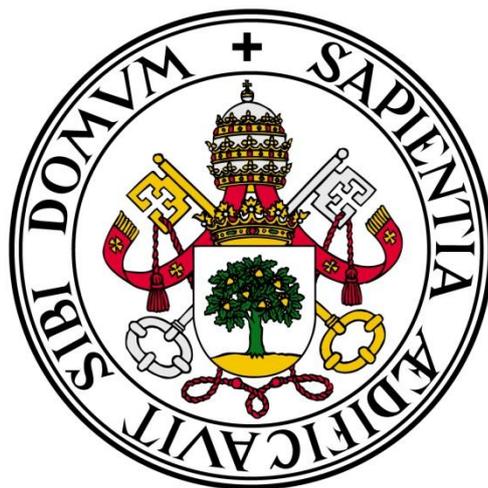


UNIVERSIDAD DE



VALLADOLID

E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Desarrollo y evaluación de un sistema móvil de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología

Autor:

Marta Manovel López

Tutores:

Miguel López-Coronado Sánchez-Fortún

Isabel de la Torre Díez

Valladolid, 14 de Julio de 2015

TÍTULO: Desarrollo y evaluación de un sistema móvil de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología

AUTOR: Marta Manovel López

TUTORES: Miguel López-Coronado Sánchez-Fortún
Isabel de la Torre Díez

DEPARTAMENTO: Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE: Miguel López-Coronado Sánchez-Fortún

VOCAL: Isabel de la Torre Díez

SECRETARIO: Beatriz Sainz de Abajo

SUPLENTE: Carlos Gómez Peña

SUPLENTE: Salvador Dueñas Carazo

FECHA: 14 de Julio de 2015

CALIFICACIÓN:

RESUMEN

Hoy en día es tal el impacto que tiene el uso de dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets* en nuestras vidas que es difícil imaginar tener que prescindir de ellos. Estos terminales han favorecido el desarrollo de multitud de aplicaciones móviles, pero el inmenso éxito de las *apps* se debe al fácil manejo de estas. Prácticamente cualquier persona es capaz de manejarlas, independientemente del nivel de sus conocimientos sobre tecnología. Es tal la confianza que las personas depositamos sobre estas herramientas software que hasta les encomendamos nuestra salud.

Cada vez aparecen más aplicaciones relacionadas con la salud y con hábitos de vida saludables. Y ya no sólo eso, sino que el personal médico cada día está más compenetrado con sistemas de mSalud o eHealth. Los profesionales sanitarios son conscientes del potencial que ofrecen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y no dudan en aprovecharlas. La aplicación de las TIC en la medicina tiene vital importancia en la mejora de la atención primaria, puesto que en zonas rurales o de difícil acceso, con pocos recursos económicos, no es viable ofrecer una atención médica especializada. Una buena atención primaria es la base de un mejor sistema sanitario. Tomar una buena decisión a tiempo por parte del médico de atención primaria podría tener una repercusión enorme. Con objeto de facilitar la tarea de diagnóstico, surgen los sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas, los cuales ofrecen asesoramiento y además refrescan los conocimientos del médico, en una profesión donde se sigue aprendiendo día a día. La aplicación de estos sistemas en enfermedades que son causa frecuente de visita a la consulta médica como son las patologías oftalmológicas, que además afectan directamente a la calidad de vida, tiene aún mayor importancia.

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de OphthalDSS, una aplicación móvil para el sistema operativo Android que implemente uno de estos sistemas, teniendo como referencia una versión anterior denominada DeSSEaDo, para lo cual se analizará previamente el estado del arte de los sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas en el campo de la oftalmología, concretamente para enfermedades del segmento anterior del ojo.

ABSTRACT

Nowadays is just the impact that the use of mobile devices like *smartphones* and *tablets* has in our lives that it is hard to imagine a life without them. These terminals have favored the development of multiple mobile applications, but the great success of apps is due to the easy handling of them. Practically any person is capable of use them, regardless of their knowledge level about technology. Such is the confidence that people deposit on these software tools that we do not doubt on entrusting our health to them.

More and more applications related to health and healthy lifestyles appear each day. But it goes further. Physicians are more integrated with eHealth systems. Healthcare professionals are conscious about the potential that Information and Communication Technologies (ICT) offer, and they do not doubt on seizing them. The enforcement of ICT in medicine has a vital importance in order to improve the primary health care, because in rural or remote regions, with few economic resources, it is not possible to offer a specialized medical care. A good primary health care is the base for a better healthcare system. Taking a good decision on time by the primary health care physician could have a huge repercussion. In order to ease the diagnosis task arise the clinical decision support systems, which offer counseling instead of refresh the medical knowledge, in a profession where it is still learning every day. The implementation of these systems in diseases which are a frequent cause of visit to the medical consulting like ophthalmologic pathologies are, which affect directly to our quality of life, takes more importance.

This project aims to develop OphthalDSS, a mobile application based on Android operative system that implements one of these systems, taking as reference a previous version called DeSSEaDo, for which it will be analyzed the state of the art of clinical decision support systems in the specialty of ophthalmology, specifically about anterior segment ocular diseases.

PALABRAS CLAVE: mHealth, mSalud, oftalmología, Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD), Android, app.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en primer lugar a mis padres, Miguel y Rosa, el enorme apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida. Ellos me han inculcado que con esfuerzo, trabajo y dedicación se pueden alcanzar las metas que nos propongamos. Son mi ejemplo a seguir, y gracias a ellos he llegado al menos hasta aquí. Gracias por todo. Gracias también a mi hermana Elena, que va camino de ser una brillante ingeniera, por su paciencia y por sus geniales ideas. Y por supuesto al resto de familiares, los que están y los que no, por confiar en mí y por el apoyo y ánimo que siempre me han dado.

Agradecer especialmente la dedicación de las personas que han hecho posible este TFG. A mis tutores Miguel López-Coronado e Isabel de la Torre, que demuestran día a día la pasión por su profesión, a los cuales agradezco todos los sabios consejos y pautas que me han ayudado a llegar hasta aquí. Y en especial agradecer al Dr. Miguel Maldonado su inestimable ayuda y entrega, ya que sin ellas este TFG no sería lo que es.

Y por supuesto a mis amigos y a los compañeros de carrera, que me han acompañado todos estos años, presentes siempre en los buenos momentos, y más presentes aún en los momentos en los que las fuerzas escasean.

A todos vosotros, gracias.

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	19
1.1 Motivación	19
1.2 Apps y mSalud	23
1.3 Objetivos	27
1.4 Visión global del proyecto	28
1.4.1 Aspectos innovadores.....	28
1.4.2 Aplicación comercial.....	28
1.4.3 Materialización del prototipo y recursos necesarios	29
1.4.4 Protección y comercialización de los resultados	29
CAPÍTULO 2. GUÍA OFTALMOLÓGICA.....	33
2.1 Introducción	33
2.2 Polo anterior y superficie ocular	33
2.3 Enfermedades tratadas en la aplicación.....	34
2.3.1 Blefaritis	34
2.3.2 Celulitis orbitaria.....	35
2.3.3 Conjuntivitis	35
2.3.4 Conjuntivitis alérgica	36
2.3.5 Conjuntivitis bacteriana.....	36
2.3.6 Conjuntivitis de inclusión en adulto.....	37
2.3.7 Conjuntivitis papilar gigante	38
2.3.8 Conjuntivitis por parásitos	38
2.3.9 Conjuntivitis vernal	38
2.3.10 Conjuntivitis vírica.....	39
2.3.11 Cuerpo extraño	40
2.3.12 Dacrioadenitis.....	41
2.3.13 Dacriocistitis.....	42
2.3.14 Ectropión	43
2.3.15 Enfermedad injerto-huésped.....	44
2.3.16 Entropión.....	44
2.3.17 Epiescleritis	45
2.3.18 Escleritis	45
2.3.19 Glaucoma agudo.....	46
2.3.20 Hemorragia subconjuntival – Hiposfagma.....	48
2.3.21 Oftalmopatía tiroidea.....	49

2.3.22 Orzuelo y chalazión.....	51
2.3.23 Penfigoide cicatricial.....	52
2.3.24 Quemadura o Causticación.....	52
2.3.25 Queratitis superficiales	54
2.3.26 Queratoconjuntivitis atópica	55
2.3.27 Queratoconjuntivitis flictenular.....	55
2.3.28 Reacción conjuntival tóxica	56
2.3.29 Síndrome de Ojo Seco.....	56
2.3.30 Síndrome de párpados laxos.....	58
2.3.31 Tracoma.....	58
2.3.32 Traumatismo ocular.....	58
2.3.33 Tumor orbitario	61
2.3.34 Úlceras corneales no infecciosas	63
2.3.35 Úlceras corneales infecciosas.....	64
2.3.36 Uveítis anterior.....	65
2.4 Información de interés.....	67
2.4.1 Semiología del ojo rojo. Lesiones conjuntivales e inflamación palpebral	67
2.4.2 Conjuntivitis.....	68
2.4.3 Patología corneal	68
2.4.4 Patología de los anejos oculares	69
2.4.5 Síndrome de ojo seco. Patología ligada a las lentes de contacto.....	70
2.4.6 Uveítis anteriores y escleritis	71
2.4.7 Glaucoma agudo.....	71
2.4.8 Traumatismos oculares.....	72
2.4.9 Quemaduras y causticaciones.....	73
2.4.10 Orbitopatía tiroidea	74
2.4.11 Tumores oculares	74
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE DE SADM EN LA ESPECIALIDAD DE	
OFTALMOLOGÍA	79
3.1 Introducción	79
3.2 Metodología seguida para búsqueda de información	79
3.2.1 Metodología seguida en la revisión literaria	79
3.2.2 Metodología seguida en la búsqueda de Apps comerciales	80
3.3 Revisión literaria	81
3.3.1 Oftalmología: Publicaciones sobre el polo posterior del ojo.....	85

3.3.2 Oftalmología: Publicaciones sobre el polo anterior del ojo	89
3.3.3 Oftalmología: Publicaciones sobre Oftalmología General.....	90
3.3.4 Otros: Publicaciones sobre métodos y algoritmos SADM.....	92
3.3.5 Otros: Publicaciones sobre <i>data mining</i> , <i>Cloud</i> y <i>EHR</i>	93
3.3.6 Otros: Publicaciones sobre otros temas.....	95
3.4 Apps comerciales	97
3.5 Conclusiones	105
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN.....	109
4.1 Android	109
4.2 Android Studio	110
4.3 Requisitos funcionales.....	111
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN	115
5.1 Diseño de la aplicación	115
5.1.1 Aspecto general.....	115
5.1.2 Sistema DSS o SAD.....	117
5.2 Resultados	127
5.3 Evaluación en dispositivos.....	140
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	149
6.1 Conclusiones	149
6.1.1. Conclusiones generales	149
6.1.2. Conclusiones sobre la <i>app</i> OphthalDSS y su desarrollo	150
6.2 Líneas futuras.....	151
6.2.1 Líneas futuras: Nivel funcional	152
6.2.2 Líneas futuras: Nivel técnico.....	153
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA.....	157

Índice de imágenes

Imagen 1. 1. <i>The Radio Doctor – Maybe!</i> Fuente: FIPS. "The Radio Doctor - Maybe". <i>Radio News</i> , vol. 5, no. 10 (1924), p. 1406, 1514.	19
Imagen 3. 1. Oftalmoscopio utilizado para captura de imágenes de fondo de ojo. Fuente: [49].	88
Imagen 3. 2. Lentes microscópicas utilizadas para la captura de imágenes de fondo de ojo. Fuente: [52].	88
Imagen 3. 3. Interfaz de la app “Algorithm for Management of Diabetic Macular Edema”. Fuente: AppStore.	97
Imagen 3. 4. Interfaz de la app “DeciMed”. Fuente: propia.	98
Imagen 3. 5. Interfaz de la app “Eye Emergency Manual”. Fuente: propia.	99
Imagen 3. 6. Interfaz de la app “Eye Handbook”. Fuente: propia.	100
Imagen 3. 7. Interfaz de la app “GP Eyes”. Fuente: propia.	100
Imagen 3. 8. Interfaz de la app “Isabel”. Fuente: propia.	101
Imagen 3. 9. Interfaz de la app “Oftalmología”. Fuente: propia.	101
Imagen 3. 10. Pantalla de inicio de la app “Ophthalmology”. Fuente: propia.	102
Imagen 3. 11. Pantalla de enfermedades oculares. Fuente: propia.	102
Imagen 3. 12. Pantalla de información de ojo rojo. Fuente: propia.	102
Imagen 3. 13. Pantalla de examen del ojo. Fuente: propia.	103
Imagen 3. 14. Pantalla de información de “pupilas”. Fuente: propia.	103
Imagen 3. 15. Pantalla de Quiz – modo 1. Fuente: propia.	103
Imagen 3. 16. Pantalla de Quiz – modo 2. Fuente: propia.	103
Imagen 3. 17. Interfaz de la app “Oxford Handbook of Ophthalmology”. Fuente: Google Play.	104
Imagen 3. 18. Interfaz de la app “Wills Eye Manual”. Fuente: Google Play.	104
Imagen 5. 1. Pantalla de inicio. Fuente: propia.	127
Imagen 5. 2. Pantalla principal de OphthalDSS. Fuente: propia.	128
Imagen 5. 3. Pantalla de información DSS. Fuente: propia.	128
Imagen 5. 4. Primera pantalla del sistema DSS. Fuente: propia.	129
Imagen 5. 5. Primera pantalla de “Inyección conjuntival”. Fuente: propia.	130
Imagen 5. 6. Síntoma “sensación de cuerpo extraño o arenillas”. Fuente: propia.	130
Imagen 5. 7. Síntoma “secreciones diarias”. Fuente: propia.	130
Imagen 5. 8. Síntoma “picor”. Fuente: propia.	130
Imagen 5. 9. Síntoma “secreción acuosa”. Fuente: propia.	131
Imagen 5. 10. Pantalla que muestra la imagen relacionada. Fuente: propia.	131
Imagen 5. 11. Pantalla de la guía de la enfermedad. Fuente: propia.	131

Imagen 5. 12. Pantalla de información. Fuente: propia.....	131
Imagen 5. 13. Pantalla de la funcionalidad “Imágenes”. Fuente: propia.	132
Imagen 5. 14. Pantallas con todas las imágenes del apartado “Imágenes”. Fuente: propia.	133
Imagen 5. 15. Pantalla de la sección “Imágenes” en disposición horizontal. Fuente: propia.	134
Imagen 5. 16. Listas desplegables de la pestaña “GUÍA”. Fuente: propia.....	134
Imagen 5. 17. Opciones de las listas desplegables. Fuente: propia.....	135
Imagen 5. 18. Guía de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.	136
Imagen 5. 19. Información de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.	136
Imagen 5. 20. Pestaña “Foto” para la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.....	137
Imagen 5. 21. Información de interés de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.....	137
Imagen 5. 22. Información de “Ayuda” de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.	138
Imagen 5. 23. Aspecto de la pantalla “Acerca de”. Fuente: propia.....	139
Imagen 5. 24. Bq Aquaris 5.0. Fuente: propia.	140
Imagen 5. 25. Sony Xperia M. Fuente: propia.	140
Imagen 5. 26. Samsung Galaxy Trend Plus – Disposición horizontal. Fuente: propia.	141
Imagen 5. 27: Bq Edison 3. Fuente: propia.....	141
Imagen 5. 28. Samsung Galaxy Tab S. Fuente: propia.	141
Imagen 5. 29. Google Nexus 7 – Disposición horizontal. Fuente: propia.....	142
Imagen 5. 30. Ejecución en <i>portrait</i> en Bq Aquaris 5.0. Fuente: propia.....	142
Imagen 5. 31. Ejecución en <i>portrait</i> y <i>land</i> en Sony Xperia M. Fuente: propia.	143
Imagen 5. 31. Ejecución en <i>portrait</i> y <i>land</i> en Samsung Galaxy Trend Plus. Fuente: propia.	143
Imagen 5. 32. Ejecución en <i>portrait</i> en Bq Edison 3. Fuente: propia.	144
Imagen 5. 32. Ejecución en <i>portrait</i> y <i>land</i> en Google Nexus 7. Fuente: propia.....	145

Índice de figuras

Figura 3. 1. Diagrama de flujo seguido en la revisión de IEEE Xplore. Fuente: propia.	81
Figura 3. 2. Diagrama de flujo seguido en la revisión de PubMed. Fuente: propia.	82
Figura 3. 3. Diagrama de flujo seguido en la revisión de Scopus. Fuente: propia.	82
Figura 3. 4. Diagrama de flujo seguido en la revisión de Web of Science. Fuente: propia.	83
Figura 3. 5. Diagrama de flujo general seguido en las revisiones de las bases de datos. Fuente: propia.	83
Figura 3. 6. Clasificación de las publicaciones de interés obtenidas en la búsqueda. Fuente: propia.	84
Figura 5. 1. Esquema de tabla de la base de datos. Fuente: propia.	118
Figura 5. 2. Tablas de la base de datos. Fuente: propia.	120
Figura 5. 3. Diagrama de flujo del funcionamiento de DSS. Fuente: propia.	121
Figura 5. 4. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Inyección ciliar”. Fuente: propia.	123
Figura 5. 5. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Hemorragia subconjuntival”. Fuente: propia.	124
Figura 5. 6. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Inyección conjuntival”. Fuente: propia.	125
Figura 5. 7. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Otras causas”. Fuente: propia.	126

Índice de tablas

Tabla 3. 1. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología - polo posterior del ojo. Fuente: propia.....	86
Tabla 3. 2. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología - polo anterior del ojo. Fuente: propia.....	89
Tabla 3. 3. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología - oftalmología general. Fuente: propia.....	91
Tabla 3. 4. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas - Métodos y algoritmos SADM. Fuente: propia.....	92
Tabla 3. 5. Publicaciones seleccionadas sobre otros - <i>data mining</i> , <i>Cloud</i> y EHR. Fuente: propia.....	94
Tabla 3. 6. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas. Fuente: propia.....	96
Tabla 5. 1. Dispositivos sobre los que se ha evaluado la app “OphthalDSS”.....	140

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Nuestra época está marcada por una tremenda revolución tecnológica. Tales han sido los avances que hoy en día es difícil imaginar una vida sin tener a mano todas las posibilidades que nos ofrecen esos dispositivos que nos caben en el bolsillo. Cualquier necesidad que se nos plantee es muy probable que ya tenga una *app* asociada para que podamos solventarla. Simplemente tenemos que descargarla en nuestro *smartphone*.

La sencillez con la que una persona puede hacerse con una *app* en su dispositivo móvil y la facilidad de manejo de las mismas han hecho que el uso de estas herramientas haya crecido de una manera vertiginosa y que todo el mundo acuda a ellas en cuanto le surge algún problema. Y tal es la confianza que las personas depositamos en las aplicaciones de nuestros teléfonos móviles que cada vez tenemos menos reparo en encomendar nuestra salud a las nuevas tecnologías. Ya en el año 1924, en plena época de enormes avances en el campo de la telecomunicación, en la revista tecnológica americana “Radio News Magazine” [1] se publicó una historia titulada “*The Radio Doctor – Maybe?*” (La Radio Médico – ¡Tal vez!), que por aquel entonces parecía ciencia ficción, la cual se acompañaba de una ilustración en la que aparecía un niño enfrente de una pantalla de televisión diciendo “Aaah” y enseñando su garganta a un doctor que estaba al otro lado de la pantalla.



Imagen 1. 1. *The Radio Doctor – Maybe!* Fuente: FIPS. "The Radio Doctor - Maybe". *Radio News*, vol. 5, no. 10 (1924), p. 1406, 1514.

Ya no solamente estamos preocupados por nuestra salud cuando sentimos algún dolor o tenemos alguna anomalía en nuestro cuerpo. Nos gusta cuidarnos y llevar una vida lo más saludable posible.

Es en estos casos cuando se busca en Internet información acerca de salud o se realiza la descarga de una *app* relacionada con algún área de la medicina en particular.

Este tipo de *apps* están cobrando cada vez más importancia, hasta el punto de que la última actualización trascendente de iOS, el sistema operativo de Apple, en su versión 8, ha incluido entre sus aplicaciones básicas una relacionada con la mSalud, en la que el usuario puede tener un control sobre sus hábitos alimenticios o llevar un seguimiento sobre sus niveles de signos vitales.

En el año 1978, en la actual Kazajistán, se celebró la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud, donde se publicó la Declaración de Alma-Ata [2] de la cual cabe resaltar dos puntos:

- Los gobiernos tienen la obligación de cuidar la salud de sus pueblos, obligación que sólo puede cumplirse mediante la adopción de medidas sanitarias y sociales adecuadas. Uno de los principales objetivos sociales de los gobiernos, de las organizaciones internacionales y de la comunidad mundial en las décadas venideras debe ser la consecución por parte de todos los pueblos del mundo en el año 2000 de un nivel de salud que les permita llevar una vida social y económicamente productiva. La atención primaria de la salud es la clave para alcanzar esa meta como parte del desarrollo conforme al espíritu de la justicia social.
- La atención primaria de la salud es la asistencia sanitaria esencial basada en métodos y tecnologías sencillos, científicamente fundados y socialmente aceptables, puesta al alcance de todos los individuos y familias de la comunidad mediante su plena participación y a un coste que la comunidad y el país puedan soportar, en todas y cada una de las etapas de su desarrollo, con un espíritu de autorresponsabilidad y autodeterminación. La atención primaria forma parte integrante tanto del sistema nacional de salud, del que constituye la función central y el núcleo principal, como del desarrollo social y económico global de la comunidad. Representa el primer nivel de contacto de los individuos, la familia y la comunidad con el sistema nacional de salud, llevando lo más cerca posible la atención de la salud al lugar donde residen y trabajan las personas, y constituye el primer elemento de un proceso permanente de asistencia sanitaria.

Según el “*Manual de Salud Electrónica para Directivos de Servicios y Sistemas de Salud – Volumen II*” publicado por la Sociedad Española de Informática de la Salud (SEIS) [3], actualmente, el Sistema Nacional de Salud (SNS) de España está caracterizado por ser un servicio que engloba las actividades de asistencia, rehabilitación, promoción de la salud y prevención de la enfermedad del individuo y de la comunidad, siendo esta asistencia prestada por profesionales empleados públicos, organizados en equipos de atención primaria que desarrollan su actividad en una red de centros públicos que cubre todo el territorio nacional. A pesar de que España tiene uno de los mejores sistemas de salud pública, debe afrontar varios problemas como el incremento de la frecuencia con la que los pacientes acuden

a la consulta, el aumento de las exigencias de los pacientes, coordinación con el nivel de atención especializada para garantizar la continuidad de la atención o la continua presión para mantener y reducir el gasto.

La utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito de la sanidad puede ayudar a solventar estos problemas, ya que además de ayudar en el proceso asistencial, ayudan en la planificación y gestión de consultas, permiten la colaboración entre profesionales e instituciones, conectan la investigación con la docencia, así como ofrecer información y ceder la participación activa al paciente.

En palabras del Dr. Fernando Mugarza, Director del Observatorio Zeltia y del Laboratorio Zeltia de Nuevas Ideas de Comunicación y codirector de la Cátedra conjunta Zeltia-Universidad Rey Juan Carlos: Innovación, Salud y Comunicación, *“Probablemente, algún día, en las consultas de médicos, farmacéuticos, enfermería, fisioterapia y demás profesionales de la salud, se ‘prescribirá’ o se recomendará, además del uso de las medidas terapéuticas más apropiadas a cada caso, los entornos informativos online más apropiados, fiables y reputados. Las que hoy conocemos como apps han llegado para quedarse y evolucionar, contribuyendo al cambio del paradigma de la nueva medicina, que sin duda tiene como eje de actuación principal el bienestar del paciente y el de la propia sociedad en su conjunto.”*

En cualquier actividad profesional, la toma de decisiones es una tarea diaria, particularizando que en el ámbito de la salud, muchas veces estas decisiones han de tomarse con la mayor brevedad posible, generalmente en un ambiente de inseguridad y desconocimiento, y en el que la toma de una buena decisión a tiempo tiene consecuencias trascendentes.

Según [3], las decisiones clínicas son las que toman los profesionales de la salud e inciden directamente en el paciente. El concepto es tan amplio que comprende desde la definición de protocolos de diagnóstico y tratamiento hasta la selección de horarios asistenciales, pasando por el cumplimiento de pautas de buenas prácticas o la toma de decisiones específicas relacionadas con una persona o un grupo familiar en particular. Uno de los desafíos más importantes en la toma de decisiones clínicas es el alto grado de incertidumbre debido a que los profesionales realizan su actividad en un ámbito del conocimiento en que se combinan ciencia y arte, y se guían por un cálculo de riesgo estadístico en un escenario donde nunca existen dos pacientes idénticos y la situación de un mismo paciente varía a lo largo del episodio asistencial.

En estos casos los profesionales de la medicina manejan sus conocimientos junto con su experiencia y la intuición. Las TIC ofrecen herramientas que permiten registrar y analizar datos y procedimientos utilizados durante la asistencia médica, para así poder evaluar la eficiencia y eficacia de los mismos, en previsión a reducir la incertidumbre que rodea estos procesos.

La inclusión de tecnologías móviles en la atención primaria contribuye a la mejora de la salud, sobre todo en regiones rurales, con las cuales puede llegar más fácilmente asistencia médica o tener un método por el cual recibir consejo de personal especializado para mejorar el diagnóstico y tener un soporte íntegro para el manejo de enfermedades. Esto conlleva a optimar el acceso a servicios especializados, la promoción de salud, la prevención, etc. En definitiva, las TIC pretenden incrementar la efectividad y calidad del servicio sanitario a un bajo coste.

Para que las TIC tengan una buena acogida por personal sanitario y pacientes, se deben desarrollar aplicaciones fáciles de utilizar y con calidad en el diseño, para lo cual es importante una fase de análisis de requisitos en la que trabajen conjuntamente profesionales de ambos campos: profesionales de la salud y de las TIC. También es necesario tener especial cuidado en aspectos de seguridad y confidencialidad de la información de los usuarios de estas aplicaciones.

La telemedicina en sus inicios estaba pensada para poder acceder a servicios médicos desde lugares alejados donde no llega cobertura médica especializada, pero, como aseguró el Profesor José Carlos Pastor, director del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA), responsable del grupo de investigación de Retina del IOBA y catedrático de la Universidad de Valladolid, en el 88º Congreso de la Sociedad Española de Oftalmología (SEO), la telemedicina aplicada a proveer cuidados médicos a grandes cantidades de población con un coste razonable cobra un enorme valor. *“La posibilidad de realizar diagnósticos precoces o realizar un seguimiento protocolizado a pacientes con patologías muy prevalentes como la retinopatía diabética, la degeneración macular asociada a la edad o el glaucoma, son aplicaciones que deben ser plenamente desarrolladas”* afirma el doctor.

Como se indica en el *“Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud”* de SEIS [4], la oftalmología es una de las especiales médicas que ha experimentado un auge considerable en los últimos años debido al significativo avance e impacto poblacional de la detección precoz y monitoreo de lesiones diabéticas por medio de soluciones telemédicas, fusionando el mundo de la atención primaria con el de la atención secundaria y/o terciaria. De hecho, fue la primera que estandarizó el flujo de procesos para el cribado de la retinopatía diabética, cuyas normas fueron aceptadas y promulgadas primero por la Asociación Americana de Telemedicina (ATA) y luego elevadas a la Academia Americana de Oftalmología para su consideración.

Pero este auge es consecuencia del desarrollo de equipos médicos muy especializados en este ámbito, con material e instrumental de captura de imágenes y de medición potentes, cuyo coste es considerable y que necesitan personal cualificado para hacer un uso correcto del mismo. Por ello, cada vez están cobrando más importancia soluciones de menor nivel, de ayuda a la decisión y que provean de la información necesaria al profesional médico correspondiente, con el fin de poder actuar rápidamente y, en consecuencia, dar un buen servicio médico, reduciendo el coste lo máximo posible.

Es en este punto donde las aplicaciones móviles tienen un papel fundamental, sobre todo para ofrecer sistemas de ayuda a la decisión, los cuales tienen un enorme potencial y el cual no es suficientemente conocido. Según el estudio que realizaron Martínez-Pérez et al. (2014) [5] sobre el estado del arte de sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas, la especialidad de oftalmología presenta escasez de publicaciones y de aplicaciones móviles sobre estos sistemas. Un estudio sobre el estado del arte en sistemas de ayuda a la decisión indagando en el campo de la oftalmología fue el que realizaron de la Torre-Díez et al. (2014) [6], en el cual concluían que la mayor parte de las publicaciones están relacionadas con enfermedades oculares del polo posterior y que apenas hay aplicaciones móviles que implementen sistemas de ayuda a la decisión en oftalmología.

Teniendo en cuenta lo anteriormente comentado, así como que gran parte de las visitas a las consultas médicas relacionadas con alguna afección ocular se manifiestan con ojo rojo, conforman un escenario ideal para el desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión para enfermedades oculares del segmento anterior que ayuden al profesional médico de atención primaria a elaborar un diagnóstico lo mejor posible, ya que aunque muchas veces el ojo rojo está relacionado con trastornos leves, es importante conocer la trascendencia del estado del paciente para poder actuar consecuentemente lo antes y de la mejor manera posible.

1.2 Apps y mSalud

Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) [7] llevado a cabo por el Observatorio Mundial para la eHealth (GOe), se define la mSalud o mHealth como una práctica médica y de salud pública respaldada por dispositivos móviles, tales como teléfonos móviles, dispositivos de monitorización de pacientes, PDAs y otros dispositivos inalámbricos. La mSalud es una parte de la eHealth y abarca el uso y la capitalización en la utilidad principal de un teléfono móvil como son los servicios de voz y de mensajes cortos (SMS), así como funcionalidades más complejas y aplicaciones, incluyendo el servicio general de paquetes vía radio (GPRS), la tercera y cuarta generación de telefonía móvil (sistemas 3G y 4G), sistema de posicionamiento global (GPS) y tecnología Bluetooth.

En el año 2009 el Observatorio Mundial para la eHealth de la Organización Mundial de la Salud publicó un informe [7] en el que se trataban aspectos de mSalud, como la adopción de iniciativas por parte de los estados miembro, los tipos de iniciativa, el estado de evaluación y las barreras a la implementación de las mismas. Se definieron hasta catorce categorías de servicios de mHealth, como centrales de llamadas de emergencia, servicios de llamada gratuita de emergencia, manejo de emergencias y desastres, telemedicina móvil, registros de pacientes, etc. Por aquel entonces, el 83% de los estados miembros ofrecían al menos un servicio de mSalud, siendo los países europeos los más activos ofreciendo estos servicios, en contraste con los países africanos. En esta época, los servicios de mSalud eran fácilmente incorporados en procesos y servicios que históricamente utilizaban

comunicación por voz a través de las redes telefónicas convencionales, lo cual explica porqué la mayoría de países ofrecían centrales de llamadas y llamadas gratuitas de emergencia.

El estudio destacaba que la principal forma de ofrecer mSalud se caracterizaba por proyectos de pequeña escala dirigidos a problemas aislados de compartición de información y acceso. Solo había un pequeño número de grandes proyectos de implementación de mSalud, financiados por patrocinadores público-privados, aunque ya se anticipaba que programas complejos y a gran escala de mSalud serían más comunes en años posteriores. Es por ello que se planteó la necesidad de adoptar estándares globalmente aceptados y tecnologías interoperables. La utilización de información estandarizada y tecnologías de la comunicación podrían mejorar la eficiencia y reducir costes. Para conseguirlo, los países necesitarían colaborar en el desarrollo de mejores prácticas globales de manera que la información se pudiera mover más eficientemente entre sistemas y aplicaciones.

Una potente combinación de factores ha propiciado un desarrollo de la mSalud con gran celeridad. Entre ellos destacan los rápidos avances en tecnología móvil y en las aplicaciones, el aumento de nuevas oportunidades para la integración de la mSalud en servicios de eHealth ya existentes, o el continuo crecimiento de la cobertura de las redes de telefonía móvil.

Según los últimos datos de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU) [8], las TIC han sufrido un enorme crecimiento en los últimos 15 años. Actualmente hay más de 7000 millones de abonados a la telefonía móvil en el mundo, siendo esta cifra en el año 2000 de 748 millones. Hasta la fecha, 3200 millones de personas utilizan Internet en el mundo, de los cuales 2000 millones viven en países en desarrollo, aunque en estos países aún se estima que hay 4000 millones de personas sin acceso a Internet. Esto supone que la penetración de usuarios en Internet es 7 veces más que en el año 2000, pasando del 6.5% al 43% de la población. El número de hogares con acceso a Internet también ha aumentado, desde un 18% en 2005 a un 46% en 2015.

La evolución de la banda ancha móvil es la más dinámica, aumentando el número de suscriptores activos a un 47% en 2015, 12 veces más que en el año 2007. En 2015, se ofrece cobertura de banda ancha móvil 3G al 69% de la población mundial, cuando en el año 2011 esta cobertura se ofrecía solo al 45%. Es muy notable la expansión de la banda ancha móvil 3G en zonas rurales. La ITU estima que a finales de 2015 el 29% de la población que reside en zonas rurales tendrán cobertura en banda ancha móvil 3G, es decir, unos 986 millones de personas.

En septiembre de 2014 se presentó el “*V informe sobre el estado de las Apps en España*” [9] elaborado por The App Date utilizando fuentes informativas y estudios tales como los del Instituto Nacional de Estadística (INE), Fundación Telefónica, Fundación Orange, IAB Spain, The Cocktail Analysis, Kantar Worldpanel, IDC’s Worldwide Quarterly Tablet Tracker, ONTSI y ComScore entre otros. Según este informe, España sigue estando a la cabeza en penetración de *smartphones* de los países europeos. Nuestro país cuenta con 23 millones de usuarios activos de aplicaciones móviles, los cuales

descargan 3.8 millones de *apps* cada día. De media, cada *smartphone* cuenta con 39 *apps*, mientras que las *tablets* cuentan con 33.

En cuanto al sistema operativo utilizado, es muy notable el predominio Android. En los *smartphones* el sistema operativo Android está presente en un 89% de ellos, seguido por el sistema operativo iOS, con una presencia del 7.6%. Sin embargo, respecto a las *tablets*, Android está presente en un 60.8% de ellas, mientras que iOS lo hace en un 35%. En lo que respecta a las descargas de *apps*, incluyendo *apps* para *smartphones* y para *tablets*, el 87.5% de estas descargas son para el sistema operativo Android, y el 8.2% para iOS.

Haciendo una recopilación de todas las tiendas de aplicaciones móviles, ya hay más de 97000 *apps* relacionadas con la salud y la medicina, y ya constituyen la tercera categoría con mayor crecimiento, según afirma el “*Informe de las 50 mejores apps de salud en español*” [10] publicado por The App Date. En este mismo informe se hace referencia al último estudio del *IMS Institute for Healthcare Informatics* [11], el cual indica que el 70% de las *apps* de esta categoría van dirigidas al público en general, siendo estas las relacionadas con el ejercicio físico y el bienestar, mientras que el 30% restante están dirigidas hacia el sector de los profesionales sanitarios y sus pacientes. La funcionalidad más común que ofrecen las aplicaciones relacionadas con la salud es la de aportar información, y el principal uso de las mismas está relacionado con la prevención o estilos de vida.

En el informe de The App Date [10], el Dr. José Luis de la Serna, subdirector del periódico *El Mundo* y responsable del área de salud, plantea dos interesantes cuestiones:

- “¿Cuál es la esencia de la *mHealth* que la distingue del tradicional modelo de Internet basado en una pantalla de ordenador y un ratón?

La respuesta es la app. No es lo mismo, por cierto parecido que tengan entre ellas, una web que una aplicación móvil. La app está pensada para su uso móvil y para que sea el tacto el que interactúe entre usuario y soporte. Ésta debe diseñarse desde un primer momento pensando en una experiencia de usuario diferente y teniendo en cuenta las potencialidades que existen para smartphones y tablets.”

- “¿Cómo puede la *mHealth* modificar la sanidad en el mundo?

Las apps van camino de convertirse en un elemento esencial de las siguientes cuestiones:

- *Empoderamiento del paciente*

Hacer que el paciente se convierta en un elemento activo en el tratamiento y seguimiento de su enfermedad.

- *Modificación de hábitos*

Modificar comportamientos que redunden en beneficios para la salud.

- *Cambio de relaciones y procesos*

Las apps tienen muchas utilidades en la relación médico-paciente, ya que facilitan la comunicación y el tratamiento de las enfermedades, sobre todo en aquellas de tipo crónico.

- Monitorización

Cada vez es más fácil registrar parámetros físicos que indican el nivel de actividad y el estado de salud de cada usuario de forma totalmente personalizada.

- Almacenamiento “inteligente” de datos

Los soportes en los que se fundamentan la mHealth cuentan con una capacidad de manejar datos como nunca se ha tenido en sanidad, por supuesto, respetando escrupulosamente la privacidad de las personas.”

En el 2012, el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTSI) publicó el estudio “*Los ciudadanos ante la e-Sanidad*” [12] en el que se presentaban los siguientes datos de interés:

- En cuanto a la confianza que los ciudadanos españoles depositan en profesionales y especialistas de la medicina, el 88.1% de los encuestados pregunta a su médico.
- El 29.9% de encuestados utiliza Internet como fuente de información sobre temas de salud, pero el nivel de confianza depositado en esta fuente de información es de un 3.85 sobre 10 puntos.
- El 95.4% de los encuestado asegura que su facultativo se ayuda del ordenador para realizar los trámites y gestiones relacionados con la asistencia en la consulta.

En el mes de Mayo de 2015 se ha publicado el informe “*mHealth App Developer Economy 2015*” [13] elaborado por Research2Guidance, en el cual se presenta un estudio con el ranking de los países europeos con mejor mercado para aplicaciones móviles relacionadas con la salud. España es el cuarto mejor país de Europa para emprender un negocio de mHealth.

En 2014 Martínez-Pérez et al. [5] publicaron una revisión sobre los sistemas de ayuda a la decisión médica, tanto publicaciones científicas como aplicaciones comerciales que los implementen, y concluyeron con que el número de aplicaciones de mSalud que contenían un sistema SAD había aumentado rápidamente en los últimos dos años, sin embargo, una gran parte de ellas se habían enfocado demasiado en la calidad de la información ofrecida que dejaron de la lado la facilidad de uso. Además, esta revisión contenía una lista de las especialidades médicas para las cuales se han desarrollado más aplicaciones de este tipo. Entre las especialidades para las que existen menos *apps* desarrolladas se encuentra la de oftalmología, y los autores ven un futuro prometedor en el desarrollo de aplicaciones que implementen sistemas de ayuda a la decisión, para lo cual es conveniente centrarse en las especialidades médicas que carezcan de *apps* de mSalud o presenten un número reducido de estas y además tener muy presente la experiencia de usuario a la hora del diseño, de manera que la *app* sea lo más ampliamente aceptada posible por todos los usuarios a los que va dirigida.

Desde luego, el sentido de la vista es esencial para el ser humano. Sin la vista no podríamos conocer el mundo que nos rodea tal y como lo conocemos, y nos damos cuenta de la importancia que posee tener unos ojos sanos hasta que se produce algún problema en ellos, desde picores, molestias, pérdida de visión, o incluso afecciones más graves. Las enfermedades oculares, por leves que sean, afectan directamente a la calidad de vida del paciente. Conviene diagnosticar lo mejor posible la afección que presente el paciente para no agravar la situación y que derive en patologías graves. Gran parte de las personas que acuden a la consulta de su médico de atención primaria con algún problema ocular presentan ojo rojo. En la mayoría de las ocasiones, la causa de este ojo rojo suele ser leve, pero en caso de que no lo sea, es necesario poner remedio cuanto antes, para lo cual un correcto diagnóstico es de vital importancia.

Debido a delicadeza de los órganos tratados y de la cantidad de enfermedades que existen, la rama de la oftalmología es una de las que requieren más especialización. Es por ello que el médico de atención primaria debería tener conocimientos actualizados en esta materia para ofrecer una mejor atención al paciente, pero no siempre es posible mantener un buen nivel de conocimientos médicos renovados, y menos aún cuando se deben tener conocimientos de varios campos de la medicina. Por todo ello, herramientas basadas en las tecnologías de la información y la comunicación son de gran ayuda para este tipo de personal sanitario, ofreciéndoles ayuda en el diagnóstico de enfermedades, así como un fácil acceso a información clínica actualizada que pueden consultar en cualquier momento.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es desarrollar una *app* completa en el campo de la oftalmología, siguiendo el ejemplo de la primera versión de la *app* DeSSEaDO (*Decision Support System: Evaluation and development of an Ophthalmological application*), desarrollada por Javier Rodríguez Díaz.

Para ello primero va a ser necesario hacer un estudio del estado del arte de los SAD en la especialidad de oftalmología, de manera que sirva como base para desarrollar posibles aplicaciones móviles de este tipo.

Esta nueva aplicación, denominada OphthalDSS, tiene por cometido ser una herramienta de ayuda a la decisión médica para personal no especializado en el campo de la oftalmología, como pueden ser médicos de atención primaria o estudiantes de medicina. También trata de complementar el manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*” [1] cuyos autores son José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos de la Universidad de Valladolid.

OphthalDSS facilitará, así como intentará mejorar, el diagnóstico de enfermedades del polo anterior del ojo, muchas de las cuales se manifiestan con ojo rojo. Será una herramienta de fácil uso y manejo,

ya que no requerirá de material ni instrumental específico a mayores para poder elaborar un diagnóstico.

Por supuesto, esta *app* tendrá un fin informativo y educativo, ya que el usuario de la *app* podrá acceder a información descriptiva de la enfermedad, síntomas y tratamiento, además de imágenes relacionadas con cada una de las enfermedades. También la *app* contará con ayuda sobre la etimología de ciertos términos y principales vocablos de la terminología inglesa utilizada en oftalmología.

1.4 Visión global del proyecto

1.4.1 Aspectos innovadores

Como se ha comentado previamente, la *app* OphthalDSS parte de la base de una versión anterior, DeSSEaDO, desarrollada por Javier Rodríguez Díaz. Esta nueva aplicación contará con 33 enfermedades, frente a las 4 de la versión anterior, de las cuales se pretende mejorar el método de decisión. El usuario, a través del sistema de ayuda a la decisión de la aplicación (DSS – *Decision Support System*), podrá conocer qué tipo de patología presenta el paciente, siempre y cuando los síntomas coincidan con alguna de las 33 enfermedades. El usuario también podrá acceder de una manera sencilla a toda la información referente a cada una de las enfermedades, como las causas, el tratamiento e imágenes.

Uno de los objetivos de esta aplicación móvil es servir como herramienta de apoyo al manual sobre oftalmología desarrollado por José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos de la Universidad de Valladolid, “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*”. El que la *app* de OphthalDSS pueda contar con información desarrollada por profesionales del campo de la oftalmología es un privilegio y una característica a favor de esta aplicación, que marcará una diferencia frente a la oferta de aplicaciones móviles de este tipo. Al contar con información de un manual de referencia, se incluyen, además, reseñas a la etimología de ciertos términos o el significado de vocablos o acrónimos ingleses utilizados con frecuencia en este campo.

Una de las grandes ventajas de esta aplicación será su facilidad de uso, ya que no requerirá de instrumental externo para poder realizar el diagnóstico. Únicamente será necesario que el usuario tenga instalada en su *smartphone* o *tablet* la aplicación móvil, y está le irá guiando por las diferentes pantallas para poder llegar a elaborar un análisis del problema que presente el paciente.

1.4.2 Aplicación comercial

Puesto que se trata de una aplicación móvil proveedora de información especializada, principalmente estará indicada para su utilización en el ámbito de los profesionales de la medicina no especializados en el campo de la oftalmología, como pueden ser médicos de atención primaria, tanto en zonas rurales como urbanas.

Asimismo, debido al fin educativo que presenta la *app* OphthalDSS, también irá dirigida a estudiantes de medicina, siendo esta *app* un complemento al manual ya citado previamente de los profesionales en oftalmología del instituto IOBA de la Universidad de Valladolid [15].

1.4.3 Materialización del prototipo y recursos necesarios

Durante el desarrollo de esta aplicación móvil se ha estado en contacto con personal especializado en oftalmología, por lo que, además de contar con información profesional de primera mano, la aplicación ha estado supervisada por el cliente, con el que se ha tratado aspectos y funcionalidades de la misma para cumplir con las especificaciones requeridas.

Esta versión de la *app* ha sido desarrollada únicamente en Android. Para este cometido ha sido necesario obtener el entorno de desarrollo integrado (IDE) Android Studio, disponible gratuitamente en la página web oficial de Android para desarrolladores. Por supuesto, para poder trabajar en el entorno Android Studio se requiere de un ordenador en el cual poder instalarlo. En este caso se ha utilizado un ordenador con sistema operativo Windows 7. Para ir comprobando el resultado que se va obteniendo de la aplicación y su funcionamiento, se ha utilizado un *smartphone* con sistema operativo Android, así como una tableta con el mismo sistema operativo con el fin de poder probar la aplicación en distintos dispositivos.

En cuanto al coste de los recursos utilizados, se podría distinguir entre los costes asociados al hardware y los asociados al software. En cuanto al hardware (ordenador, *smartphone* y *tablet*) no serían computables ya que el Grupo de Telemedicina y eSalud (GTe) [16] de la Universidad de Valladolid ya cuenta con ellos. Respecto al software, se incluirá en esta categoría el entorno de desarrollo Android Studio, así como la licencia de Windows, pero cabe destacar que Android Studio es un entorno de código abierto y que la Universidad de Valladolid cuenta con licencia del sistema operativo Microsoft Windows 7 para el personal de investigación, por lo que estos costes tampoco son computables. De modo que el único coste que se debe tener en cuenta es el coste asociado al desarrollo del software en el cual se debe incluir el esfuerzo requerido por el proyecto, el tiempo invertido, el número de personas que han estado trabajando en el mismo o la cantidad de líneas de código, entre otros.

1.4.4 Protección y comercialización de los resultados

El crecimiento en el mercado de la mSalud va a ser enorme según las previsiones actuales. Según el informe de The App Date [10], tan solo en el año 2015, el mercado de eHealth podría generar en España proyectos con un volumen de negocio de 4.000 millones de €. Además, el incremento generalizado a nivel mundial de la penetración de *smartphones* así como el desarrollo de las redes 3G y 4G proporcionará un significativo estímulo en el uso de plataformas móviles para ofrecer servicios de cuidado de la salud.

A la idea anteriormente mencionada hay que añadir que hay muy pocas aplicaciones móviles de mSalud dedicadas a la toma de decisiones médicas, es decir, sistemas de ayuda a la decisión, en el

campo de la oftalmología, y menos aún si se limita el conjunto a aquellas relacionadas con el polo anterior del ojo.

Por todo ello cabe esperar que la aplicación móvil que aquí se presenta pueda ser considerada como un proyecto con futuro en un sector tan competitivo y en constante cambio y evolución.

CAPÍTULO 2
GUÍA
OFTALMOLÓGICA

CAPÍTULO 2. GUÍA OFTALMOLÓGICA

2.1 Introducción

La *app* desarrollada está dirigida principalmente a estudiantes de medicina y médicos de atención primaria. En definitiva, personas no especializadas en el campo de la oftalmología, pero con conocimientos médicos, por lo que conviene explicar ciertos aspectos importantes tratados en la aplicación. La base de esta información ha sido obtenida del manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*” [14] cuyos autores son José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos de la Universidad de Valladolid. En algunos casos esta información se ha complementado con manuales de referencia como “*Anatomía y fisiología*” [17] del autor Patton Thibodeau, y “*Guía completa de la salud familiar*” cuyo autor es Tony Smith [18].

Cualquier médico ha de ser capaz de examinar a un paciente con un problema oftalmológico. Esta exploración es conveniente que sea periódica, ya que muchas enfermedades oftalmológicas son asintomáticas hasta estadios avanzados. Mejorando la capacitación de los médicos de atención primaria se mejoraría el pronóstico de estas enfermedades, muchas de las cuales pueden provocar ceguera irreversible o enfermedades sistémicas como diabetes o hipertensión arterial, así como tumores y enfermedades autoinmunes o del sistema nervioso central.

Generalmente, los motivos de consulta relacionados con el ojo en atención primaria se plantean como 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 a que en esta primera atención al paciente no interviene personal especializado en el campo de la oftalmología.

El ojo rojo es un motivo de consulta que causa bastante preocupación en el paciente y en sus familiares. La presencia de secreción ocular, prurito, cambios visuales, fotofobia y enrojecimiento o hiperemia conjuntival conforman un conjunto sintomático incapacitante y llamativo.

Este cuadro ocular conduce en la mayoría de los casos a causas no muy graves y autolimitadas, pero el ojo rojo puede estar originado por enfermedades que amenazan la visión o la integridad del ojo. Es por ello que sea de vital importancia que el profesional de medicina de familia y comunitaria conozca sus causas más frecuentes y tenga un criterio definido para decidir si atender al paciente y manejar la enfermedad o remitir al paciente de forma prioritaria al oftalmólogo.

2.2 Polo anterior y superficie ocular

El polo o segmento anterior del globo ocular es la parte que comprende desde el endotelio corneal hasta el iris, incluyendo todas aquellas estructuras situadas delante del humor vítreo [14] [17].

La superficie ocular es el concepto que engloba los párpados, la conjuntiva, la córnea y la película lagrimal.

2.3 Enfermedades tratadas en la aplicación

En esta versión de la *app* se incluyen algunas enfermedades que afectan a la superficie ocular (película lagrimal, borde palpebral, conjuntiva, córnea, etc.), así como aquellas que afectan a las estructuras oculares del segmento anterior. A continuación se presenta una breve reseña de cada una de las enfermedades, así como sus síntomas característicos y tratamiento.

2.3.1 Blefaritis

Es un proceso inflamatorio agudo o crónico de los párpados [19], fundamentalmente en su borde (blefaritis marginal). Suele ser bilateral, aunque más o menos asimétrico. Según su localización, diferenciamos entre:

- **Blefaritis anterior:** Proceso inflamatorio que afecta principalmente al margen anterior o ciliar del borde libre palpebral.
- **Disfunción de las glándulas de Meibomio (DGM):** Antiguamente llamada blefaritis posterior, meibomitis o meibomiamitis. Se caracteriza por una alteración de la secreción de las glándulas de Meibomio, cursando habitualmente con inflamación y obstrucción glandular.

Síntomas [19]

La sintomatología de los diversos tipos de blefaritis es similar, existiendo escasa correlación entre su gravedad y la extensión de la afectación clínica. Muchos síntomas son causados por la inestabilidad de la película lagrimal que origina un ojo seco evaporativo al no presentar una fase lipídica normal. Los más frecuentes son quemazón y sensación de cuerpo extraño. Éstos se acentúan típicamente por las mañanas y se caracterizan por remisiones y exacerbaciones clínicas.

En las blefaritis anterior existen costras o escamas en las estafilocócicas (formando collaretes en la base de las pestañas), en ocasiones acompañadas de úlceras en borde libre palpebral, y blandas y amarillentas en las seborreicas (las pestañas tienden a adherirse entre sí). En ambas puede haber vasos telangiectásticos en el borde del párpado.

En la DGM existe eritema y engrosamiento palpebral, espuma en el borde libre palpebral y dificultad en la expresión de las glándulas de Meibomio (al presionar el párpado no asoma secreción o es sólida).

En las formas crónicas se puede encontrar tilosis ciliar (paqueblefarosis o engrosamiento del borde palpebral), poliosis (aclaramiento de las pestañas) y madarosis (caída de pestañas).

Tratamiento [19]

- Higiene palpebral (habitualmente 2 veces al día):
 - Compresas calientes
 - Masajes de los párpados
 - Limpieza con jabones de pH neutro del borde palpebral

- Lágrimas artificiales: Para tratar el ojo seco asociado.
- Antibióticos tópicos (moxifloxacino, tobramicina, cloranfenicol, eritromicina, tetraciclinas y eritromicina): Para el tratamiento de las infecciones estafilocócicas.
- Las tetraciclinas orales (doxiciclina y monociclina) son de gran utilidad para el tratamiento de las DGM. En niños, debido a su acción sobre la coloración dentaria, se emplea eritromicina. Se emplean no sólo por su efecto antibiótico, sino por ser antiinflamatorio y regular la secreción sebácea.

2.3.2 Celulitis orbitaria

Inflamación de las estructuras posteriores al septum orbitario con compromiso del contenido de la órbita [22].

Una celulitis orbitaria puede complicarse con un absceso perióstico o propagarse intracranialmente provocando una trombosis de seno cavernoso o una meningoencefalitis, con el resultado de muerte, si no se trata adecuadamente.

Síntomas [22]

Habitualmente existe cierta proptosis con o sin disminución de agudeza visual u oftalmoplegía externa. Suele existir fiebre y malestar general. Aunque generalmente se produce como complicación de una sinusitis paranasal, puede aparecer por extensión de una celulitis preseptal.

El seno etmoidal es la fuente más común de infección orbitaria debido a que este se separa de la órbita solamente por una lámina papirácea, que en los niños es más fina, y comunica mediante venas avalvuladas con la órbita.

Tratamiento [22]

En la mayoría de los casos, se necesita hospitalización. El tratamiento casi siempre incluye antibióticos administrados por vía intravenosa. Puede ser necesaria una cirugía para drenar el absceso o aliviar la presión en el espacio alrededor del ojo.

Una infección de celulitis orbitaria puede empeorar muy rápidamente. Una persona que padezca esta afección debe ser examinada con intervalos de pocas horas.

2.3.3 Conjuntivitis

La conjuntivitis es la inflamación de la conjuntiva [18], la membrana transparente que recubre los párpados y la parte externa del ojo hasta el borde de la córnea. La enfermedad puede deberse a una infección o a una alergia. Es una de las enfermedades oculares más frecuentes. Suele ser autolimitada y, en general, no provoca secuelas.

Síntomas [20]

Las conjuntivitis producen sensación de arenilla o cuerpo extraño, picor o escozor. Además de estos síntomas, la aparición de secreción lleva al paciente a frotarse frecuentemente los ojos. Sin embargo,

las conjuntivitis no cursan con dolor; por ello, su presencia puede traducir afectación del epitelio corneal.

2.3.4 Conjuntivitis alérgica

Constituye una respuesta inflamatoria aguda o crónica de la conjuntiva desencadenada por alérgenos: polen, ácaros, epitelios de animales, etc. [20].

Síntomas – Forma aguda o estacional [20]

La forma aguda o estacional (conjuntivitis de la fiebre del heno) es, junto con la rinitis, un ejemplo de reacción de hipersensibilidad tipo I. Cursa con hiperemia conjuntival bulbar y tarsal, fotofobia, lagrimeo. Suele ser bilateral y la secreción es de tipo seroso. Al evertir el párpado, se observan papilas. Existen reacciones hiperagudas en las que predomina la presencia de quemosis marcada minutos u horas después de la exposición, típicamente a alérgenos de origen vegetal.

Síntomas – Forma crónica o perenne [20]

La forma crónica o perenne es mucho menos llamativa debido a su cronicidad. Cursa con secreción mucosa. En todas ellas existen grados variables de prurito, enrojecimiento ocular y secreción. Generalmente, no suele afectarse la córnea, aunque hay excepciones. Aparecen habitualmente en pacientes atópicos, muchos de ellos con antecedentes conocidos de fiebre de heno o asma.

Tratamiento [20]

Mejoran con corticoides tópicos (cuyo uso debe ser muy restringido), colirios de agentes con múltiple acción (antihistamínica y otras: olopatadina, ketotifeno, epinastina y azelastina) o de acción estabilizante de membrana de mastocitos (derivados del cromoglicato), lágrimas artificiales (diluyen la concentración de alérgeno), antihistamínicos orales (indicados si coexisten manifestaciones en otras mucosas diana), aunque la mejor terapéutica es la eliminación del alérgeno y la desensibilización.

2.3.5 Conjuntivitis bacteriana

Constituyen una reacción inflamatoria producida por la exposición a bacterias patógenas [20], generalmente autolimitada. Su frecuencia depende de la edad del paciente, del clima y del entorno social e higiénico. Suelen dividirse en hiperagudas, agudas y crónicas.

Síntomas - Aguda [20]

Sensación de picor, escozor e irritación ocular que obliga al paciente a frotarse constantemente los ojos. No suele presentar dolor. Generalmente, el cuadro se inicia en un ojo, pero en poco tiempo la afectación es bilateral.

La hiperemia afecta a los vasos de la conjuntiva bulbar y fondo de saco. No es infrecuente observar papilas en la conjuntiva tarsal superior. Pueden aparecer pseudomembranas en algunos casos.

Síntomas – Hiperaguda [20]

Puede observarse inflamación del ganglio linfático preauricular (donde drena la linfa de esa zona) y puede afectarse la córnea, produciéndose queratitis punteada superficial, infiltrados corneales e incluso úlceras, en cuyo caso hay dolor ocular.

Síntomas – Crónica [20]

Debe buscarse la fuente de gérmenes en los anexos oculares, generalmente en forma de blefaritis. En estos casos puede existir una úlcera marginal corneal (también denominada «catarral») que representa una reacción antígeno-anticuerpo y no una presencia activa del germen.

Tratamiento [20]

La evolución natural de las conjuntivitis es buena en general. Habitualmente, se trata de forma empírica con un antibiótico tópico de amplio espectro. En el caso de las conjuntivitis gonocócicas, se debe asociar tratamiento sistémico: si el contagio se produjo por la vía de contacto directa genital-mano-ojo, se debe tratar también la pareja sexual.

Los antibióticos más utilizados con la pauta de instilación convencional son: la asociación de neomicina, polimixina B y bacitracina, el cloramfenicol, la tobramicina o las quinolonas.

La pauta convencional comprende instilaciones cada dos o cuatro horas mientras el paciente esté despierto durante los dos o tres primeros días, para luego ir disminuyendo la dosis a una gota cada cinco o seis horas. El tratamiento tópico debe mantenerse durante siete u ocho días.

Con una pauta de tres días de duración, dos veces al día, se administra la azitromicina tópica, cuando está indicada. El ácido fusídico tópico se utiliza dos veces al día (lo que representa una ventaja en la administración a escolares y pacientes pediátricos) durante una o dos semanas. La utilización de corticoides tópicos, que pueden aliviar los síntomas, solo debe hacerse bajo supervisión del oftalmólogo.

En las mujeres embarazadas o en lactancia, los antibióticos tópicos más indicados son: azitromicina, eritromicina y polimixina B.

2.3.6 Conjuntivitis de inclusión en adulto

Está producida por la *Chlamydia trachomatis*, serotipos D y K. Tiene un periodo de incubación de entre 3 y 15 días [20].

Síntomas [20]

La conjuntivitis de inclusión del adulto se transmite por contacto directo genital-mano-ojo en el adulto sexualmente activo. La secreción suele ser abundante y de tipo seroso o mucopurulento.

La reacción folicular suele ser marcada y localizada en los fondos de saco. En un 30 % de los casos se complica con queratitis.

Tratamiento [20]

Responde al tratamiento mediante doxiciclina oral, 100 mg cada doce horas durante dos semanas. En el caso de mujeres embarazadas debe utilizarse eritromicina. Habitualmente se complementa con el correspondiente tratamiento tópico con tetraciclinas o eritromicina, respectivamente.

2.3.7 Conjuntivitis papilar gigante

Consiste en una reacción inflamatoria inespecífica de la conjuntiva tarsal superior a cualquier «cuerpo extraño» que cause roce e irritación (sutura expuesta, prótesis oculares). Su incidencia es alta en los portadores de lentes de contacto, sobre todo en las blandas [20].

Síntomas [20]

El paciente presenta sensación de cuerpo extraño y dificultad para tolerar las lentillas. En la conjuntiva tarsal superior se observan papilas hipertróficas y pueden aparecer todos los signos comentados en la queratoconjuntivitis vernal.

Tratamiento [20]

El tratamiento suele implicar el cambio o la eliminación de la lente de contacto.

2.3.8 Conjuntivitis por parásitos

Es la conjuntivitis menos habitual de todas [20].

Síntomas [20]

Algunos parásitos pueden infestar las pestañas produciendo una pediculosis (*Pediculus humanus capitis, corporis o Pthirus pubis*) y por contigüidad, una blefaroconjuntivitis aguda. Por otro lado, nematodos como la filaria *Loa loa* o la microfilaria *Onchocerca volvulus* pueden alcanzar el espacio subconjuntival y producir conjuntivitis. En la oncocercosis puede haber además afectación corneal y del polo posterior graves que conducen a la ceguera en zonas endémicas tropicales.

Tratamiento [20]

El tratamiento debe estar en manos del oftalmólogo.

2.3.9 Conjuntivitis vernal

Es una enfermedad crónica, bilateral, con tendencia a la recurrencia y a la afectación visual, más frecuente en climas húmedos y templados, y que aparece en primavera y verano afectando sobre todo a jóvenes (5 a 15 años, luego disminuye notablemente). Parece resultar de una combinación de reacciones de hipersensibilidad tipo 1 y tipo 4 [20].

Síntomas [20]

Los síntomas predominantes son picor, quemazón, sensación de cuerpo extraño, fotofobia, blefaroespasmo y lagrimeo (si existe dolor, es indicativo de afectación corneal). Clínicamente, se manifiesta por secreción de tipo mucoso (filamentos de mucina blanquecinos), que no aglutina las pestañas por la mañana, hiperemia conjuntival bulbar y tarsal asociadas a:

- **Forma palpebral:** papilas localizadas en la conjuntiva palpebral superior y de aspecto adoquinado o empedrado constituyendo en ocasiones papilas gigantes.
- **Forma limbar:** manchas blanquecinas limbares compuestas predominantemente por eosinófilos (manchas de Horner-Trantas) e incluso pseudogerontóxon.

También existen **formas mixtas** (palpebrales y limbares). Puede haber afectación corneal en forma de queratopatía punteada, erosiones epiteliales o úlceras en placa (por acúmulo de moco y detritus celulares sobre el defecto epitelial). Finalmente, pueden aparecer fibrosis y neovasos corneales. Cuando se afecta la córnea, la visión se altera.

Tratamiento [20]

El tratamiento debe estar en manos del oftalmólogo.

2.3.10 Conjuntivitis vírica

Aunque existen muchos virus capaces de producir conjuntivitis a cualquier edad, los más frecuentes son los adenovirus; menos habituales son los picornavirus, el virus del herpes simple, varicela zoster, vacuna o el poxvirus del *molluscum contagiosum*. Aunque también suelen ser benignas y de curso autolimitado, duran más que las bacterianas y suelen presentar más sintomatología [20].

Síntomas - Fiebre faringoconjuntival [20]

Se relaciona con los adenovirus 3 y 7. Es más frecuente en los niños, suele cursar con afectación de las vías respiratorias altas y solo en un bajo porcentaje se complica con queratitis.

Síntomas - Conjuntivitis adenovírica o queratoconjuntivitis epidémica [20]

Se debe a los adenovirus 8 y 19. Se complica con queratitis en el 50 % de los casos. Su periodo de incubación es de unas dos semanas. No suele asociarse a síntomas sistémicos.

Las conjuntivitis adenovíricas son unas de las que más frecuentemente llevan al paciente a urgencias. El cuadro comienza de forma brusca, uni o bilateral, aunque en la mayoría de los casos es inicialmente unilateral. En la exploración se observa una intensa quemosis conjuntival con edema palpebral y, en algunos casos, ptosis palpebral. El paciente refiere sensación de cuerpo extraño, lagrimeo intenso y fotofobia. La secreción es serosa, pero a medida que el proceso avanza puede transformarse en purulenta por una sobreinfección bacteriana.

Con la eversión del párpado superior pueden observarse pequeñas microhemorragias. En los casos más agudos, las microhemorragias comprometen también a la conjuntiva bulbar. Pueden aparecer pseudomembranas, preferentemente en la conjuntiva tarsal superior. Suele existir adenopatía preauricular y submaxilar.

La queratitis es una complicación frecuente de la queratoconjuntivitis epidémica. Suele aparecer entre el séptimo y el décimo día del inicio de los síntomas oculares. Empieza como una queratitis punteada superficial que se complica en la mayoría de los casos con infiltrados subepiteliales, que pueden

persistir durante años y que, cuando se sitúan en el centro de la córnea, provocan una disminución de la agudeza visual y la visión de halos alrededor de las luces.

Las otras conjuntivitis víricas suelen cursar con una clínica algo menos florida que las adenovíricas.

Tratamiento [20]

No tienen tratamiento etiológico específico y las medidas van dirigidas a disminuir los síntomas: los antiinflamatorios no esteroideos tópicos pueden ser útiles, cada seis horas, y se pueden aplicar fomentos o soluciones frías periódicamente.

Se puede asociar un antibiótico de amplio espectro como profilaxis para evitar sobreinfecciones bacterianas.

En la fase de resolución es útil administrar lágrimas artificiales, pero no se debe abusar de los colirios vasoconstrictores, su retirada puede producir un efecto rebote. En los pacientes que cursan con pseudomembranas está indicada su extracción mediante pinzas. La conjuntivitis se resuelve en un periodo de dos a tres semanas y normalmente no deja secuelas. Si la inflamación fue muy agresiva, puede quedar una cierta sequedad ocular y en ocasiones los infiltrados corneales tardan meses o años en desaparecer totalmente.

2.3.11 Cuerpo extraño

La conjuntiva es el lugar de más frecuente localización de los cuerpos extraños que no impactan en el ojo con mucha velocidad. Ante su sospecha, siempre se deben explorar los fondos de saco conjuntivales [26].

La úlcera corneal traumática o erosión simple de córnea constituye una de las presentaciones más frecuentes en urgencias.

Síntomas [26]

La localización más probable de un cuerpo extraño conjuntival es en la cara tarsal del párpado superior, por lo que habrá que evertirlo para retirarlo. Es posible que el cuerpo extraño esté enclavado en las capas anteriores de la córnea.

Es importante averiguar, si se puede, los siguientes datos sobre el posible cuerpo extraño:

- El tamaño.
- La composición:
 - o La radiodensidad determinará su visibilidad en una radiografía o TAC.
 - o El ferromagnetismo puede servir para la extracción quirúrgica mediante electroimán por parte del oftalmólogo en algunos casos.
 - o La tolerancia, es decir, lo inerte del material que compone el cuerpo extraño.

Tratamiento [26]

Si el cuerpo extraño está alojado en la cara tarsal del párpado superior, habrá que evertirlo para retirarlo. Se proporcionará una cobertura antibiótica tópica. Usualmente el cuerpo extraño habrá erosionado la córnea.

Se deberá requerir al paciente que colabore permaneciendo bien quieto.

Si su localización es muy superficial, puede intentarse su eliminación sin necesidad de un colirio anestésico —aunque será más cómoda con él—, irrigando agua a presión (con una jeringa, por ejemplo). Después, se debe evaluar el defecto epitelial con fluoresceína.

Si el cuerpo extraño está impactado en la córnea, se debe instilar primero colirio anestésico. Pasados 15 segundos se puede empezar a extraer el cuerpo extraño:

- Intentar retirar primero con un bastoncillo de algodón que deberá humedecerse para que resulte adherente (con suero fisiológico estéril, colirio anestésico o antibiótico) y aplicar sobre el cuerpo extraño con un suave movimiento rotacional.
- Si no fuera posible así, se puede intentar extraer con un objeto duro (lanceta o aguja hipodérmica de insulina —25 g—, moderadamente doblada, con el bisel hacia el médico), evitando el cierre palpebral y los movimientos bruscos del paciente. Se debe insertar la punta entre el borde del cuerpo extraño y la córnea y realizar entonces un movimiento de aproximación hacia el médico. Muchos cuerpos metálicos, si permanecen enclavados un tiempo, dejan un halo de óxido alrededor del lecho donde impactaron. Dicho óxido debe eliminarse completamente. Para ello, se debe raspar suavemente el tejido corneal teñido. Si no se tiene seguridad, se remitirá directamente al oftalmólogo para que lo elimine cuanto antes (previamente al cierre epitelial).
- A continuación, se prescribirá un antibiótico tópico 3 o 4 veces al día durante un mínimo de 3 días. Se ocluirá con un vendaje moderadamente compresivo y se revisará al paciente a las 24 horas. El dolor se controlará con la instilación de un colirio ciclopéjico 3 veces al día durante 2-3 días. Es conveniente que el oftalmólogo revise la completa epitelización pasados aproximadamente 3 o 4 días. No debe prescribirse nunca un anestésico para uso del paciente. Los anestésicos retardan los procesos de cicatrización corneal.

La aplicación de una oclusión ocular levemente compresiva o una lente de contacto terapéutica estéril incrementarán el confort del paciente. La complicación más frecuente de las erosiones traumáticas, la queratalgia o erosión recidivante, tiene el mismo tratamiento que la primera erosión epitelial en la fase aguda, pero debe ser el oftalmólogo quien aborde la solución definitiva del cuadro.

2.3.12 Dacrioadenitis

Inflamación de la glándula lagrimal principal. Es una patología poco frecuente que generalmente afecta a la porción palpebral de la glándula. Pueden ser agudas o crónicas. Tanto las formas agudas

como las crónicas de dacrioadenitis pueden evolucionar hacia la atrofia, produciendo un síndrome de ojo seco secundario [22].

Síntomas – Dacrioadenitis aguda [22]

Ocurren por procesos sistémicos: parotiditis, sarampión o gripe, o locales como la erisipela. Clínicamente se presentan con aumento de tamaño de la glándula, que se hace accesible a la palpación (dura y dolorosa). Se produce edema de párpado con ptosis mecánica e incurvación del borde palpebral en forma de «S». Es fácilmente observable la tumefacción glandular cuando el paciente mira su nariz y se levanta el párpado superior. Suele asociarse a una adenopatía preauricular.

Síntomas – Dacrioadenitis crónica [22]

Aparecen en enfermedades sistémicas como el síndrome de Heerfordt (asociado a fiebre, uveítis y parotiditis) o de Mikulicz (acúmulo de tejido linfóide en la glándula parótida lagrimal o salival, producido por sífilis, tuberculosis, sarcoidosis, linfomas).

Tratamiento [22]

El tratamiento puede ser iniciado por el médico de atención primaria con antiinflamatorios no esteroideos sistémicos. El oftalmólogo podrá completar el tratamiento con antibióticos tópicos y por vía sistémica y, si fuera necesario, con un drenaje.

2.3.13 Dacriocistitis

Es la inflamación del saco lagrimal secundaria a la obstrucción del conducto nasolagrimal, por lo que cursa con epífora. Las obstrucciones de vía lagrimal se localizan más frecuentemente en el tramo subsacular [22].

En el manejo de las obstrucciones del conducto nasolagrimal existen dos situaciones bien diferenciadas: 1) del recién nacido, y 2) del adulto. Esta última suele ser secundaria a infecciones, inflamaciones y alteraciones involutivas. Es más frecuente en mujeres de 50 años en adelante.

Síntomas [22]

Las dacriocistitis pueden presentarse bajo diferentes formas clínicas:

- **Dacriocistitis aguda supurada:** Infección bacteriana con formación de un absceso en el saco lagrimal. El germen más frecuentemente implicado es el *Staphylococcus aureus*. Se observa hiperemia y tumoración inflamatoria aguda en el ángulo interno, con congestión y edema que se extiende frecuentemente al párpado inferior y la mejilla. Es un cuadro muy doloroso. Si no se resuelve, se puede fistulizar hacia la piel de la cara. Puede complicarse con una celulitis preseptal o raramente postseptal (orbitaria), en los casos graves.
- **Dacriocistitis crónica o «rija»:** Los pacientes se quejan de epífora con secreción y conjuntivitis de repetición. Con frecuencia, la obstrucción de la vía lagrimal provoca que el cuadro se cronifique. El saco lagrimal puede aparecer tumefacto, pero apenas está

eritematoso y, al presionar sobre él, se produce un reflujo mucopurulento. Pueden existir reagudizaciones en forma de dacriocistitis aguda sobre una dacriocistitis crónica.

- **Mucocele del saco lagrimal:** Es una variedad de la dacriocistitis crónica. Tras la obstrucción del conducto lacrimonasal, se acumulan secreciones de las células caliciformes que dilatan el saco y provocan una tumoración adherida a planos profundos que no duele. Al presionar sale el contenido mucoso del saco por los puntos lagrimales.

Tratamiento [22]

El tratamiento final comprende siempre la resolución de la obstrucción mediante cirugía que comunique el saco lagrimal con la fosa nasal (dacriocistorrinostomía) o cirugía a través del conducto nasolagrimal mediante endoláser, dilatación con balón o colocación de «stent» para las que la colaboración con los otorrinolaringólogos es habitual.

En la dacriocistitis aguda el médico de atención primaria puede administrar antibióticos y antiinflamatorios no esteroideos orales. El oftalmólogo procederá al drenaje del absceso.

2.3.14 Ectropión

Incurvación o eversión del borde del párpado hacia fuera, con exposición de la conjuntiva tarsal. Es más frecuente en el inferior [22].

En el ectropión puede producirse una queratitis por exposición (la oclusión palpebral es incompleta) e irritación de la piel por la epífora.

Síntomas [22]

Debido a la separación entre el borde del párpado y el globo ocular, se pierde el lago lagrimal, por lo que se produce epífora y una conjuntivitis crónica. El punto lagrimal se evierte y se hace visible.

La conjuntiva tarsal experimenta cambios inflamatorios por exposición que conducen a la metaplasia escamosa y queratinización.

Se distinguen varios tipos:

1. Congénito (raro):

- En niños con síndrome de Down.

2. Adquirido:

- Senil, por relajación del músculo orbicular y otras estructuras palpebrales.
- Paralítico, por parálisis del VII par o nervio facial, que da lugar a lagofthalmos.
- Cicatricial, por heridas en la cara o quemaduras que producen retracción cutánea.

Tratamiento [22]

El médico de atención primaria puede prescribir inicialmente un gel o pomada oftálmica que lubrique y proteja la superficie corneal.

El tratamiento definitivo es quirúrgico y lo realiza el oftalmólogo.

2.3.15 Enfermedad injerto-huésped

Ocurre en el 40 % de los pacientes que han recibido un trasplante de médula ósea. Tienen afectación muy frecuente de la conjuntiva, entre otros órganos [20].

Síntomas [20]

Suele manifestarse en la forma de queratoconjuntivitis seca, por afectación de la glándula lagrimal principal.

Una complicación corneal es la degeneración corneal calcárea, que consiste en el depósito de sales de calcio en capas de la cornea, formando en ocasiones placas de gran tamaño.

Tratamiento [20]

El tratamiento compete al oftalmólogo.

2.3.16 Entropión

Incurvación o inversión del borde palpebral hacia el globo ocular, lo que habitualmente provoca lesiones corneales (úlceras), lagrimeo y epífora [22].

La complicación más importante es la rotación interna de las pestañas, que traumatiza directamente la córnea, dando lugar a úlceras que pueden infectarse secundariamente.

Síntomas [22]

Se distinguen varios tipos:

1. **Congénito:** ocurre raramente y está producido por el desarrollo inadecuado de la inserción de la aponeurosis del retractor dentro del borde inferior de la lámina tarsal. Se caracteriza por la ausencia del surco del párpado inferior.
2. **Adquirido:**
 - Involutivo o senil: por laxitud de los tejidos orbitarios y las estructuras palpebrales que tienden a rotar hacia dentro.
 - Espasmódico: generalmente por irritación y cierre palpebral enérgico, por ejemplo, en el blefaroespasma.
 - Cicatricial: por lesiones en la conjuntiva tarsal como el tracoma.

Tratamiento [22]

El tratamiento inicial puede ser realizado por el médico general con medidas mecánicas de eversión con tela adhesiva o esparadrapo y la administración de antibióticos tópicos.

El tratamiento definitivo es quirúrgico.

2.3.17 Epiescleritis

Es la irritación e inflamación de la epiesclerótica, una delgada capa de tejido que cubre la parte blanca (esclerótica) del ojo. No es una infección [24].

La epiescleritis suele afectar a mujeres jóvenes con patología autoinmune.

Síntomas [24]

Se manifiesta con un enrojecimiento difuso o localizado sobre el blanco del ojo y ligera sensación de incomodidad. Pueden afectar uno o ambos ojos. Suele ser indolora, de comienzo brusco y normalmente desaparece por sí sola al cabo de una par de semanas, aunque puede repetirse.

Se manifiesta por episodios únicos o recurrentes autolimitados de ojo rojo localizado y la presencia de un nódulo subconjuntival, asociado a dolor.

Los pacientes con antecedentes de haber padecido brotes previos pueden aportar información sobre su causa desencadenante.

Tratamiento [24]

La afección casi siempre desaparece sin tratamiento en 1 a 2 semanas, pero la curación natural de la inflamación se acelera con medicamentos antiinflamatorios, como es el uso de gotas oftálmicas con corticosteroides que puede ayudar a aliviar los síntomas más rápido.

2.3.18 Escleritis

Las escleritis son inflamaciones de la esclera [24] que se clasifican en función de su localización en:

- **Anterior:** inflamación anterior al ecuador del ojo. Puede ser:
 - o No necrotizante: a su vez, puede ser nodular o difusa.
 - o Necrotizante: a su vez puede presentarse con inflamación o sin esta (escleromalacia perforante).
- **Posterior:** inflamación posterior al ecuador del ojo.

Síntomas [24]

El paciente con escleritis presenta típicamente un cuadro de ojo rojo intensamente doloroso, y en las formas posteriores, además, disminución de la visión.

En casos de escleritis (sobre todo en las anteriores), es recomendable realizar un estudio sistémico para valorar las causas subyacentes de estas:

- Serologías: principalmente sífilis (*Treponema pallidum*).
- Intradermorreacción de Mantoux (*Mycobacterium tuberculosis*).
- Radiografía de tórax (*Mycobacterium tuberculosis*, enfermedad de Wegener).
- Radiografía de articulaciones sacroilíacas (*espondilitis anquilopoyética*).
- Anticuerpos anticitoplasma, ANCA (*enfermedad de Wegener*).
- Factor reumatoide (*artritis reumatoide*).

Los hallazgos clínicos fundamentales de una **escleritis anterior** son:

1. Hiperemia conjuntival generalizada, que típicamente no blanquea al instilar una gota de fenilefrina (en caso de hacerlo, el diagnóstico sería de epiescleritis).
2. Nódulos no desplazables (forma anterior nodular).
3. Engrosamiento difuso de la esclera, sin formaciones nodulares de extensión variable (forma anterior difusa).
4. Adelgazamiento escleral con visualización a su través de la coloración azulada propia de la coroides (forma anterior necrosante), asociando enrojecimiento circunscrito y alteraciones vasculares esclerales (forma anterior necrosante con inflamación); o sin signos inflamatorios marcados (forma anterior necrosante sin inflamación), forma esta típicamente asociada a la artritis reumatoide de larga evolución.

Los hallazgos clínicos fundamentales de una **escleritis posterior** son:

1. Engrosamiento de la esclera por detrás del ecuador, detectable mediante pruebas de imagen (ecografía, resonancia magnética).
2. Motilidad dolorosa del ojo, por la inflamación de los tejidos orbitarios adyacentes.
3. Desprendimiento exudativo de retina, por afectación intraocular.

Tratamiento [24]

El tratamiento de las escleritis depende de la forma de presentación:

- Escleritis anterior no necrotizante: antiinflamatorios no esteroideos por vía oral.
- Escleritis anterior necrotizante sin inflamación: implante quirúrgico de parches sobre las áreas de necrosis escleral (esclera donante, duramadre...).
- Escleritis anterior necrotizante con inflamación y escleritis posterior: corticoides por vía general, asociados a otros fármacos inmunosupresores (ciclofosfamida, rituximab, anti-TNFs, etc.).

2.3.19 Glaucoma agudo

El cuerpo ciliar del ojo produce sin cesar el líquido llamado humor acuoso, que circula por detrás del iris, a través de la pupila, hacia la cámara que está entre aquél y la córnea, saliendo por una red de tejido que hay en el ángulo iridocorneal y luego va al canal de Schlemm que lleva a unas pequeñas

venas de la parte exterior del ojo. En algunos casos la circulación es defectuosa, haciendo que el humor acuoso fluya hacia fuera más despacio que el ritmo de su producción —o deja de fluir del todo—, y se eleva la presión interior del globo ocular [25].

El cuadro clínico que con mayor frecuencia se asocia al ataque agudo es el glaucoma primario de ángulo estrecho en el que la elevación de la presión se produce por el estrechamiento y posterior cierre parcial o total del ángulo iridocorneal. A su vez, dentro de los glaucomas de ángulo estrecho, hay varios tipos: con y sin bloqueo pupilar, primarios y secundarios y diferentes formas de presentación (agudo, subagudo y crónico o intermitente).

Síntomas [25]

La clínica varía según la presentación del cuadro, que, a su vez, estará condicionada por la velocidad de instauración de la hipertensión ocular.

- A partir de los 30 mmHg, se produce un edema corneal: este incremento de la presión provoca una hidratación anormal de la córnea y se manifiesta por visión borrosa y por la visión de halos de colores alrededor de las luces.
- A partir de los 40-50 mmHg, aparece el cuadro agudo con sus manifestaciones más alarmantes: dolor ocular muy severo (también conocido por su intensidad como «dolor de clavo»), fotofobia, blefaroespasma, lagrimeo y síntomas vagales tales como náuseas y vómitos, bradicardia, hipotensión arterial, etc.
- Si la tensión ocular alcanza cifras extraordinariamente altas, por encima de los 60 mmHg, se puede llegar a colapsar la vena o la arteria central de la retina, con disminución total de la agudeza visual (amaurosis).

El aumento de presión, al igual que en otras formas de glaucoma, daña los axones de las células ganglionares, dando lugar a defectos del campo visual e incluso a una atrofia óptica y, por tanto, ceguera.

En estos pacientes es frecuente encontrar antecedentes de ataques o cierres angulares intermitentes que duran aproximadamente unos 30-40 minutos y que suelen ceder de manera espontánea. Son cuadros que cursan con cefalea (frontal o periorbitaria) hemicraneal del mismo lado del glaucoma, visión borrosa y halos de colores. Este cuadro se conoce como glaucoma subagudo y en ocasiones precede al ataque agudo.

Los antecedentes personales (medicación sistémica por otras patologías, estrés) y los antecedentes oftalmológicos (ametropías —hipermetropía—, medicación tópica o episodios previos) pueden aportar información sobre su causa desencadenante. Es preciso preguntar al paciente si ha consumido fármacos como benzodiacepinas, antidepresivos, antianginosos o corticoides, o si ha utilizado colirios midriáticos o antibióticos.

Tratamiento [25]

Los objetivos básicos del tratamiento son dos: detener el ataque y prevenir la aparición de nuevos episodios. Para ello se debe:

- Romper el bloqueo y otras causas del cierre del ángulo.
- Ampliar el ángulo mediante tratamiento médico.
- Llevar a cabo iridotomías (pequeños orificios que se realizan en la periferia del iris abarcando la totalidad de su espesor) con láser nd-YAG (*neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet*) o iridectomías (cirugía), para interrumpir y/o prevenir nuevos ataques al restablecer la comunicación entre las cámaras posterior y anterior, permitiendo así la circulación del humor acuoso.
- Realizar una profilaxis en el ojo contralateral (habitualmente mediante iridotomías).

Para detener el ataque, el primer paso es el tratamiento médico, que consiste en:

- Diuréticos osmóticos como el manitol intravenoso para producir un rápido descenso de la PIO, y la acetazolamida, vía oral o parenteral, que inhibe la producción de humor acuoso. Se asocian también betabloqueantes tópicos.
- Míóticos, como la pilocarpina tópica al 2 % (a concentraciones mayores aumenta el contacto iridocristaliniano) cada cinco minutos durante media hora, para deshacer el estado de bloqueo pupilar.
- Si es preciso, se puede proporcionar analgesia e incluso antieméticos, y colocar al paciente en la posición de decúbito supino con la finalidad de desplazar el cristalino hacia atrás.

Para prevenir la aparición de nuevos episodios:

- Como persisten los factores anatómicos predisponentes, es necesario realizar una iridotomía con láser nd-YAG en la periferia del iris para evitar la aparición de nuevos episodios en ese ojo y en el contralateral. Si esta medida no fuera suficiente o posible, habría que recurrir a una iridectomía quirúrgica.
- Si el cuadro presenta un tiempo de evolución largo y el ángulo se encuentra deteriorado por los repetidos ataques o por la formación de goniosinequias, puede ser precisa la realización de cirugía filtrante asociando o no implantes valvulares.

2.3.20 Hemorragia subconjuntival – Hiposfagma

Colección hemática subconjuntival producida por rotura vascular, que se manifiesta clínicamente como una mancha rojo-vinosa que enmascara los vasos subyacentes y ocupa el blanco escleral [19].

Puede ser de origen:

- Espontáneo
- Infeccioso: En el contexto de conjuntivitis infecciosas, fundamentalmente víricas.

- Traumático: Consecutiva a un trauma contuso cráneo-facial u ocular directo y tras cirugía ocular. En bastantes ocasiones pequeños hiposfagmas son generados por traumatismos menores sobre el ojo (al retirar la lente de contacto, con la púa del peine, etc.), muchos de los cuales pasan inadvertidos en el momento.

Síntomas [19]

- Generalmente asintomática, indolora y no afecta a la visión.
- Si la colección sanguínea es elevada puede producir sensación de cuerpo extraño.
- En relación con su intensidad, la hemorragia oscila entre una simple petequia única o múltiple, unilateral o bilateral, a un hematoma subconjuntival que provoca una quemosis equimótica, localizada o difusa.

Tratamiento [19]

Generalmente no requiere tratamiento. La reabsorción de la hemorragia subconjuntival se efectúa de forma espontánea al cabo de varios días, evolucionando por todos los matices de color.

Ante una quemosis equimótica que altere la regularidad de la superficie ocular se aconseja la aplicación frecuente de lágrimas artificiales para proporcionar una lubricación óptima de la superficie ocular.

Ante equimosis subconjuntivales de repetición se recomiendan pruebas analíticas y control de la tensión arterial.

2.3.21 Oftalmopatía tiroidea

La enfermedad de Graves (EG) es un proceso autoinmune con implicación de la glándula tiroidea y de la órbita (músculos y grasa orbitaria), de etiopatogenia desconocida y tratamiento complejo y poco satisfactorio [28].

Generalmente, se asocia con estados de tirotoxicosis, pero actualmente se ha relacionado también con tiroiditis de Hashimoto, carcinomas inmunosecretores e incluso puede aparcar en estados eutiroideos. Suele afectar más frecuentemente a mujeres.

Síntomas [28]

Suele presentarse con proptosis subaguda o crónica, sin desplazamiento del globo ocular. La presencia de edema y bolsas palpebrales al despertar, visión borrosa en las primeras horas de la mañana que mejora después, conjuntivitis crónicas con quemosis, sensación de presión ocular al principio y final del día, aumento de los signos de astenopia o cansancio al leer también son signos y síntomas de sospecha de la OT.

Tratamiento [28]

Médico

- La mayoría de los pacientes con enfermedad de Graves tiene mínimos signos y síntomas de OT que mejoran con el tratamiento endocrinológico; sin embargo, el 15 % de las OT evoluciona a cuadros clínicos severos que requieren tratamiento por un especialista en oftalmología.
 - o Medidas iniciales: en primer lugar, hay que diagnosticar completamente y tratar la patología tiroidea de base. Se recomienda abandonar el hábito tabáquico, ya que el tabaco puede activar o empeorar la OT. El uso de gafas con filtro de color («oscuras») para la fotofobia y lubricantes tópicos oftalmológicos pueden mejorar sintomatologías irritativas leves.
 - o Corticoides: la vía de administración depende de la severidad.
- La vía oral (prednisona oral en disminución progresiva a lo largo de cinco semanas) se puede utilizar en casos leves y severos con dosis de 1 a 10 mg/kg/día. Las dosis superiores a 100 mg/día solo se administran en periodos cortos de unos días.
- La vía endovenosa (metilprednisolona en pulsos intravenosos) es la de elección en casos moderados-severos debido a que son más efectivos y provocan menos efectos secundarios que su administración vía oral. La respuesta es favorable en el 70-75 % de los casos.
 - o Otros inmunosupresores como la ciclosporina. Se utilizan en pacientes que no responden a los esteroides o en diabéticos.
 - o Agentes biológicos: anticuerpos monoclonales como el Rituximab (anti CD20) o el Tocilizumab (inhibidor de interleucina), este último actualmente en fase de estudio. Se utilizan en la actualidad para casos con mala respuesta a bolos de esteroides.

Ante el fracaso de las medidas anteriores para el control de la progresión de la OT, cuando exista riesgo de perforación corneal o de neuropatía óptica compresiva, debe considerarse la cirugía a pesar de estar en fase activa.

Quirúrgico

- El tratamiento quirúrgico busca rehabilitar las secuelas de la OT en fase no activa. Se realiza de forma escalonada, con un intervalo de cuatro a seis semanas entre cada procedimiento necesario.
- Descompresión orbitaria: puede corregir la exoftalmia (hasta 10 mm) y mejora el edema producido por la congestión venosa. Busca la expansión y el agrandamiento de la cavidad orbitaria hacia los senos paranasales (etmoides y maxilar) con el objeto de albergar los tejidos aumentados de tamaño. Se lleva a cabo en fase de inactividad, aunque en ocasiones se realiza como tratamiento de urgencia ante una queratopatía grave o una neuropatía óptica. También se puede realizar descompresión grasa de la órbita cuando existe predominio del componente graso.

- Cirugía del estrabismo: el estrabismo es la secuela más común de la OT. Se realiza debilitamiento de los músculos extraoculares engrosados o fibrosados mediante retroinserción de los mismos.
- Cirugía de la retracción palpebral: la técnica más utilizada es la Müllerectomía (resección del músculo de Müller) combinada con debilitamiento del EPS para reducir la apertura palpebral de 1 a 4-5 mm. Las retracciones inferiores se corrigen mediante la implantación de materiales de soporte (esclera, cartílago auricular) en el párpado inferior.

2.3.22 Orzuelo y chalazión

El **orzuelo** [19] supone la infección aguda piógena de una glándula de los párpados que se presenta como una masa circunscrita, enrojecida y dolorosa. Es frecuente que, además, exista edema palpebral perilesional. En la etiopatogenia suele ocurrir una obstrucción de la luz de salida que facilita la formación del absceso de la glándula. Según su localización, se dividen en:

- Orzuelo externo: inflamación supurativa de una de las glándulas de Zeiss o de Moll del folículo piloso, normalmente producida por *S. Aureus*.
- Orzuelo interno: inflamación supurativa de una glándula de Meibomio producida generalmente por *S. Aureus*. Es generalmente más doloroso y grande que el externo, protruyendo hacia la zona conjuntival o piel.

El **chalazión** [19] es una inflamación crónica granulomatosa secundaria a la retención prolongada de lípidos en una glándula de Meibomio.

Síntomas - Orzuelo [19]

- Orzuelo externo: comienza con un edema duro y doloroso, con piel palpebral tersa, formando posteriormente un absceso que se abre a una zona cercana a la base de las pestañas. Existen signos inflamatorios y dolor intenso hasta que fistuliza.
- Orzuelo interno: se manifiesta como una inflamación tarsal del párpado. Este es generalmente más doloroso y grande que el externo, protruyendo hacia la zona conjuntival o piel. Fistuliza al exterior con menos facilidad que el externo.

Síntomas - Chalazión [19]

- Inicialmente indolora y con signos inflamatorios discretos sin que necesariamente se produzca una sobreinfección, hecho este que lo diferencia del orzuelo. Cuando se infecta, se produce el orzuelo interno.

Tratamiento - Orzuelo [19]

En los estadios iniciales:

- Calor local: aplicado sobre la lesión varias veces al día (por ejemplo, mediante una compresa húmeda caliente).

- Antibióticos tópicos de amplio espectro: habitualmente junto con corticoides tópicos en pomada oftálmica de dos a cuatro veces al día. Se emplean con frecuencia, pero su valor es discutido (tener en cuenta los efectos adversos de los corticoides y limitar el tiempo de tratamiento).

Si no se reabsorbe en un mes y queda una formación quística, será precisa la extirpación quirúrgica. También se han empleado los corticoides intralesionales con éxito.

Tratamiento - Chalazión [19]

El tratamiento de los chalaziones de pequeño tamaño consiste en calor y masaje palpebral. Si no se produce la remisión en tres meses o su tamaño es considerable, y el paciente lo desea, se puede proceder a su extirpación quirúrgica. En estos casos también se han empleado los corticoides intralesionales con éxito.

2.3.23 Penfigoide cicatricial

Enfermedad sistémica autoinmune del ojo y piel [20].

Síntomas [20]

Implica fibrosis cicatricial en conjuntiva, esófago, tráquea, faringe, mucosa oral, nasal, anal, uretral y vaginal. En la conjuntiva aparece simbléfaron.

Tratamiento [20]

El tratamiento compete al oftalmólogo.

2.3.24 Quemadura o Causticación

Las **quemaduras** [27] de origen térmico pueden producir lesiones normalmente confinadas al epitelio corneal, en el que se produce coagulación proteinácea, resultando en erosiones o ulceraciones de mayor tamaño. Solo en raras ocasiones el efecto se extiende a los tejidos más profundos. La regeneración dependerá de la afectación del limbo corneal (si se han afectado o no las células progenitoras). En la mayoría de las lesiones, el objetivo del tratamiento es que la úlcera no se infecte y no interferir con el proceso normal de reparación. Las quemaduras de los párpados pueden producir desde una pérdida de pestañas hasta lesiones mayores que causen retracción palpebral y queratopatía por exposición. Estas deberán ser abordadas por la unidad de oculoplastia. Son especialmente críticas las que afectan al borde palpebral, ya que pueden alterar la dinámica de la lágrima.

Las quemaduras de origen químico se denominan **causticaciones** [27]. Las causticaciones por álcali son generalmente más agresivas que las causadas por ácidos, en tanto que su poder de penetración y de daño intraocular es claramente mayor. Los ácidos fuertes producen coagulación proteica que limita su avance intraestromal.

Síntomas [27]

- Fase aguda

- Casos leves: Lo más evidente es la presencia de defectos epiteliales corneales que abarcan desde una queratitis punteada superficial (QPS) hasta ulceraciones completas del epitelio. Hay que buscar signos de quemosis conjuntival, hiperemia, hemorragias conjuntivales y edema palpebral. Intraocularmente se deben buscar signos de inflamación en la cámara anterior. El paciente suele referir dolor intenso.
- Casos moderados a severos: Se pueden encontrar zonas de isquemia periquerática que se observan como áreas blanquecinas en el limbo. En la córnea aparecen signos de edema y opacificación, que pueden incluso impedir la visualización de estructuras de la cámara anterior, o puede tender hacia la perforación por efecto de la liberación de colagenasas. Puede haber aumento importante de la presión intraocular y, en casos en donde el agente químico haya penetrado más, formación de catarata y de lesiones en la retina. La ausencia de dolor es un aspecto negativo, ya que indica la afectación de las terminaciones del trigémino y, por lo tanto, la profundización de la lesión.
- Fase reparadora:
 - La epitelización corneal, habitualmente lenta, es el fenómeno que guía esta fase. Cuando la zona periquerática mantiene una vascularización normal, el tiempo de epitelización y cicatrización no es tan prolongado como cuando aparece isquemia límbica.
- Secuelas:
 - Si se afecta gravemente el limbo esclerocorneal, el pronóstico se ensombrece al quedar impedida la capacidad regenerativa del epitelio corneal. En estos casos la córnea acaba presentando leucoma y vascularización densa e incluso, una membrana retrocorneal. La afectación de la conjuntiva puede dar lugar con el tiempo a la aparición de un síndrome de ojo seco y, en los casos severos, a la creación de simbléfaron y entropión cicatricial.

Tratamiento [27]

- Tratamiento de urgencia
 - Este tratamiento debe ser instaurado inmediatamente después de haberse producido el contacto del agente químico con la superficie ocular y antes de hacer cualquier otra exploración adicional.
 - Se debe llevar a cabo una irrigación decidida con la primera solución acuosa disponible (si no hay otra alternativa, agua corriente), mejor inicialmente con una ligera presión para arrastrar bien los restos de la sustancia, y continuar lavando el ojo durante unos 30 minutos. Idealmente el lavado debería hacerse con solución salina o Ringer-Lactato estériles, un litro por cada ojo aproximadamente. No deben utilizarse soluciones ácidas o básicas en un intento de equilibrar el pH.

- Si se cuenta con anestésico tópico ocular, puede utilizarse solo para facilitar la apertura palpebral y el lavado profuso.
- La irrigación debe incluir los fondos de saco. Si la sustancia es sólida (como la cal), es fácil que queden partículas en los fondos de saco que se deben liberar.
- Tratamiento posterior al de emergencia
 - Este tratamiento debe ser realizado por el oftalmólogo, quien debe poner especial atención en evaluar la extensión intraocular de la quemadura y sus efectos en el limbo.
 - Dependiendo del grado de severidad, podrá manejarse de manera ambulatoria o intrahospitalaria.
 - Debe revisarse perfectamente toda la superficie ocular y los fondos de saco de la conjuntiva en busca de residuos y tejido necrótico que puedan ser removidos con pinzas o un hisopo.
 - Deben administrarse cicloplégicos tópicos (ciclopentolato, homatropina, escopolamina o atropina).
 - También hipotensores oculares en caso de presión intraocular aumentada.
 - Se aplicará un vendaje ocular moderadamente compresivo tras aplicar un antibiótico tópico.
 - Analgésicos vía oral.
 - En caso de perforación corneal, puede ser necesario realizar cirugía (recubrimiento conjuntival o uso de membrana amniótica) o de cianoacrilato (pegamento tisular).
 - En la fase crónica se deberá abordar el tratamiento del síndrome de ojo seco e insuficiencia limbar.
 - Se puede acabar necesitando el uso de técnicas complejas de trasplante de córnea, limbo y membrana amniótica. Finalmente, la queratoprótesis es el último recurso que se puede ofrecer a los casos con peor pronóstico.

2.3.25 Queratitis superficiales

Son defectos focales del epitelio corneal [21] debidos a múltiples causas:

- 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 [21]

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 [21]

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.

2.3.26 Queratoconjuntivitis atópica

Es una inflamación bilateral y crónica de la conjuntiva (y córnea) que aparece fundamentalmente en pacientes con dermatitis atópica. La dermatitis atópica tiene una prevalencia aproximada en la población general del 3 % y la queratoconjuntivitis atópica afecta a un 25-40 % de ellos [20].

Síntomas [20]

El signo guía es la presencia de lesiones eccematosas, eritematosas y exudativas en cualquier parte del cuerpo. Se asocian frecuentemente blefaritis crónica, disfunción de la glándula de Meibomio e infecciones estafilocócicas y herpéticas recurrentes.

Tratamiento [20]

El tratamiento debe hacerlo un oftalmólogo en conjunción con el alergólogo y el dermatólogo.

2.3.27 Queratoconjuntivitis flictenular

Es una conjuntivitis localizada, nodular, que aparece como una respuesta inflamatoria de origen inmunológico reactiva a antígenos (estafilocócicos o del bacilo tuberculoso) [20]. Es frecuente la coexistencia de blefaritis.

Síntomas [20]

Se inicia como una pequeña protrusión conjuntival de aspecto granulomatoso o hiperplásico (flictenula), con hiperemia localizada, que en algunos casos puede ulcerarse.

Tiende a localizarse en el limbo o en la conjuntiva bulbar. Es una conjuntivitis que puede complicarse con afectación corneal.

Tratamiento [20]

El tratamiento compete al oftalmólogo.

2.3.28 Reacción conjuntival tóxica

Son mucho más frecuentes que las reacciones alérgicas y a veces adoptan la forma de queratoconjuntivitis papilares o foliculares [20].

Síntomas [20]

No hay signos de alergia. Suelen estar producidas por colirios como los aminoglucósidos, los antivirales e incluso por conservantes como el cloruro de benzalconio.

Tratamiento [20]

El tratamiento implica la retirada del fármaco.

2.3.29 Síndrome de Ojo Seco

Es un proceso que afecta a la denominada Unidad Funcional Lagrimal, compuesta por todas las glándulas lagrimales, la superficie ocular, la lágrima, los párpados, el sistema de drenaje lagrimal o vías lagrimales y las interconexiones nerviosas que inervan estas estructuras, dependientes del nervio trigémino o V par craneal (parte aferente sensitiva) y del nervio facial o VII par craneal (parte eferente motora y secretora) [23].

Hay dos grandes tipos de SOS:

- SOS hiposecretor: en el que básicamente existe una disminución de la producción de película lagrimal. Puede aparecer en el contexto de un síndrome de Sjögren. Cuando el SOS hiposecretor no ocurre en el contexto de un síndrome de Sjögren puede estar causado entonces por cualquier alteración que conlleve una disminución de la producción de lágrima.
- SOS evaporativo: constituido por una gran variedad de causas, en las que la cantidad de lágrima es normal (el nombre de ojo «seco» es, por ello, un nombre que induce a error), pero existe una evaporación excesiva que altera su composición.

Las blefaritis son una de las condiciones más frecuentemente diagnosticadas en oftalmología y muchas de ellas conllevan una mayor evaporación de la lágrima. Otras causas son el uso de lentes de contacto, exposición excesiva de la superficie ocular (por ejemplo, por lagofthalmos tras una parálisis facial o en el contexto de oftalmopatía distiroidea) o las alteraciones del parpadeo espontáneo. Es fundamental realizar una historia clínica exhaustiva, averiguando no solo problemas oculares, sino de

otras mucosas, piel y de otros aparatos, debido a las enfermedades sistémicas que pueden asociar un SOS.

Síntomas [23]

Presenta síntomas de irritación (quemazón, ardor, escozor, sensación de cuerpo extraño, pesadez), sensación de sequedad, necesidad de tener los ojos cerrados, mala calidad visual.

También es relativamente frecuente la fotofobia, ya que esta enfermedad puede afectar a la córnea. En ocasiones, el paciente padece un auténtico «síndrome de dolor crónico» que puede ocasionar depresiones secundarias. Es frecuente que los síntomas se incrementen en condiciones de baja humedad y ambientes cerrados con aire acondicionado (caliente o frío) o cargados de humo de tabaco. Un hecho que supone un problema a la hora de hacer un diagnóstico adecuado es la falta de conexión, típica de este síndrome, entre síntomas y signos.

En un SOS hiposecretor, la producción de lágrima está disminuida (test de Schirmer menor de 5-10 mm en 5 minutos) y la tinción con colorantes vitales es positiva en el área interpalpebral. Puede producirse secreción mucinosa de color blanquecino, especialmente perceptible al despertar.

En el SOS evaporativo, el test de Schirmer suele ser normal (5 mm o mayor), la tinción conjuntival, inexistente, la tinción corneal, negativa o variable (normalmente en el tercio inferior corneal) y suelen encontrarse cambios en el borde libre del párpado que demuestran una alteración en la producción de la secreción de las glándulas de Meibomio en la causa más frecuente de este tipo de SOS, las blefaritis. El BUT estará disminuido (por debajo de 10 segundos).

Tratamiento [23]

Sustitutivos de la lágrima: lágrimas artificiales y lubricantes. Si estos se usan más de cuatro veces al día, deberán estar libres de conservantes (unidosis o envases multidosis provistos de algún sistema eliminador de conservantes). Existe un sustitutivo de la lágrima enriquecido con multitud de factores séricos, el denominado suero autólogo, preparado a partir de la sangre del propio paciente y que ha demostrado tener un beneficio moderado.

Los estimulantes de la secreción lagrimal no han demostrado ser especialmente útiles.

Existe la posibilidad de ocluir los puntos lagrimales mediante pequeños tapones cilíndricos de silicona u otro material para aumentar el tiempo de residencia de la lágrima natural en la superficie ocular. Tiene un efecto pasajero y se desaconseja si antes no se han logrado eliminar los mediadores inflamatorios de la lágrima.

Desde que se conoce el componente inflamatorio, se utilizan fármacos antiinflamatorios. Los corticoides, mejor en unidosis, y durante periodos cortos de tiempo y bajo estricta vigilancia, pueden usarse para intentar mejorar una situación aguda. Como fármaco ahorrador de esteroides y que

eliminará progresivamente el infiltrado linfocítico de la superficie ocular, se puede usar ciclosporina tópica sin conservantes.

Es recomendable tratar siempre el componente palpebral (blefaritis) con maniobras de «higiene palpebral» que ayuden a un mejor funcionamiento de las glándulas de Meibomio. Las tetraciclinas orales y sus derivados pueden ser también muy útiles en este sentido (dosis bajas y tiempos prolongados: dos a seis meses).

Se ha demostrado que una dieta rica en ácidos grasos omega-3 (antiinflamatorios) y pobre en omega-6 (proinflamatorios) es eficaz en la disminución de los síntomas y signos del SOS. Aún no existen preparados para vía tópica de estos compuestos, aunque se están ensayando.

Por último, deben usarse todas las medidas ambientales que ayuden al paciente, según sus circunstancias: uso de humidificadores, uso de filtros solares especiales, evitación de fármacos que disminuyan la secreción lagrimal, etc.

2.3.30 Síndrome de párpados laxos

Es típico de pacientes obesos, muchas veces con apnea del sueño [22].

Síntomas [22]

Durante la noche los párpados superiores se dan de sí con facilidad contra la almohada y se evierten produciendo un trauma crónico a la conjuntiva.

Tratamiento [22]

Requiere lubricación ocular nocturna, oclusión palpebral con esparadrapo y, si fuera insuficiente, cirugía.

2.3.31 Tracoma

El tracoma es una entidad clínica causada por la *Chlamydia trachomatis*, serotipos A, B y C, que ocurre en zonas endémicas con pocos hábitos de higiene [20].

Síntomas [20]

Se manifiesta como una infección crónica de la conjuntiva que presenta folículos en el tarso superior y desemboca en fibrosis y cicatrización que alteran la córnea produciendo ulceración y, subsecuentemente, cicatrización y neovascularización.

Es una de las causas de ceguera más prevalentes en el tercer mundo, aunque está en regresión.

Tratamiento [20]

El tratamiento compete al oftalmólogo.

2.3.32 Traumatismo ocular

Es importante que el primer médico que atienda al paciente clarifique exactamente qué, cómo y cuándo ha ocurrido el traumatismo y si había antecedentes de enfermedad ocular previa [26].

Es también muy relevante conocer la existencia de enfermedades generales que pueden influir en el pronóstico o las complicaciones. Muchos accidentes oculares se acompañan de traumatismos craneofaciales que deben ser evaluados.

La primera regla es descartar la existencia de un ojo perforado, ya que el resto de las exploraciones van a estar condicionadas por esta circunstancia. Si se sospecha la existencia de un cuerpo extraño intraocular (CEIO), es importante conocer la naturaleza del objeto.

Si se sospecha de una ruptura o perforación ocular, debe hacerse: determinación de agudeza visual, exploración de los reflejos pupilares, y pruebas de imagen para descartar la presencia de un CEIO. A continuación, debe referirse al oftalmólogo urgentemente, tomando las medidas oportunas.

Síntomas [26]

Ante un paciente que haya recibido un traumatismo ocular debe buscarse:

1. En los **párpados**: abrasiones, laceraciones, hematomas y alteraciones de la motilidad. Un traumatismo capaz de producir un hematoma palpebral puede haber ocasionado también una grave lesión intraocular.
2. En la **conjuntiva**: equimosis subconjuntival y laceraciones. Pueden acompañarse de lesiones esclerales, e incluso de heridas perforantes.
3. En la **córnea**: abrasiones corneales superficiales y cuerpos extraños enclavados en el epitelio y estroma anterior. Son muy frecuentes.
4. En la **esclera y córnea**:
 - Si emana un líquido de la córnea o el limbo, es humor acuoso. Cuando la película lagrimal está teñida con fluoresceína, esta se diluye rápidamente en la zona de escape del humor acuoso (signo de Seidel positivo).
 - Si el ojo aparece hipotónico o presenta una medida baja de presión intraocular (< 10 mmHg), la sospecha de laceración bulbar es elevada. Habrá que explorar el ojo muy cuidadosamente; la más mínima presión externa puede provocar la salida del contenido intraocular por la herida.
 - Si existe en la cámara anterior un nivel de color rojo, hipema (sangre) o blanquecino, hipopión (fibrina —estéril— o pus —no estéril—), pueden estar originados por una herida perforante o una contusión ocular muy severa.
5. En el **iris**:
 - Si el iris está en contacto con la córnea (ataleamia), hay que sospechar de una herida perforante. Si el iris presenta un temblor o inestabilidad al movimiento de los ojos (iridodonesis), hay que sospechar que exista también subluxación o luxación del cristalino.

- Si aparece una midriasis paralítica, con o sin deformación pupilar (corectopia), indica que la contusión fue muy severa. Igualmente puede aparecer una desinserción del iris (iridodiálisis).
 - Si el iris se inflama (uveítis anterior postraumática), se podrá encontrar Tyndall celular y flare proteico en cámara anterior.
 - Si se produce una separación del tejido del ángulo iridocorneal, en el nivel de la malla trabecular (recesión angular traumática), puede dar lugar a un glaucoma secundario, incluso meses o años después del traumatismo. Estos pacientes deben ser evaluados y seguidos periódicamente por el oftalmólogo.
6. En el **crystalino**: su desplazamiento o movilidad anómala indican que ha existido rotura zonular. Se produce como consecuencia de un traumatismo contuso que comprime el globo ocular bruscamente en su diámetro anteroposterior, de modo que la distensión de la pared tensa, hasta romper, las fibras de la zónula. Su opacificación (catarata traumática) puede deberse a una contusión severa o a la existencia de herida penetrante con o sin retención de cuerpo extraño intracristaliniano o intraocular. Algunas cataratas son de aparición inmediata y otras aparecen tras varios meses. Cuando la catarata se acompaña de perforación de la cápsula del cristalino, puede existir salida del córtex («masas») hacia cámara anterior y desencadenamiento de un glaucoma que requerirá tratamiento quirúrgico inmediato.
 7. En el **vítreo**: como consecuencia del acortamiento axial y la distensión ecuatorial del globo ocular, el vítreo puede desprenderse y traccionar de la retina produciendo tanto un desprendimiento posterior del vítreo (DPV), como una hemorragia vítrea, respectivamente.
 8. En la **retina**:
 - Hemorragias intrarretinianas: por rotura de vasos retinianos. De escasa importancia excepto si afectan a la mácula. Su aparición en un niño menor de tres años en el que no haya existido historia de traumatismo grave es altamente sugestiva de abuso infantil («síndrome del niño maltratado»).
 - Edema: por extravasación del plasma. Hay dos tipos: periférico y central. El traumatismo puede dar lugar a una conmoción tisular que produzca un edema transitorio y reversible o, por el contrario, si el traumatismo actúa muy intensamente, puede provocar una destrucción tisular irreversible (también denominada necrosis por contusión) y grave pérdida de visión.
 9. En la **coroides**: pueden observarse *roturas* que carecerán de importancia, salvo que residan en el área macular. Las *hemorragias* coroides pueden dejar secuelas graves si afectan al polo posterior.
 10. El **nervio óptico**: el desplazamiento brusco del globo ocular puede producir un estiramiento que dañe el nervio óptico originando: avulsión o arrancamiento del nervio óptico, roturas completas o incompletas o hematomas. En cualquier trauma craneal o maxilofacial puede

producirse una neuropatía óptica traumática. Típicamente existirá disminución de visión unilateral y defecto pupilar aferente. Las pérdidas de visión varían según el grado de afectación, y el daño suele ser irreversible salvo que se trate muy precozmente.

11. En la **órbita**: la *proptosis* es indicativa de existencia de hematoma, que puede llegar a comprometer isquémicamente las estructuras nerviosas al generar un síndrome compartimental, mientras que el *enofthalmos* sugiere una fractura de la pared orbitaria.

Tratamiento [26]

- Hemorragia subconjuntival (hiposfagma): se suele reabsorber espontáneamente en una o dos semanas. No requiere tratamiento específico, aunque unas lágrimas artificiales pueden aliviar la irritación provocada por la protrusión local que provocan.
- Desgarros: si son pequeños (menores de 2-3 mm), no es necesario suturarlos, pero sí administrar una cobertura antibiótica tópica. La oclusión con vendaje ocular puede estar justificada por razones de higiene o por la extensión del desgarro. Si existiera pérdida de sustancia o desgarro conjuntival extensos, el oftalmólogo deberá suturar coaptando los bordes.

2.3.33 Tumor orbitario

Las neoplasias oculares presentan diferente potencial invasivo [29].

— Los tumores benignos son tumores celulares adquiridos, compuestos por células atípicas que tienen poco o ningún potencial invasivo, sin capacidad metastásica y que pueden aumentar de tamaño lentamente.

— Los tumores malignos están compuestos por células todavía más atípicas que tienen potencial de propagación y de metástasis a otros órganos del cuerpo.

Síntomas -Tumores orbitarios benignos [29]

- El **hemangioma cavernoso** es un tumor vascular que está perfectamente delimitado y encapsulado. Este tumor es más frecuente en mujeres de mediana edad. Puede causar proptosis de bajo grado, que generalmente es bien tolerada. Puede provocar edema de papila y pliegues coriorretinianos.
- Los **hemangiomas capilares** son tumores de la infancia. Aunque una buena parte remite espontáneamente, un hemangioma capilar profundo que invade la órbita puede causar proptosis y/o estrabismo y puede requerir tratamiento.
- El **neurofibroma plexiforme** es un hallazgo característico de la neurofibromatosis tipo 1 (enfermedad de Recklinghausen), que se transmite de forma autosómica dominante. Los neurofibromas plexiformes a menudo distorsionan los párpados, causan defectos en el hueso esfenoides y un defecto orbitario que puede llegar a ocasionar un exoftalmos pulsátil (por encefalocele), o un enofthalmos.

Los pacientes con neurofibromatosis tipo 1 también pueden desarrollar un glioma del nervio óptico de bajo grado (astrocitoma pilocítico de la infancia), un tumor benigno, que puede permanecer asintomático o producir proptosis, y síntomas visuales en un 5 % de los afectados. Otros pacientes también pueden desarrollar meningiomas y, raramente, un tumor maligno de vaina nerviosa periférica (antes denominado *neurofibrosarcoma* o *schwannoma maligno*).

- El **glioma de nervio óptico** es un astrocitoma de bajo grado asociado frecuentemente a la neurofibromatosis tipo 1. El 75 % de los tumores sintomáticos son evidentes a la edad de diez años.
- El **linfangioma** es un tumor vascular raro (< 7 % de los tumores orbitarios de la infancia) que puede presentar proptosis aguda tras un trauma menor en la cabeza (sangran intralesionalmente causando los llamados «quistes de chocolate») o progresiva tras una infección del tracto respiratorio superior. Tienden a comenzar en los cuadrantes orbitarios nasal y superior. Más del 50 % afecta a las estructuras anteriores (tanto conjuntiva como anejos).
- Los **meningiomas de la vaina del nervio óptico (MVNO)** son tumores raros del nervio óptico. El 60-70 % de los casos ocurre en mujeres de mediana edad (media, 45 años). Rara vez se observa en niños.

Síntomas - Tumores orbitarios premalignos y malignos [29]

- **Tumores de la glándula lagrimal:** más del 50 % son de naturaleza epitelial, de los cuales el 50 % son malignos. El carcinoma adenoide quístico es un tumor maligno de la glándula lagrimal que normalmente se presenta con dolor y cambios óseos destructivos que son evidentes en una tomografía computarizada o en una radiografía.
- Las **enfermedades linfoproliferativas de la órbita** se dividen en hiperplasia linfoide reactiva benigna, hiperplasia linfoide atípica y el linfoma maligno. Para hacer un diagnóstico definitivo, es necesaria una biopsia y un estudio inmunohistoquímico en fresco y patológico sobre la fijación. Aunque la mayoría de linfomas orbitarios están localizados en la órbita en el momento del diagnóstico, muchos pacientes desarrollarán linfoma sistémico con el tiempo.
- El **linfoma maligno orbitario (linfosarcoma)** es un tumor de adultos (50 a 70 años). Comienza como una masa de crecimiento lento que causa proptosis progresiva e indolora durante varias semanas o meses.
- El **rabdomyosarcoma** es un tumor maligno de los músculos extraoculares. Generalmente, se presenta como una masa que crece rápidamente causando proptosis y desplazamiento del globo, destrucción ósea y extensión al cerebro. El tratamiento comprende RT y QT.
- Los **tumores metastásicos de la órbita** son menos frecuentes que en la coroides. Las neoplasias sistémicas alcanzan la órbita vía hematogena. El neuroblastoma es relativamente común en los niños y representa alrededor del 10 % de los tumores malignos. En la mayoría

de los casos ocurre antes de los cinco años. Los signos de presentación más frecuentes en la enfermedad bilateral son la equimosis palpebral y la proptosis.

- **Los tumores secundarios de la órbita** se producen por la propagación por contigüidad de tumores originarios de la conjuntiva, el seno maxilar y las meninges.

Tratamiento [29]

El tratamiento de los tumores orbitarios puede comprender su escisión parcial o completa, la exenteración, la RT y la QT.

La aparición de un exoftalmos o proptosis debe ser investigada de modo inmediato y sistemático; es probable que la causa sea una tumoración u otra enfermedad no neoplásica que pueda reducir dramáticamente la expectativa de vida del paciente (como, por ejemplo, una trombosis del seno cavernoso). Si la proptosis es pulsátil, el origen será probablemente una fistula carótido-cavernosa o un aneurisma arteriovenoso (si la fistula es directa, el soplo será audible con el estetoscopio). Por el contrario, si la proptosis aparece con una maniobra de Valsalva, probablemente se trate de unas varices orbitarias, que no comprometen la vida.

2.3.34 Úlceras corneales no infecciosas

Son pérdidas de sustancia que pueden afectar al epitelio y a veces también al estroma corneal [21]. Las causas pueden ser cualesquiera de las que se han incluido en las queratitis superficiales, sobre todo la exposición de la superficie ocular, las formas neurotróficas, el uso inadecuado de lentes de contacto y los traumatismos. Otra forma de ulceración es la erosión corneal recidivante.

Síntomas [21]

En general, todas las úlceras cursan con dolor y disminución de la agudeza visual, además de lagrimeo, fotofobia y blefaroespasmos.

Es importante averiguar si el resto de la córnea se mantiene transparente o con un ligero edema y no presenta ningún tipo de infiltración.

Las **úlceras por exposición** se producen en casos en los que los párpados no se cierran totalmente para proteger los ojos adecuadamente: ocurren en la parálisis facial (queratitis neuroparalítica), ectropión, exoftalmos marcados, en anestesia general, cuidados intensivos o estados comatosos prolongados.

Las **úlceras neurotróficas** son indoloras. Se producen por privación sensorial al lesionarse el trigémino por sección quirúrgica o traumática, radioterapia, herpes virus, lúes, lepra, diabetes, etc.

La **erosión corneal recidivante o queratalgia recidivante** son lesiones debidas a una síntesis incorrecta de la membrana basal del epitelio. Suele presentar el antecedente de una herida corneal producida por el borde de una hoja de papel, un arañazo o similar. Estas lesiones cicatrizan, pero permanece una mala adherencia entre el epitelio de la córnea y su membrana basal, por lo que, ante

cualquier mínimo traumatismo, el epitelio se vuelve a desprender. Como consecuencia, se produce una erosión corneal brusca y el paciente siente un dolor muy intenso, acompañado de lagrimeo y fotofobia. Lo característico es que estos síntomas se produzcan con la apertura palpebral matinal, ya que los párpados pueden quedar adheridos a la superficie corneal durante la noche y el movimiento de apertura suponer un trauma.

Las úlceras corneales pueden ser también de **origen inmunitario**, ser centrales o periféricas (queratitis ulcerativa periférica) y suelen asociarse a enfermedades como artritis reumatoide, enfermedad de Wegener o poliarteritis nodosa.

Tratamiento [21]

El mismo que el indicado en las queratitis superficiales. En ocasiones juega un papel beneficioso la adaptación de una lente de contacto terapéutica.

Además, hay que abordar el tratamiento de la causa que origina la patología corneal.

2.3.35 Úlceras corneales infecciosas

Suelen afectar al epitelio y al estroma de la córnea [21]. 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 [21]

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 [21]

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.

2.3.36 Uveítis anterior

Las uveítis anteriores (UA) son inflamaciones intraoculares [21] de la parte más anterior de la úvea y reciben las siguientes denominaciones según afecten al:

- Iris: **iritis**.
- Cuerpo ciliar (pars plicata): **ciclitis**.
- Iris y cuerpo ciliar (pars plicata): **iridociclitis**.

Síntomas [21]

El paciente con UA asocia dolor y disminución de la visión al enrojecimiento ocular. Es característico de estos pacientes que presenten fotofobia y una disminución en el tamaño de la pupila (miosis) en el ojo sintomático respecto al contralateral.

Los hallazgos clínicos fundamentales de una UA se localizan en la cámara anterior:

1. Enrojecimiento ocular: la hiperemia conjuntival es típicamente ciliar o periquerática (alrededor del limbo corneal), aunque puede asociar hiperemia difusa de toda la conjuntiva bulbar.
2. Exploración pupilar: suele existir una miosis hiporrefléxica.
3. Fenómeno de Tyndall: presencia de células inflamatorias en el humor acuoso, que fuera de estas circunstancias es ópticamente vacío.
4. Depósitos corneales: pueden visualizarse depósitos de células y material inflamatorio sobre el endotelio de la córnea (precipitados queráticos, —PK—). Cuando estos precipitados son numerosos, pueden depositarse en la parte inferior de la cámara anterior, creando un nivel denominado hipopión.
5. Nódulos iridianos: se trata de granulomas que se forman en el iris.
6. Sinequias: son adherencias del iris a las estructuras adyacentes y que pueden ser anteriores (adherencias del iris al endotelio corneal) y posteriores (adherencias del iris a la cápsula anterior del cristalino).

Se debe explorar la cámara anterior del ojo con la lámpara de hendidura. Hay que tomar la presión intraocular para descartar la existencia de un aumento de la misma, que es una posible complicación de las UA. Asimismo, la realización de una tomografía de coherencia óptica y/o una angiografía fluoresceínica pueden diagnosticar un edema macular.

Ante un episodio aislado, no es necesaria la realización de pruebas de laboratorio, puesto que lo más frecuente es que se trate de una forma idiopática. En casos recidivantes, sí es conveniente solicitar las pruebas que puedan guiar el diagnóstico etiológico:

- Serologías: principalmente sífilis (*Treponema pallidum*).
- Intradermorreacción de Mantoux (*Mycobacterium tuberculosis*).
- Enzima convertidor de angiotensina, —ECA— (*sarcoidosis*).
- Radiografía de tórax (*Mycobacterium tuberculosis*, *sarcoidosis*).
- Radiografía de articulaciones sacroilíacas (*espondilitis anquilopoyética*).
- Tipaje HLA (B27 en *espondilitis anquilopoyética*; B51 en *Behçet*; DR4 en *artritis idiopática juvenil*).
- Anticuerpos antinucleares, —ANA— (*artritis idiopática juvenil*).

Tratamiento [21]

El tratamiento de las UA se fundamenta en la aplicación tópica de corticoides (para disminuir la inflamación) y ciclopléjicos (para disminuir el dolor por el espasmo ciliar y para evitar o romper las sinequias). Es importante iniciar la corticoterapia con instilaciones incluso horarias para controlar rápidamente el proceso inflamatorio. En los casos en los que no es suficiente con esta actitud, pueden asociarse inyecciones subconjuntivales y/o subtenonianas de corticoides cada 24-48 horas. Solamente en excepciones será necesario administrar corticoides por vía intramuscular u oral.

En casos de UA crónicas o recidivantes puede considerarse el uso de inmunosupresores sistémicos para evitar la iatrogenia local y/o sistémica de la corticoterapia a medio plazo.

2.4 Información de interés

2.4.1 Semiología del ojo rojo. Lesiones conjuntivales e inflamación palpebral

a. Referencia al oftalmólogo [19]

- Todo paciente con ojo rojo que curse con: disminución de la agudeza visual, dolor ocular, hiperemia ciliar o periquerática, secreción ocular muy abundante, anomalías pupilares, alteraciones en la transparencia de la córnea y/o cámara anterior, exoftalmos (proptosis), hipertonía del globo ocular, falta de respuesta al tratamiento (si en 48 horas no se aprecia ninguna mejoría), sea portador de lente de contacto o tenga antecedente de cirugía ocular, debe derivarse urgentemente.
- Un ojo rojo que parece cronificarse, ya que puede deberse a un linfoma conjuntival o una enfermedad mucocutánea ampollosa como el penfigoide cicatricial.
- El paciente con lesiones conjuntivales degenerativas en crecimiento o sintomáticas debe referirse al oftalmólogo, aunque no constituyan una urgencia. Cuando el paciente presente inflamación palpebral localizada (orzuelo o chalazión) o blefaritis resistentes al tratamiento o recidivantes, particularmente si son unilaterales: lesiones palpebrales aparentemente inflamatorias pueden enmascarar cáncer (carcinoma de glándulas sebáceas o basocelular).

b. Atención primaria [19]

- Realizando un análisis sistemático del ojo rojo; refiriendo adecuada y diligentemente los casos apropiados al oftalmólogo.
- Absteniéndose del uso de corticoides tópicos para el tratamiento del ojo rojo sin la supervisión cercana del oftalmólogo.
- Distinguiendo entre lesiones conjuntivales comunes como la pingüecula y el pterigión para remitir este último a la valoración del oftalmólogo: no siempre son benignas las lesiones de la conjuntiva que en apariencia son solo degenerativas.
- Colaborando adecuadamente con el oftalmólogo en el manejo de la frecuente patología inflamatoria de los párpados y su asociación con el síndrome de ojo seco.

- Evitando la compresión digital forzada de un orzuelo. No es la práctica médica apropiada y puede además propiciar que se libere un trombo séptico de un vaso venoso, pudiendo alcanzar el seno cavernoso, lo que podría llegar a precipitar una trombosis del seno.

2.4.2 Conjuntivitis

a. Referencia al oftalmólogo [20]

- Debe remitirse al paciente con conjuntivitis que no mejora con el tratamiento.
- También al paciente que utiliza lentes de contacto blandas y presenta dolor intenso e inyección ciliar. Aunque en la conjuntiva tarsal se observen papilas y se sospeche de una conjuntivitis papilar gigante, hay que descartar una úlcera corneal infecciosa.
- En general, cuando la sospecha de conjuntivitis se acompañe de dolor (que no es propio de una conjuntivitis), si se necesita utilizar corticoides, si el paciente refiere visión borrosa que no mejora con el parpadeo (el parpadeo suele apartar la secreción del eje visual), la secreción purulenta es muy abundante, existe cirugía ocular o traumatismo reciente, si la pupila aparece distorsionada, si se duda de infección herpética o si la infección es recurrente.
- Si el cuadro clínico sugiere conveniencia de toma de muestra para cultivo y antibiograma, lo ideal es no instilar ningún colirio antes y referir al oftalmólogo. Los anestésicos tópicos poseen cierto efecto bactericida y una sola instilación de antibiótico tópico puede negativizar el cultivo.
- Si se sospecha una base inmune o una asociación con un cuadro sistémico.

b. Atención primaria [20]

- Haciendo un buen diagnóstico diferencial del «ojo rojo». Las queratitis presentan dolor, ausencia de secreción e inyección ciliar (aunque son frecuentes las presentaciones mixtas de queratoconjuntivitis). Las uveítis anteriores cursan con dolor, inyección ciliar y disminución de la agudeza visual y del tamaño pupilar.
- Remitiendo al oftalmólogo en los casos y bajo las condiciones arriba indicadas.
- Fomentando en el paciente medidas higiénicas que limiten el contagio en el caso de las infecciosas, como por ejemplo evitar la cadena ojo-mano-pomo de la puerta y otros fómites.
- Asegurando en el paciente la frecuencia y duración apropiadas en la instilación de los colirios cuando se traten conjuntivitis bacterianas.

2.4.3 Patología corneal

a. Referencia al oftalmólogo [21]

- Patologías corneales que requieren una atención urgente por el oftalmólogo son las úlceras infecciosas y las heridas perforantes. En ambos casos los pacientes deben ser remitidos inmediatamente al especialista, sin necesidad de adoptar ninguna medida: si se sospecha una

infección corneal, es necesario tomar las muestras de la úlcera para los frotis y cultivos antes de iniciar el tratamiento específico, por lo que será el oftalmólogo el que lo realice.

- Otras alteraciones, como un ojo seco severo, una úlcera no infecciosa que no responde al tratamiento o un paciente que se sospeche tenga una afección neurotrófica o una queratopatía bullosa, se remitirán al oftalmólogo de forma preferente.
- La patología no inflamatoria, como son las distrofias o las degeneraciones, se puede remitir sin urgencia.

b. Atención primaria [21]

- Recomendando el uso de lágrimas artificiales no solo en pacientes con ojo seco severo, sino también en usuarios de ordenadores que con frecuencia presentan clínica de picor, escozor, etc., ocasionado por la evaporación de la lágrima. Así se puede disminuir la queratopatía punteada asociada.
- Recordando la importancia de la higiene a los usuarios de lentes de contacto. Tanto en lo que se refiere a la manipulación de las lentillas como también a la asepsia de las sustancias de limpieza o a la renovación periódica de los envases para su conservación.
- Evitando el uso indiscriminado de corticoides tópicos (colirios o pomadas), que pueden exacerbar una queratitis infecciosa (herpética, fúngica, por *Acanthamoeba* o *Pseudomonas sp.*).
- Utilizando en las exploraciones material estéril de un solo uso (tiras de fluoresceína humedecidas en suero estéril) mejor que un mismo colirio de fluoresceína para distintos pacientes, particularmente si alguno es infeccioso.

2.4.4 Patología de los anejos oculares

a. Referencia al oftalmólogo [22]

- Los pacientes con alteraciones de la posición de sus pestañas y/o párpados deben ser remitidos al oftalmólogo.
- Siempre que se sospeche de una lesión corneal secundaria a la patología palpebral, el paciente debe ser remitido al oftalmólogo con prontitud: el ojo rojo, con dolor y sensibilidad a la luz asociado a disminución en la visión se debe considerar una urgencia en una persona con patología palpebral.
- Si el paciente presenta blefaroptosis unilateral, la referencia al especialista deberá ser cuanto menos preferente, ya que, si es un niño, se puede producir una ambliopía y, si ocurre en un adulto, puede aparecer en el contexto de una paresia del III par o un síndrome de Horner, muchas de cuyas causas pueden afectar al pronóstico vital del paciente y deben ser manejadas urgentemente.
- Cualquier paciente con sospecha de dacrioadenitis debe ser evaluado por el oftalmólogo, requiriendo las formas agudas una atención más inmediata.
- Cualquier paciente con epífora debe ser remitido al oftalmólogo para estudio y tratamiento.

- Si se objetiva una dacriocistitis aguda, la remisión al oftalmólogo debe ser urgente para evitar complicaciones, como una celulitis preseptal u orbitaria.
- Una celulitis preseptal y postseptal debe recibir tratamiento especializado muy urgente: se debe administrar antibioterapia intravenosa de modo inmediato tras la obtención del hemocultivo.

b. Atención primaria [22]

- Refiriendo al oftalmólogo ante cualquier alteración de la posición de las pestañas o los párpados, por banal que esta pueda parecerle al paciente.
- Orientando a las personas que van a viajar o han viajado recientemente a un área donde el tracoma es endémico, como el norte de África o el sur de Asia, sobre la necesidad de mantener normas de higiene y la precaución de acudir al centro hospitalario más cercano si presentan enrojecimiento de los ojos.
- Refiriendo diligentemente a los niños con blefaroptosis al oftalmólogo para prevenir la ambliopía.
- Informando al paciente que desarrolla epífora de que si está en lista de espera de cirugía intraocular, debe ser visto de nuevo por el oftalmólogo: cualquier cirugía intraocular en presencia de obstrucción de la vía lagrimal encierra un riesgo elevado de endoftalmitis postquirúrgica.

2.4.5 Síndrome de ojo seco. Patología ligada a las lentes de contacto

a. Referencia al oftalmólogo [23]

- Si el paciente con SOS no logra mejorar su situación con el simple uso de lágrimas artificiales, debe ser remitido al oftalmólogo.
- Si un paciente con SOS que está bajo control presenta un empeoramiento súbito, debe ser remitido con urgencia al oftalmólogo, ya que la posibilidad más frecuente es que haya desarrollado patología corneal o haya empeorado bruscamente una queratopatía punteada epitelial previa mínimamente sintomática.
- Si un portador de LC presenta una conjuntivitis —puede ser por *Pseudomonas sp.* — o una posible afectación corneal, debe referirse al oftalmólogo de *forma muy urgente*; es importante no enviar al paciente tratado con antibióticos o corticoides.

b. Atención primaria [23]

- Realizando un diagnóstico de presunción con una simple historia clínica y un test de Schirmer, aunque recordando que los SOS evaporativos no mostrarán anomalías en esta prueba.
- Indicando el uso de lágrimas artificiales, sin conservantes si el paciente las necesitara más de cuatro veces al día, como primera medida terapéutica.

- Orientando al paciente hacia la evitación de fármacos innecesarios, el uso de humidificadores, etc.
- Educando al paciente en el uso adecuado de las LC (higiene de las manos en su manipulación, uso de soluciones de mantenimiento estériles, así como renovación frecuente de los estuches de conservación y limpieza) y en el contexto seguro (evitando su uso mientras se duerme y su contacto con agua no estéril).

2.4.6 Uveítis anteriores y escleritis

a. Referencia al oftalmólogo [24]

- Si un paciente con ojo rojo refiere pérdida de visión, sobre todo si asocia dolor, debe ser remitido al oftalmólogo con urgencia.
- Si el paciente presenta una miosis monolateral asociada a enrojecimiento y/o dolor ocular, debe sospecharse una UA.
- Igualmente, si la pupila no dilata, dilata mal o lo hace irregularmente.
- Ante todo paciente con patología sistémica como la mencionada, se ha de estar atento a la posibilidad de que desarrolle una UA o una escleritis.

b. Atención primaria [24]

- Distinguiendo dentro del cuadro de «ojo rojo» aquel que no experimenta una simple molestia ocular, sino verdadero dolor y alteraciones visuales, puesto que estos son los síntomas que pueden presentar una UA o una escleritis.
- Educando al paciente que ha experimentado UA o escleritis previas en el reconocimiento de los síntomas de alerta de una posible recurrencia o complicación.

2.4.7 Glaucoma agudo

a. Referencia al oftalmólogo [25]

- Cualquier paciente con visión borrosa o de halos de colores, enrojecimiento y dolor ocular debe ser remitido con urgencia al oftalmólogo; es muy probable que se trate de un glaucoma agudo.
- Todo paciente que refiera episodios de dolor ocular y visión borrosa o halos de luz alrededor de una fuente luminosa posiblemente padezca glaucoma de ángulo cerrado subagudo o intermitente.
- Los pacientes que, teniendo antecedente de una intervención ocular previa, presenten disminución brusca de la visión o dolor agudo deberán ser remitidos con urgencia, pero sin alarmismo al oftalmólogo.

b. Atención primaria [25]

- Refiriendo urgentemente al oftalmólogo en caso de duda ya que el glaucoma agudo es uno de los pocos cuadros clínicos oftalmológicos en los que una rápida actuación es clave para el

pronóstico visual. El diagnóstico diferencial de un ojo rojo no es siempre sencillo y son múltiples los cuadros que cursan con ese signo.

- Colaborando con el oftalmólogo en que el paciente cumpla las pautas de tratamiento y los regímenes de vida postoperatorios habitualmente recomendados.
- Refiriendo con urgencia a aquellos pacientes que presenten síntomas sospechosos de complicación visualmente significativa en el postoperatorio de la cirugía ocular: empeoramiento en la visión, aparición de dolor o aparición/aumento del enrojecimiento ocular.

2.4.8 Traumatismos oculares

a. Referencia al oftalmólogo [26]

- Se deberá remitir urgentemente cualquier paciente con ojo abierto o sospecha de laceración bulbar, con las indicaciones que se han especificado anteriormente. Igualmente, el paciente en el que se sospeche una neuropatía óptica traumática. En estas condiciones, diferencias de horas pueden suponer el mantenimiento o no de una función visual útil.
- Cualquier paciente con hipema o hemorragia vítrea traumática deberá ser visto por el oftalmólogo en las primeras 24 horas.
- El paciente con trauma contuso debe ser examinado por el oftalmólogo, pero no tan urgentemente como en los casos anteriores, salvo que haya producido hemorragia intraocular o pérdida visual severa.
- Cualquier paciente que tenga un cuerpo extraño enclavado en la córnea o conjuntiva que no se pueda extraer con facilidad y seguridad, debe ser derivado directamente.
- Cuando se haya podido extraer un cuerpo extraño superficial o el paciente haya presentado inicialmente una erosión del epitelio corneal, el oftalmólogo deberá examinar al paciente en el transcurso aproximado de tres días para confirmar que ha cicatrizado completamente y sin complicaciones. Si cabe, se ha de ser más riguroso con los pacientes que son portadores de lentes de contacto.
- Si el paciente presenta disminución de visión o dolor no controlado tras un traumatismo ocular.

b. Atención primaria [26]

- Fomentando el uso de protección adecuada mediante gafas herméticas, con el filtro adecuado (para la prevención de las queratitis actínicas) o antiimpacto, dependiendo del riesgo laboral u ocupacional específico al que se exponga la persona.
- Promoviendo la prevención de los traumatismos oculares también en los deportes y el tiempo de ocio, utilizando las pantallas de protección o las gafas antiimpacto adecuadas.

- Sospechando de la ruptura del globo ocular y la presencia de posible cuerpo extraño intraocular o intraorbitario y actuando en consecuencia: incluirá evitar continuar con manipulaciones o exploraciones que puedan expulsar el contenido intraocular.
- Derivando al oftalmólogo con la urgencia adecuada y las condiciones de protección ocular y profilaxis antibiótica y antitetánica apropiadas al caso.

2.4.9 Quemaduras y causticaciones

a. Referencia al oftalmólogo [27]

- El tratamiento agudo de la causticación lavando copiosamente el ojo debe ser instaurado inmediatamente por cualquier médico e incluso por el familiar, compañero de trabajo o el mismo paciente in situ. Seguidamente, todas las quemaduras de la superficie ocular deben ser referidas urgentemente al oftalmólogo para que evalúe y trate específicamente este tipo de daño y disminuir así las posibles secuelas y complicaciones.
- Las heridas incisas de los párpados que interesen su borde libre, la vía lagrimal (canto interno) o requieran de una sutura por planos por ser profundas.
- Si se observa defecto en la posición, morfología o motilidad de los párpados después de cualquier traumatismo. Igualmente si existe epifora desde el traumatismo. También, si el paciente refiere diplopía.
- Cualquier paciente con traumatismo de la cabeza debe ser manejado integralmente por varios especialistas. De manera inicial debe estabilizarse al paciente y ser referido a un centro hospitalario de tercer nivel para su manejo.
- Los traumatismos de la órbita deben seguir el orden mencionado de estabilidad del paciente traumatizado (neurológico, cardiovascular, etc.) y referir de inmediato a atención de tercer nivel por equipo interdisciplinario.
- Pueden suponer una urgencia máxima los hematomas orbitarios que estén causando una compresión del nervio óptico.

b. Atención primaria [27]

- Fomentando el uso de protección adecuada mediante gafas herméticas o antiimpacto, dependiendo del riesgo laboral u ocupacional específico al que se exponga la persona.
- Lavando inmediatamente el ojo expuesto al cáustico. La irrigación profusa durante 30 minutos de modo inmediato disminuirá considerablemente las secuelas y complicaciones asociadas a estos accidentes.
- Educando a la comunidad general para saber qué hacer y cómo actuar, en las causticaciones oculares, dado que el primer lavado inmediato es el más importante; repercutirá en un mejor pronóstico para el paciente.
- Diferenciando entre heridas superficiales, que bien manejadas por el médico de atención primaria tienen un excelente pronóstico, de aquellas que requieren de una atención

especializada para proceder a su inmediata referencia. De lo contrario, las secuelas morfológicas y funcionales pueden ser significativas.

- Recordando que en traumatismos que afectan a la órbita existe la posibilidad de daño ocular hasta en el 30 % de los casos. Es por ello que la estabilización y referencia al especialista aumenta la posibilidad de recuperación visual y disminuye las secuelas de las fracturas orbitarias.
- Estabilizando al paciente y refiriéndolo inmediatamente, sobre todo ante situaciones en las que apremia el tiempo; por ejemplo, en la compresión del nervio óptico.

2.4.10 Orbitopatía tiroidea

a. Referencia al oftalmólogo [28]

- Se debe remitir al oftalmólogo a todo paciente con diagnóstico de OT para su correcta evaluación y posible tratamiento, a excepción de los casos con síntomas y signos leves de la enfermedad. Las OT inactivas pueden necesitar corrección quirúrgica de secuelas, mientras que las fases activas deben realizar terapia médica en los primeros meses de su presentación.

b. Atención primaria [28]

- Sospechando y evaluando la actividad de una posible OT ante un paciente con patología tiroidea.
- Dirigiendo el manejo de un paciente con OT al endocrinólogo para el diagnóstico, tratamiento y estabilización de la patología tiroidea.
- Remitiendo a los pacientes con OT al oftalmólogo especialista en órbita en los casos que sea necesario.
- Educando al paciente sobre la naturaleza y la evolución de su enfermedad, así como motivándole para dejar el tabaco si se trata de un paciente fumador.

2.4.11 Tumores oculares

a. Referencia al oftalmólogo [29]

- Cualquier lesión de la superficie ocular o de los párpados compatible con una tumoración. La referencia será más urgente si la lesión está creciendo rápidamente, si produce pérdida localizada de pestañas, empieza a provocar sensación de cuerpo extraño, picor o cualquier sintomatología nociceptiva al paciente, si aparece con una marcada vascularización o si sangra. Todos ellos son indicios de posible malignización.
- A un paciente cuyo color de iris haya cambiado recientemente y no esté administrándose un colirio de análogo a prostaglandinas. Si el cambio es unilateral, la referencia al oftalmólogo se realizará siempre.

- Si un paciente presenta proptosis, exoftalmos o desplazamiento del ojo en el marco orbitario, la referencia es obligada: es posible que la causa sea un tumor orbitario o, en su defecto, una causa intracraneal que comprometa su vida.

b. Atención primaria [29]

- Fomentando el uso de una adecuada protección contra el sol. Varias neoplasias palpebrales premalignas (queratosis actínica) y malignas (carcinoma espinocelular) tienen en la exposición al sol un factor de riesgo contrastado. Para ello, el uso de gorro o visera que proteja la piel periocular, en especial en la tercera edad, y el uso de gafa de sol con un buen filtro son recomendables. Estas últimas probablemente ejerzan un efecto favorable también en la protección contra el desarrollo de tumores intraoculares como el melanoma uveal, en particular en ojos con iris claros.
- Vigilando de cerca y solicitando con periodicidad una revisión oftalmológica completa a los pacientes inmunodeprimidos o bajo medicación inmunomoduladora o inmunosupresora, sea terapia biológica o no. Estos pacientes tienen mayor riesgo de desarrollar linfomas, incluidos los oculares y orbitarios.
- Incluyendo la exploración oftalmológica dentro de las revisiones periódicas a los pacientes que padecen síndromes sistémicos asociados a tumoraciones oculares y de sus anejos, como el lentigo maligno o la enfermedad de von Recklinghausen. La mayoría de ellos tiene un fuerte componente hereditario, como son el síndrome del nevus displásico familiar o la melanocitosis oculodérmica (Nevus de Ota).

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

Martínez-Pérez et al. (2014) publicaron el estudio “*Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review*” [5] en el cuál realizaron un análisis de los sistemas de ayuda en la decisión para móviles disponibles en diferentes campos de la medicina hasta el momento. Como conclusión indicaban que en los últimos años la cantidad de *apps* que incluían SADM había aumentado y que además cada vez están siendo más utilizadas en la práctica. Pero para desarrollar una *app* y que está tenga plan de futuro es necesario cuidar mucho el diseño para que el manejo de la *app* resulte fácil al usuario, y además conviene centrarse en desarrollar *apps* en campos de la medicina donde aún haya menos sistemas de ayuda implementados.

Es apropiado estudiar primeramente el mercado de las aplicaciones móviles, centrándose en los sistemas de ayuda a la decisión en el campo de la oftalmología, que es el asunto que compete a este proyecto. Por ello se va a realizar una revisión, tanto en el ámbito literario como en el comercial, de los SADM en oftalmología hasta fecha del mes de junio de 2015.

En cuanto a literatura, se examinarán bases de datos académicas como *IEEE Xplore* [30], *PubMed* [31], *Web of Science* [32] y *Scopus (Elsevier)* [33]. Para las aplicaciones comerciales se buscará en las respectivas tiendas virtuales de los dos principales sistemas operativos para *smartphones*, es decir, *Google Play* [34] para Android y *AppStore* [35] para iOS.

3.2 Metodología seguida para búsqueda de información

3.2.1 Metodología seguida en la revisión literaria

Se ha introducido la siguiente combinación de palabras para la búsqueda en las bases de datos citadas anteriormente:

$$(DSS \text{ OR } CDSS \text{ OR } "Decision \text{ Support}") \text{ AND } (Eye \text{ OR } Ophthalmology)$$

También se limitan los resultados obtenidos en la búsqueda a aquellos publicados a partir del año 2000.

Conviene indicar que el orden de búsqueda que se ha seguido en las bases de datos ha sido *IEEE Xplore*[30], *PubMed*, *Scopus* y *Web of Science*. Esto tendrá relevancia a la hora de seleccionar los artículos de interés. En primer lugar, porque algunos de los artículos encontrados en las últimas bases de datos ya habrán sido seleccionados de las bases de datos anteriores. Y en segundo lugar, porque a medida que se van examinando más publicaciones, se tiene una visión más amplia al respecto y se hace una valoración de los artículos que realmente interesan, por lo que conviene repasar los artículos seleccionados de las primeras bases de datos y quedarse únicamente con los que tienen verdadero interés para el estudio.

De entre todos los resultados obtenidos de cada base de datos, se analiza el título de cada uno de los artículos para determinar si puede ser interesante en este estudio. En caso de que el título no sea lo suficientemente descriptivo, se procede a leer el *abstract* o incluso el artículo completo si fuera necesario. A parte de los resultados de la búsqueda, en algunos casos aparecen artículos relacionados que podrían ser de interés. Con estos artículos se procede de la misma manera con el propósito de decidir su utilidad.

Una vez seleccionados los artículos, estos se pueden clasificar en dos grupos: (i) aquellos que su contenido en sí mismo es interesante o su temática está fuertemente relacionada con el tema tratado en el proyecto, y (ii) aquellos que contienen aspectos que pueden ser interesantes para el desarrollo del mismo. Esta clasificación se llevará a cabo en el conjunto de resultados obtenidos para cada una de las bases de datos. Una vez obtenidos todos los resultados de cada una de las bases de datos y tras haberlos clasificado, se analizarán los resultados obtenidos de todas las bases de datos para tener una estadística global de la revisión.

Los artículos seleccionados por su interés para este proyecto, también han sido clasificados en dos grandes grupos: por un lado aquellos que están relacionados directamente con el campo de la oftalmología, y por otro lado aquellos que están relacionados con la temática del proyecto sin necesidad de estar vinculados a la oftalmología. A su vez, estos dos grupos se dividen en varios subgrupos. Dentro de los artículos relacionados con la oftalmología se diferencian (i) aquellos que tratan temas acerca de las enfermedades del polo o segmento posterior del ojo, (ii) aquellos que tratan enfermedades del polo anterior del ojo y (iii) aquellos que tienen un contenido más genérico del ámbito de la oftalmología. Respecto a los artículos que sin tratar temas oftalmológicos están relacionados con la temática del proyecto, se pueden clasificar en (i) aquellos que estudian métodos y algoritmos de Sistemas de Ayuda en la Decisión Médica (SADM), (ii) aquellos que ilustran técnicas de almacenamiento de datos médicos en la nube (*cloud*), Historial Clínico Electrónico (HCE) o minería de datos (*data mining*) aplicada a estos sistemas y (iii) aquellos que no se pueden clasificar en ninguna de las categorías anteriormente citadas.

3.2.2 Metodología seguida en la búsqueda de Apps comerciales

La búsqueda de aplicaciones comerciales relacionadas con sistemas SADM en el campo de la oftalmología se ha realizado directamente en las tiendas virtuales de los dos principales sistemas operativos para *smartphone* del mercado, es decir, *Google Play* para Android y *AppStore* para iOS.

Las palabras o combinaciones de palabras que se han utilizado en la búsqueda han sido “DSS”, “CDSS”, “Ophthalmology”, “Oftalmología”, “Eye”, “Ojo” y “mHealth eye”. La búsqueda en las tiendas virtuales no permite la búsqueda por comandos como en el caso de las bases de datos, es decir, que es posible utilizar para la búsqueda palabras o combinaciones de palabras pero sin operadores lógicos como OR, AND o NOT.

De entre todos los resultados obtenidos, para seleccionar *apps* que podrían ser de interés se analizaba el título y se procedía a leer la descripción, descartando todas aquellas que no estuvieran en lengua inglesa o castellana. En muchas ocasiones el icono es muy descriptivo y da una fiel idea de la relación de la *app* con la oftalmología o con algún aspecto del proyecto. Si la *app* es gratuita, se procede a su descarga en el dispositivo adecuado con el fin de ser probada por el usuario. Para el sistema operativo Android se ha utilizado un dispositivo Samsung I9100 Galaxy SII, mientras que para el sistema operativo iOS se ha utilizado un iPhone 4S.

3.3 Revisión literaria

Tras haber realizado la búsqueda en cada una de las bases de datos y haber clasificado las publicaciones obtenidas, se presentan los resultados en las siguientes figuras. En Figura 3. 1, Figura 3. 2, Figura 3. 3 y Figura 3. 4 se analizan los resultados para las bases de datos *IEEE Xplore*, *PubMed*, *Scopus* y *Web of Science* respectivamente. En la Figura 3. 5 se analiza de forma general los resultados obtenidos.

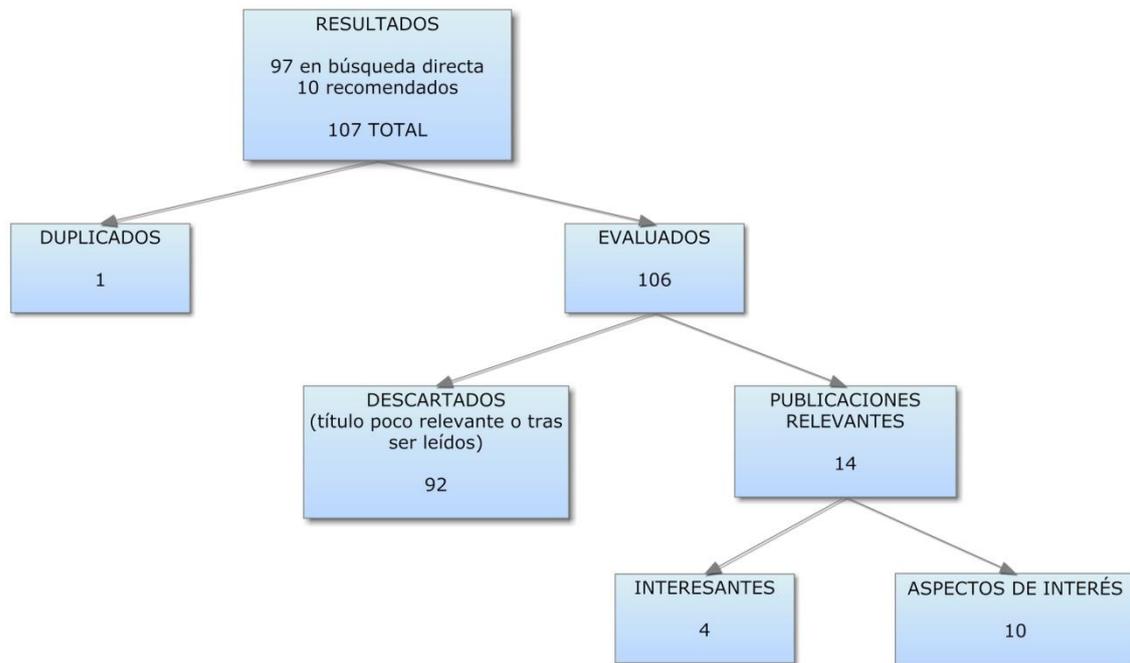


Figura 3. 1. Diagrama de flujo seguido en la revisión de *IEEE Xplore*. Fuente: propia.

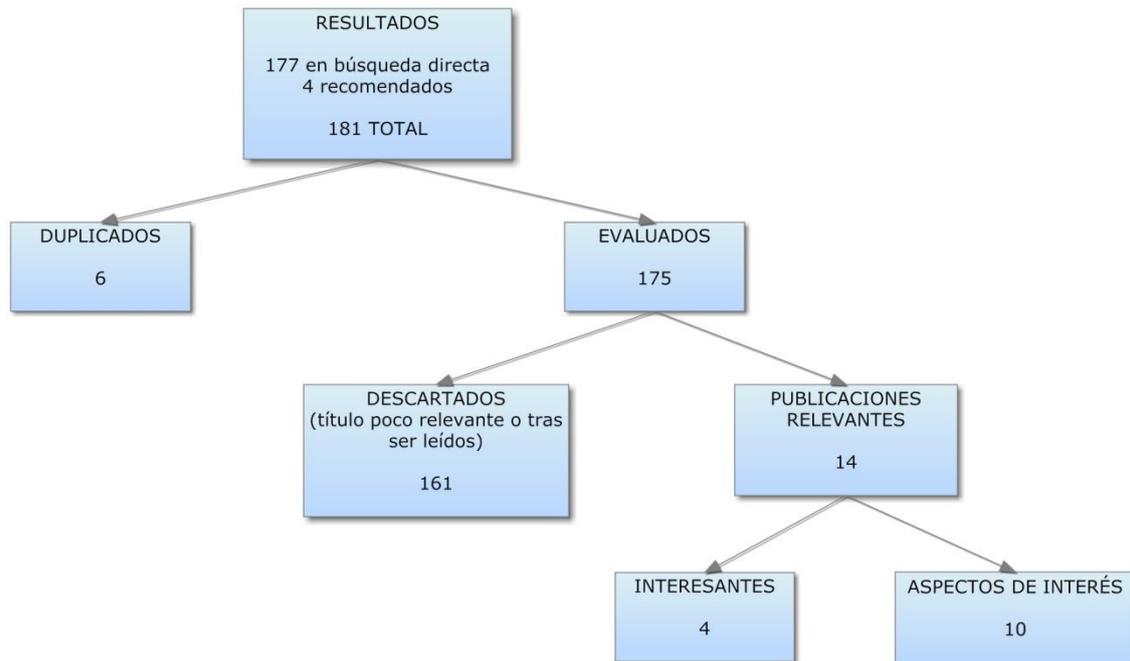


Figura 3. 2. Diagrama de flujo seguido en la revisión de PubMed. Fuente: propia.

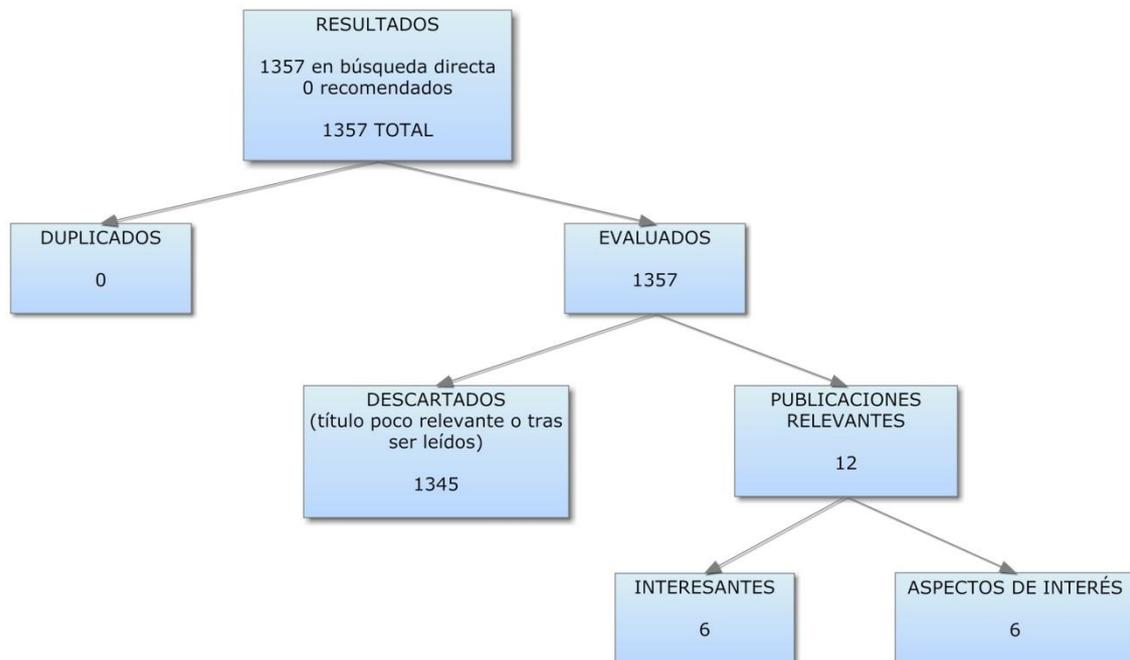


Figura 3. 3. Diagrama de flujo seguido en la revisión de Scopus. Fuente: propia.

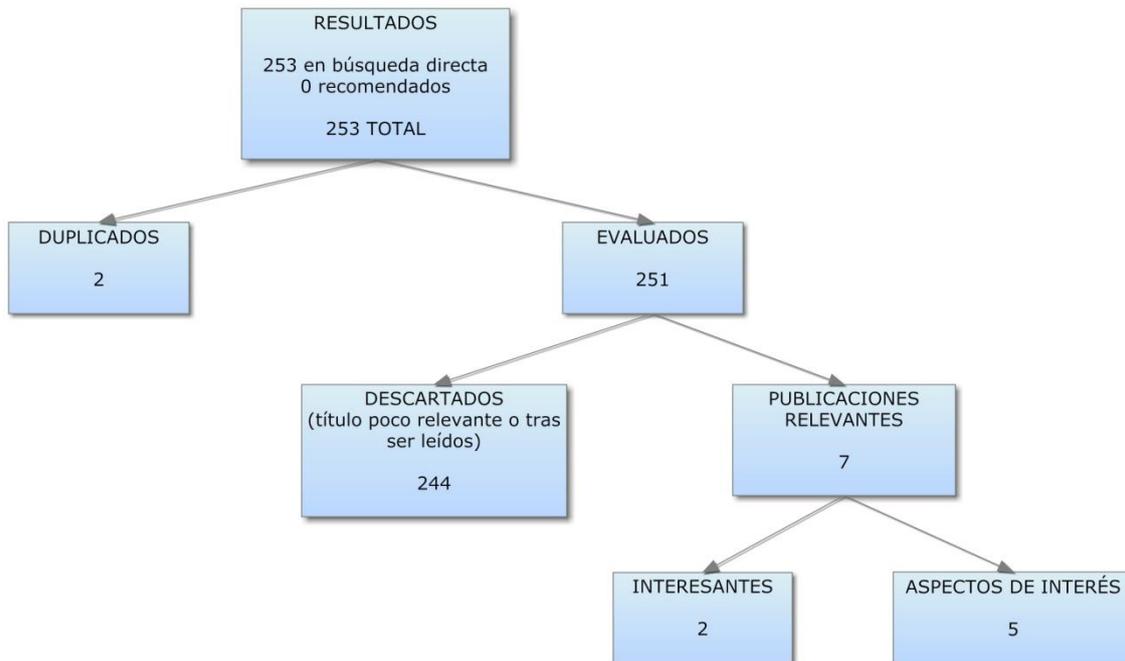


Figura 3. 4. Diagrama de flujo seguido en la revisión de Web of Science. Fuente: propia.

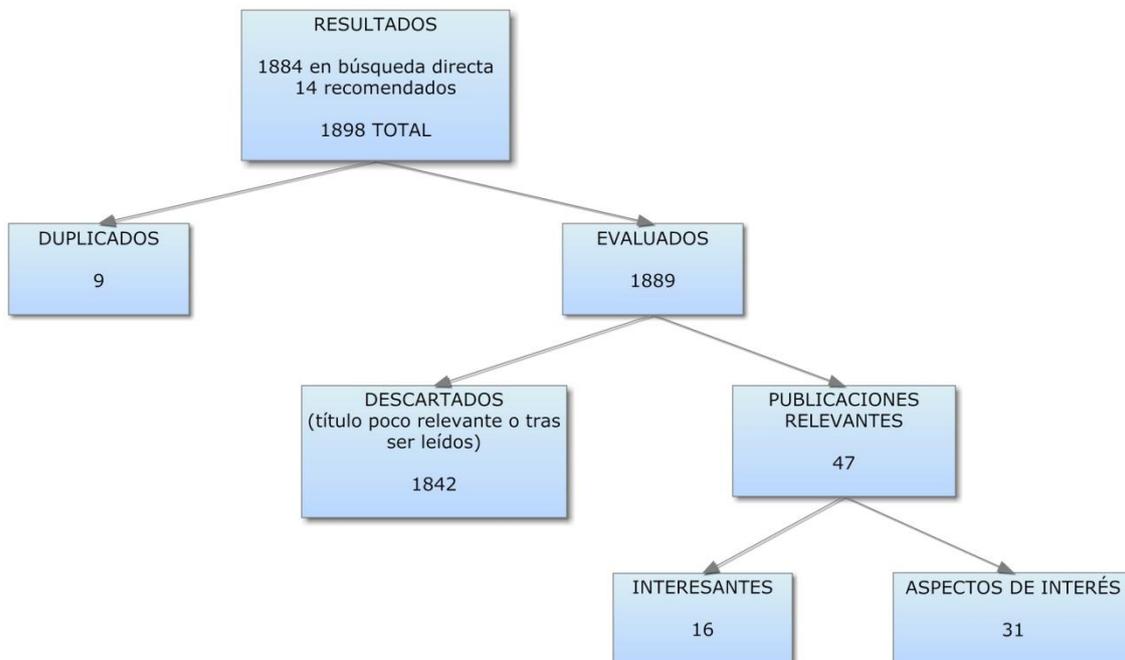


Figura 3. 5. Diagrama de flujo general seguido en las revisiones de las bases de datos. Fuente: propia.

A continuación, en la Figura 3. 6 se representa la clasificación, según la temática, de las publicaciones seleccionadas por ser interesantes en sí mismas o por contener aspectos de interés para el desarrollo de este proyecto.

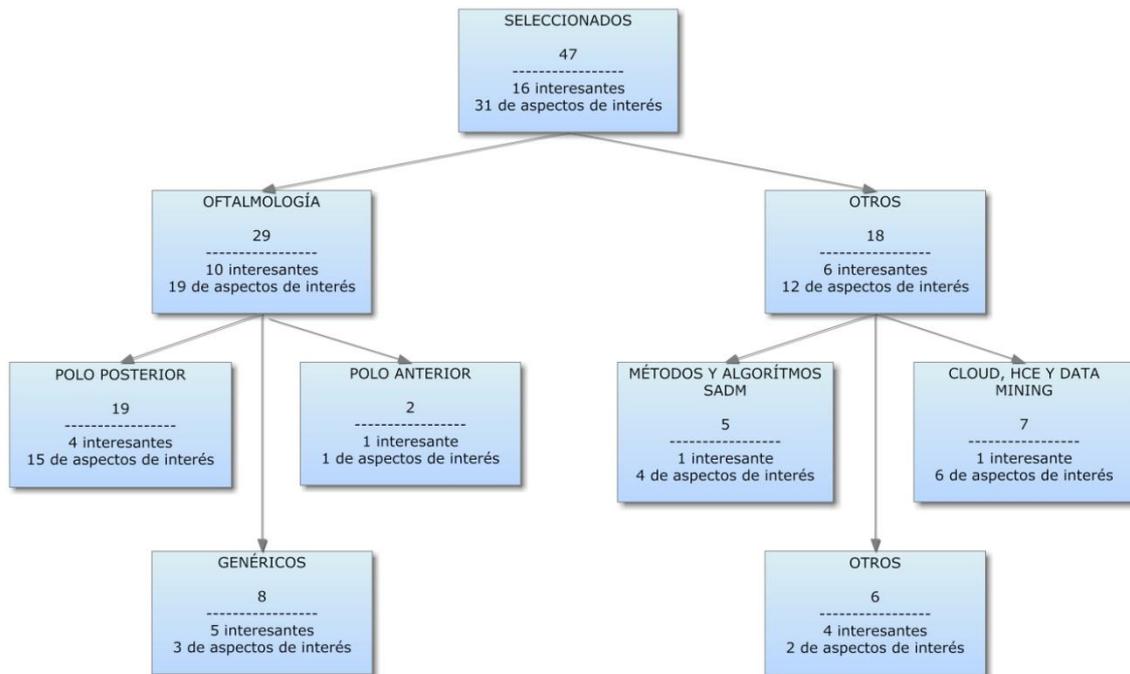


Figura 3. 6. Clasificación de las publicaciones de interés obtenidas en la búsqueda. Fuente: propia.

En los próximos apartados se presentarán las publicaciones seleccionadas de entre los resultados de la búsqueda obtenidos, siendo estas clasificadas por su temática según lo expuesto en la Figura 3. 6, indicando título, autores, fecha de publicación y medio en el que fue publicada, ordenadas todas ellas por año de publicación.

3.3.1 Oftalmología: Publicaciones sobre el polo posterior del ojo

En la Tabla 3. 1 se presentan los artículos seleccionados que, tratando temas de oftalmología, están relacionados con el polo posterior del ojo.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
Situation assessment of glaucoma using a hybrid fuzzy neural network. [37]	Zahlmann, G.; Scherf, M.; Wegner, A.; Obermaier, M.; Mertz, M.	2000	IEEE
Decision support for automated screening of diabetic retinopathy. [38]	Kahai, P.; Namuduri, K.R.; Thompson, H.	2004	IEEE
Incorporation of clinical practice guidelines for glaucoma into an ophthalmology electronic medical record. [39]	Silverstone, D.E.; Paek, H.M.; Kogan, Y.; Essaihi, A.; Shiffman, R.N.	2005	Scopus
A decision support framework for automated screening of diabetic retinopathy. [40]	Kahai, P.; Namuduri, K.R.; Thompson, H.	2006	PubMed
The use of information technologies for diagnosis in ophthalmology. [41]	Paunksnis, A.; Barzdziskas, V.; Jegelevicius, D.; Kurapkiene, S.; Dzemyda, G.	2006	PubMed
Network based clinical decision support system. [42]	Jegelevicius, D.; Krisciukaitis, A.; Lukosevicius, A.; Marozas, V.; Paunksnis, A.; Barzdziskas, V.; Patasius, M.; Buteikiene, D.; Vainoras, A.; Gargasas, L.	2009	IEEE
A hybrid Decision Support System for the risk assessment of retinopathy development as a long term complication of Type 1 Diabetes Mellitus. [43]	Skevofilakas, M.; Zarkogianni, K.; Karamanos, B.G.; Nikita, K.S.,	2010	IEEE
MRMR optimized classification for automatic glaucoma diagnosis. [44]	Zhuo Zhang; Chee Keong Kwoh; Jiang Liu; Fengshou Yin; Wirawan, A.; Cheung, C.; Baskaran, M.; Tin Aung; Tien Yin Wong.	2011	IEEE
An improved medical decision support system to identify the diabetic retinopathy using fundus images. [45]	Kumar, S.J.; Madheswaran, M.	2012	PubMed
Retinal image registration and comparison for clinical decision support. [46]	Xiao, D.; Vignarajan, J.; Lock, J.; Frost, S.; Tay-Kearney, M.L.; Kanagasingam, Y.	2012	PubMed
The Development of a Decision Analytic Model of Changes in Mean Deviation in People with Glaucoma. [47]	Kymes, S.M.; Lambert, D.L.; Lee, P.P.; Musch, D.C.; Siegfried, C.J.; Kotak, S.V.; Stwalley, D.L.; Fain, J.; Johnson, C.; Gordon, M.O.	2012	WoS
Computer-aided diagnosis of diabetic retinopathy: A review. [48]	Mookiah, M.R.K.; Acharya, U.R.; Chua, C.K.; Lim, C.M.; Ng, E.Y.K.; Laude, A.	2013	Scopus
Decision support system for detection of diabetic retinopathy using smartphones. [49]	Prasanna, P.; Jain, S.; Bhagat, N.; Madabhushi, A.	2013	IEEE

Decision support system for diabetic retinopathy using discrete wavelet transform. [50]	Noronha, K.; Acharya, U.R.; Nayak, K.P.; Kamath, S.; Bhandary, S.V.	2013	PubMed
Detection of Diabetic Retinopathy Using K-means Clustering and Self-Organizing Map. [51]	Yun, W.L.; Mookiah, M.R.K.	2013	WoS
An intelligent mobile based decision support system for retinal disease diagnosis. [52]	Bourouis, A.; Feham, M.; Hossain, M. A.; Zhang, L.	2014	WoS
Decision support system for age-related macular degeneration using discrete wavelet transform. [53]	Mookiah, M.R.; Acharya, U.R.; Koh, J.E.; Chua, C.K.; Tan, J.H.; Chandran, V.; Lim, C.M.; Noronha, K.; Laude, A.; Tong, L.	2014	PubMed
Diagnosis of diabetic retinopathy by employing image processing technique to detect exudates in retinal images. [54]	Franklin, S.W.; Rajan, S.E.	2014	Scopus
Medical decision support system to identify glaucoma using cup to disc ratio. [55]	Murthi, A.; Madheswaran, M.	2014	Scopus

Tabla 3. 1. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología - polo posterior del ojo. Fuente: propia.

En la tabla anterior se recogen los 19 artículos seleccionados, relacionados con el campo de la oftalmología, concretamente con aspectos del polo posterior del ojo. Con tan solo leer los títulos de los artículos, se puede comprobar que la mayoría de ellos se centran en la detección temprana de enfermedades como la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad, con el análisis de imágenes.

Zahlmann, G. et al. (2000) [37] proponían un sistema diferencial de ayuda en la decisión clínica para la detección temprana de la enfermedad del glaucoma en entornos de atención primaria utilizando redes neuronales híbridas difusas. Kahai, P. et al. (2004) [38] propusieron un sistema para detectar síntomas tempranos de retinopatía diabética, en el cual la regla de decisión se basaba en el problema de testeo de hipótesis binarias. En el año 2006, los mismos autores publicaron el artículo [40] siguiendo la misma línea de estudio.

Silverstone, D. E. et al. (2005) [39] comentaban que los registros médicos electrónicos (EMR), los cuales, por aquel entonces, aún estaban en proceso de implantación, eran una buena oportunidad para implementar sistemas de directrices clínicas, por lo que planteaban el desarrollo de un sistema para incluir directrices para el manejo de la enfermedad de glaucoma en un EMR del ámbito de la oftalmología. Consecutivamente, Paunksnis, A. et al. (2006) [41] razonan que es posible una mejor detección temprana del glaucoma si se simplifican los patrones de búsqueda. Para ello es necesario crear bases de datos con imágenes oftalmológicas y desarrollar algoritmos de procesamiento para poder extraer información valiosa de las imágenes para el diagnóstico. Y Zhuo Zhang et al. (2011)

[44] aseguraban que se podía alcanzar el diagnóstico automático del glaucoma utilizando un método más eficiente como el que proponían, basado en la metodología MRMR, es decir, mínima redundancia – máxima relevancia, apoyada en la teoría de la información. Murthi, A. et al. (2014) [55] presentaron el sistema ARGALI, para el análisis del glaucoma basándose en el procesamiento de imágenes de fondo de ojo a nivel de conjunto y en el que, comparando con los valores clínicos, lograban un mejor valor de relación copa-disco (CDR, Cup-to-Disc Ratio), el cual es un parámetro para evaluar la progresión del glaucoma.

Con la proliferación de los servicios web, Jegelevicius, D. et al. (2009) [42] desarrollaron un prototipo de sistema DSS basado en red consistente en bases de datos clínicas y una serie de aplicaciones basadas en la web para soportar métodos de análisis de señales e imágenes y de algoritmos. Este prototipo se probó en las especialidades de oftalmología y de cardiología.

La diabetes mellitus es una enfermedad que puede afectar a los ojos, provocando la retinopatía diabética, la cual es causa de ceguera en la mayoría de los países desarrollados, por lo que una rápida detección de los síntomas puede ser vital. Por ello, Skevofilakas, M. et al. (2010) [43] desarrollaron un sistema DSS relacionado con el EMR (Registro Médico Electrónico) para poder predecir el riesgo de enfermos de diabetes de tipo 1 de poder llegar a padecer retinopatía diabética, llevando un registro del paciente e informando al profesional médico con predicciones de posibles complicaciones de la enfermedad.

Siguiendo con la idea de poder predecir cómo va a desarrollarse la enfermedad, en el año 2012 Kymes, S. M. et al. [47] crearon y validaron un modelo estadístico para predecir la evolución del glaucoma primario de ángulo-abierto.

Las publicaciones de Kumar, S.J et al. (2012) [45] y de Xiao, D. et al. (2012) [46] presentan sistemas de ayuda a la decisión a partir de registros de imágenes de retina. Noronha, K. et al. (2013) [50] muestran un sistema para la detección de retinopatía diabética utilizando DWT (transformada discreta de wavelet) y un clasificador basado en máquina de vectores de aprendizaje automático, mientras que Yun, W.L. et al. (2013) [51] proponen la clasificación dentro de un registro de imágenes de fondo de ojo utilizando mapas auto-organizados o SOM (Self-Organizing Map), para lo cual utilizan un algoritmo de metodología K-mean para así obtener las características de las imágenes y poder alimentar con información al SOM. Y Franklin, S. W. et al. (2014) [54] proponen el diagnóstico de la retinopatía diabética a partir de la detección de exudados en el procesado de imágenes de retina. Al igual que en [50], Mookiah, M. R. et al. (2014) [53] también proponen la utilización de la transformada discreta de wavelet para detectar la degeneración macular asociada a la edad (ADM) y además proponen un ranking de estrategias.

Mookiah, M.R.K. et al. (2013) [48] plantean el tema de que un sistema de diagnóstico computarizado puede reducir significativamente la carga de trabajo de los especialistas en oftalmología y también

puede beneficiar al paciente, y para ello realizan una revisión de ciertos métodos y sistemas automáticos encargados de esta tarea.

Y por último señalar los artículos [49] y [52], de los años 2013 y 2014 respectivamente, en los que se propone un sistema de ayuda a la decisión aplicado al diagnóstico de la retinopatía diabética de bajo coste para *smartphone*. En el primero, de Prasanna, P. et al., el sistema requiere de un oftalmoscopio para la captura de imágenes como el mostrado en la Imagen 3. 1, las cuales serán después sometidas a un sofisticado análisis, utilizando técnicas de aprendizaje automático.



Imagen 3. 1. Oftalmoscopio utilizado para captura de imágenes de fondo de ojo. Fuente: [49].

En el segundo artículo, de Bourouis, A. et al., se presenta un *smartphone* al cual hay que acoplar unas lentes microscópicas al objetivo de la cámara del dispositivo para capturar las imágenes, como se muestra en la Imagen 3. 2.



Imagen 3. 2. Lentes microscópicas utilizadas para la captura de imágenes de fondo de ojo. Fuente: [52].

Puesto que este proyecto trata del desarrollo de un sistema de ayuda a la decisión para ser implantado en dispositivos móviles como los *smartphone*, estos dos últimos artículos tienen especial interés.

3.3.2 Oftalmología: Publicaciones sobre el polo anterior del ojo

En la Tabla 3. 2 se presentan los artículos seleccionados que, tratando temas de oftalmología, están relacionados con el polo anterior del ojo.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
Lepo: Sistema de Apoio à Decisão Médica em Oftalmologia Baseado no Sistema Lepidus. [56]	Roque, A.C.; Mantovani, J.; Torres, I.; Galina, A.C.; de Lima, P.R.; Novoa, C.; Schor, P.	2004	IEEE**
Detection of subclinical keratoconus using an automated decision tree classification. [57]	Smadja, D.; Touboul, D.; Cohen, A.; Doveh, E.; Santhiago, M.R.; Mello, G.R.; Krueger, R.R.; Colin, J.	2013	Scopus

Tabla 3. 2. Publicaciones seleccionadas sobre oftalmología - polo anterior del ojo. Fuente: propia.

Las enfermedades oftalmológicas con las que contará la aplicación desarrollada en este proyecto pertenecen al segmento anterior del ojo. Tras la revisión literaria tan solo se han seleccionado dos artículos que estén relacionados con dicho ámbito. Por lo que ya queda presente una carencia en cuanto a publicaciones en este campo.

Roque, A.C. et al. (2004) [56] propusieron un sistema de medicina general de ayuda a la toma de decisiones basado en la codificación a través de funciones sinusoidales amortiguadas de signos y síntomas clínicos para caracterizar las enfermedades. Se consideraba un máximo de 20 enfermedades oftalmológica: conjuntivitis vírica, conjuntivitis alérgica, conjuntivitis bacteriana, conjuntivitis de inclusión, pterigión, blefaritis, chalazión, hemorragia subconjuntival, epiescleritis, escleritis, iritis, dacriocistitis, queratitis infecciosa, úlcera corneal no infecciosa, cuerpo extraño corneal o conjuntival, ojo seco, glaucoma, endoftalmitis, celulitis preseptal aguda y celulitis orbitaria.

Para su diagnóstico es necesario definir los signos, los síntomas y el dominio de la enfermedad para así poder mapear sus relaciones, codificar su función sinusoidal amortiguada y para poder poner en marcha el mecanismo neuronal de comparación de estándares.

Algunos parámetros que se tienen en cuenta para la toma de decisiones son:

- Signos y síntomas como enrojecimiento difuso ocular, lagrimeo, sensación de cuerpo extraño, picor ocular, edema palpebral, quemosis, secreción, etc.
- Para cada uno de los síntomas, se consideran grados de intensidad: bilateral intensa, monolateral intensa, bilateral de intensidad moderada, monolateral de intensidad moderada, bilateral de intensidad suave y monolateral de intensidad suave.

** Extraído del proyecto fin de carrera: Rodríguez Díaz, J., “DeSSEaDO – App Móvil de Ayuda a la Decisión en el campo de la Oftalmología” (2014).

- El modo de inicio de la enfermedad, es decir, si apareció súbitamente o al cabo de ciertos días.
- Aspectos de la historia clínica del paciente, como por ejemplo, si utiliza lentes de contacto, si ha sufrido cirugía ocular previa o si presenta historia de traumatismo ocular.

Este artículo es de gran interés en este estudio puesto que contempla buena parte de las enfermedades tratadas en la aplicación que aquí se desarrolla. Puede ser de gran ayuda el mecanismo de decisión que plantea. Y puesto que hay muy pocas publicaciones que traten el segmento anterior del ojo, este artículo al menos ofrece una pequeña muestra sobre los trabajos realizados en este campo hasta la fecha.

En la publicación posterior, Smadja, D. et al. (2013) [57], se propone un sistema de diagnóstico para la enfermedad de queratocono, una enfermedad que afecta a la estructura de la córnea, la cual se vuelve más delgada y cambia lentamente de forma, pasando de su forma redondeada a una forma cónica, lo cual hace que el ojo sobresalga. Para el correcto diagnóstico, el sistema recoge parámetros de los segmentos anterior y posterior del ojo. A partir de esos datos, se genera un decisor automático en árbol para proceder al diagnóstico. Según indican, recomiendan la utilización de este sistema para ayudar en la decisión quirúrgica antes de llevar a cabo la cirugía refractiva.

3.3.3 Oftalmología: Publicaciones sobre Oftalmología General

En la Tabla 3. 3 se presentan los artículos seleccionados que tratan temas sobre la oftalmología en general.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
Hot spot detection based on feature space representation of visual search in medical imaging. [58]	Hu, X.P.; Dempere-Marco, L.; Yang, G.Z.	2003	IEEE
A cataract decision support system: its requirement is increasing. [59]	Moore J.	2005	PubMed
Computer-based classification of eye diseases. [60]	Acharya, U.R.; Kannathal, N.; Ng, E.Y.; Min, L.C.; Suri, J.S.	2006	PubMed
Diagnostic decision support in ophthalmology. [61]	Bola Odufuwa, T. O.; Solebo, L.; Low, S.	2007	WoS
Adoption and Perceptions of Electronic Health Record Systems by Ophthalmologists: An American Academy of Ophthalmology Survey. [62]	Chiang, M.F.; Boland, M.V.; Margolis, J.W.; Lum, F.; Abramoff, M.D.; Hildebrand, P.L.	2008	Scopus

Algorithms and results of eye tissues differentiation based on RF ultrasound. [63]	Jurkonis, R.; Janušauskas, A.; Marozas, V.; Jegelevičius, D.; Daukantas, S.; Patašius, M.; Paunksnis, A.; Lukoševičius, A.	2012	PubMed
A survey on computer aided diagnosis for ocular diseases. [64]	Zhang, Z.; Srivastava, R.; Liu, H.; Chen, X.; Duan, L.; Kee Wong, D.W.; Kwoh, C.K.; Wong, T.Y.; Liu, J.	2014	Scopus
How the <i>smartphone</i> is driving the eye-health imaging revolution. [65]	Bolster, N.M.; Giardini, M.E.; Livingstone, I.A.; Bastawrous, A.	2014	Scopus

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

Varios artículos de la tabla anterior versan sobre sistemas de ayuda para diferentes enfermedades oculares. Hu, X. P. et al. (2003) [58] proponen un sistema que analiza los movimientos oculares para detectar anomalías en los ojos. Moore J. (2005) [59] presenta un método que ayude en el preoperatorio y en la operación de cataratas. Además plantea un proceso quirúrgico personalizado para cada paciente. Sin embargo, Acharya, U. R. et al. (2006) [60] alegan que para enfermedades como cataratas, iridociclitis y haze corneal, los sistemas DSS son de gran utilidad y se realiza una comparación entre varias estrategias de decisión utilizadas en estos sistemas.

Bola Odufuwa, T. O. et al. (2007) [61] presentan el sistema “Isabel”, un sistema de ayuda en el diagnóstico, aplicado a la atención primaria en el campo de la oftalmología. En este estudio comparan el sistema “Isabel” con la decisión tomada por un grupo de profesionales médicos, obteniendo buenos resultados con más de un 50% de coincidencia entre diagnósticos.

También se utilizan sistemas de decisión en ámbitos como en el de los tejidos oculares, como presentan Jurkonis, R. et al. (2012) [63], donde el desarrollo de algoritmos y de software para el análisis de tejidos aplicando señales de radiofrecuencia ultrasónicas permiten la diferenciación no invasiva de tejido ocular.

Chiang, M.F. et al. (2008) [62] muestran el estudio en el que evalúan la utilización del registro médico electrónico (EMR) por parte de un grupo de oftalmólogos. Como resultados exponen que solo un 12% tenía implementado en su centro un EMR. En cuanto a la satisfacción de uso, el 69% estaba muy satisfecho. Y finalmente un 76% recomendaría su uso. Concluyen exponiendo que la tasa de adopción del EMR en la especialidad de oftalmología aún era baja por aquel entonces (año 2008), pero comparable a otras especialidades.

Zhang, Z. et al. (2014) [64] publican una revisión de sistemas de diagnóstico asistido por ordenador (CAD) para enfermedades oculares, teniendo en cuenta datos clínicos, genéticos e imágenes. Mientras los CAD para enfermedades oculares han mostrado un progreso considerable en los últimos años, todavía hay mucho en lo que trabajar. La importancia clínica de los sistemas CAD totalmente automáticos, capaces de integrar fuentes de datos heterogéneas, muestra un gran potencial de desarrollo de cara al futuro.

Por último, Bolster, N. M. et al. (2014) [65], afirman que la digitalización de imágenes del campo de la oftalmología ha abierto un gran abanico de posibilidades dentro del cuidado del ojo, como la detección automática de patologías. La tecnología capaz de capturar estas imágenes es cara, y plantean una revisión de los últimos progresos en dispositivos de captura de imágenes en oftalmología para *smartphone*. Concluyen exponiendo que si estos dispositivos ofrecen la capacidad de proporcionar imágenes de alta calidad, tendrán un gran potencial para la detección de enfermedades o prevenir la ceguera.

3.3.4 Otros: Publicaciones sobre métodos y algoritmos SADM.

En la Tabla 3. 4 se presentan los artículos seleccionados que, tratando otros temas diferentes a los de oftalmología, están relacionados métodos y algoritmos seguidos en sistemas SADM.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
MELISIS: un marco de trabajo para la construcción de Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones en problemas de monitorización. [66]	Picaza, J. M.; Sobrado, F.J.; García, J.J.; Ocariz, C.; Aldamiz-Echevarría, L.	2001	IEEE**
Preventing knowledge transfer errors: Probabilistic decision support systems through the users' eyes. [67]	Tabachneck-Schijf, H.J.M.; Geenen, P.L.	2009	WoS
A new method for determining physician decision thresholds using empiric, uncertain recommendations. [68]	Boland, M.V.; Lehmann, H.P.	2010	PubMed
A decision support simulator for improving patient flow and increasing capacity at an eye outpatient department. [69]	Lin, C.K.Y.	2013	IEEE
Application of probabilistic and fuzzy cognitive approaches in semantic web framework for medical decision support. [70]	Papageorgiou, E. I.; Huszka, C.; De Roo, J.; Douali, N.; Jalent, M.C.; Colaert, D.	2013	WoS

Tabla 3. 4. Publicaciones seleccionadas sobre otros temas - Métodos y algoritmos SADM. Fuente: propia.

En la tabla anterior se presenta la selección artículos relacionados con aspectos a tener en cuenta en el desarrollo de sistemas de ayuda en la toma de decisiones médicas (DSS). Estos aspectos tienen que ver con el diseño del sistema y con la metodología empleada en su desarrollo.

Picaza, J. M. et al. (2001) [66] exponen varios problemas que hacen realmente compleja la construcción de sistemas DSS, como el gran número de variables interrelacionadas entre sí, bases de datos perfectamente diseñadas, acceso web, etc. Para que estos sistemas puedan salir a flote, “es imprescindible disponer de una infraestructura más poderosa que la de cualquier entorno de

** Extraído del proyecto fin de carrera: Rodríguez Díaz, J., “DeSSEaDO – App Móvil de Ayuda a la Decisión en el campo de la Oftalmología” (2014).

trabajo”. Por ello, la construcción de sistemas DSS aplicables a problemas de monitorización necesitan un marco de trabajo flexible, con una infraestructura software que posibilite un desarrollo rápido de prototipos, un servidor con capacidad de respuesta rápida a todas las peticiones que reciba, renovación constante que le permita tener implementadas las tecnologías más recientes y con soporte para la construcción del modelo de decisión y el modelo de decisión de gestión de proyectos. Señalan también que los DSS son herramientas que, bien aplicadas, mejoran la productividad, la eficiencia, la efectividad y la competitividad, pero para ello es necesario haber desarrollado previamente una buena planificación, organización e inversión.

A raíz de lo expuesto en [66], Tabachneck-Schijf, H.J.M. et al. (2009) [67] discuten sobre las diferencias entre desarrolladores de sistemas DSS y usuarios en el dominio experto, lo cual conduce a errores en la transferencia del conocimiento. Para solventar o mitigar estas diferencias, proponen cinco directrices heurísticas que pueden ser aplicadas en diferentes situaciones de interacción entre usuario y desarrollador a lo largo de diferentes fases del desarrollo del proyecto. Concluyen con que la aplicación de estas directrices da muy buenos resultados, reduciendo las discrepancias entre las partes implicadas y disminuyendo la aparición de falta de entendimiento.

Siguiendo la línea de los artículos anteriores, Boland, M.V. et al. (2010) [68] presentan un método en el que en su desarrollo se ha trabajado con personal sanitario que les ha facilitado un *feedback* de información, de manera que los umbrales de riesgo los iban determinando los profesionales médicos hasta tener un conjunto de información lo suficientemente amplio para que el sistema llegue a ser autosuficiente y poder estimar por sí mismo el riesgo que puede sufrir el paciente.

Lin, C.K.Y. (2013) [69] muestra un simulador de un sistema DSS para mejorar el flujo de pacientes aplicado a un hospital de Hong Kong. Para ello es necesario identificar los cuellos de botella del sistema, los parámetros de entrada o las citas médicas de los pacientes. Se puede obtener una estimación de tiempos o situaciones que pueden dar lugar a la congestión del sistema. Todo esto conlleva a formar al personal sanitario para que sepan manejar la situación en vista de mejorar la eficiencia.

Finalmente, Papageorgiou, E. I. et al. (2013) [70], relacionado con el problema de las diferencias entre desarrollador y usuario, se centra en la implementación web de la representación del conocimiento médico y de los razonamientos utilizados en los procesos de diseño de sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas.

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

En la Tabla 3. 5 se presentan los artículos seleccionados que tratan sobre otros temas relacionados con minería de datos, almacenamiento en la nube o historiales clínicos electrónicos.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
Web-based health services and clinical decision support. [71]	Jegelevicius, D.; Marozas, V.; Lukosevicius, A.; Patasius, M.	2004	PubMed
A pilot study of distributed knowledge management and clinical decision support in the cloud. [72]	Dixon, B. E.; Simonaitis, L.; Goldberg, H. S.; Paterno, M. D.; Schaeffer, M.; Hongsermeier, T.; Wright, A.; Middleton, B.	2013	WoS
Age-Related Macular Degeneration Screening Using Data Mining Approaches. [73]	Hijazi, M.H.A.; Coenen, F.; Yalin Zheng.	2013	IEEE
Applying data mining techniques to standardized electronic health records for decision support. [74]	Batra, S.; Parashar, H.J.; Sachdeva, S.; Mehndiratta, P.	2013	IEEE
Data mining for AMD screening: A classification based approach. [75]	Hijazi, M.H.A.; Coenen, F.; Zheng, Y.	2014	Scopus
Knowledge based systems for ubiquitous Ehealthcare. [76]	Ahmed, S.	2014	IEEE
The good, the bad and the early adopters: providers' attitudes about a common, commercial EHR. [77]	Makam, A.N.; Lanham, H.J.; Batchelor, K.; Moran, B.; Howell-Stampley, T.; Kirk, L.; Cherukuri, M.; Samal, L.; Santini, N.; Leykum, L.K.; Halm, E.A.	2014	PubMed

Tabla 3. 5. Publicaciones seleccionadas sobre otros - *data mining*, *Cloudy* EHR. Fuente: propia.

En este apartado se presenta la selección de artículos relacionados con la minería de datos (*data mining*), los servicios de almacenamiento en la nube (*Cloud*) o el historial clínico electrónico HCE (EHR el acrónimo en inglés).

En los artículos [73] y [75], se analiza la utilización de la minería de datos aplicada al diagnóstico de la degeneración macular asociada a la edad (ADM) a través del procesado de imágenes completas, es decir, sin centrarse solo en lesiones individuales segmentando la imagen. Mientras que Hijazi, M.H.A. et al. (2013) [73] proponen una aproximación a la clasificación en tabla de las imágenes, en [75], los mismos autores explican tres maneras de clasificación de imágenes.

Jegelevicius, D. et al. (2004) [71] proponen el desarrollo de un servicio de eHealth basado en web para ayudar en la toma de decisiones médicas, con una interfaz de usuario a través de la cual se conecta a una base de datos con soporte SQL con información clínica por medio de un servidor. Los profesionales médicos pueden descargarse información e imágenes, así como actualizar ellos mismos la información de la base de datos, aportando imágenes, información o comentarios, lo cual abre un abanico de facilidades para el personal sanitario.

Ahmed, S. (2014) [76] comenta que se pueden ofrecer soluciones ubicuas a través de Internet. Los sistemas basados en conocimiento disponibles en Internet son de gran importancia para la minería de datos y para ofrecer servicios de ayuda a la toma de decisiones. Las soluciones de eHealth soportadas

por los sistemas basados en conocimiento son cada vez más frecuentemente demandadas por profesionales médicos e incluso por los pacientes. Es por ello que los desarrolladores ven una gran oportunidad de futuro en el desarrollo de estos sistemas.

Dixon, B. E. et al. (2013) [72] exponen una idea importante. Comenta que los sistemas DSS o SADM alojados en la nube son posibles y que puede ser un camino razonable a través del cual conseguir mejor soporte de toma de decisiones clínicas, atravesando el amplio rango de proveedores de cuidado de la salud existente.

Relacionado con esta idea anteriormente comentada, Batra, S. et al. (2013) [74] explican que la información médica que antes era inaccesible, se puede hacer accesible a través de la minería de datos, beneficiando a la persona involucrada en la utilización del servicio, facilitándole un sistema DSS o SAD eficiente. Sin embargo, ponen de manifiesto que hay una falta de estandarización en la minería de datos aplicada al cuidado de la salud y realizan una comparación, mostrando las ventajas de los historiales clínicos electrónicos (HCE o EMR) estandarizados frente a los no estandarizados.

Finalmente y siguiendo con la idea del artículo anterior, Makam, A.N. et al. (2014) [77] exponen que la manera de comprobar la aceptación de sistemas de historial clínico electrónico (HCE o EMR) por parte del personal sanitario de atención primaria consiste en implantarlo y estudiar el comportamiento del sistema y de los usuarios del mismo. Concluyen que cada vez hay mejores percepciones frente a la implantación.

Tras analizar estas publicaciones queda de manifiesto el enorme potencial que tienen estas tecnologías en el desarrollo de sistemas SAD o DSS.

3.3.6 Otros: Publicaciones sobre otros temas.

En la Tabla 3. 6 se presentan los artículos seleccionados que tratan sobre otros temas y que no han podido ser clasificados en los grupos anteriores.

Título	Autores	Año de publicación	Base de datos
Visual dictionary: A decision support tool for DR pathology detection on POI. [78]	Madhukumar, S.; Vijayalakshmi, R.	2013	IEEE
Decision support systems and applications in ophthalmology: literature and commercial review focused on mobile apps. [6]	de la Torre-Díez, I.; Martínez-Pérez, B.; López-Coronado, M.; Rodríguez, J.; Maldonado, M.	2014	PubMed
Future prospects of health management systems using cellular phones. [79]	Kim, H.S.; Hwang, Y.; Lee, J.-H.; Oh, H.Y.; Kim, Y.J.; Kwon, H.Y.; Kang, H.; Kim, H.; Park, R.W.; Kim, J.H.	2014	Scopus

Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review. [5]	Martínez-Pérez, B.; de la Torre-Díez, I.; López-Coronado, M.; Sainz-de-Abajo, B.; Robles, M.; García-Gómez, J.M.	2014	PubMed
Contribution of new technologies to characterization and prediction of adverse effects. [80]	Rouquié, D.; Heneweer, M.; Botham, J.; Ketelslegers, H.; Markell, L.; Pfister, T.; Steiling, W.; Strauss, V.; Hennes, C.	2015	Scopus
The emerging field of mobile health. [81]	Steinhubl, S.R.; Muse, E.D.; Topol, E.J.	2015	Scopus

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

En este apartado se presenta la selección de aquellos artículos que no han podido ser clasificados en ninguna de las categorías anteriores pero que tratan aspectos interesantes para el desarrollo de este proyecto.

Madhukumar, S. et al. (2013) [78] presentan un diccionario visual, basado en la medida de métricas a nivel de imagen, sin seguir los métodos de una herramienta de ayuda a la decisión, donde el sistema se utiliza para ayudar en el diagnóstico. En el desarrollo del presente proyecto se tiene en cuenta la función informativa y pedagógica, por lo que se sigue la idea presentada en este artículo.

Martínez-Pérez, B. et al. (2014) [5] presentan una revisión de artículos y publicaciones científicas relacionadas con sistemas DSS en el campo del cuidado de la salud, así como de aplicaciones móviles. Tras analizar la literatura existente al respecto y tras realizar la búsqueda de aplicaciones en las tiendas virtuales de los principales sistemas operativos para *smartphone*, presentan una comparativa en función de las especialidades médicas. La especialidad de oftalmología es una de las que presentan mayor carencia de publicaciones y de aplicaciones móviles.

A raíz de esta revisión, de la Torre-Díez, I. et al. (2014) [6] realizan una revisión de las publicaciones científicas y de aplicaciones móviles existentes relacionadas con la especialidad de oftalmología. En él, concluyen que la mayoría de las publicaciones están centradas en el segmento posterior del ojo, presentando métodos de procesado de imágenes complejos que requieren de aparatos especializados para poder utilizar los sistemas de ayuda a la decisión, por lo que un proyecto centrado en el segmento anterior del ojo como el que aquí se desarrolla puede tener cabida en el presente mercado. Estos dos artículos que se acaban de comentar tienen información muy relevante en el desarrollo de este proyecto, y servirán de guía del mismo.

Kim, H.S. et al. (2014) [79] comentan que los teléfonos móviles son dispositivos que cada vez se utilizan más para la comunicación entre profesionales médicos y pacientes para prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, y exponen que la informática médica asistida por los teléfonos móviles es especialmente útil en pacientes con enfermedades crónicas, así como que las herramientas basadas en las nuevas tecnologías serán muy útiles y efectivas en los años sucesivos.

En el presente año 2015, siguiendo con la idea del artículo anterior, Steinhubl, S.R. et al. [81] comentan que las nuevas tecnologías pueden transformar el modo y la calidad de la investigación médica y el cuidado de la salud a escala global, ya que permiten superar las trabas fronterizas, el paciente utiliza sensores conectados a su *smartphone*, se trabaja por realizar registros de imágenes avaladas por médicos, y todo ello soportado por flujos de datos en tiempo real, donde hay cabida para sistemas DSS, permitiendo una sustanciosa mejora de la atención médica. Sin embargo, la incorporación de la mSalud en el cuidado clínico se enfrenta a grandes retos como la falta de estandarización o la regulación financiera, pero ya se está trabajando con gran ahínco en ello.

Y para finalizar, Rouquié, D. et al. (2015) [80] comentan que las nuevas tecnologías son útiles para desarrollar sistemas que ayuden a predecir los efectos secundarios que tendrán ciertos medicamentos o tratamientos o los niveles de toxicidad aplicados a humanos, basados en datos in vitro.

3.4 Apps comerciales

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos en la búsqueda de aplicaciones comerciales en las tiendas virtuales de los dos principales sistemas operativos para *smartphone*.

“Algorithm for Management of Diabetic Macular Edema”

Es una aplicación en lengua inglesa para el sistema operativo iOS, diseñada para estudiantes de oftalmología y médicos en general como una guía para el manejo en el cuidado del edema macular diabético. Contiene casos de pacientes con la enfermedad y otros ejemplos de otras formas de edema macular diabético presente en pacientes diabéticos, así como algoritmos para el manejo de esta enfermedad y ejemplos clínicos para la evaluación de macula diabética. No ha sido descargada para su evaluación. Su precio es 2.99€ en *AppStore*. El aspecto de su interfaz se muestra en Imagen 3. 3.



Imagen 3. 3. Interfaz de la app “Algorithm for Management of Diabetic Macular Edema”. Fuente: *AppStore*.

“DeciMed by Bitios”

Es una aplicación gratuita en lengua castellana para el sistema operativo iOS que ayuda al médico a tomar decisiones clínicas. Tan solo tiene la capacidad de facilitar directrices en determinadas situaciones, como por ejemplo en casos de neumonías, apneas de sueño, brecha aniónica o atención a víctimas de violación. Ninguno de los casos está relacionado con la oftalmología, pero tiene interés desde el punto de vista de un sistema SADM. Ha sido probada y en la Imagen 3. 4 se muestra la interfaz de usuario donde se muestran los casos en los que se facilita ayuda.

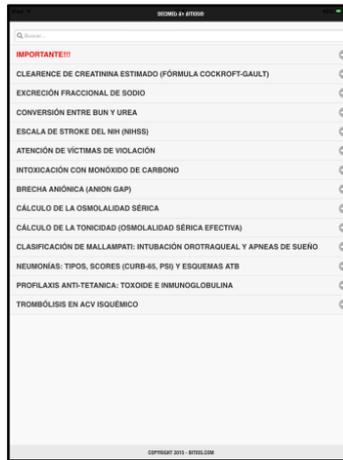
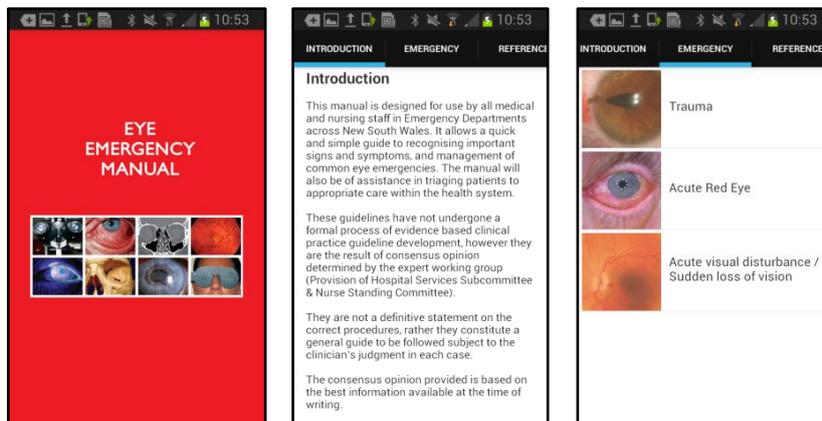


Imagen 3. 4. Interfaz de la app “DeciMed”. Fuente: propia.

“Eye Emergency Manual”

Es una aplicación en lengua inglesa gratuita para el sistema operativo Android, diseñada para ser utilizada por todo el equipo médico y personal de asistencia sanitaria en los departamentos de emergencia del estado de New South Wales de Australia, aunque es de libre acceso. Proporciona una guía rápida y simple para poder reconocer fácilmente signos y síntomas importantes y para poder manejar de la mejor manera posible emergencias oculares comunes. La aplicación también ayudará a la correcta derivación del paciente dentro del sistema sanitario. Esta aplicación ha sido probada y el aspecto de su interfaz se muestra en Imagen 3. 5.



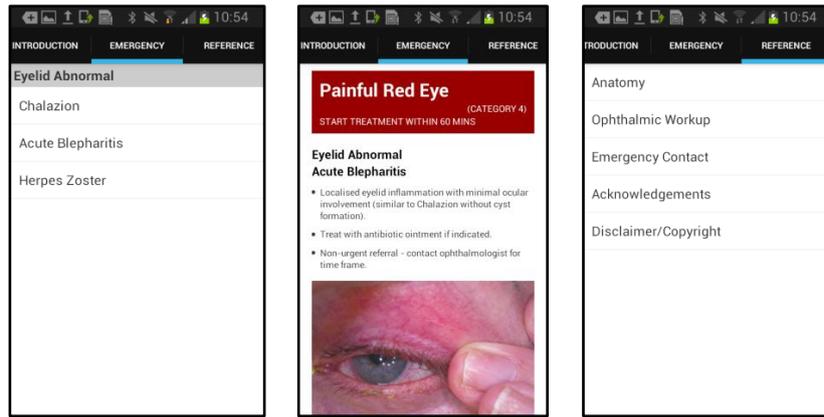


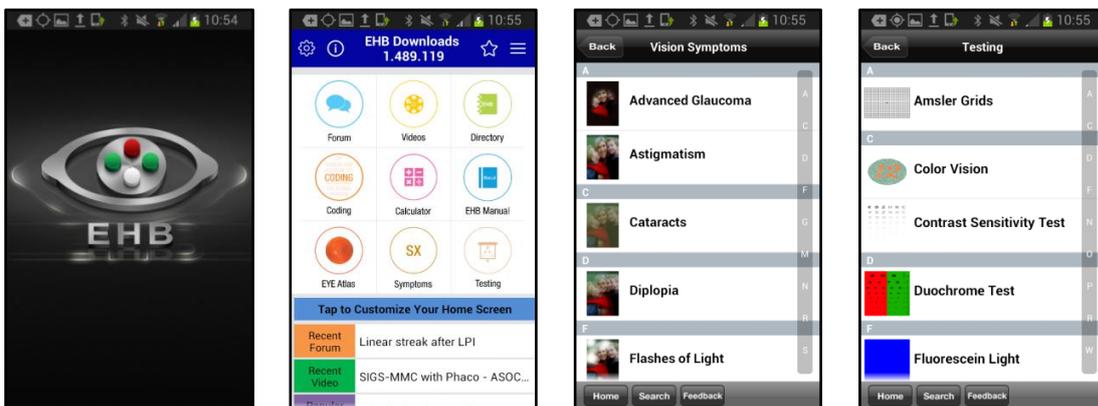
Imagen 3. 5. Interfaz de la app “Eye Emergency Manual”. Fuente: propia.

“Eye Handbook”

Es una aplicación gratuita en lengua inglesa disponible para los sistemas operativos Android e iOS, y supone una herramienta de referencia para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades para cualquier persona involucrada en el cuidado de los ojos. Esta aplicación se ha probado para ambos sistemas operativos. Algunas de sus características son:

- Calculadoras: para cálculo de riesgo de glaucoma, amplitud de acomodación según la edad, conversión de dioptrías a radio en milímetros, etc.
- Enlace a descarga de videos y audio.
- Atlas del ojo.
- Foros.
- Síntomas.
- Test visuales como el de sensibilidad de contraste o el test duocromo.
- EHB Manual: en este apartado se presenta un listado de enfermedades y para cada una de ellas se muestra su definición, epidemiología, etiología, historial clínico, diagnóstico diferencial, procedimiento para examinar el ojo, tratamiento, el seguimiento que se le debe realizar al paciente, artículos científicos relacionados, referencias y enlaces de interés.

En la Imagen 3. 6 se muestra el aspecto de ciertas pantallas de su interfaz para el sistema operativo Android.



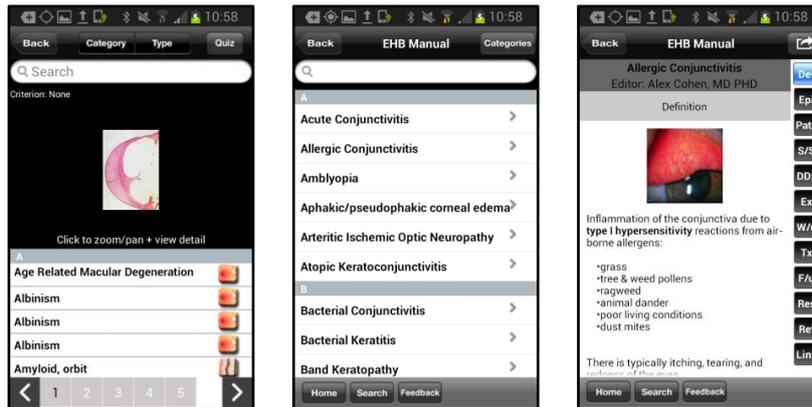


Imagen 3. 6. Interfaz de la app “Eye Handbook”. Fuente: propia.

“GP Eyes – Family Practise Ophthalmology”

Es una aplicación en lengua inglesa para el sistema operativo iOS, diseñada para profesionales médicos de la especialidad de medicina familiar para ayudar en la identificación y en el manejo de enfermedades oculares. Según la descripción de la aplicación, se proporcionan indicaciones para examinar el ojo, para manejar situaciones o anomalías comunes que puede presentar el ojo, información para evitar errores y directrices para indicar cómo referir el paciente al oftalmólogo. Esta aplicación se ha instalado en el dispositivo pero su funcionamiento no es correcto. En la Imagen 3. 7 se muestra su interfaz de usuario.

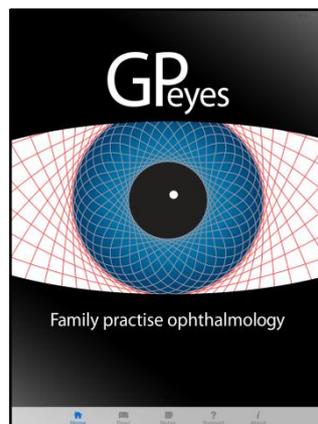


Imagen 3. 7. Interfaz de la app “GP Eyes”. Fuente: propia.

“Isabel”

Es una aplicación para el sistema operativo Android diseñada para ayudar en el diagnóstico de manera rápida y eficiente. Es una aplicación médica para profesionales sanitarios que permite realizar búsquedas de posibles diagnósticos por múltiples características clínicas. La descarga es gratuita, pero requiere de una suscripción para su completo funcionamiento. Según la descripción de la aplicación, esta puede tener acceso directo o estar totalmente integrada en un sistema de historial clínico electrónico. La herramienta “Isabel” utiliza la demografía del paciente y características clínicas para generar la lista de posibles diagnósticos. También integra recursos para refrescar el conocimiento del

personal sanitario. Pretende ser una potente plataforma educativa, habilitando a médicos de todos los niveles a desarrollar y refinar sus capacidades de diagnóstico. Presume de ser una de las aplicaciones médicas más utilizadas diariamente por médicos de todo el mundo. En la Imagen 3. 8 se muestra su pantalla de inicio.



Imagen 3. 8. Interfaz de la app “Isabel”. Fuente: propia.

“Oftalmología”

Es una aplicación gratuita en lengua castellana para el sistema operativo Android diseñada como herramienta para identificar diferentes patologías que se pueden diagnosticar a partir de las imágenes de fondo de ojo, como hemorragias y exudados, hipertensión arterial, retinopatía diabética, patologías de la macula o de la retina entre otras. Se ha descargado esta aplicación en el dispositivo Android para su evaluación. Además de comprobarse que no es un sistema de decisión, se ha observado que tiene un diseño poco intuitivo que hace un manejo incómodo de la aplicación. En la Imagen 3. 9 se muestra la interfaz de esta aplicación.



Imagen 3. 9. Interfaz de la app “Oftalmología”. Fuente: propia.

“Ophthalmology”

Es una aplicación gratuita en lengua inglesa para el sistema operativo Android diseñada principalmente para estudiantes de medicina, con información sobre enfermedades oculares, indicaciones sobre el examen del ojo y un *quiz* en el que el usuario puede elegir entre describir el caso

clínico que se le muestra en una imagen y realizar el diagnóstico, o responder a preguntas tipo test. A partir de la pantalla de inicio de la Imagen 3. 10 se accede a estas opciones.



Imagen 3. 10. Pantalla de inicio de la app “Ophthalmology”. Fuente: propia.

En el apartado de enfermedades oculares (*Ocular disorders*) se presenta un listado de opciones como diagnóstico diferencial, emergencia ocular, óptica, órbita, sistema lacrimal, párpados, etc. Pulsando en cada una de estas opciones aparece una lista desplegable con nuevas opciones. En el caso de diagnóstico diferencial se muestran opciones como pérdida de visión, ojo rojo, dolor ocular, flashes de luz, fotofobia y problemas relacionados con la edad y con las lentes de contacto, como se muestra en la Imagen 3. 11. Seleccionando las opciones, la aplicación conduce a otra pantalla con información adicional. En la Imagen 3. 12 se muestra la información relativa a ojo rojo.

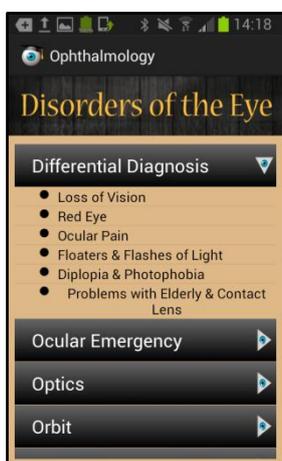


Imagen 3. 11. Pantalla de enfermedades oculares.

Fuente: propia.

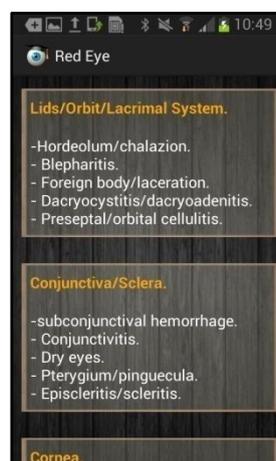


Imagen 3. 12. Pantalla de información de ojo rojo.

Fuente: propia.

En el apartado de examen del ojo (*Ocular examination*) aparecen 8 indicaciones que se deben llevar a cabo a la hora de examinar el ojo del paciente. Estas son: agudeza visual, campo visual, color de la visión, pupilas, músculos extraoculares, examen con lámpara, tonometría y examen con oftalmoscopio, como muestra la Imagen 3. 13. Seleccionando cada una de estas opciones la

aplicación conduce a una pantalla con información adicional. Así, en el caso de las pupilas, aparece la pantalla de la Imagen 3. 14.

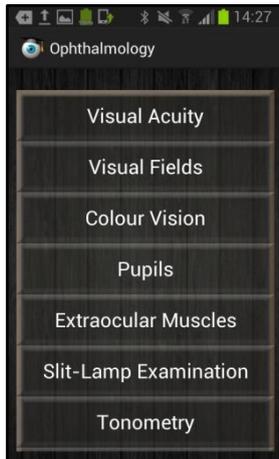


Imagen 3. 13. Pantalla de examen del ojo. Fuente: propia.

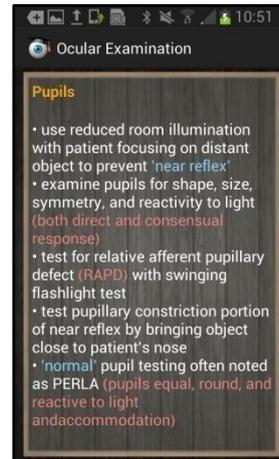


Imagen 3. 14. Pantalla de información de “pupilas”. Fuente: propia.

En el apartado de *Quiz*, se presentan dos modos de test. En el primero se presentan consecutivamente 20 preguntas tipo test con 4 respuestas. Para conocer la respuesta correcta hay un botón en cada una de las preguntas que al pulsarlo se muestra la respuesta correcta y una pequeña explicación, como muestra la Imagen 3. 15. En el segundo modo, al usuario se le muestra una imagen y debe realizar su diagnóstico. En cada imagen se puede obtener la respuesta pulsando el botón destinado a ello, como se muestra en la Imagen 3. 16.

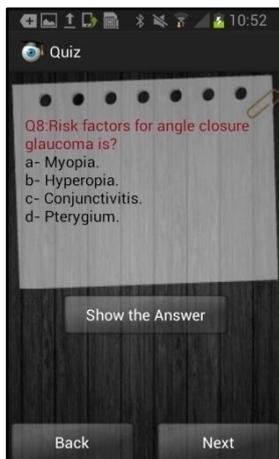


Imagen 3. 15. Pantalla de Quiz – modo 1. Fuente: propia.

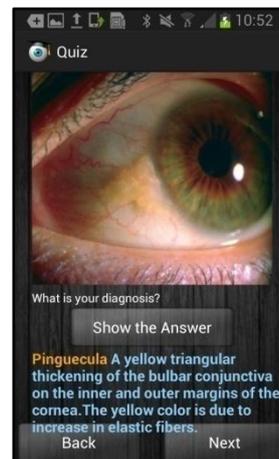


Imagen 3. 16. Pantalla de Quiz – modo 2. Fuente: propia.

“Oxford Handbook of Ophthalmology”

Es una aplicación en lengua inglesa para el sistema operativo Android diseñada principalmente para complementar el manual de oftalmología con el mismo nombre de la colección Oxford Medical Handbooks. Tiene un precio de 42.22€ en *Google Play*, y no se ha adquirido para su evaluación.

Proporciona un listado de enfermedades oftalmológicas dirigidas hacia el diagnóstico, la evaluación provisional y la gestión continua. También incluye listas de verificación para condiciones clínicas comunes y algoritmos para presentaciones importantes. El aspecto de esta aplicación se muestra en Imagen 3. 17.

Esta aplicación tiene interés en este caso puesto que, al igual que pretende hacer la aplicación que aquí se presenta, complementa un manual con información avalada por especialistas del campo de la oftalmología.

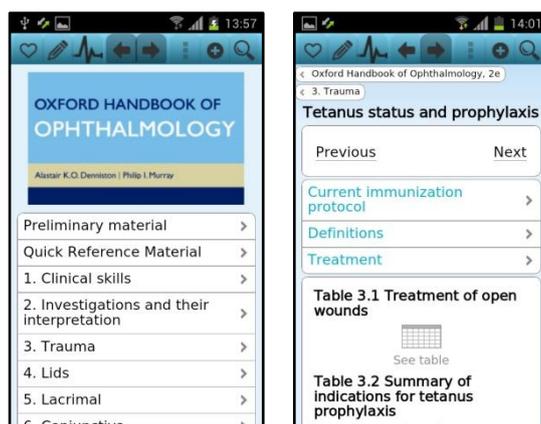


Imagen 3. 17. Interfaz de la app “Oxford Handbook of Ophthalmology”. Fuente: *Google Play*.

“Wills Eye Manual”

Es una aplicación en lengua inglesa para el sistema operativo Android diseñada como referencia rápida para el diagnóstico y el manejo de enfermedades oculares, desde sus síntomas hasta el tratamiento. Su precio en *Google Play* es de 71.63€, y no se ha adquirido para su evaluación. Contiene imágenes de calidad ilustrando un gran número de casos oftalmológicos, así como información farmacológica sobre productos farmacéuticos oftálmicos, incluyendo precauciones y efectos secundarios. En cuanto a la toma de decisiones contiene dos diagramas de flujo interactivos para tal fin. El aspecto de esta aplicación se muestra en la Imagen 3. 18.



Imagen 3. 18. Interfaz de la app “Wills Eye Manual”. Fuente: *Google Play*.

3.5 Conclusiones

Tras haber realizado esta revisión, se ha adquirido una visión general de cómo han evolucionado los sistemas de ayuda a la decisión médica en los últimos años. Aunque solo se ha estudiado el progreso desde el año 2000 hasta el actual (año 2015), debido a que la tecnología está en constante renovación, abriendo cada día nuevas puertas y mostrando nuevas posibilidades, la evolución de estos sistemas es abrumadora. No solamente se observa el progreso, sino también el gran potencial que estas herramientas tienen ya en nuestras vidas y que van a tener en un futuro próximo.

Después de la revisión literaria, haciendo un balance de las publicaciones que se han encontrado tras la búsqueda, lo primero que se debe señalar es que existe un número mayor de publicaciones relacionadas con el polo posterior del ojo que con el segmento anterior, y la mayoría de estas publicaciones se centran en el diagnóstico de enfermedades como la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular relacionada con la edad mediante el procesado de imágenes de retina o de fondo de ojo. De estos artículos, aquellos que proponían un sistema de ayuda a la decisión para ser utilizado en *smartphone*, puesto que el objetivo es el diagnóstico de enfermedades del segmento posterior del ojo, se requiere de algún instrumental específico que sea capaz de capturar imágenes de fondo de ojo, lo cual encarece notablemente el sistema, haciéndolo poco accesible en zonas donde los recursos económicos son limitados. De las publicaciones relacionadas con el polo anterior del ojo, señalar que no son demasiado recientes en el tiempo.

Mientras que las primeras publicaciones (pocos años después del año 2000) relacionadas con los sistemas de decisión se centraban principalmente en el diagnóstico de enfermedades mediante el análisis de procesado de imagen, las últimas publicaciones muestran interés en la aplicación de los servicios que Internet ofrece, como el almacenamiento en la nube, la minería de datos o relacionar los sistemas de decisión con los Historiales Clínicos Electrónicos (HCE). Cada vez se tiene más en cuenta la interacción del usuario con el sistema y la interacción entre usuarios a través del sistema. En definitiva, desarrollar sistemas de ayuda a la decisión con información actualizada y que permitan acceder a toda la información necesaria desde un único punto, con el objetivo de mejorar la atención sanitaria e incrementar la eficiencia.

En cuanto a la revisión de aplicaciones comerciales relacionadas con los sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas, tras haber realizado la búsqueda en las tiendas virtuales de los dos principales sistemas operativos para *smartphone*, es esencial indicar que existe un número muy reducido de aplicaciones comerciales gratuitas que implementen un sistema de ayuda a la decisión y menos aún en el campo de la oftalmología. La mayoría de las aplicaciones comerciales que se encuentran en ambas tiendas virtuales referidas al ámbito de la oftalmología son guías médicas o aplicaciones indicadas para la formación de estudiantes de medicina. También conviene señalar que muchas de las aplicaciones encontradas habían sido diseñadas para dar soporte tecnológico de

información en congresos de oftalmología, lo cual hace pensar que cada vez más especialistas y personal sanitario están acostumbrados a manejar aplicaciones móviles en su día a día.

CAPÍTULO 4
METODOLOGÍA
DE LA APLICACIÓN

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN

4.1 Android

En los últimos años, el uso de *smartphones* ha experimentado un crecimiento colosal. Según un estudio del Instituto Nacional de Estadística [82], el porcentaje de hogares con al menos un teléfono móvil es mayor que el de hogares con teléfono fijo. El último informe de la ITU [83] prevé que a finales del año 2015 haya más de 7 billones de suscripciones de telefonía móvil en el mundo, es decir, un incremento del 97% desde las 738 millones de suscripciones del año 2000. Por todo ello cada vez es menos frecuente dar con una persona que no tenga un teléfono inteligente.

En cuanto a las ventas mundiales de *smartphones*, según muestra el informe de la consultora Gartner [84], en el primer cuatrimestre de 2015, alcanzaron los 336 millones de unidades vendidas. De estos dispositivos comercializados, aproximadamente 256 millones utilizan el sistema operativo Android, es decir, un 78.9% de los *smartphones* a nivel global. Limitando el estudio a nuestro país, según el último informe del panel Kantar [85], en España, el uso de dispositivos Android ha alcanzado el 89.9% en el primer trimestre del año 2015, un 0.9% más que en el mismo trimestre del año anterior, siendo el único sistema operativo que muestra un incremento respecto al año 2014.

Android no solamente es un sistema operativo para ser instalado en teléfonos móviles. Cada vez es mayor el número de *tablets*, televisiones o relojes que ya tienen implantado este sistema operativo, y parece que tienen un futuro muy prometedor. Incluso hasta se están desarrollando vehículos que incorporen en sus dispositivos electrónicos el sistema Android. El panorama de los *wearables* está adquiriendo gran importancia, imponiendo la idea de que todos los dispositivos y objetos deberían estar conectados. Esta es la idea de “el internet de las cosas” (IoT – *The Internet of Things*), término que describe el fenómeno por el cual dispositivos de uso diario están conectados a Internet a través de pequeños sensores embebidos con potencia de cálculo, como indica [86]. El concepto de “El internet de las cosas”, casi sin percibirse, es cada vez más frecuente en el día a día, y los grandes desarrolladores de software son plenamente conscientes del potencial de estas nuevas tecnologías.

Pero, ¿qué es lo que hace que Android sea el sistema operativo más utilizado en todo el mundo? Una conveniente combinación de factores puede ser la respuesta [87]:

- Es un software de código abierto que pone a disposición de cualquier usuario su código fuente, liberado por Google bajo la licencia Apache, con objeto de ser mejorado, a pesar de ser un software de gran calidad, bajo el amparo del proyecto *Android Open Source Project* (AOSP). Esta característica, junto con que es de distribución libre, hacen que Android haya sido tan ampliamente acogido por su flexibilidad.
- Puesto que el sistema operativo no está ligado a ningún dispositivo en particular, cualquier empresa puede comercializar un nuevo dispositivo que tenga implementado el sistema operativo Android.

- Android tiene una comunidad de desarrolladores amplísima. Cualquier persona con capacidad para ello puede desarrollar aplicaciones móviles para el sistema operativo. Es por ello que existen miles y miles de aplicaciones gratuitas y de pago. Además es inmensurable la cantidad de recursos y de información que se puede encontrar en la red y en manuales físicos sobre este sistema operativo y sobre cómo desarrollar o mejorar aplicaciones.
- Por supuesto, la integración con todos los servicios que ofrece Google es excelente, como el correo electrónico, mapas o el almacenamiento en la nube entre otros.

Por todo lo anteriormente comentado, y puesto que es el primer contacto con el desarrollo de aplicaciones móviles, se ha decidido que la aplicación que aquí se presenta sea para el sistema operativo Android, pero con la vista puesta en desarrollar la aplicación para otros sistemas operativos, como iOS, o en otros lenguajes de programación en un futuro.

4.2 Android Studio

Para el desarrollo del código de la aplicación móvil que aquí se presenta se ha empleado el nuevo entorno de programación oficial de Android: Android Studio.

Desde la aparición del sistema operativo Android, para programar las aplicaciones se utilizaba el entorno de programación Eclipse, al cual había que añadir un *plugin* para Android además de instalar el SDK o kit de desarrollo de software. Por supuesto todo debía estar perfectamente configurado, lo cual resultaba en una tarea bastante tediosa sobre todo para aquellos que aún eran principiantes en ello. En el año 2013, Google anunció un nuevo entorno de desarrollo propio para Android, llamado Android Studio.

Android Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) disponible gratuitamente bajo la licencia Apache 2.0. Android Studio está basado en *IntelliJ IDEA*, un IDE para el desarrollo de código en lenguaje Java, desarrollado por *JetBrains*, disponible bajo la licencia Apache 2. Algunas de las características con las que cuenta Android Studio son las siguientes [88]:

- Cuenta con un sistema de compilación flexible basado en *Gradle*, el cual es una herramienta para la construcción de proyectos de forma automatizada.
- Soporta varias configuraciones de compilación y es capaz de generar múltiples ficheros *apk*, es decir, aquellos ficheros que en la mayoría de los casos se trata de aplicaciones o juegos que pueden ser instalados en los dispositivos Android sin necesidad de descargar dicha *app* desde la tienda virtual.
- Facilita plantillas de código para ayudar a desarrollar características comunes.
- Contiene un editor de *layouts* con una gran variedad de funciones muy útiles, como la opción de arrastrar y soltar elementos dentro del *layout*.
- Proporciona herramientas *lint* que comprueban el funcionamiento, la usabilidad, la compatibilidad con la versión elegida y otros problemas, en definitiva, herramientas que

realizan una comprobación del código en busca de errores potenciales y para la optimización del correcto funcionamiento del proyecto.

- Hace uso de la herramienta *ProGuard* y ofrece opción de firma de la *app*. La herramienta *ProGuard* optimiza y comprime el código, eliminando líneas de código que no estén siendo utilizadas y cambiando el nombre de clases, campos y métodos cuyos nombres sean poco claros. De esta manera se consigue un archivo *.apk* de menor tamaño, en el que es más difícil realizar ingeniería inversa.
- Incorpora soporte para *Google Cloud Platform*, facilitando la integración de los servicios *Google Messaging* y *App Engine*.

Todos estos aspectos que aquí se acaban de comentar hacen de Android Studio una herramienta muy potente en el desarrollo de aplicaciones móviles para Android, ya que su instalación es sencilla, sin necesidad de instalar complementos, y en un mismo entorno se tienen todas las herramientas integradas, no solo para escribir, organizar y construir el código del proyecto, sino para comprobar errores y simular la aplicación en el emulador de una máquina virtual.

4.3 Requisitos funcionales

Lo primero que se debe hacer, antes de empezar a escribir código, es tener claro qué es lo que se quiere conseguir, es decir, qué debe tener la aplicación para que cumpla con los objetivos. Para ello, en la primera fase del proyecto se mantuvieron una serie de reuniones con el Dr. Maldonado y con los tutores de este proyecto para que ambas partes (usuario final y desarrollador) consensuaran las funcionalidades y el diseño de la aplicación. Se determinó que debe cumplir los siguientes requisitos:

- **Facilidad de uso:** cualquier persona tiene que ser capaz de manejarla, incluso aunque no esté familiarizada con el uso de estos dispositivos móviles.
- **Intuitiva:** debe tener un diseño sencillo a través del cual el usuario entienda el acceso a los contenidos perfectamente, sin lugar al despiste.
- **Amigable:** el usuario debe estar a gusto navegando por las pantallas de la aplicación y tiene que poder leer la información cómodamente, sin sentirse agobiado ni tener la sensación de no ver todo lo que se le presenta.
- **DSS:** por supuesto, el objetivo principal de este proyecto es proporcionar un sistema de ayuda a la toma de decisiones médicas, por lo que debe de haber un punto de acceso a este sistema.
- **Visual:** las imágenes relacionadas con las enfermedades oftalmológicas son una parte importante de esta aplicación.
- **Guía de enfermedades:** puesto que esta aplicación está diseñada para personal médico no especializado en el campo de la oftalmología y para estudiantes de medicina, y teniendo en cuenta la función pedagógica de la aplicación, se proporcionará una guía detallada de cada

una de las enfermedades, indicando su descripción, síntomas y tratamiento, así como imágenes y cuándo referir al oftalmólogo y cómo contribuir a la atención primaria de la visión. También habrá un apartado dedicado a acrónimos, etimología y terminología en inglés. El usuario tiene que poder acceder a toda esta información de una manera sencilla.

- **Requisitos del dispositivo de instalación:** podrá ejecutarse en *smartphones* y en *tablets* que tengan implementado el sistema operativo Android, y éste debe tener una versión superior a la 2.2 (API 8).

CAPÍTULO 5
ANÁLISIS DE LA
APLICACIÓN

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN

5.1 Diseño de la aplicación

5.1.1 Aspecto general

Para el diseño de esta aplicación se han tenido en cuenta las directrices que sigue el diseño en las aplicaciones Android. Android y Google tienen claro que un diseño original es lo que les hace reconocibles en todo el mundo, y ponen especial empeño en guiar a los desarrolladores con indicaciones de patrones que pueden seguir para que su aplicación sea funcional siguiendo con la línea del diseño de Android. Así, en la página web oficial dedicada a los desarrolladores [89], Android propone las siguientes directrices de diseño:

- **Metáfora del material:** es la teoría unificada de un espacio racionalizado. Los objetos materiales están fundamentados en una realidad táctil. Las superficies y los bordes proporcionan señales de que están basados en esta realidad. El uso de atributos táctiles familiares para el usuario evidencian la parte del objeto sobre la que se va a realizar una acción y cómo hacerlo. La sombra de los objetos, las superficies y el movimiento son la clave para transmitir la manera en que los objetos se mueven, interactúan y coexisten en el espacio y la relación de unos con otros.
- **Gráfico e intencional:** los elementos fundamentales basados en el diseño gráfico como la tipografía, cuadrículas, espacios, escalas, colores o el uso de imágenes, son los encargados de guiar visualmente al usuario. Estos elementos no solo agradan a la vista del usuario, sino que van más allá. Crean una jerarquía, un significado y un centro de atención. Se debe tener especial cuidado en la elección de los colores, en imágenes de extremo a extremo de la pantalla, tipografías de gran tamaño y en la inclusión intencionada de espacios en blancos, ya que consiguen crear una interfaz gráfica y audaz que sumergen al usuario en la experiencia de uso de la aplicación. También es de gran ayuda para el usuario enfatizar o destacar las acciones destinadas al mismo.
- **El movimiento proporciona significado:** todas las acciones tienen lugar en un único entorno. Los objetos han de ser mostrados al usuario sin romper la sensación de continuidad en el manejo, aunque estos se transformen y reorganicen. La navegación por la aplicación será apropiada y llena de significado, siendo el centro de atención y manteniendo la continuidad. El *feedback* será claro pero sutil, y las transiciones de pantalla serán eficientes y coherentes.

Tras el primer aniversario de “Material Design”, nombre que define la metodología de diseño anteriormente comentada, en el presente año 2015 Google Play ha publicado una lista con las mejores aplicaciones móviles que tienen en cuenta el diseño de Android [90]. En esta lista hay aplicaciones de todo tipo, desde tiendas virtuales para compra online, aplicaciones de información

meteorológica, de mensajería instantánea, de estilo de vida, etc. Quizás la aplicación móvil con más interés para el desarrollo de la aplicación relacionada con este proyecto que en esta lista se presenta es “NYTimes – Latest News”, una aplicación de noticias, desarrollada por el periódico neoyorquino “The New York Times”, considerado el diario por excelencia de los Estados Unidos. Esta aplicación presenta gran cantidad de información, accesible desde un mismo entorno, utilizando pestañas en la parte superior para acceder a diferentes páginas. La información se presenta de manera clara, con un diseño sencillo y limpio. El espacio de cada una de las pantallas está dividido en secciones, presentando la información de un modo organizado y agradable visualmente.

Tras analizar las tendencias de diseño de aplicaciones móviles para Android, y teniendo en cuenta los requisitos funcionales con los que debe contar la aplicación OphthalDSS, se decidió diseñar una aplicación con tres pestañas en la parte superior:

- **DSS:** esta será la pantalla principal, la cual se muestra tras abrir la aplicación. En ella aparecerá el acceso al sistema de ayuda a la toma de decisiones médicas en la especialidad de oftalmología, así como la posibilidad de ver en una misma pantalla todas las imágenes de las enfermedades con las que cuenta la aplicación, de manera que el usuario pueda acceder a la guía de la enfermedad correspondiente relacionada con el aspecto que muestra el ojo del paciente.
- **Guía:** esta pantalla será la dedicada a la función educativa o pedagógica de la aplicación. A partir de ella se debe poder acceder a una gran cantidad de información:
 - o Guía de cada una de las enfermedades.
 - o Información de interés, como es la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la visión.
 - o Acrónimos, recuerdo etimológico y terminología en inglés relacionada con cada uno de los grupos de patologías oculares.

Es muy importante la organización en esta pestaña, por lo que se ha elegido ofrecer el acceso a los apartados recientemente comentados a través de listas desplegables.

- o **Guía de enfermedades:** se muestra al usuario una lista con todas las enfermedades con las que cuenta la aplicación, ordenadas alfabéticamente. Al seleccionar el nombre de una enfermedad, se accede a la guía de la misma. En esta guía se ofrece una información cuidada y extensa de la enfermedad. Para que el usuario disponga de toda esta información, se ha seguido con la disposición en pestañas:
 - Guía: aquí se muestra la descripción de la enfermedad, así como sus síntomas y tratamiento.
 - Foto: se muestra una serie de imágenes relacionadas con la enfermedad.

- **Info:** se presenta información de interés, como la referencia al oftalmólogo y cómo contribuir a la atención primaria.
- **Ayuda:** se ofrece una lista con acrónimos, etimología de ciertas palabras y términos en inglés, todos ellos relacionados con el conjunto de patologías al que pertenece la enfermedad.
- **Información de interés:** se muestra una lista al usuario con los grupos en los que se organizan las enfermedades de la aplicación, ordenados según las unidades didácticas de manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*”. Cuando el usuario selecciona un grupo, se muestra una pantalla donde aparecen dos secciones. En una se presenta la información de referencia al oftalmólogo, y en la otra se muestra información para contribuir a la atención primaria de patologías oftalmológicas.
- **Acrónimos y etimología:** se muestra una lista al usuario con los grupos en los que se organizan las enfermedades, ordenados según las unidades didácticas del manual oftalmológico. Al seleccionar un grupo, al usuario se le muestra una pantalla dividida en tres secciones, en las cuales se presenta respectivamente una lista de los acrónimos, recuerdo etimológico de ciertas palabras y términos en inglés de la unidad didáctica seleccionada.
- **Acerca de:** en esta pantalla se presenta una descripción de la aplicación móvil, explicando los objetivos que se quieren alcanzar, la importancia que tiene el desarrollo de una aplicación como OphthalDSS, el porqué del nombre elegido e información sobre el personal implicado en su desarrollo.

Se pretende que con el diseño aquí expuesto, así como con la información que se va a presentar y con las funcionalidades con las que la aplicación va a contar, la aplicación OphthalDSS sea ampliamente acogida por personal médico de atención primaria y por estudiantes de medicina. El objetivo es completar el desarrollo de una aplicación útil para personal sanitario que no solo ayude al diagnóstico de enfermedades que afecten al polo anterior del ojo, sino que sirva como herramienta formativa, presentando de manera sencilla y visual información eficaz y valiosa de cada enfermedad, siendo esta complementada con imágenes de calidad.

5.1.2 Sistema DSS o SAD

La funcionalidad principal de la aplicación OphthalDSS es el sistema de ayuda a la toma de decisiones en el campo de la oftalmología para enfermedades relacionadas con el segmento anterior del ojo, especialmente aquellas que producen ojo rojo. Una ventaja que presenta esta versión frente a la primera versión de la aplicación DeSSEaDo, es que esta nueva aplicación cuenta con un número mayor de enfermedades de las que puede dar diagnóstico. Desde luego es formidable que cada vez se vaya contando con más enfermedades, pero a mayor número de patologías, mayor cuidado hay que tener en el desarrollo del algoritmo de funcionamiento de la aplicación. Es lógico

que ciertas enfermedades compartan determinados síntomas, pero a medida que se abre el abanico de patologías, estas van derivando hacia distintas sintomatologías.

Es en este punto en el que las indicaciones que han sido proporcionadas por el Dr. Maldonado han sido de inestimable ayuda. Siendo un profesional del campo de la oftalmología, ha ayudado a realizar una clasificación de las enfermedades oculares con las que cuenta la aplicación en cuatro grandes grupos, según la forma clínica de hiperemia [14]:

- **Inyección ciliar:** propia de procesos oculares graves, de localización profunda, con afectación del plexo episcleral. Adopta una tonalidad rojo violácea con vasos dilatados no móviles que es más intensa en el limbo, formando un anillo hiperémico alrededor de la córnea.
- **Hemorragia subconjuntival:** generalmente por patología banal, es una colección hemática producida por rotura vascular, manifestándose clínicamente como una mancha rojo-vinosa que enmascara los vasos subyacentes y ocupa el blanco escleral.
- **Inyección conjuntival:** propia de procesos conjuntivales banales, se localiza en el plexo vascular superficial o conjuntival. El enrojecimiento es más acusado en los fondos de saco conjuntivales y disminuye conforme se acerca a la córnea.
- **Otras causas:** como aquellas relacionadas con los párpados, con el sistema lacrimal o presentes en la órbita.

Dentro de cada uno de estos grandes grupos hay diferente número de enfermedades, presentando ciertos síntomas comunes. Hay que tener en cuenta todos los síntomas que caracterizan a cada enfermedad y que la diferencia del resto, por lo que no es viable agrupar a todas las enfermedades en una misma tabla en una base de datos, no solo a nivel general, sino particularizando para cada uno de estos cuatro grupos. Por ello, se ha procedido a agrupar el mayor número posible de enfermedades con síntomas comunes en una misma tabla, pero debido a la gran cantidad de enfermedades y de síntomas, y con objeto de agilizar la ejecución de la aplicación, se ha diseñado una base de datos con varias tablas. El esquema común a todas las tablas es el mostrado en la Figura 5. 1.

GrupoX_tablaX
Id
Nombre_enfermedad
Síntoma
Visitas

Figura 5. 1. Esquema de tabla de la base de datos. Fuente: propia.

Dependiendo de la tabla, el número de campos “Síntoma” puede variar, pudiendo haber hasta 3 para diferenciar entre síntomas diferentes.

La base de datos diseñada que contempla todas las enfermedades, agrupándolas por síntomas comunes es la que se muestra a continuación en la Figura 5. 2.

Grupo1_tabla1			
Id	Nombre_enfermedad	Síntoma	Visitas
1	Traumatismo	Historia_traumatismos_contacto_líquidos_cuerpo_extraño	0
2	Cuerpo_extraño	Historia_traumatismos_contacto_líquidos_cuerpo_extraño	0
3	Quemadura_causticación	Historia_traumatismos_contacto_líquidos_cuerpo_extraño	0

Grupo1_tabla2			
Id	Nombre_enfermedad	Tamaño_pupila	Visitas
1	Glaucoma_agudo	Midriasis	0
2	Uveitis_anterior	Miosis	0
3	Queratitis	Normal	0

Grupo2_tabla1			
Id	Nombre_enfermedad	Antecedentes	Visitas
1	Hiposfagma	HPA_rascar_frotar_valsava_aines_sintom	0

Grupo3_tabla1					
Id	Nombre_enfermedad	Dolor	Molestia	Secreciones	Visitas
1	Epiescleritis	Si	No	No	0
2	Escleritis	No	No	No	0
3	Ojo_seco	No	Si	No	0

Grupo3_tabla2					
Id	Nombre_enfermedad	Picor	Secreción	Otros	Visitas
1	Conj_vírica	No	Acuosa		0
2	Conj_bacteriana	No	Purulenta	Córnea_opaca_no	0
3	Tracoma	No	Purulenta	Córnea_opaca	0
4	Conj_inclusión	No	Mucosa		0
5	Conj_parásitos	No		Parásitos	0
6	Conj_papilar	Si		Papilas_lentes_cirugía	0
7	Conj_alérgica	Si	Acuosa		0
8	Conj_vernal	Si	Mucosa		0
9	Querato_atópica	Si		Eritematodescamativas	0
10	Querato_flicte	Si		Protrusión	0

11	Penfigoide	Si		Simbléfaron	0
12	Enf_injerto	Si		Trasplante_médula	0
13	Reacción_conj	Si		Uso_previo_colirios	0

Grupo4_tabla1			
Id	Nombre_enfermedad	Síntoma_párpado	Visitas
1	Entropión	Eversión_párpado_dentro	0
2	Ectropión	Eversión_párpado_fuera	0
3	Parpados_laxos	Párpados_superiores_desplazados	0
4	Orzuelo_chalazión	Aumento_volumen_párpado	0
5	Blefaritis	Caspa_telangiectasias	0

Grupo4_tabla2			
Id	Nombre_enfermedad	Síntoma_sist_lacrimonal	Visitas
1	Dacriocistitis	Inflamación_ángulo_interno	0
2	Dacrioadenitis	Inflamación_párpado_superior	0

Grupo4_tabla3			
Id	Nombre_enfermedad	Síntoma_órbita	Visitas
1	Celulitis_orbitaria	Proptosis_aguda_fiebre	0
2	Oftalmopatía_tiroidea	Proptosis_subaguda_mujer_sin_desplazamiento_globo	0
3	Tumor_orbitario	Proptosis_posible_desplazamiento_globo	0

Figura 5. 2. Tablas de la base de datos. Fuente: propia.

El objetivo principal de contar con esta base de datos es llevar a cabo un registro de las veces que son diagnosticadas cada una de las enfermedades. Para tal efecto, cada tabla cuenta con un campo de “Visitas”, que será actualizado cada vez que el sistema DSS determine la patología que presenta el paciente.

Queda de manifiesto la gran variedad de enfermedades y de sintomatología, por lo que es necesario idear un conjunto de preguntas para cada gran grupo de enfermedades, con el que respondiendo “Sí” o “No” a cada una de ellas, el sistema vaya dirigiendo al usuario hacia el posible diagnóstico. Estas preguntas deben tener en cuenta los síntomas que caracterizan a las enfermedades del grupo. Para ello se han diseñado varios diagramas de flujo, uno para cada grupo, en el que se muestra el proceso de decisión de cada enfermedad. Dependiendo de la cantidad de enfermedades de cada grupo, el número de preguntas que la aplicación va a realizar al usuario, será diferente.

Partiendo de una visión general, primero se va a explicar el procedimiento diseñado para el funcionamiento del sistema DSS. Independientemente de la elección del grupo al que pertenece la enfermedad, el proceder será siempre el mismo y es el que se presenta en la Figura 5. 3.

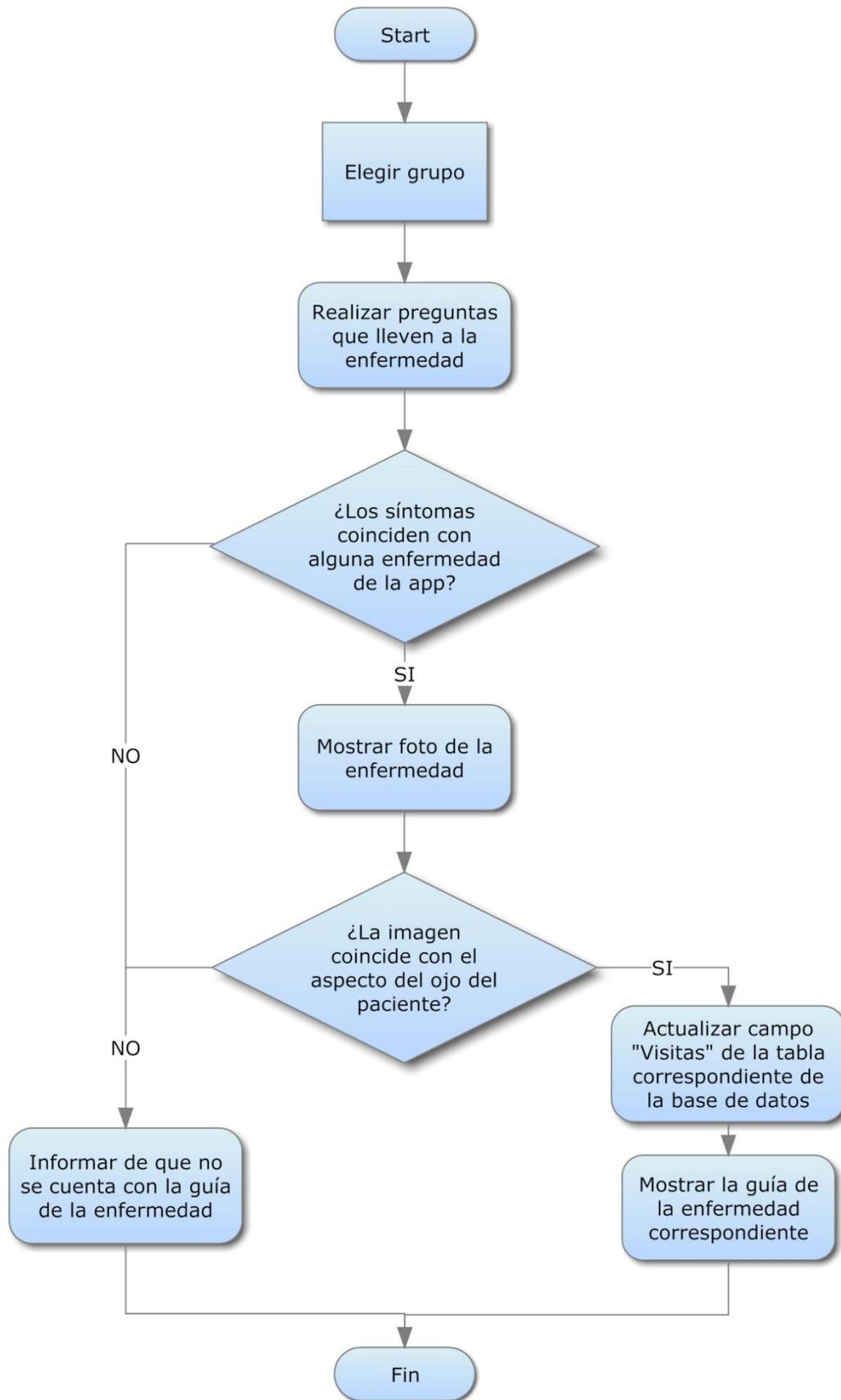


Figura 5. 3. Diagrama de flujo del funcionamiento de DSS. Fuente: propia.

El usuario comienza eligiendo uno de los cuatro grupos que se presentaron al principio de este apartado. Una vez realizada la elección, el sistema DSS de la aplicación irá mostrando una serie de preguntas. El número de estas será variable en función del grupo elegido, y serán diferentes para cada grupo, con el objetivo de conseguir dirigir hacia el diagnóstico correcto.

Una vez que se hayan realizado las preguntas correspondientes, se debe comprobar si han llevado al sistema hacia una de las enfermedades con las que cuenta la aplicación. Si no es así, se informará al usuario de que no se cuenta con la guía de la enfermedad correspondiente a los síntomas indicados.

En caso de que sí se cuente con una posible enfermedad que coincida con los síntomas indicados por el usuario, se mostrará en pantalla la imagen relacionada con la enfermedad, sin indicar aún el nombre de la misma. Al usuario se le pregunta si la imagen mostrada coincide con el aspecto que presenta el paciente. Si el usuario responde “No” pulsando el botón dedicado a tal efecto, el sistema le informará de que la aplicación no contempla la posible enfermedad ocular que presenta el paciente. En caso de que el usuario responda “Sí”, la aplicación procederá de la siguiente manera:

- Primeramente, se actualizará el campo “Visitas” en la tabla de la enfermedad seleccionada, incrementándolo en una unidad, con objeto de llevar un registro de las veces que es diagnosticada esa enfermedad por el sistema DSS. Esta información no se mostrará al usuario en ningún momento. Tan solo servirá como información estadística para el equipo desarrollador de la aplicación.
- A continuación, se mostrará la guía de la enfermedad correspondiente, a través de la cual el usuario accederá a información valiosa como la descripción, los síntomas, el tratamiento o imágenes relacionadas, entre otras.

Para hacer que este sistema de diagnóstico sea flexible y manejable, el usuario podrá retroceder a pantallas anteriores de manera que pueda elegir otro síntoma o rectificar la respuesta a alguna de las preguntas que se le han realizado previamente, con objeto de conseguir contribuir a buen diagnóstico.

Una vez planteado el esquema de funcionamiento del sistema DSS, se va a presentar el diagrama de flujo que se sigue en cada uno de los cuatro grupos. Se ha tratado de facilitar el diagnóstico de la mejor manera posible a través de un número reducido de preguntas que pretenden condensar los principales síntomas de las enfermedades pertenecientes a cada grupo. La experiencia y pericia del Dr. Maldonado en este punto ha sido de vital importancia. Se han condensado el conocimiento médico de un especialista del ámbito de la oftalmología con la metodología de trabajo de la ingeniería, consiguiendo así el desarrollo de un sistema que pretende ser de gran utilidad, cumpliendo con los objetivos propuestos inicialmente. En Figura 5. 4, Figura 5. 5, Figura 5. 6 y Figura 5. 7 se muestran los diagramas de flujo para cada grupo comentado al principio de este apartado.

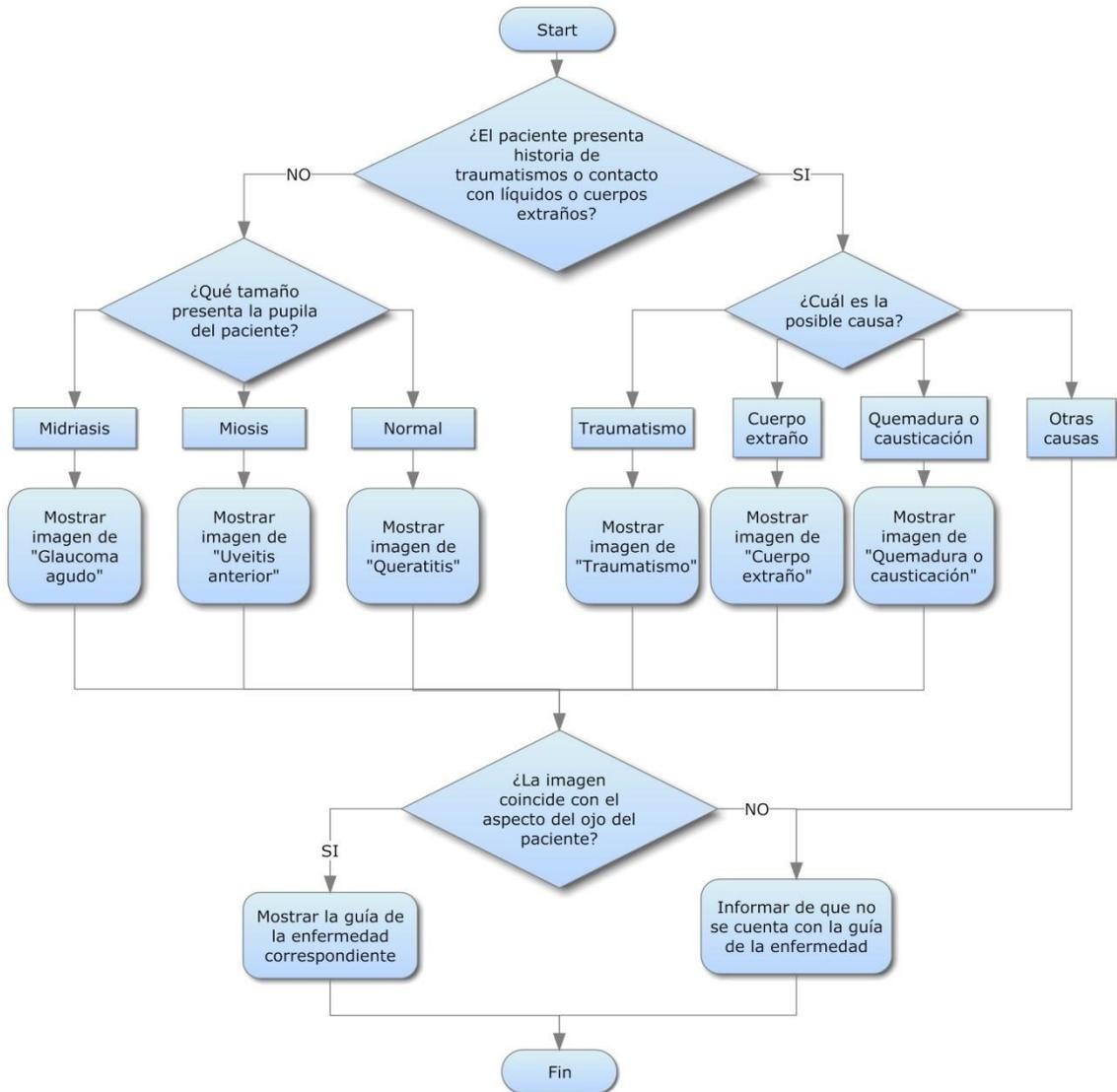


Figura 5. 4. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Inyección ciliar”. Fuente: propia.

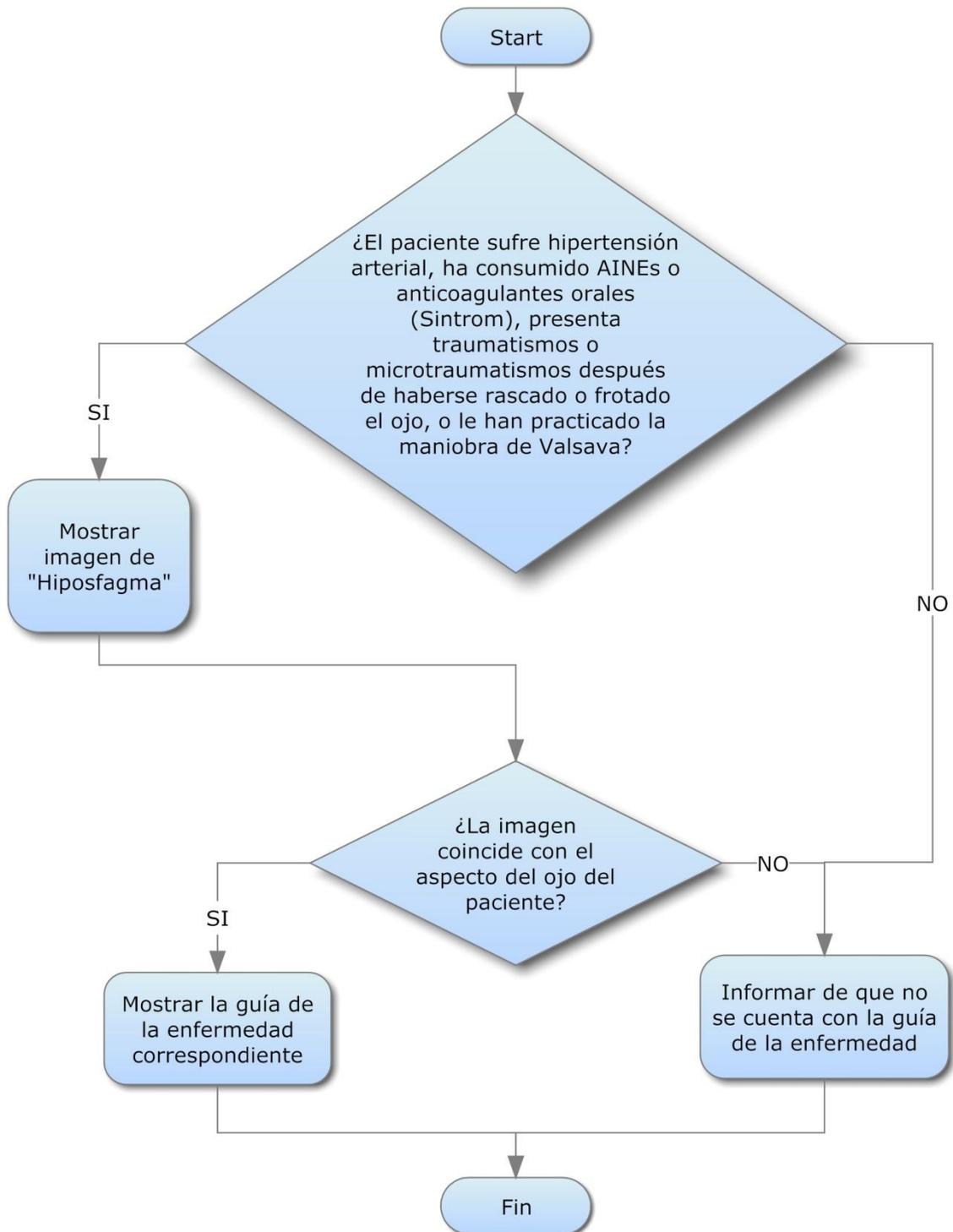


Figura 5. 5. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a “Hemorragia subconjuntival”. Fuente: propia.

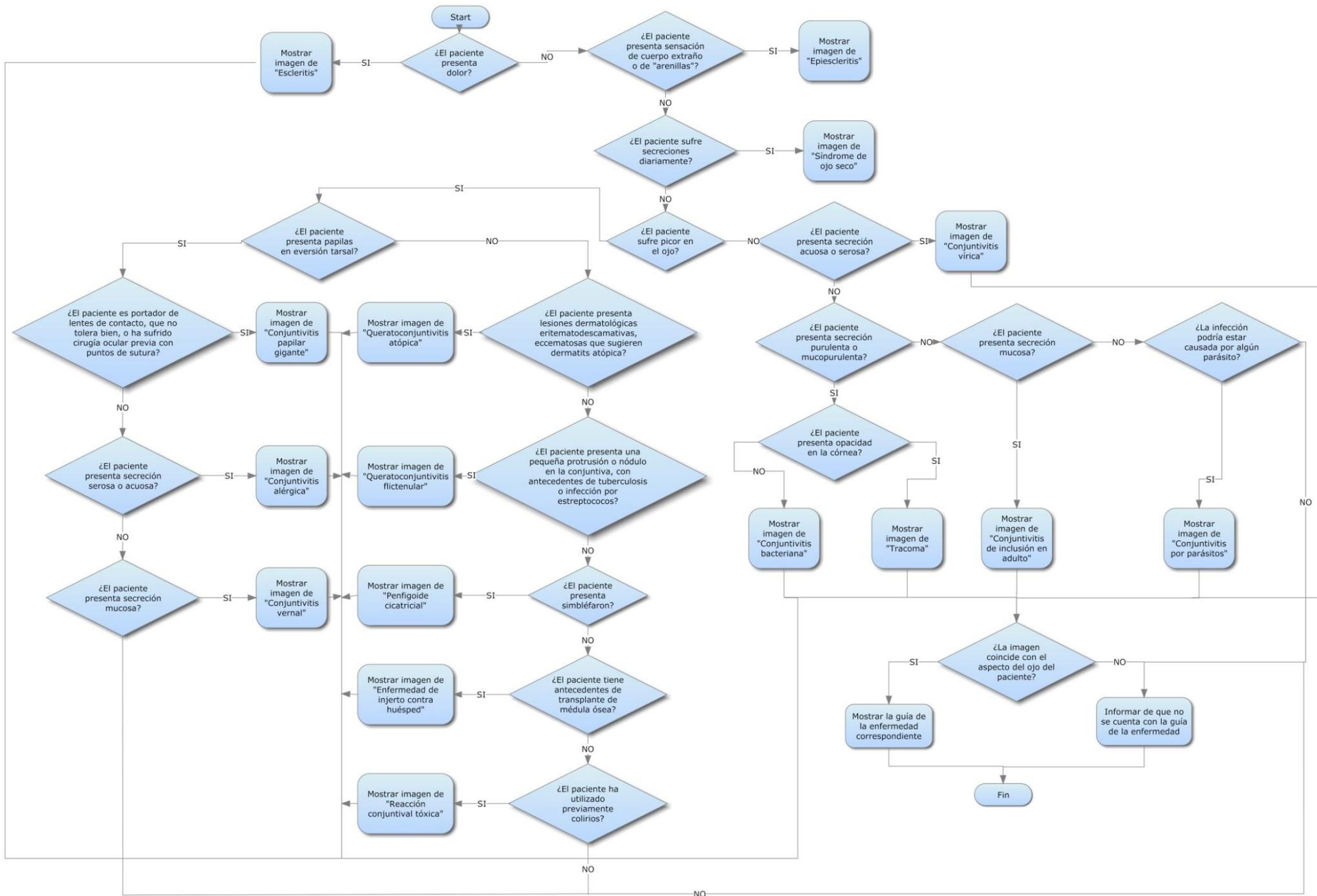


Figura 5. 6. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a "Inyección conjuntival". Fuente: propia.

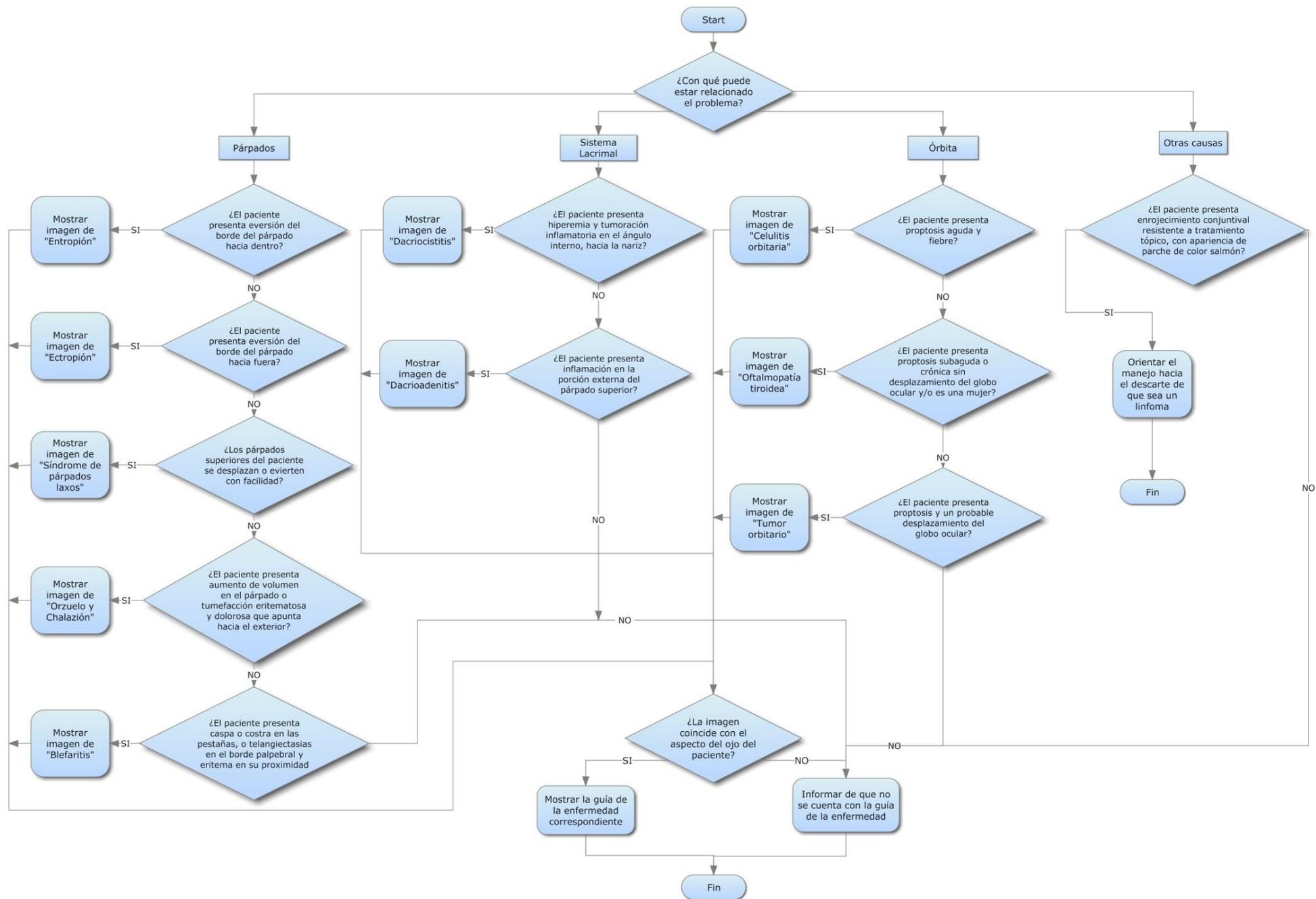


Figura 5. 7. Diagrama de flujo del grupo de hiperemia debida a "Otras causas". Fuente: propia.

5.2 Resultados

Presentados los algoritmos que sirven como principio de funcionamiento de la aplicación OphthalDSS, a continuación se mostrarán los resultados obtenidos tras desarrollar dicha *app*.

Las primeras pruebas de evaluación se han realizado en un dispositivo *smartphone* Android, concretamente con un Samsung Galaxy SII i9100, que cuenta con una pantalla de 4.3" con resolución de 480 x 800 píxeles.

Tras pulsar el icono de la *app*, comienza la ejecución de la aplicación OphthalDSS. En primer lugar se muestra una pantalla de inicio que desaparece tras un par de segundos, dando lugar a la pantalla principal de la aplicación. Dicha pantalla de inicio es la que se muestra en Imagen 5. 1.

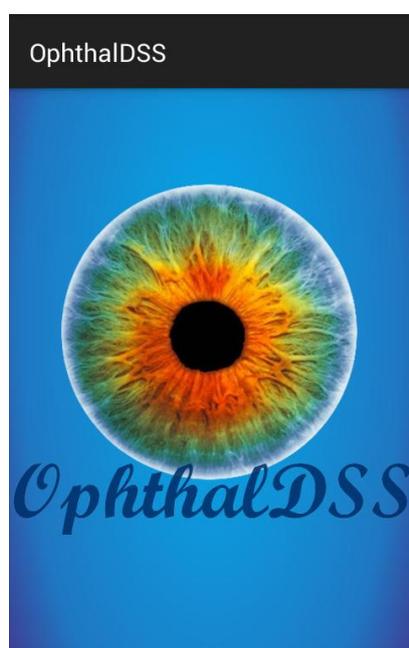


Imagen 5. 1. Pantalla de inicio. Fuente: propia.

Una vez pasados los 2 segundos establecidos para esta pantalla de inicio, se muestra la pantalla principal de la aplicación, que se ha determinado que sea la que muestre el acceso al sistema de ayuda a la decisión y al apartado de imágenes.

En esta pantalla, se observan en la parte superior las tres pestañas que dan acceso al resto de pantallas de la aplicación. En la presente pantalla, nombrada como "DSS", se observan dos imágenes, que hacen la función de botón. La situada en la parte superior da acceso al sistema de ayuda a la decisión o DSS; la situada en la parte inferior da acceso a la colección de imágenes. Se han elegido imágenes en cierto modo descriptivas de la función a la que dan acceso, además de indicar el título de cada función para no dar lugar a equivocación. Se ha establecido un segundo diseño para esta página para cuando el dispositivo se encuentre en posición horizontal, de manera que el usuario tenga acceso a los dos botones sin necesidad de desplazar la pantalla. Ambos diseños se muestran en Imagen 5. 2.

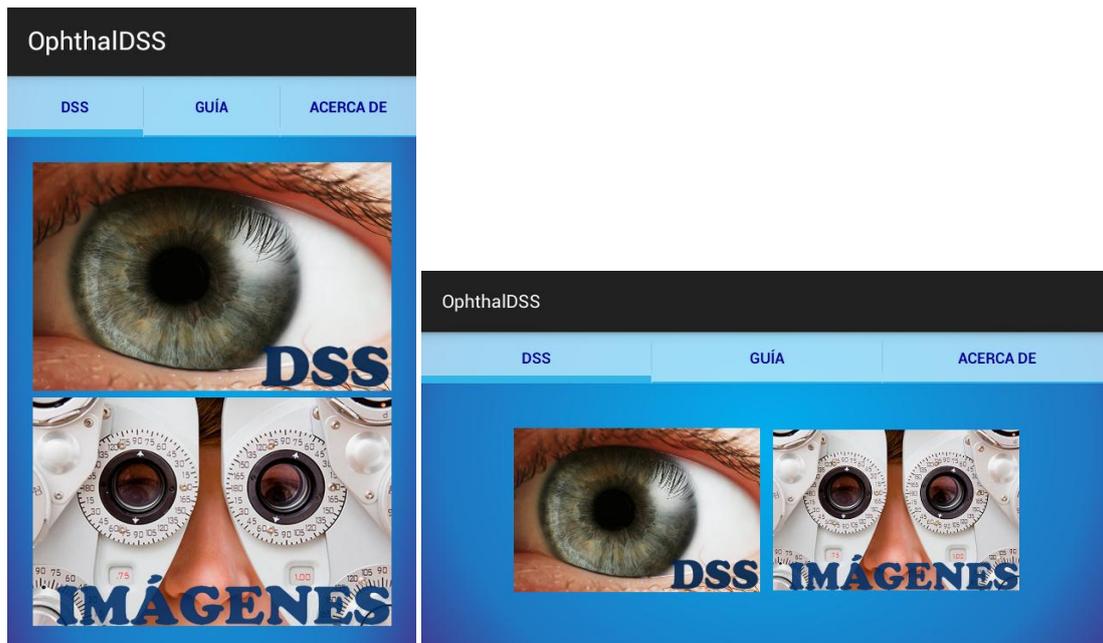


Imagen 5. 2. Pantalla principal de OphthalDSS. Fuente: propia.

A continuación se explicarán cada una de las funciones a las que se tiene acceso desde la presente actividad. Tras pulsar el botón “DSS”, se accede al sistema de ayuda a la toma de decisiones. Se indica al usuario lo que va a suceder a continuación y lo que debe realizar. Esta pantalla de información se muestra en la Imagen 5. 3.

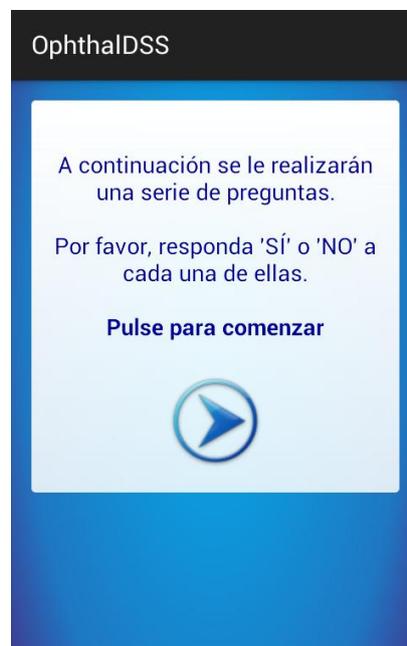


Imagen 5. 3. Pantalla de información DSS. Fuente: propia.

La pantalla que se muestra a continuación al usuario es en la cual se presentan los cuatro grandes grupos en los que se han dividido las enfermedades oculares que se han comentado en el apartado “Sistema DSS o SAD” del presente capítulo. Dicha pantalla es la que se muestra en la Imagen 5. 4, y en ella se presentan cuatro botones con los cuatro posibles grupos.

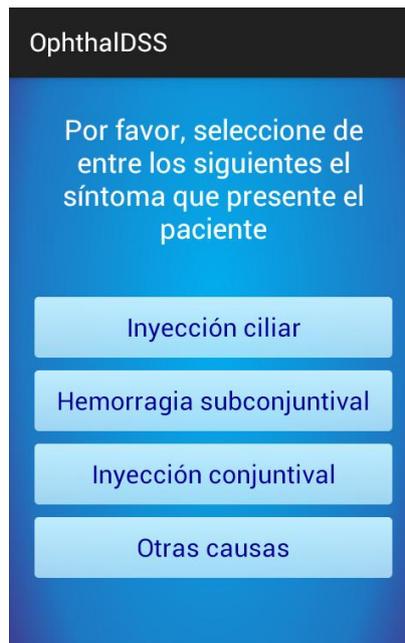


Imagen 5. 4. Primera pantalla del sistema DSS. Fuente: propia.

El usuario puede elegir entre “Inyección ciliar”, “Hemorragia subconjuntival”, “Inyección conjuntival” u “Otras causas”. En función de la selección, se le realizará un conjunto de preguntas diferente.

Puesto que en el apartado “Sistema DSS o SAD” de este capítulo ya se han presentado los cuatro grandes grupos de enfermedades, así como los diagramas de flujo que conducen hacia cada una de las enfermedades, en este apartado tan solo se va presentar el proceso a seguir en el sistema DSS para una sola enfermedad, entendiendo que sucede lo mismo para el resto de patologías. Se ha elegido el tercer grupo de enfermedades.

Así pues, si el usuario hubiese elegido “Inyección conjuntival”, el sistema le conduciría hacia la pantalla que se muestra en la Imagen 5. 5. Se le pregunta al usuario si el paciente presenta dolor. Por ejemplo, si el usuario selecciona el botón “No”, el sistema le conduce hacia la pantalla de la Imagen 5. 6 en la que se le pregunta si el paciente presenta “sensación de cuerpo extraño o arenillas en el ojo”. En el supuesto caso de que seleccione “Sí”, se le presenta la pantalla de la Imagen 5. 7, en la que se le pregunta si el paciente sufre secreciones diariamente. Si el usuario selecciona “Sí”, la *app* le lleva a la pantalla que se muestra en la Imagen 5. 8, en la que se le pregunta si el paciente sufre picor. Suponiendo que el usuario conteste “No”, el sistema le muestra la pantalla de la Imagen 5. 9, preguntándole si el paciente presenta secreción acuosa o serosa. Imaginando que el usuario pulse el botón “Sí”, puesto que el sistema contiene una enfermedad que coincide con los síntomas que se le han indicado, se le va a mostrar una imagen que está relacionada con la posible patología que presenta el paciente. Así, en este caso, se mostraría la pantalla de la Imagen 5. 10. Al usuario se le pregunta si el aspecto del ojo del paciente es similar al del ojo mostrado en la imagen. Si el usuario selecciona “Sí”, se le muestra una nueva pantalla con la guía de la enfermedad que le ha sido

diagnosticada, en este caso se trata de “Conjuntivitis vírica”, y así se muestra en la Imagen 5. 11. Sin embargo, si el usuario hubiese respondido que “No”, la aplicación informa al usuario de que no se cuenta con la guía de la enfermedad correspondiente, y para tal fin se muestra la pantalla de la Imagen 5. 12.

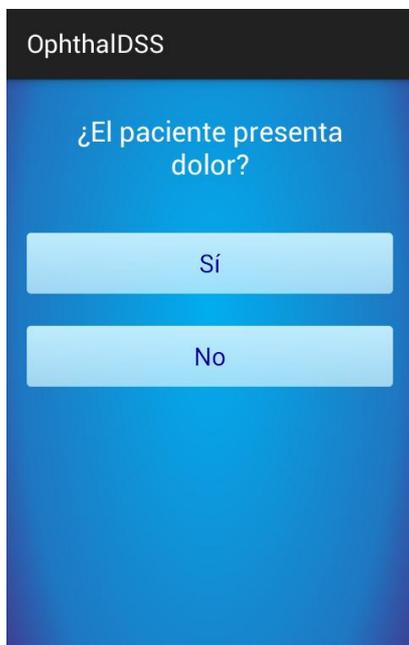


Imagen 5. 5. Primera pantalla de “Inyección conjuntival”. Fuente: propia.

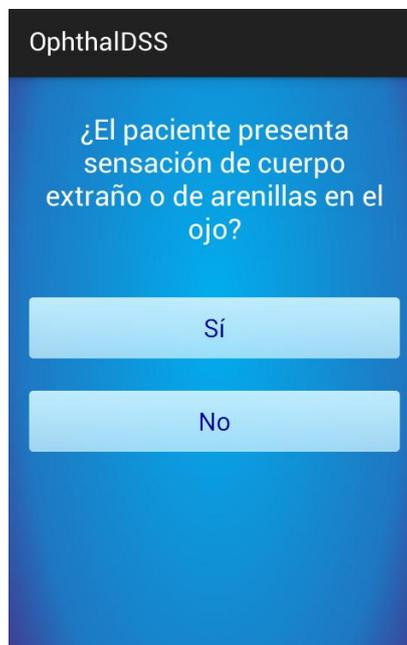


Imagen 5. 6. Síntoma “sensación de cuerpo extraño o arenillas”. Fuente: propia.



Imagen 5. 7. Síntoma “secreciones diarias”. Fuente: propia.

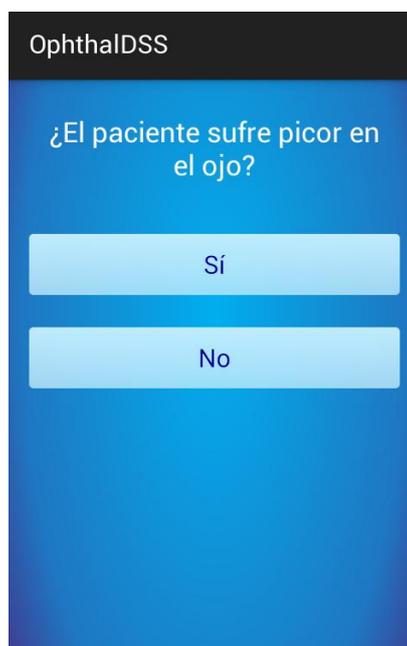


Imagen 5. 8. Síntoma “picor”. Fuente: propia.

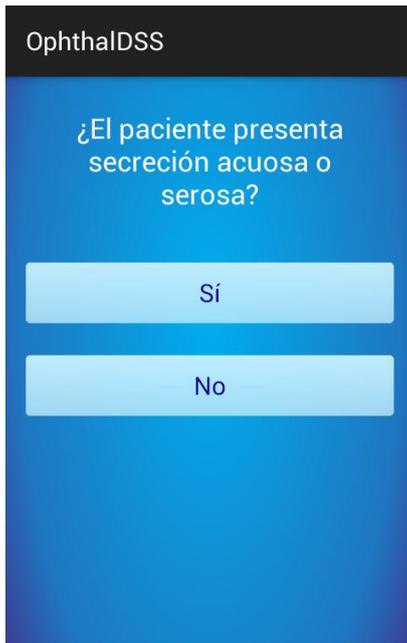


Imagen 5. 9. Síntoma “secreción acuosa”. Fuente: propia.



Imagen 5. 10. Pantalla que muestra la imagen relacionada. Fuente: propia.

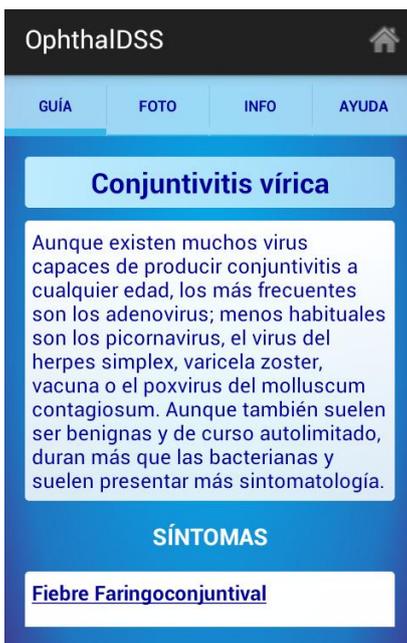


Imagen 5. 11. Pantalla de la guía de la enfermedad. Fuente: propia.



Imagen 5. 12. Pantalla de información. Fuente: propia.

Tras haber explicado el funcionamiento del sistema de ayuda a la decisión de la aplicación OphthalDSS, se va a presentar la funcionalidad que ofrece la *app* desde la misma pantalla de inicio, es decir, el apartado de “IMÁGENES”. La idea principal de esta sección es ofrecer al usuario una manera de acceder a las guías de las enfermedades sin más que observar las imágenes, de manera que si el usuario observa una imagen que muestre una patología parecida a la que presenta el ojo del

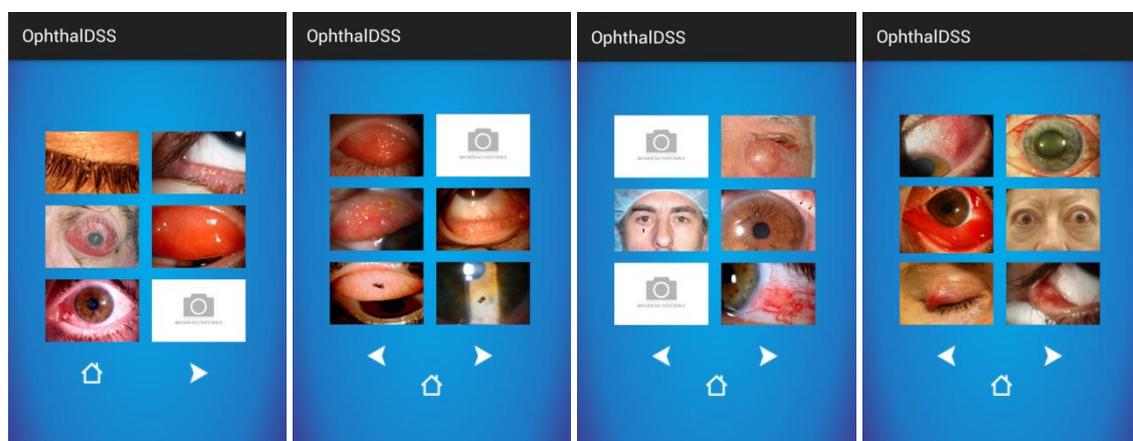
paciente, tan solo pulsando en la imagen accederá a la guía correspondiente. Por supuesto, sigue presente la opción de “Volver hacia atrás” pulsando el botón del dispositivo destinado a ello, para que en caso de que la guía de la enfermedad mostrada no convenza al usuario, poder probar con otra imagen, o simplemente seguir viendo las guías de enfermedades relacionadas con otras imágenes.

Un ejemplo de la pantalla que muestra al usuario tras pulsar el botón “IMÁGENES” es el que se muestra en la Imagen 5. 13.



Imagen 5. 13. Pantalla de la funcionalidad “Imágenes”. Fuente: propia.

Al usuario se le presenta un conjunto de 6 imágenes por página, además de botones de control de paso de página (siguiente y anterior) así como botón de retorno a la página de inicio. Son un total de 7 pantallas con imágenes que se presentan en la Imagen 5. 14.



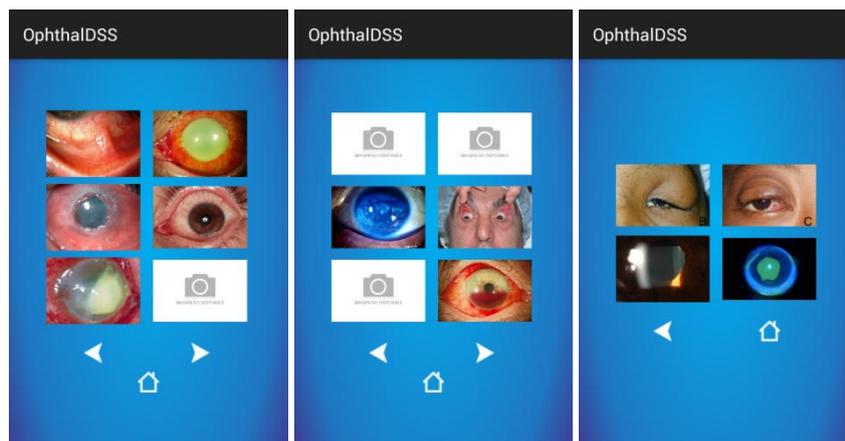


Imagen 5. 14. Pantallas con todas las imágenes del apartado “Imágenes”. Fuente: propia.

En la programación de esta sección de la *app* se ha tenido que tener en cuenta que la memoria de los dispositivos Android es limitada, por lo que la carga de varias imágenes al mismo tiempo supone una gran utilización de recursos del dispositivo, lo cual puede dar lugar a saturación de la memoria, sobre todo en este caso en el que las imágenes tienen un peso considerable y no todas tienen el mismo tamaño, aunque se haya realizado un trabajo previo de escalado de imágenes con un software de edición de fotos para unificar las dimensiones de las mismas. Debido a este problema, se ha tenido que buscar una solución para que la aplicación funcione correctamente bajo cualquier circunstancia, sin llegar a saturar la memoria del dispositivo. En primer lugar, como solución se adoptó utilizar la función en código Java para la carga eficiente de imágenes grandes de mapa de bits que ofrece el soporte de ayuda de Android para desarrolladores. Con esta función se consigue cargar en la memoria del dispositivo una versión de la imagen de menor resolución. Esta imagen de menor resolución se adaptará al tamaño del espacio dedicado a la imagen en el *layout* o interfaz de usuario.

En un principio se quería mostrar en una misma pantalla todas las imágenes, de manera que se incluyó esta función en el código y resultó que el funcionamiento era correcto, pero tan solo para un pequeño conjunto de imágenes (concretamente nueve). Puesto que la aplicación cuenta con un conjunto considerable de enfermedades, la utilización de únicamente la función de carga eficiente de imágenes en memoria no era suficiente. Fue por este motivo por el que se pensó que se podrían dividir las imágenes agrupándolas en pantallas de seis imágenes cada una, por las cuales el usuario podría navegar, pasando las páginas de imágenes hacia delante y hacia atrás. El resultado de ello es el mostrado en la anterior Imagen 5. 14.

Asimismo, se realizó otro diseño de disposición de imágenes para la orientación horizontal de la pantalla, y es el que se muestra en la Imagen 5. 15.



Imagen 5. 15. Pantalla de la sección “Imágenes” en disposición horizontal. Fuente: propia.

Una vez vistas las funciones a las que se accede a través de la pestaña “DSS”, se procede con la siguiente pestaña, aquella que tiene por nombre “GUÍA”. En esta pestaña se accede a toda la información clínica, la cual ha sido extraída del manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*” [14]. A partir de esta pantalla el usuario podrá acceder a las guías de las enfermedades, a la información de interés como es la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la visión, así como a una sección educativa como es el apartado de acrónimos, recuerdo etimológico y terminología en lengua inglesa.

Se ha querido establecer un diseño que facilite al usuario el acceso a toda la información. Por ello se ha decidido distribuir la información en listas desplegadas, de manera que hay una lista desplegable para las guías de las enfermedades, otra para la información de interés y otra para acrónimos y etimología como muestra la Imagen 5. 16. Cuando el usuario selecciona cada una de estas listas, aparecen desplegadas las opciones de dicha lista. Así, en el caso de la guía de las enfermedades, aparecen todas ellas ordenadas alfabéticamente, mientras que para las listas de información de interés y de acrónimos y etimología se ha decidido ordenar las opciones según las unidades didácticas del manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*” seguido por el título que se ha dado a cada una de las unidades didácticas, y que puede englobar varias enfermedades. Ejemplos de las listas desplegadas se muestran en la Imagen 5. 17.

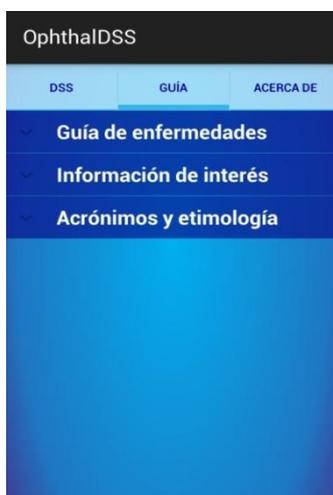


Imagen 5. 16. Listas desplegadas de la pestaña “GUÍA”. Fuente: propia.



Imagen 5. 17. Opciones de las listas desplegadas. Fuente: propia.

A continuación se va a explicar las pantallas que se van a mostrar al usuario en función de la selección. Para la primera lista desplegable “Guía de enfermedades”, al pulsar sobre el nombre de la enfermedad deseada se mostrará toda la información relacionada con dicha patología. Se ha determinado que toda esta información sea:

- Descripción de la enfermedad.
- Síntomas principales.
- Tratamiento.
- Imágenes relacionadas.
- Referencia al oftalmólogo.
- Contribución a la atención primaria de la visión.
- Acrónimos, recuerdo etimológico y terminología en inglés.

Como se observa, se trata de un conjunto amplio de información y muy variado. Con objeto de facilitar al usuario el acceso a toda esta información, se ha decidido dividir esta en pestañas, lo cual hace accesible todo lo relacionado con la enfermedad desde la misma pantalla. Por tanto, la organización de la información queda de la siguiente manera:

- Guía: descripción, síntomas y tratamiento de la enfermedad.
- Foto: imagen o imágenes relacionadas con la enfermedad.
- Info: información de referencia al oftalmólogo y contribución a la atención primaria de la visión.
- Ayuda: acrónimos, etimología y terminología en inglés.

Un ejemplo del resultado final de esta pantalla es el que se muestra en la Imagen 5. 18 para el caso de la enfermedad “Blefaritis”.

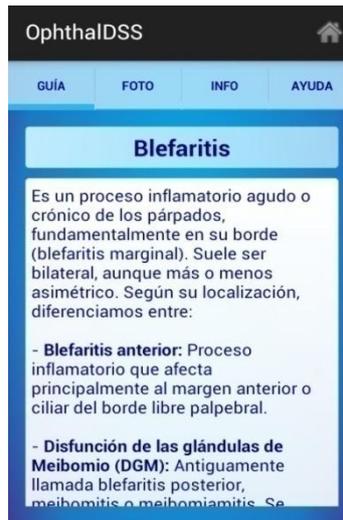


Imagen 5. 18. Guía de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.

Lo primero que se muestra es la pestaña “Guía” con la descripción, los síntomas y el tratamiento de la enfermedad. El usuario puede desplazar la pantalla hacia abajo para poder leer toda la información que se presenta. Puesto que la cantidad de texto que se muestra es considerable, se ha intentado en la mayor medida de lo posible hacer lo más legible posible toda la información, poniendo especial cuidado en el espaciado y en la tabulación, así como subrayados y textos en negrita para diferenciar encabezados de párrafo, definiciones o palabras de especial interés. En la Imagen 5. 19 se muestra la pantalla completa de esta pestaña.

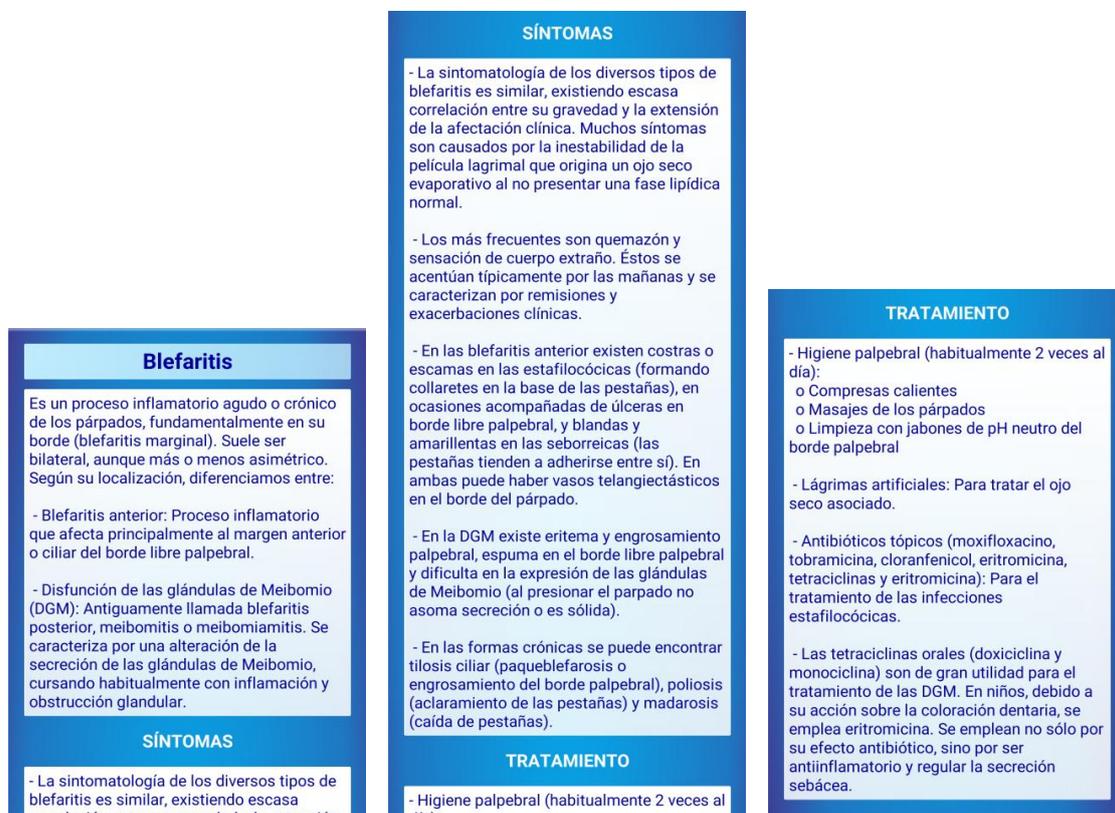


Imagen 5. 19. Información de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.

En la pestaña “Foto” se muestra la imagen o las imágenes relacionadas con la enfermedad. En el caso de la “Blefaritis” se muestran un total de 4 imágenes como muestra la Imagen 5. 20.



Imagen 5. 20. Pestaña “Foto” para la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.

En la pestaña “Info” se presenta la información de interés relacionada con la enfermedad, como es la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la visión. Esta información, como la anterior, se ha extraído del manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*”. En este manual, se presenta esta información de interés por cada unidad didáctica, de manera que esta información es compartida por todas aquellas enfermedades pertenecientes a la misma unidad didáctica. En la Imagen 5. 21 se muestra el aspecto de esta pantalla.

Blefaritis	palpebrales aparentemente inflamatorias pueden enmascarar cáncer (carcinoma de glándulas sebáceas o basocelular).
<p>REFERENCIA AL OFTALMÓLOGO</p> <p>Todo paciente con ojo rojo que curse con: disminución de la agudeza visual, dolor ocular, hiperemia ciliar o periquerática, secreción ocular muy abundante, anomalías pupilares, alteraciones en la transparencia de la córnea y/o cámara anterior, exoftalmos (proptosis), hipertonía del globo ocular, falta de respuesta al tratamiento (si en 48 horas no se aprecia ninguna mejoría), sea portador de lente de contacto o tenga antecedente de cirugía ocular, debe derivarse urgentemente.</p> <p>Un ojo rojo que parece cronificarse, ya que puede deberse a un linfoma conjuntival o una enfermedad mucocutánea ampollosa como el penfigoide cicatricial.</p> <p>El paciente con lesiones conjuntivales degenerativas en crecimiento o sintomáticas debe referirse al oftalmólogo, aunque no constituyan una urgencia. Cuando el paciente presente inflamación palpebral localizada (orzuelo o chalazión) o blefaritis resistentes al tratamiento o recidivantes, particularmente si son unilaterales: lesiones palpebrales aparentemente inflamatorias pueden enmascarar cáncer (carcinoma de glándulas sebáceas o basocelular).</p> <p>CONTRIBUCIÓN A LA ATENCIÓN</p>	<p>CONTRIBUCIÓN A LA ATENCIÓN PRIMARIA</p> <p>Realizando un análisis sistemático del ojo rojo; refiriendo adecuada y diligentemente los casos apropiados al oftalmólogo.</p> <p>Absteniéndose del uso de corticoides tópicos para el tratamiento del ojo rojo sin la supervisión cercana del oftalmólogo.</p> <p>Distinguiendo entre lesiones conjuntivales comunes como la pinguécula y el pterigión para remitir este último a la valoración del oftalmólogo; no siempre son benignas las lesiones de la conjuntiva que en apariencia son solo degenerativas.</p> <p>Colaborando adecuadamente con el oftalmólogo en el manejo de la frecuente patología inflamatoria de los párpados y su asociación con el síndrome de ojo seco.</p> <p>Evitando la compresión digital forzada de un orzuelo. No es la práctica médica apropiada y puede además propiciar que se libere un trombo séptico de un vaso venoso, pudiendo alcanzar el seno cavernoso, lo que podría llegar a precipitar una trombosis del seno.</p>

Imagen 5. 21. Información de interés de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.

Y por último, en la pestaña “Ayuda” se contribuye a la función educativa de la aplicación, presentando acrónimos, etimología de ciertas palabras y terminología en lengua inglesa. En el manual “*Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias*” esta información se presenta por unidad didáctica, al igual que la información de interés, por lo que varias enfermedades pueden presentar el mismo grupo de acrónimos, etimología y terminología en inglés. El aspecto de esta pantalla se muestra en Imagen 5. 22.

Por último comentar que en la esquina superior derecha de la pantalla que se muestra en la Imagen 5. 18 aparece el icono “Home”, que permite al usuario volver a la página de inicio en cualquier momento, facilitando así la navegación por las pantallas de la aplicación, haciendo que el usuario tenga el completo control sobre lo que quiere ver en cada momento y acceder a ello de la manera más sencilla posible.

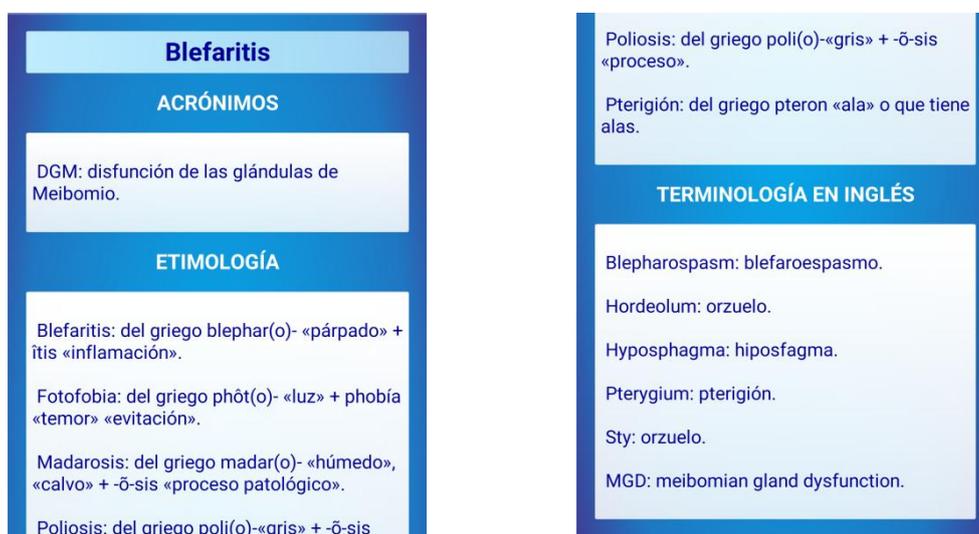


Imagen 5. 22. Información de “Ayuda” de la enfermedad “Blefaritis”. Fuente: propia.

Para finalizar este apartado, solo queda por comentar la última pestaña que aparece en la pantalla de inicio, “ACERCA DE”. En esta pestaña se presenta información sobre la aplicación OphthalDSS. Se ha decidido que esta pestaña fuera la última ya que simplemente se trata de una pantalla de esencia informativa sobre los objetivos de la aplicación, la importancia de la misma, el nombre con el que se le ha dotado e información sobre el equipo desarrollador de la aplicación, y puesto que la función principal de la *app* es dar soporte a la ayuda a la decisión y presentar la información de todas las enfermedades, se entiende que el usuario preferirá que la pantalla de inicio contenga alguna de estas funciones. En la Imagen 5. 23 se muestra el aspecto de esta pantalla de información.

OBJETIVOS

- Esta versión de la app ha sido desarrollada como Trabajo de Fin de Grado por Marta Manovel López, estudiante de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, siendo sus tutores Miguel López-Coronado e Isabel de la Torre.
- Se ha contado con la colaboración del Dr. Miguel José Maldonado López, cirujano especialista en la cirugía refractiva y del segmento anterior del ojo del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) de la Universidad de Valladolid. Es también el Director del Grupo de Cirugía Refractiva y Rehabilitación Visual así como el director de Docencia de dicho Instituto, además de ser profesor titular de oftalmología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid.
- La información clínica contenida en esta app ha sido extraída del manual "Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias", cuyos autores principales son José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos de la Universidad de Valladolid.

IMPORTANCIA

- La aplicación de las TIC en la medicina tiene vital importancia en la mejora de la atención primaria, sobre todo en zonas con pocos recursos donde no es viable ofrecer una atención médica especializada.
- Con objeto de facilitar la tarea de diagnóstico, surgen los sistemas de ayuda a la toma de decisiones médicas, los cuales ofrecen asesoramiento y además refrescan los conocimientos del médico, en una profesión donde se sigue aprendiendo día a día.
- Tras haber realizado una revisión de sistemas SADM en el ámbito de la oftalmología, se ha comprobado la necesidad de desarrollo de sistemas de este tipo, debido a la falta de herramientas basadas en las TIC para la ayuda en el diagnóstico.
- Esta carencia de SADM se hace más notable si se limita el campo a enfermedades oculares del polo anterior del ojo, cuya manifestación de ojo rojo es causa principal de visita a la consulta médica.
- El hecho de contar con información desarrollada por especialistas de la oftalmología hace de OphthalDSS una app de calidad y fiable.

NOMBRE

- Fusiona los dos términos que la caracterizan: Ophthalmology y DSS, es decir, oftalmología y Sistema de Ayuda a la Decisión (Decisión Support System).
- Puesto que es una app con transfondo técnico y científico, el nombre de OphthalDSS condensa a la perfección la funcionalidad de la misma, la cual es ofrecer un sistema de ayuda a la decisión para la especialidad de oftalmología.

DESARROLLO DE LA APP

- Esta versión de la app ha sido desarrollada como Trabajo de Fin de Grado por Marta Manovel López, estudiante de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, siendo sus tutores Miguel López-Coronado e Isabel de la Torre.
- Se ha contado con la colaboración del Dr. Miguel José Maldonado López, cirujano especialista en la cirugía refractiva y del segmento anterior del ojo del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) de la Universidad de Valladolid. Es también el Director del Grupo de Cirugía Refractiva y Rehabilitación Visual así como el director de Docencia de dicho Instituto, además de ser profesor titular de oftalmología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid.
- La información clínica contenida en esta app ha sido extraída del manual "Guiones de oftalmología: Aprendizaje basado en competencias", cuyos autores principales son José Carlos Pastor Jimeno, catedrático de oftalmología, y Miguel José Maldonado López, profesor titular de oftalmología, ambos de la Universidad de Valladolid.

Imagen 5. 23. Aspecto de la pantalla "Acerca de". Fuente: propia.

5.3 Evaluación en dispositivos

Aunque una de las grandes ventajas del sistema operativo Android es que la variedad de dispositivos que pueden implementarlo es enorme, a la hora de desarrollar aplicaciones hay que tener en cuenta el diseño adaptativo, de manera que la aplicación desarrollada tenga un aspecto similar en cuanto a tamaño, disposición y visualización de los elementos en cualquier dispositivo en el que sea utilizado, bien sea un *smartphone* o una *tablet*. Por ello se ha tenido especial cuidado en realizar un diseño que se adapte a la mayor parte de tamaños y resoluciones de pantalla.

En la Tabla 5. 1 se presenta la relación de dispositivos en los que se ha probado la aplicación OphthalDSS, indicando si se trata de un *smartphone* o *tablet*, el modelo del mismo, la versión del sistema operativo Android que tiene implementado y la resolución de la pantalla.

Dispositivo	Modelo	Versión Android	Resolución
Smartphone	Bq Aquaris 5.0	Android 4.2.1 - Jelly Bean	540 x 960 px.
Smartphone	Sony Xperia M (C1905)	Android 4.1 – Jelly Bean	854 x 480 px.
Smartphone	Samsung Galaxy Trend Plus	Android 4.2 – Jelly Bean	480 x 800 px.
Tablet	Bq Edison 3	Android 4.4 - KitKat	1280 x 800 px.
Tablet	Samsung Galaxy Tab S	Android 4.4 - KitKat	2560 x 1600 px.
Tablet	Google Nexus 7	Android 4.1 - Jelly Bean	1280 x 800 px.

Tabla 5. 1. Dispositivos sobre los que se ha evaluado la app “OphthalDSS”.

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



Imagen 5. 24: Bq Aquaris 5.0. Fuente: propia.

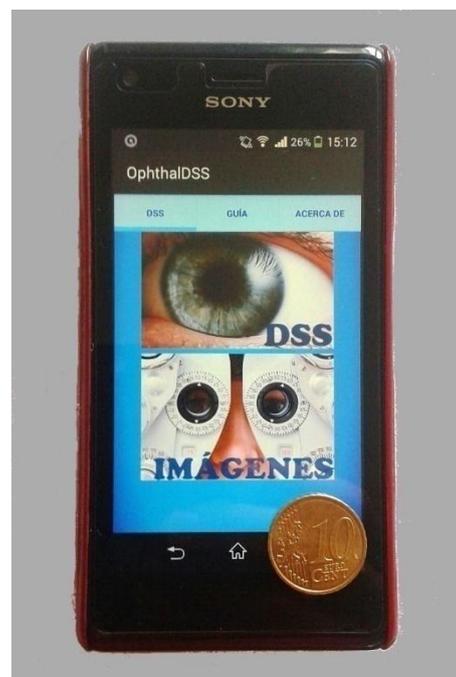


Imagen 5. 25. Sony Xperia M. Fuente: propia.



Imagen 5. 26. Samsung Galaxy Trend Plus – Disposición horizontal. Fuente: propia.

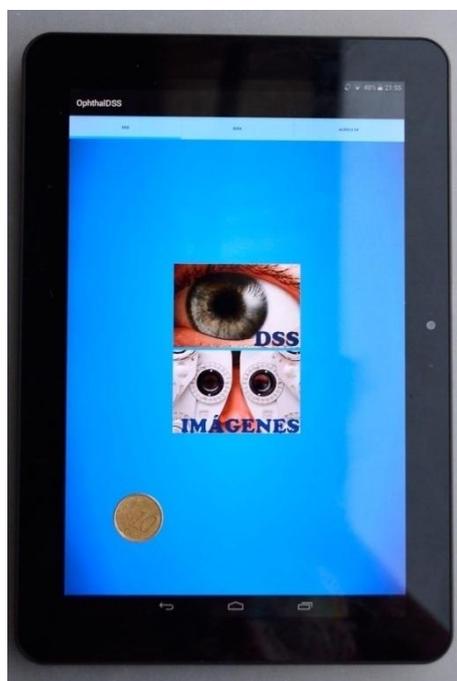


Imagen 5. 27: Bq Edison 3. Fuente: propia.



Imagen 5. 28. Samsung Galaxy Tab S. Fuente: propia.

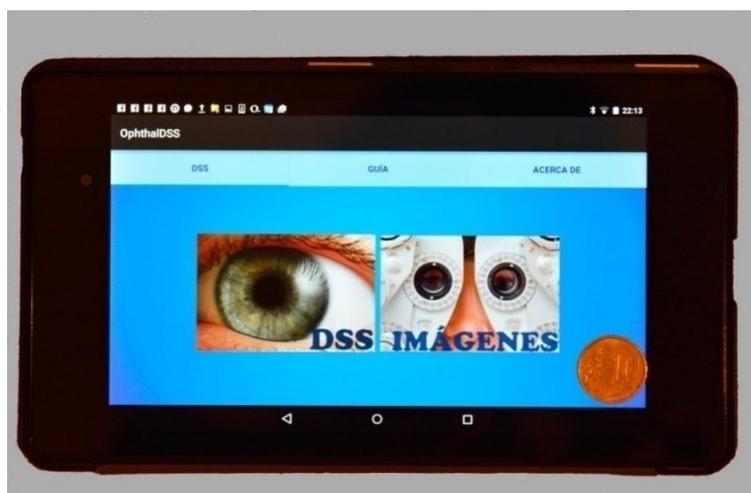


Imagen 5. 29. Google Nexus 7 – Disposición horizontal. Fuente: propia.

Asimismo, se probó la aplicación en estos dispositivos, navegando a través de todas sus pantallas. El resultado de la prueba se muestra en las siguientes imágenes, tanto en disposición vertical (*portrait*) como horizontal (*land*).

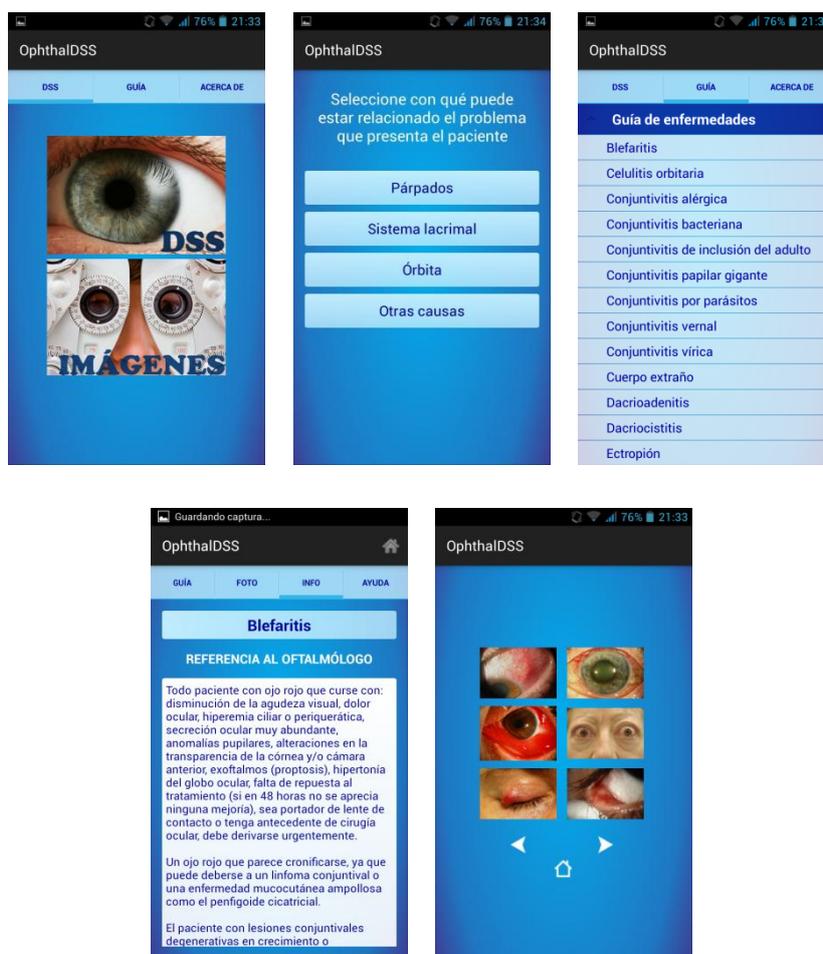


Imagen 5. 30. Ejecución en *portrait* en Bq Aquaris 5.0. Fuente: propia.



Imagen 5. 31. Ejecución en *portrait y land* en Sony Xperia M. Fuente: propia.

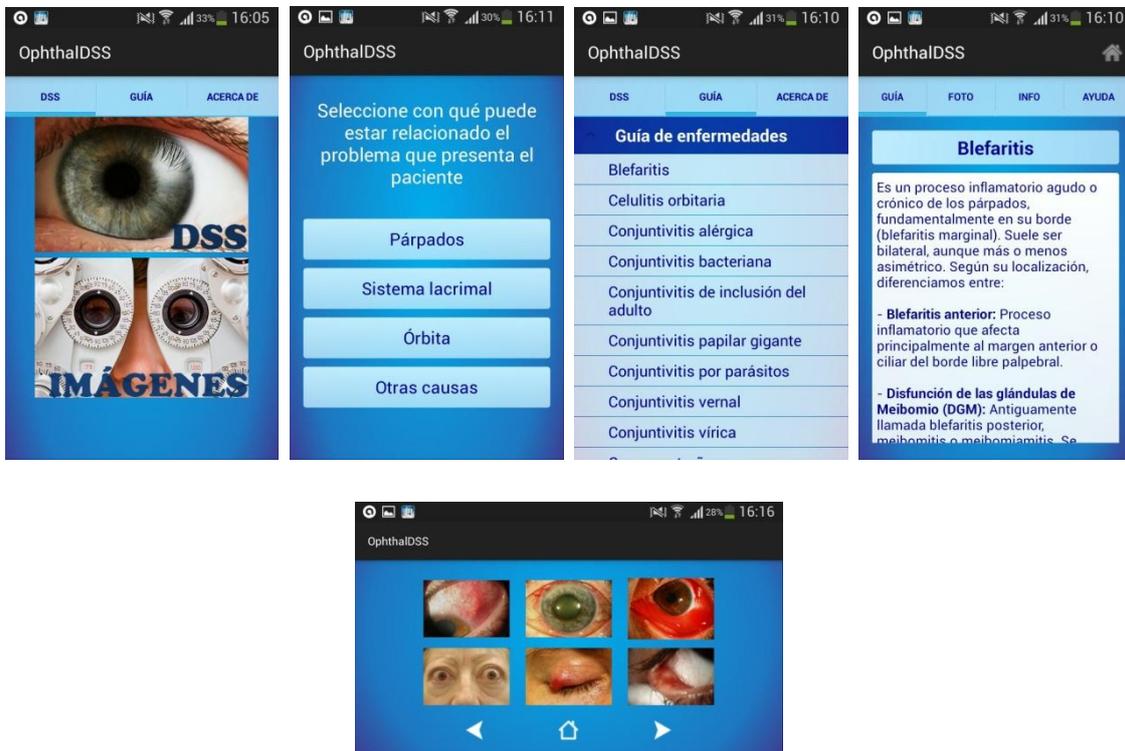


Imagen 5. 32. Ejecución en *portrait y land* en Samsung Galaxy Trend Plus. Fuente: propia.

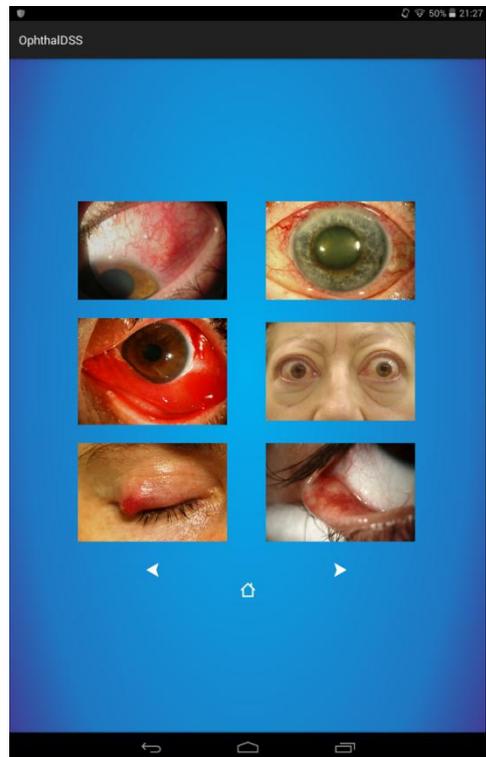
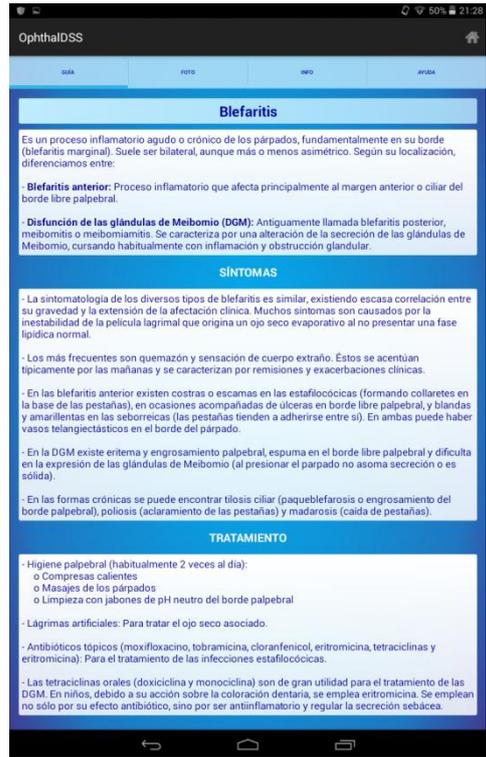
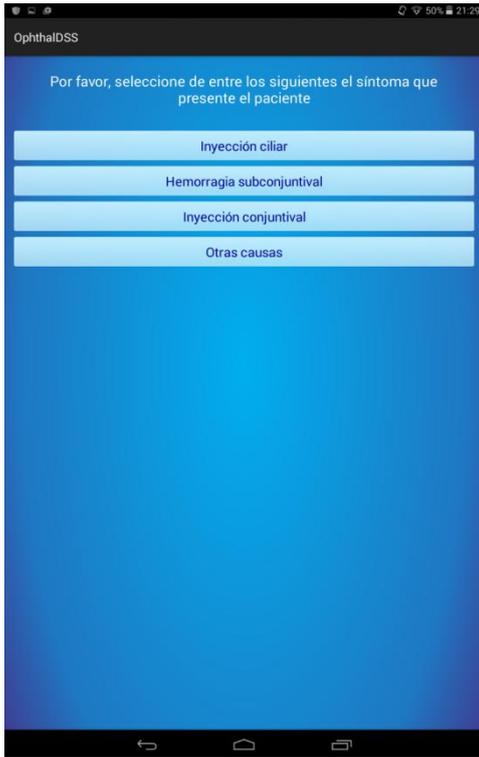


Imagen 5. 33. Ejecución en *portrait* en Bq Edison 3. Fuente: propia.

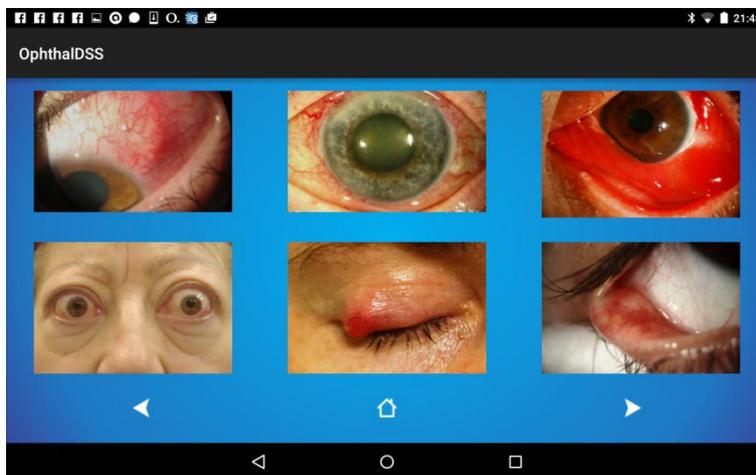
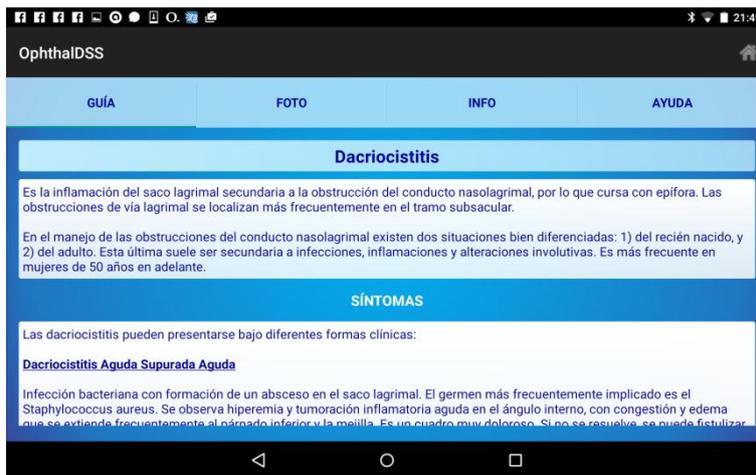
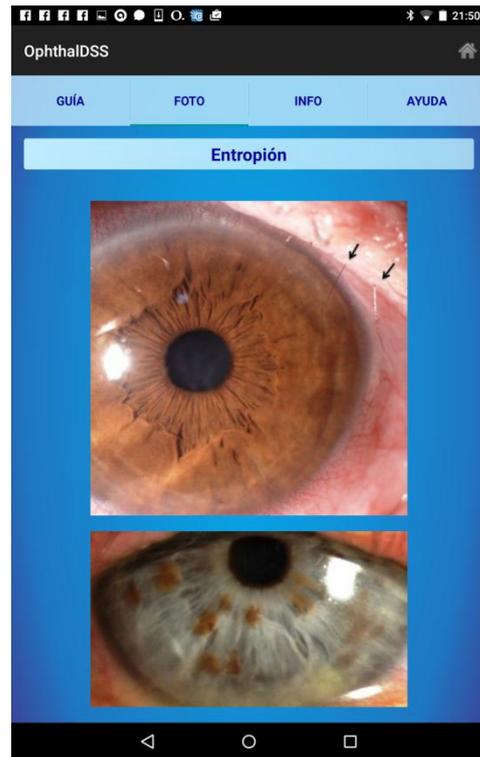


Imagen 5. 34. Ejecución en *portrait* y *land* en Google Nexus 7. Fuente: propia.

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES
Y LÍNEAS FUTURAS

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1 Conclusiones

6.1.1. Conclusiones generales

Finalizado el desarrollo de este proyecto de fin de grado, se obtienen varios aspectos a reflejar en este apartado de conclusiones, sobre todo aquellas conclusiones relacionadas con el estado del arte de los sistemas de ayuda a la decisión médica en el ámbito de la oftalmología, concretamente para el segmento anterior del ojo, así como el desarrollo de estos sistemas en dispositivos Android.

Primeramente destacar el grado de penetración de las aplicaciones móviles en el día a día de cualquier persona, no solamente en el ámbito del ocio, sino a nivel profesional y prácticamente en cualquier campo. Por supuesto, esto es posible debido a la integración de los dispositivos *smartphone* o *tablet* en la sociedad actual. Hoy en día hay aplicaciones móviles de cualquier tipo que ofrecen ayuda en múltiples tareas. Tienen un potencial enorme de cara al futuro, del cual se es plenamente consciente.

Mencionar la enorme importancia que están adquiriendo las aplicaciones móviles relacionadas con la mSalud. Cada vez más las personas se preocupan por su salud y por su bienestar, y las aplicaciones móviles juegan un papel fundamental. Los estudios y análisis de mercado que se han realizado hasta la fecha destacan el rol que desempeñan las aplicaciones relacionadas con la salud actualmente y auguran un futuro muy próspero tanto a nivel de implantación y de buenos resultados así como a nivel económico.

También destacar la enorme importancia que están adquiriendo los sistemas de ayuda a la decisión médica en el día a día de los profesionales sanitarios. Las TIC son herramientas que hacen más cómoda la labor del personal médico, facilitando la toma de decisiones clínicas, tarea que realizan diariamente en las consultas, así como los registros clínicos electrónicos, las recetas electrónicas o el registro de cita previa.

Tras el análisis de la documentación científica existente respecto a los sistemas de ayuda a la decisión médica en el campo de la oftalmología, la primera conclusión que se obtiene es que la mayoría de las publicaciones están orientadas a patologías del segmento posterior del ojo, elaborando el diagnóstico tras realizar un procesado de imágenes de fondo de ojo, para enfermedades como la retinopatía diabética, el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad. Todos estos sistemas requieren de material especializado para la captura de imágenes y para soportar el mecanismo de procesado de las mismas, por lo que su implantación no siempre es viable, sobre todo en zonas rurales o con recursos económicos limitados. Teniendo en cuenta que el principal objetivo de la telemedicina es conseguir llegar a regiones donde no existe atención médica especializada, es primordial que el sistema desarrollado sea útil, proporcionando una

herramienta de ayuda para mejorar la eficiencia de la atención médica, al menor coste posible, lo cual facilite una amplia acogida de este sistema.

En cuanto a las aplicaciones móviles que se pueden encontrar en las tiendas virtuales de los sistemas operativos para móvil, destacar que apenas existen aquellas que implementen un sistema de ayuda a la toma de decisiones clínicas, y menos aún si se restringe la búsqueda al campo de la oftalmología. La mayoría de las aplicaciones móviles que se encuentran relacionadas con la oftalmología se tratan de *apps* informativas sobre ciertas enfermedades, principalmente sobre el polo posterior del ojo.

Por todos los motivos que se acaban de comentar, tiene lugar pensar que el proyecto que aquí se ha llevado a cabo puede tener cabida en un mercado tan competitivo, fuerte y en constante evolución como es el de las aplicaciones móviles, sentando las bases para futuros proyectos que sigan la línea de acción de este trabajo. La oftalmología es una especialidad de la medicina en la que aún no se han desarrollado tantas aplicaciones móviles como en otras especialidades como pueden ser medicina general, pediatría o cardiología, por lo que es el momento idóneo para desarrollar aplicaciones móviles enfocadas a la oftalmología, aprovechando el gran empuje y aceptación que están teniendo hoy en día las aplicaciones de mSalud.

6.1.2. Conclusiones sobre la *app* OphthalDSS y su desarrollo

Tras haber finalizado el desarrollo de la *app* OphthalDSS y haber realizado las oportunas evaluaciones, tanto a nivel de visualización como a nivel funcional en los dispositivos, se pueden extraer virtudes de la misma, así como ciertos aspectos a mejorar que se tendrán en cuenta en sucesivas versiones de esta aplicación móvil.

En cuanto a ventajas o aspectos positivos relacionados con la *app* y su proceso de desarrollo se puede comentar:

- Facilidad de uso: se ha conseguido un diseño de interfaz agradable para el usuario, quedando perfectamente reconocibles las acciones que realiza cada uno de los elementos en la pantalla.
- Conjunto de enfermedades: cuenta con un número curioso de enfermedades de las cuales puede dar un diagnóstico, además de presentar toda la información relacionada con ellas como síntomas, tratamiento e imágenes.
- Funcionalidades: se ha cumplido con los objetivos propuestos, consiguiendo que esta *app* implemente un sistema de ayuda a la decisión, a la vez que cumple con una función formativa, ofreciendo al usuario guías de todas las enfermedades con las que cuenta así como información de interés para el médico de atención primaria o para el estudiante de medicina como es la referencia al oftalmólogo y la contribución a la atención primaria de la visión. También cuenta con listas de acrónimos, recuerdo etimológico y terminología en

inglés, lo cual es de gran ayuda en una especialidad donde el uso de abreviaturas es frecuente y donde es importante conocer la proveniencia de ciertos términos.

- Diseño compacto: se ofrece, de una manera ordenada, gran cantidad de información clínica a la cual se accede en un espacio reducido.
- Diseño adaptativo: Debido a que se han tenido en cuenta la mayoría de los tamaños y densidades de pantalla de los dispositivos móviles, se ha conseguido que la aplicación tenga una disposición y un tamaño de los elementos acorde a la pantalla en la cual se ubica, desde pantallas de teléfonos móviles de pequeño tamaño hasta pantallas de *tablets* de dimensiones grandes.

Respecto a los aspectos a mejorar o limitaciones que aún presenta la *app* se puede comentar:

- Los algoritmos de decisión quizás no son los más óptimos, pero lo que ha primado es la utilidad del sistema. A medida que los usuarios utilicen y evalúen la aplicación, se comprobará la efectividad del sistema de decisión, pudiendo hacer las respectivas modificaciones en el algoritmo con objeto de incrementar la eficiencia del diagnóstico.
- Aunque ya cuenta con un número considerable de enfermedades de las que puede dar diagnóstico, hay que tener en cuenta aumentar esta cantidad para versiones posteriores.
- Se ha notado que convendría incluir la opción de búsqueda en la pestaña “Guía” para que el usuario encuentre fácilmente la enfermedad o unidad didáctica que le interese.
- Se debe mejorar la gestión de la base de datos, desde el diseño de la misma hasta su implementación con la herramienta *SQLite*.
- Esta versión aún no implementa conexión a Internet ni conexión entre dispositivos, lo cual puede ser útil en un futuro tanto para usuarios como para aprovechar métodos como la minería de datos, el almacenamiento de datos en la nube o empleo de historiales clínicos electrónicos.
- A pesar de haberse cumplido los objetivos iniciales, posiblemente surjan nuevas necesidades a medida que la aplicación va siendo utilizada. El equipo desarrollador está siempre dispuesto a recibir opiniones y sugerencias de los usuarios para mejorar la utilidad de la *app*.

También comentar que este Trabajo Fin de Grado ha sido muy enriquecedor, ya que se ha trabajado fusionando el ámbito de la medicina con el ámbito de las TIC, recogiendo lo mejor de cada sector para conseguir un resultado digno del esfuerzo que ambas partes han realizado.

6.2 Líneas futuras

Tras haber finalizado el desarrollo de este proyecto, vienen a la mente aspectos que se podrían tener en cuenta para sucesivas versiones de esta aplicación, tanto a nivel funcional como a nivel técnico,

siempre con el objetivo de mejorar, completar y hacer que dicha aplicación llegue a un público mayor.

Sería de gran utilidad para el equipo desarrollador de la aplicación contar con un *feedback* de los usuarios finales a los cuales va dirigida la aplicación. Una forma sencilla de conseguir esta evaluación por parte de los usuarios sería que estos contestaran las preguntas de una breve encuesta. Estas preguntas deberían abarcar varios aspectos de la aplicación de los cuales interesa tener una evaluación, como puede ser:

- Evaluación del diseño.
- Evaluación de la facilidad de uso.
- Evaluación de la utilidad de las funciones ofrecidas.
- Evaluación de la efectividad del sistema de ayuda a la decisión.
- Aspectos interesantes de la aplicación.
- Aspectos a mejorar.

Realizando esta encuesta a un número considerable de personas, incluyendo personal sanitario de atención primaria así como estudiantes de medicina, para conseguir datos estadísticos válidos, se podría estudiar el grado de repercusión que puede suponer la utilización de la aplicación móvil OphthalDSS.

6.2.1 Líneas futuras: Nivel funcional

En cuanto a lo que a nivel funcional se refiere, será necesario seguir trabajando con personal especializado en oftalmología, de manera que se pueda saber de primera mano las necesidades que demanda el personal sanitario y así poder implementar herramientas útiles y fiables enfocadas a suplir sus requerimientos. Algunas de las posibles mejoras que se pueden realizar son:

- Añadir nuevas enfermedades al conjunto. Desde luego, comparado con la primera versión de la *app* DeSSEaDO, el número de enfermedades con la que ahora cuenta la aplicación ha aumentado considerablemente, pero siempre es posible abrir el abanico de patologías, incluso enfocándose hacia otras vertientes, es decir, sin tener únicamente en cuenta las enfermedades que provocan ojo rojo.
- Evaluar los resultados que se obtienen tras la utilización de la aplicación, por parte de personal médico de atención primaria y de estudiantes de medicina, así como de oftalmólogos o incluso de personal sin conocimiento médico.
- Proporcionar un diagnóstico consistente en una lista de enfermedades probables, cuyo orden de aparición se corresponda con la relevancia de cada una de ellas, lo cual podría ser de ayuda al profesional médico a la hora de realizar la valoración del paciente.
- Ofrecer la información presentada en la aplicación en lengua inglesa, con el objetivo de aumentar el grupo de destinatarios.

- Probar nuevos diagramas o árboles de decisión para el correcto diagnóstico de todas las enfermedades. Por supuesto, en una especialidad como la oftalmología, no hay un algoritmo de decisión óptimo, pero lo que sí se quiere conseguir es desarrollar una herramienta útil de ayuda a la toma de decisiones.
- Incluir un modo de conexión telemática entre el usuario de la aplicación con el especialista de oftalmología.

6.2.2 Líneas futuras: Nivel técnico

A nivel técnico son muchas las mejoras que se pueden llevar a cabo en próximas versiones de la aplicación, teniendo en cuenta que cada vez es mayor la aceptación de nuevas tecnologías en los sistemas médicos electrónicos. Algunas de estas mejoras pueden ser:

- Desarrollo de la aplicación para otros sistemas operativos, principalmente iOS, puesto que es el segundo sistema operativo para móviles más utilizado en el mundo y gran parte del personal médico está acostumbrado al uso diario de dispositivos de Apple como puede ser iPhone o iPad.
- Mejorar la carga de imágenes en la aplicación, buscando la manera de gestionar eficientemente el uso de la memoria del dispositivo móvil.
- Mejorar el sistema de decisión, basándolo en métodos de redes neuronales o algoritmos utilizados en inteligencia artificial, es decir, crear un sistema de decisión que fuera “aprendiendo”, de manera que las preguntas que se realicen al usuario se ajusten según las respuestas que va obteniendo de este.
- Llevar un registro del paciente, conectando la aplicación a un sistema de historial clínico electrónico, llevando un seguimiento personalizado de cada paciente, lo cual puede llegar a ser muy útil en pacientes con enfermedades crónicas. Por supuesto, debe primar la confidencialidad y seguridad de la información del paciente.
- Aprovechar el almacenamiento en la nube (*Cloud*) de información médica, de manera que se pueda acceder a ella a través de la aplicación y que además esta información pueda ser compartida por usuarios autorizados a ello.
- Aplicación de la minería de datos (*data mining*) en cuanto se disponga de una gran cantidad de datos, con el fin de mejorar el trato de la información, así como cuánta y cómo se presenta al usuario.

CAPÍTULO 7
BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] FIPS. "The Radio Doctor - Maybe". *Radio News*, [en línea] vol. 5, no. 10 (1924), p. 1406, 1514. [Consulta: mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.americanradiohistory.com/Archive-Radio-News/20s/Radio-News-1924-04-R.pdf>
- [2] Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la salud. *Declaración de Alma-Ata*. [en línea]. URSS, 1978. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: http://www1.paho.org/spanish/dd/pin/alma-ata_declaracion.htm
- [3] Sociedad Española de Informática de la Salud - SEIS. *X Informe - Manual De Salud Electrónica Para Directivos De Servicios Y Sistemas De Salud. Vol. II. Aplicaciones De Las Tic A La Atención Primaria De Salud*. [en línea]. España, 2014. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://82.98.165.8/jsp/base.jsp?contenido=/jsp/publicaciones/inforseis.jsp&id=5.2&informeid=9&titulo=>
- [4] Ricur, Giselle. "Telemedicina: generalidades y áreas de aplicación clínicas". En: Sociedad Española de Informática de la Salud – SEIS. *IX informe - Manual De Salud Electrónica Para Directivos De Servicios Y Sistemas De Salud*. [en línea]. España, 2014, p. 169 – 193. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://82.98.165.8/jsp/base.jsp?contenido=/jsp/publicaciones/inforseis.jsp&id=5.2&informeid=8&titulo=>
- [5] Martínez-Pérez, B.; De la torre-Díez, I.; López-coronado, M.; Sainz-de-Abajo, B.; Robles, M.; García-Gómez, J. M., "Mobile clinical decision support systems and applications: a literature and commercial review," *J Med Syst*. (2014), p. 1 - 10.
- [6] De la Torre-Díez, I.; Martínez-Pérez, B.; López-Coronado, M.; Rodríguez, J.; Maldonado, M., "Decision support systems and applications in ophthalmology: literature and commercial review focused on mobile apps," *J Med Syst*. (2015), p. 174.
- [7] World Health Organization. *mHealth: New horizons for health through mobile technologies* [en línea]. Suiza, 2011. [Consulta: 27 de mayo de 2015]. Disponible en: http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf?ua=1
- [8] International Telecommunication Union - ITU. *LA UIT publica los datos sobre las TIC de 2015* [en línea]. [Consulta: 27 de mayo de 2015]. Disponible en: https://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2015/17-es.aspx
- [9] The App Date. *V informe sobre el estado de las apps en España* [en línea]. España, 2014. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.theappdate.es/v-informe-estado-apps-espana/>

- [10] The App Date. *Informe 50 mejores app en salud en español* [en línea]. España, 2014. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.theappdate.es/static/media/uploads/2014/03/Informe-TAD-50-Mejores-Apps-de-Salud.pdf>
- [11] IMS Institute for Healthcare Informatics. *Patient Apps for Improved Healthcare* [en línea]. EE.UU., 2013. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: http://www.imshealth.com/deployedfiles/imshealth/Global/Content/Corporate/IMS%20Health%20Institute/Reports/Patient_Apps/IIHI_Patient_Apps_Report.pdf
- [12] Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información - ONTSI. *Los ciudadanos ante la e-Sanidad* [en línea]. España, 2012. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/informe_ciudadanos_esanidad.pdf
- [13] Mobile Health Economics by reasearch2guidance. *EU Countries' mHealth App Market Ranking 2015* [en línea]. Alemania, 2015. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://mhealtheconomics.com/eu-countries-mhealth-app-market-ranking-2015/>
- [14] Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. Segunda edición*. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011.
- [15] IOBA – Instituto de Oftalmobiología Aplicada de la Universidad de Valladolid [en línea]. [Consulta: junio 2015]. Disponible en: <http://www.web.ioba.es/>
- [16] GTe – Grupo de Telemedicina y eSalud de la Universidad de Valladolid [en línea]. [Consulta: junio 2015]. Disponible en: <http://sigte.tel.uva.es/>
- [17] Thibodeau, P., “Órganos de los sentidos”. En: Thibodeau, P., *Anatomía y fisiología*. Octava edición. Editorial Elsevier, 2013, p. 465-471.
- [18] Smith, T. “Enfermedades de la vista”. En: Smith, T. *Guía completa de la salud familiar*. Décima edición. Editorial Planeta, 1993, p. 308-327
- [19] 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.
- [20] García Campos, J. M. "Conjuntivitis". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 115-126
- [21] 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

- [22] Murillo Paz, G., Buitrago Conde, F. "Patología de los anexos oculares". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 139-152
- [23] Calonge Cano, M. "Síndrome de ojo seco. Patología ligada a las lentes de contacto". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 153-162
- [24] Díaz Llopis, M., Gallego Pinazo, R. "Uveítis anteriores y escleritis". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 163-170
- [25] Fernández-Vigo López, J., Macarro Merino, A. "Glaucoma agudo. Seguimiento del paciente oftalmológico postquirúrgico". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 171-180
- [26] Barraquer Moner, J., Barraquer Compte, R.I. "Traumatismos oculares". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 181-193
- [27] Fromow Guerra, J. "Quemaduras y causticaciones oculares. Traumatismos de órbita y anejos". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 195-206
- [28] 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
- [29] Corrêa, Z. M. "Tumores oculares". En: Maldonado López, M. J., Pastor Jimeno, J. C. *Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias*. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 2011, p. 321-337
- [30] IEEE Xplore. [en línea]. [Consulta: Marzo de 2015]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [31] PubMed. [en línea]. [Consulta: Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- [32] Web of Science. [en línea]. [Consulta: Marzo de 2015]. Disponible en: http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=S2nLU4sCZ6GgwnFmgY4&preferencesSaved=
- [33] Scopus. [en línea]. [Consulta: Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.scopus.com/>

- [34] Google play. [en línea]. [Consulta: junio de 2015]. Disponible en: <https://play.google.com/store?hl=es>
- [35] AppStore. [en línea]. [Consulta: junio de 2015]. Disponible en: <http://store.apple.com/es>
- [36] Deloitte Center for Health Solutions. *mHealth in a mWorld How mobile technology is transforming health care* [en línea]. Washington, 2012. [Consulta: 29 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/life-sciences-health-care/us-lhsc-mhealth-in-an-mworld-103014.pdf>
- [37] Zahlmann, G.; Scherf, M.; Wegner, A.; Obermaier, M.; Mertz, M. "Situation assessment of glaucoma using a hybrid fuzzy neural network ". *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, vol. 19, no. 1 (2000), p. 84 - 91.
- [38] Kahai, P.; Namuduri, K.R.; Thompson, H., "Decision support for automated screening of diabetic retinopathy," *Signals, Systems and Computers, 2004. Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference*, vol. 2, no. (2004), p.1630 - 1634.
- [39] Silverstone, D. E.; Paek, H. M.; Kogan, Y.; Essaihi, A.; & Shiffman, R. N., "Incorporation of clinical practice guidelines for glaucoma into an ophthalmology electronic medical record," *AMIA...Annual Symposium Proceedings / AMIA Symposium. AMIA Symposium, (2005)*, p. 1115.
- [40] Kahai P.; Namuduri K.R.; Thompson H., "A decision support framework for automated screening of diabetic retinopathy," *Int J Biomed Imaging*, (2006).
- [41] Paunksnis, A.; Barzdziukas, V.; Jegelevicius, D.; Kurapkiene, S.; Dzemyda, G., "The use of information technologies for diagnosis in ophthalmology," *J Telemed Telecare.*, suppl. 1, (2006), p. 37 – 40.
- [42] Jegelevicius, D.; Krisciukaitis, A.; Lukosevicius, A.; Marozas, V.; Paunksnis, A.; Barzdziukas, V.; Patasius, M.; Buteikiene, D.; Vainoras, A.; Gargasas, L., "Network based clinical decision support system," *Information Technology and Applications in Biomedicine, 2009. ITAB 2009. 9th International Conference*, vol., no., (2009), p.1, 4, 47.
- [43] Skevofilakas, M.; Zarkogianni, K.; Karamanos, B.G.; Nikita, K.S., "A hybrid Decision Support System for the risk assessment of retinopathy development as a long term complication of Type 1 Diabetes Mellitus," *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, vol., no., (2010), p.6713 – 6716.
- [44] Zhuo Zhang; Chee Keong Kwoh; Jiang Liu; Fengshou Yin; Wirawan, A.; Cheung, C.; Baskaran, M.; Tin Aung; Tien Yin Wong, "MRMR optimized classification for automatic glaucoma diagnosis," *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, vol., no., (2011), pp.6228 - 6231.

- [45] Kumar, S.J.; Madheswaran, M.; “An improved medical decision support system to identify the diabetic retinopathy using fundus images,” *J Med Syst.* (2012), p. 3573-3581.
- [46] Xiao, D.; Vignarajan, J.; Lock, J.; Frost, S.; Tay-kearney, M.L.; Kanagasingam, Y., “Retinal image registration and comparison for clinical decision support,” *Australas Med J.* (2012), p. 507-12.
- [47] Kymes, S.M.; Lambert, D. L.; Lee, P.P.; et al. “The development of a decision analytic model of changes in mean deviation in people with glaucoma: the COA model,” *Ophthalmology.* (2012), p. 1367 - 1374.
- [48] Mookiah, M. R.; Acharya, U. R.; Chua, C. K.; Lim, C. M.; Ng, E. Y., Laude, A., “Computer-aided diagnosis of diabetic retinopathy: a review,” *Comput Biol Med.* (2013), p. 2136 - 2155.
- [49] Prasanna, P.; Jain, S.; Bhagat, N.; Madabhushi, A., "Decision support system for detection of diabetic retinopathy using smartphones," *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2013 7th International Conference*, vol., no., (2013), p.176, 179, 58.
- [50] Noronha, K.; Acharya, U. R.; Nayak, K.P.; Kamath, S.; Bhandary, S. V., “Decision support system for diabetic retinopathy using discrete wavelet transform,” *Proc Inst Mech Eng H.* (2013), p. 251 - 261.
- [51] Yun, W.; Mookiah, M., “Detection of Diabetic Retinopathy Using K-Means Clustering and Self-Organizing Map,” *Journal of Medical Imaging and Health Informatics J Med Imaging Hlth Inform*, (2013), p. 575-581.
- [52] Bourouis, A.; Feham, M.; Hossain, M.; Zhang, L., “An intelligent mobile based decision support system for retinal disease diagnosis,” *Decision Support Systems*, (2014), p. 341-350.
- [53] Mookiah, M. R.; Acharya, U. R.; Koh, J. E.; et al. “Decision support system for age-related macular degeneration using discrete wavelet transform,” *Med Biol Eng Comput.* (2014), p. 781 - 796.
- [54] Franklin, S.; Rajan, S., “Diagnosis of diabetic retinopathy by employing image processing technique to detect exudates in retinal images,” *IET Image Processing*, (2014), p. 601 - 609.
- [55] Murthi, A., Madheswaran, M.,”Medical decision support system to identify glaucoma using cup to disc ratio,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 68, (2014), p. 406-413.

- [56] Roque, A.; Mantovani, J.; Torres, I.; Galina, A.; De Lima, P.; Novoa, C.; Schor, P., "Lepo: Sistema de Apoio à Decisão Médica em Oftalmologia Baseado no Sistema Lepidus," *IX Congresso Brasileiro De Informática Em Saúde*, (2004).
- [57] Smadja D, Touboul D, Cohen A, et al. "Detection of subclinical keratoconus using an automated decision tree classification," *Am J Ophthalmol.*, (2013), p. 237-246.
- [58] Hu, X.P.; DempereMarco, L.; Yang, G.Z., "Hot spot detection based on feature space representation of visual search in medical imaging," *Information Technology Applications in Biomedicine, 2003. 4th International IEEE EMBS Special Topic Conference*, vol., no., (2003), p.261,264, 2426
- [59] Moore, J., "A cataract decision support system: its requirement is increasing," *Stud Health Technol Inform.*, (2005), p. 147-53.
- [60] Acharya, U. R.; Kannathal, N.; Ng, E. Y.; Min, L. C.; Suri, J. S., "Computer-based classification of eye diseases," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, (2006), p. 6121-6124.
- [61] Bola Odufuwa, T.; Solebo, L.; Low, S., "Diagnostic decision support in ophthalmology," *Journal of Telemedicine and Telecare J Telemed Telecare*, (2007), p. 44-46.
- [62] Chiang, M. F.; Boland, M. V.; Margolis, J. W.; et al., "Adoption and perceptions of electronic health record systems by ophthalmologists: an American Academy of Ophthalmology survey," *Ophthalmology*, (2008), p. 1591-1597.
- [63] Jurkonis, R.; Janušauskas, A.; Marozas, V.; et al., "Algorithms and results of eye tissues differentiation based on RF ultrasound," *ScientificWorldJournal*, (2012).
- [64] Zhang, Z.; Srivastava, R.; Liu, H.; et al., "A survey on computer aided diagnosis for ocular diseases," *BMC Med Inform Decis Mak.*, (2014), p. 80.
- [65] Bolster, N.; Giardini, M.; Livingstone, I.; Bastawrous, A., "How the smartphone is driving the eye-health imaging revolution," *Expert Review of Ophthalmology*, (2014), p. 475-485.
- [66] Picaza, J.; Sobrado, F.; García, J.; Ocariz, C.; Aldamiz-Echevarria, L., "MELSIS: Un marco de trabajo para la construcción de Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones en problemas de monitorización," *ADIS 2001, Apoyo a La Decisión En Ingeniería Del Software - Decision Support in Software Engineering*, (2001).
- [67] Tabachneck-Schijf, H. J. M; Greenen, P. L., "Preventing knowledge transfer errors: Probabilistic decision support systems through the users' eyes," *International Journal of Approximate Reasoning*, (2009), p. 461-471.

- [68] Boland, M. V.; Lehmann, H. P., "A new method for determining physician decision thresholds using empiric, uncertain recommendations," *BMC Med Inform Decis Mak.* (2010), p. 20.
- [69] Lin, C., "A decision-support simulator for improving patient flow and increasing capacity at an eye outpatient department," *2013 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Healthcare and E-health (CICARE)*, (2013).
- [70] Papageorgiou, E. I.; Huszka, C.; De Roo, J.; Douali, N.; Jaulent, M. C.; Colaert, D., "Application of probabilistic and fuzzy cognitive approaches in semantic web framework for medical decision support," *Comput Methods Programs Biomed.* (2013), p. 580-598.
- [71] Jegelevicius, D.; Marozas, V.; Lukosevicius, A.; Patasius, M., "Web-based health services and clinical decision support," *Stud Health Technol Inform.* (2004), p. 27-37.
- [72] Dixon, B. E.; Simonaitis, L.; Goldberg, H. S.; et al., "A pilot study of distributed knowledge management and clinical decision support in the cloud," *Artif Intell Med.* (2013), p. 45-53.
- [73] Hijazi, M.H.A.; Coenen, F.; Yalin Zheng, "Age Related Macular Degeneration Screening Using Data Mining Approaches," *Artificial Intelligence, Modeling and Simulation (AIMS), 2013 1st International Conference*, vol., no., (2013), p. 299,303, 35.
- [74] Batra, S.; Parashar, H.J.; Sachdeva, S.; Mehndiratta, P., "Applying data mining techniques to standardized electronic health records for decision support," *Contemporary Computing (IC3), 2013 Sixth International Conference on*, vol., no., (2013), p.510, 515, 810.
- [75] Hijazi, M.; Coenen, F.; Zheng, Y., "Age-related Macular Degeneration Screening using Data Mining Approaches," *2013 First International Conference on Artificial Intelligence, Modelling & Simulation*, (2014), p. 264-268.
- [76] Ahmed, S., "Knowledge based systems for ubiquitous Ehealthcare," *Web and Open Access to Learning (ICWOAL), 2014 International Conference*, vol., no., (2014), p.1, 5, 2527.
- [77] The good, the bad and the early adopters: providers' attitudes about a common, commercial EHR. Makam, A. N.; Lanham, H. J.; Batchelor, K.; et al., "The good, the bad and the early adopters: providers' attitudes about a common, commercial EHR," *J Eval Clin Pract.* (2014), p. 36-42.
- [78] Madhukumar, S.; Vijayalakshmi, R., "Visual dictionary: A decision support tool for DR pathology detection on POI," *Information Communication and Embedded Systems (ICICES), 2013 International Conference*, vol., no., (2013), p.496, 501, 2122.

- [79] Kim, H. S.; Hwang, Y.; Lee, J. H.; et al., “Future prospects of health management systems using cellular phones,” *Telemed J E Health*. (2014), p. 544-551.
- [80] Rouquié, D.; Heneweer, M.; Botham, J.; et al., “Contribution of new technologies to characterization and prediction of adverse effects,” *Crit Rev Toxicol*. (2015), p. 172-183.
- [81] Steinhubl, S. R.; Muse, E. D.; Topol, E. J., “The emerging field of mobile health,” *Sci Transl Med*. (2015).
- [82] Instituto Nacional de Estadística - INE. *Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares. Año 2014*. [en línea]. España, 2014. [Consulta: 15 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.ine.es/prensa/np864.pdf>
- [83] International Telecommunication Union - ITU. *MDGs 2000-2015: ICT revolution and remaining gaps*. [en línea]. Suiza, 2015. [Consulta: 15 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf>
- [84] Gartner. *Gartner Says Emerging Markets Drove Worldwide smartphone Sales to 19 Percent Growth in First Quarter of 2015*. [en línea]. UK, 2015. [Consulta: 15 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3061917>
- [85] Kantar WorldPanel. *Android Switchers Drive iOS Growth in Europe's Big Five Countries*. [en línea]. 2015. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.kantarworldpanel.com/global/News/Android-Switchers-Drive-iOS-Growth-in-Europes-Big-Five-Countries>
- [86] Acquity Group. *The Internet of Things: The Future of Consumer Adoption - Acquity Group's 2014 Internet Of Things Study*. [en línea]. 2014. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.acquitygroup.com/docs/default-source/Whitepapers/acquitygroup-2014iotstudy.pdf>
- [87] Informática hoy. *¿Cuál es el mejor sistema operativo para un smartphone?* [en línea]. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.informatica-hoy.com.ar/soluciones-moviles/Cual-es-el-mejor-sistema-operativo-para-un-smartphone.php>
- [88] Android Developers. *Android Studio Overview*. [en línea]. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en: <https://developer.android.com/intl/es/tools/studio/index.html>
- [89] Android Developers. *Material Design*. [en línea]. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en: <http://www.google.com/design/spec/material-design/introduction.html#>

[90] Google Play. *Best-In-Class Android Design* [en línea]. [Consulta: 16 de junio de 2015]. Disponible en:
https://play.google.com/store/apps/collection/promotion_3001769_io_awards