assessment models for telemedicine services in national health systems. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 9(5-6) (pp 446-472), ate of Pubaton: 2008. <http://doi.org/10.1504/IJHTM.2008.020198>
- [102] Wietfeld, C., Wolff, A., & Bieker, U. (2007). MobileEmerGIS: a wireless-enabled technology platform to efficiently support field forces in protecting critical infrastructure. In *The 2007 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security* (Vol. 1, pp. 51–56).
- [103] Kortüm, K., Müller, M., Hirneiß, C., Babenko, A., Nasseh, D., Kern, C., & Kreutzer, T. C. (2016). Smart eye data: Development of a foundation for medical research using Smart Data applications [Smart eye data: Entwicklung eines Fundaments für medizinische Forschung mittels Smart-Data-Applikationen]. *Ophthalmologe*, 1–8. <http://doi.org/10.1007/s00347-016-0272-2>
- [104] Bello-Orgaz, G., Jung, J. J., & Camacho, D. (2016). Social big data: Recent achievements and new challenges. *Information Fusion*, 28, 45–59. <http://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.08.005>
- [105] Makam, A. N., Lanham, H. J., Batchelor, K., Moran, B., Howell-Stampley, T., Kirk, L., & Halm, E. A. (2014). The good, the bad and the early adopters: Providers' attitudes about a common, commercial EHR. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 20(1), 36–42. <http://doi.org/10.1111/jep.12076>
- [106] Ahmed, S. (2014). Knowledge based systems for ubiquitous e-healthcare. In *2014 International Conference on Web and Open Access to Learning, ICWOAL 2014*. <http://doi.org/10.1109/ICWOAL.2014.7009205>
- [107] Kim, H. S., Hwang, Y., Lee, J. H., Oh, H. Y., Kim, Y. J., Kwon, H. Y., & Kim, J. H. (2014). Future prospects of health management systems using cellular phones. *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association*, 20(6), 544–51. <http://doi.org/10.1089/tmj.2013.0271>
- [108] Velasco, E., Aghenza, T., Denecke, K., Kirchner, G., Eckmanns, T., & Agheneza, T. (2014). Social Media and Internet-Based Data in Global Systems for Public Health Surveillance: A Systematic Review. *The Milbank Quarterly*, 92(1), 7–33. <http://doi.org/10.1111/1468-0009.12038>
- [109] Ben-Zion, R., Pliskin, N., & Fink, L. (2014). Critical Success Factors for Adoption of Electronic Health Record Systems: Literature Review and Prescriptive Analysis. *Information Systems Management*, 31(4), 296–312. <http://doi.org/10.1080/10580530.2014.958024>
- [110] Zeng, L., Meng, C., Li, Z., Huang, X., & Liang, Z. (2014). Cloud computing and its decision-making for medical and health informatization in the context of big data. In *Proceedings - 2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, IEEE BIBM 2014* (pp. 201–206). <http://doi.org/10.1109/BIBM.2014.6999359>
- [111] Dixon, B. E., Simonaitis, L., Goldberg, H. S., Paterno, M. D., Schaeffer, M., Hongsermeier, T., & Middleton, B. (2013). A pilot study of distributed knowledge management and clinical decision support in the cloud. *Artificial Intelligence in Medicine*, 59(1), 45–53. <http://doi.org/10.1016/j.artmed.2013.03.004>

- [112] Hijazi, M. H. A., Coenen, F., & Zheng, Y. (2012). Data mining techniques for the screening of age-related macular degeneration. In *Knowledge-Based Systems* (Vol. 29, pp. 83–92). <http://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.07.002>
- [113] Speckauskiene, V., & Lukosevicius, A. (2009). Methodology of adaptation of data mining methods for medical decision support: case study/Duomenų gavybos ir analizės metodo taikymo medicininiamis sprendimams rengti metodologija: atveju tyrimas. *Elektronika Ir Elektrotechnika*, (2(90)), 25.
- [114] Silverstone, D. E., Paek, H. M., Kogan, Y., Essaihi, A., & Shiffman, R. N. (2005). Incorporation of clinical practice guidelines for glaucoma into an ophthalmology electronic medical record. *AMIA. Annual Symposium Proceedings / AMIA Symposium. AMIA Symposium*, 1115.
- [115] Succar, T., Grigg, J., Beaver, H. A., & Lee, A. G. (2016). A systematic review of best practices in teaching ophthalmology to medical students. *Survey of Ophthalmology*, 61(1), 83–94. <http://doi.org/10.1016/j.survophthal.2015.09.001>
- [116] Zarbin, M. a, Montemagno, C., Leary, J. F., & Ritch, R. (2010). Nanotechnology in ophthalmology. *Canadian Journal of Ophthalmology. Journal Canadien D'ophtalmologie*, 45(5), 457–476. <http://doi.org/10.3129/i10-090>
- [117] Hwang, J. C., Yu, A. C., Casper, D. S., Starren, J., Cimino, J. J., & Chiang, M. F. (2006). Representation of Ophthalmology Concepts by Electronic Systems. Intercoder Agreement among Physicians Using Controlled Terminologies. *Ophthalmology*, 113(4), 511–519. <http://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.01.017>
- [118] Gerdson, F., Müller, S., Jablonski, S., & Probsch, H. U. (2006). Standardized exchange of clinical documents: Towards a shared care paradigm in glaucoma treatment. *Methods of Information in Medicine*, 45(4), 359–366.
- [119] MediDSS. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Medilog.MediDSS>
- [120] *Ophthalmology pocket*. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bbi.opthalmology>
- [121] *The Eyes Have It*. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.umich.tehi>
- [122] *D-EYE*. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.deyecare.deye>
- [123] *D-EYE*. (2016). Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde https://www.d-eyecare.com/en_ES
- [124] *EyeTouch*. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exmp.eyetouch_v1
- [125] *Diagnóstico ocular*. (2016). *Play.google.com*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.eisfeldj.augendiagnose>
- [126] *Ocular Diagnosis iPhone Edition*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/es/app/ocular-diagnosis-iphone-edition/id972602567?mt=8>

- [127] Synopsis, C. & Inc., E. (2016). *Clinical Ophthalmology: A Synopsis en App Store*. *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/us/app/clinical-ophthalmology-synopsis/id465963946?mt=8>
- [128] *Uveitis doctor en App Store*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/es/app/uveitis-doctor/id816456088?mt=8>
- [129] *PEDS OPH en App Store*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/do/app/peds-oph/id500954396?mt=8>
- [130] *Pain Eye en App Store*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/mx/app/pain-eye/id828047478?l=en&mt=8>
- [131] *Vasculitis retiniana en App Store*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/us/app/vasculitis-retiniana/id1052679824?l=es&mt=8>
- [132] *Central Florida Retina en App Store*. (2016). *App Store*. Recuperado el 27 de Junio de 2016, desde <https://itunes.apple.com/mx/app/central-florida-retina/id395888136?mt=8>
- [133] *Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Grew 3.9 Percent in First Quarter of 2016*. (2016). *Gartner.com*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, desde <http://www.gartner.com/newsroom/id/3323017>
- [134] *Diez razones para comprar un iPhone en lugar de un Android*. (2012). *GeekPro*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, desde <http://www.geekpro.es/tecnologia/movil-tecnologia/2011/09/diez-razones-para-comprar-un-iphone-en-lugar-de-un-android/>
- [135] Spain, V. (2016). *¿Qué sistema operativo móvil prefieren los médicos españoles y latinoamericanos? - Vademecum.es*. *Vademecum.es*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, desde <http://www.vademecum.es/noticia-140303-+iquest+qu+eacute++sistema+operativo+m+oacute+v+il+prefieren+los+m+eacute+dicos+e+spa+ntilde+oles+y+latinoamericanos%3F7899>
- [136] *Xcode - IDE - Apple Developer*. (2016). *Developer.apple.com*. Recuperado el 29 de Junio de 2016, desde <https://developer.apple.com/xcode/ide/>
- [137] *¿Objective-C o Swift? Qué lenguaje aprender para programar en iOS - campusMVP.es*. (2015). *campusMVP.es*. Recuperado el 29 de Junio de 2016, desde <http://www.campusmvp.es/recursos/post/Objective-C-o-Swift-Que-lenguaje-aprender-para-programar-en-iOS.aspx>
- [138] *Human Interface Guidelines - iOS Human Interface Guidelines*. (2016). *Developer.apple.com*. Recuperado el 29 de Junio de 2016, desde <https://developer.apple.com/ios/human-interface-guidelines/>

ANEXO I
PUBLICACIONES
CIENTÍFICAS

ANEXO I

A. Revistas indexadas en JCR

- Marta Manovel López, Miguel Maldonado López, Isabel de la Torre Díez, José Carlos Pastor Jimeno, Miguel López-Coronado, “A Mobile Decision Support System for Red Eye Diseases Diagnosis: Experience with Medical Students”, *Journal of Medical Systems*, vol. 40, n.º. 6, 151, 2016.

B. Conferencias internacionales

- Marta Manovel López, Miguel Maldonado López, Isabel de la Torre Díez, José Carlos Pastor Jimeno, Miguel López-Coronado, Joel J. P. C. Rodrigues, “Evaluating the QoE of a Mobile DSS for Diagnosis of Red Eye Diseases by Medical Students”, 18th International Conference on E-Health Networking, Application & Services (IEEE Healthcom 2016), 2016.
 - Publicación aceptada.