



Análisis de una plataforma para apoyar en el diagnóstico del síndrome de ovario poliquístico

Analysis of a platform to support the diagnosis of polycystic ovary syndrome

Karen Bozziere Solís

Tecnológico Nacional de México / I.T.Orizaba, Orizaba, Veracruz, México

M18011163@orizaba.tecnm.mx

ORCID: 0009-0003-9079-8748

Beatriz Alejandra Olivares Zepahua

Tecnológico Nacional de México / I.T.Orizaba, Orizaba, Veracruz, México

beatriz.oz@orizaba.tecnm.mx

ORCID: 0000-0003-2799-0887

Laura Nely Sánchez Morales

CONACYT-Tecnológico Nacional de México / I.T.Orizaba, Orizaba, Veracruz, México

laura.sm@orizaba.tecnm.mx

ORCID: 0000-0003-4134-2704

Mónica Ruiz Martínez

Tecnológico Nacional de México / I.T.Orizaba, Orizaba, Veracruz, México

monica.rm@orizaba.tecnm.mx

ORCID: 0009-0002-2379-9524

José Luis Sánchez Cervantes

Tecnológico Nacional de México/I.T.Orizaba, Orizaba, Veracruz, México

jose.sc@orizaba.tecnm.mx

ORCID: 0000-0001-5194-1263

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.12.27.008>

Recibido: Junio 22, 2024

Aceptado: Agosto 17, 2024

Resumen: El Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP) es una condición endócrina frecuente entre mujeres en edad reproductiva y su diagnóstico temprano previene complicaciones a largo plazo; sin embargo, este diagnóstico presenta dificultades debido a la variabilidad de los síntomas, a los tabúes culturales y a la necesidad de pruebas laboratoriales y de imagenología que interpretan especialistas en Ginecología. Por su parte, las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) han demostrado gran potencial para ayudar en la detección temprana de distintas enfermedades. Actualmente, las mujeres de zonas rurales y semirurales tienen poco acceso a especialistas y estudios, por lo que se considera útil contar con una plataforma de salud, que incluya técnicas de IA, en ambientes móvil y web, que apoye la detección del SOP. Este artículo muestra el resultado del análisis de sistemas para la

plataforma mencionada, presentando los requisitos funcionales y no funcionales recopilados con ayuda de profesionales de la salud de Medicina General y de Ginecología.

Palabras clave: *Inteligencia Artificial, Minería de Datos, Técnicas de Clasificación, Salud Femenina, Síndrome de Ovario Poliquístico.*

Abstract: Polycystic Ovary Syndrome (PCOS) is a common endocrine condition among women of reproductive age and its early diagnosis prevents long-term complications; however, this diagnosis presents difficulties due to the variability of symptoms, cultural taboos and the need for laboratory and imaging tests interpreted by specialists in Gynecology. On the other hand, Artificial Intelligence (AI) techniques have shown great potential to help in the early detection of different diseases. Currently, women in rural and semi-rural areas have little access to specialists and studies, so it is considered useful to have a health platform, which includes AI techniques, in mobile and web environments, that supports the detection of PCOS. This article shows the result of the systems analysis for the aforementioned platform, presenting the functional and non-functional requirements compiled with the help of health professionals in General Medicine and Gynecology.

Keywords: *Artificial Intelligence, Data Mining, Classification Techniques, Women's Health, Polycystic Ovary Syndrome.*

1. Introducción

El acceso a servicios de salud de calidad es un derecho humano reconocido a nivel internacional; sin embargo, en la práctica, no siempre es posible ejercer este derecho, sobre todo en el caso de las mujeres y, en particular, cuando se trata de la salud reproductiva y sexual, al grado de existir un “Día Internacional de Acción por la Salud de la Mujer”, instituido desde 1987, para visibilizar esta problemática [1] y a pesar de los esfuerzos sociales y gubernamentales en ese sentido [2].

De acuerdo con investigaciones publicadas en 2014 por el entonces CONACYT [3], en muchos países los temas referentes a la salud femenina se limitaban al cuidado del embarazo y puerperio, si bien se incorporaron los relacionados con la prevención del cáncer de mama y del cáncer cervicouterino, todavía quedaron fuera muchos otros temas igualmente importantes.

En este sentido, el Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP) es una enfermedad relacionada con desequilibrios hormonales que se presenta en mujeres en edad fértil, con una sintomatología que llega a afectar la calidad de vida de las pacientes y que, si no se trata adecuadamente, es posible que derive en infertilidad, cáncer endometrial, diabetes y esteatohepatitis no alcohólica [4]; esta enfermedad provoca cambios en el ciclo menstrual, quistes, dificultad para quedar embarazada, intensos dolores menstruales y, en el peor de los casos, cáncer de matriz [5]; sin embargo, es un tema tan poco explorado que se normaliza vivir de esa manera bajo el supuesto de que no se está enferma o que se trata de complicaciones derivadas de otros padecimientos como la hipertensión arterial o el síndrome metabólico, cuando en realidad es posible que sean consecuencias del SOP. Debido a que tiene manifestaciones clínicas muy variadas, el SOP es difícil de diagnosticar en sus primeras etapas [6], sobre todo cuando sólo se tiene acceso a servicios de salud generales, los cuales son atendidos por profesionales de la salud que no cuentan con una especialización ni con equipos auxiliares de diagnóstico para identificar de forma precisa el SOP. Más aún, en foros de apoyo a pacientes de SOP se mencionan situaciones donde ellas han tenido que pasar por muchos diagnósticos erróneos antes de recibir el tratamiento adecuado para el SOP, lo que conlleva tanto gastos como la incomodidad propia de los distintos estudios innecesarios a los que se ven sometidas.

Otra parte de la problemática identificada se relaciona con esquemas sociales y culturales (tabúes), que hacen que las pacientes se avergüencen de describir sus síntomas frente a extraños o la idea de que las visitas al ginecólogo sólo son por embarazo, dificultando aún más el acceso a los servicios de salud. Una alternativa es el uso de aplicaciones de salud personales que orientan a una mujer en temas de prevención y que tienen la posibilidad de sugerir la búsqueda de apoyo profesional a tiempo; sin embargo, si bien existen algunas aplicaciones específicas para la salud femenina (“Modo Rosa”, “Flo: Mi Calendario Menstrual”, y “Aware” entre otras [7]), hasta el momento no se encontró ninguna que dé seguimiento a situaciones como el SOP, en español, que además se integre con el trabajo de profesionales de la salud.

Por otra parte, ya que el trabajo está orientado a población rural o semirural, es importante conocer que, de acuerdo a la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica ENADID 2018, independientemente de la afiliación específica a un servicio de salud, 18% de las mujeres en México se atienden en establecimientos privados (consultorio, clínica u hospital), 14% en consultorios anexos a farmacias, 32.9% en centros de salud u hospitales de la Secretaría de Salud SSA, 27% en espacios dependientes del Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS y 5.4% en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado ISSSTE [8].

El artículo presenta el análisis de sistemas de una plataforma de salud que, mediante técnicas de IA, apoye a los profesionales de la salud en el diagnóstico temprano de SOP en poblaciones rurales o semirurales. Por lo tanto, la publicación sigue esta estructura: en la sección 2 se analizan algunos conceptos relacionados con la investigación; en la sección 3 se revisa el estado actual del tema de investigación, centrándose en la identificación del SOP mediante técnicas de clasificación de Minería de Datos. Posteriormente, en la sección 4, se detalla el análisis del sistema donde se especifican los requisitos y el modelo de solución para los mismos. En la sección 5 se presentan los trabajos a futuro, seguido de la sección 6 que muestra las conclusiones obtenidas con base en los elementos presentados; finalmente, se incluyen los agradecimientos y las referencias utilizadas.

2. Marco teórico

Los conceptos del tema de investigación dentro del contexto académico cumplen con mostrar un espectro más amplio dentro del campo de estudio, de tal manera que exista una amplia comprensión sobre el tema abordado. Dentro de este trabajo es necesario delimitar algunos términos particulares que a continuación se describen.

De acuerdo a la Enciclopedia Médica en línea del gobierno norteamericano, el término “**salud femenina**” se refiere a la rama de la Medicina que se enfoca en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades y padecimientos que afectan el bienestar físico y emocional de una mujer [9]. Dentro de los temas que abarca la salud de la mujer, se encuentra el **Síndrome de Ovario Poliquístico (SOP)** que es una disfunción endocrino-metabólica con una prevalencia entre el 6 y el 10% en mujeres de edad reproductiva. Se caracteriza por hiperandrogenismo (exceso de hormonas masculinas en la mujer que originan acné, exceso de vello, cambios de coloración en la piel, entre otros), oligo-anovulación (ovulación escasa o nula) y morfología de ovario poliquística. Representa la causa más frecuente de infertilidad anovulatoria e hiperandrogenismo en mujeres. Además, la mayoría de las pacientes con SOP desarrollan resistencia insulínica periférica (RI) y poseen un mayor riesgo de desarrollar diabetes mellitus tipo 2 (DM2) [10].

Por otra parte, la **Inteligencia Artificial** es una rama de la ingeniería que implementa conceptos y soluciones novedosas para resolver desafíos complejos bajo la idea de emular la inteligencia humana; cuenta con avances continuos en distintos campos y aplicaciones [11]. Dentro de la Inteligencia Artificial se encuentra la **Minería de Datos**, que es una actividad relacionada con el análisis de información histórica para descubrir conocimiento en forma de patrones o relaciones; está estrechamente relacionada con otras áreas como las bases de datos, la estadística y la recuperación de información [12]. El resultado de la Minería de Datos se utiliza como apoyo en la toma de decisiones.

La Minería de Datos utiliza diversas tareas para extraer conocimiento; las tareas supervisadas trabajan con conjuntos que permiten identificar patrones y compararlos con los datos existentes creando nuevo conocimiento. Entre las tareas supervisadas se encuentra la **Clasificación**, que a partir de un conjunto etiquetado (clasificado), identifica las relaciones de las variables para obtener la etiqueta de un nuevo elemento del conjunto; las relaciones identificadas se conocen como un modelo de clasificación, es el resultado de un proceso de Minería de Datos que, a partir de un conjunto suficientemente amplio, identifica los patrones de relación para “saber” bajo qué condiciones un elemento se clasifica en una u otra clase [13].

Por otro lado, una **Plataforma Digital** es el software y la tecnología que se utilizan para unificar y optimizar las operaciones de negocio y los sistemas de TI. Una plataforma digital funciona como la columna vertebral de una organización para soportar las operaciones y cumplir con el compromiso del cliente [14]. Una plataforma tiene la posibilidad de utilizar elementos en distintos dispositivos; en ese sentido, en esta plataforma, la paciente contará con una aplicación para dispositivo móvil, también conocida como *app*, la cual es una aplicación que se diseña específicamente para las características de un dispositivo como teléfono celular o tableta [15], en contraposición con una aplicación diseñada para ejecutarse en una computadora personal (de escritorio o portátil) que en esta plataforma estará dirigida a profesionales de la salud.

3. Estado del arte

Dentro de este apartado se presentan estudios recientes realizados en un campo semejante al de la plataforma propuesta, para constatar las ventajas de algunos elementos probados y mostrar los beneficios de la mencionada plataforma.

El SOP en tiempos recientes recibió más atención dentro de los temas abarcados por la salud femenina, haciendo especial énfasis sobre cómo el diagnóstico temprano evita consecuencias graves a futuro para la paciente, como menciona el artículo de Bharati *et al.* [16], donde propusieron un sistema basado en aprendizaje automático para detectar el SOP utilizando un conjunto de datos específico. Identificaron la proporción de hormona foliculoestimulante y hormona luteinizante como la característica más relevante para detectar la presencia de SOP. Tras dividir los datos en entrenamiento y prueba, encontraron que el algoritmo híbrido entre bosque aleatorio y regresión logística mostró la mejor precisión, siendo el más confiable para clasificar pacientes con SOP.

El uso del aprendizaje automático para identificar SOP también se presenta en el trabajo de Elmannai *et al.* [17], donde emplearon métodos de selección de características con diferentes modelos de aprendizaje automático. El apilamiento de aprendizaje automático con selección de características logró la mayor precisión en comparación con otros modelos.

Además, existen otros medios para apoyar al diagnóstico de SOP, tal como lo exponen en su investigación Ramamoorthy *et al.* [18], ya que el SOP produce varios tipos de quistes detectados comúnmente con ecografías abdominales; los autores propusieron un método para diagnosticar el SOP de manera temprana usando técnicas de preprocesamiento y monitoreo de crecimiento de quistes mediante imágenes. Utilizaron filtros como Gabor y *wavelet*, resolviendo limitaciones con el filtro *wavelet db2*. El sistema, implementado en Matlab, logró una precisión del 93% en el diagnóstico del SOP.

Por otro lado, el seguimiento del ciclo menstrual es un punto importante a tomar en cuenta al identificar la presencia de SOP en las pacientes. Dentro de este aspecto, Fox *et al.* [19] investigaron aplicaciones móviles para documentar datos del ciclo menstrual. Recopilaron información sobre el ciclo, síntomas y comportamiento sexual para predecir y gestionar el período menstrual. Utilizaron técnicas colaborativas y análisis históricos para ampliar el estudio y con ello identificaron la necesidad de mejorar el monitoreo menstrual, centrándose en la experiencia en lugar de basarse en modelos predictivos.

En la Tabla 1 se muestra el análisis comparativo de los artículos mencionados en los párrafos anteriores, identificando requisitos comunes entre ellos y contrastándolos con la plataforma propuesta.

Tabla 1. Comparación de trabajos relacionados.

Artículo	1	2	3	4	5
Bharati <i>et al.</i> [16]					X
Elmannai <i>et al.</i> [17]			X		X
Ramamoorthy <i>et al.</i> [18]					X
Fox <i>et al.</i> [19]		X	X	X	
Plataforma propuesta	X	X	X	X	X
1) Idioma español					
2) Seguimiento menstrual					
3) Asesoramiento con profesionales de la salud					
4) Sistema orientado a paciente y médico					
5) Identificar riesgo SOP					

Fuente: Elaboración propia.

4. Desarrollo

A raíz del análisis de los trabajos relacionados y mediante entrevistas con una especialista de la salud femenina (ginecóloga) así como con una médica general que ejerce en zonas semirurales, se obtuvieron los requerimientos funcionales y no funcionales para la plataforma que ayude a pacientes y médicos a detectar la posibilidad de padecer SOP. En conjunto con la ginecóloga y a partir de la literatura revisada, se eligió la información que se utilizará para apoyar a profesionales de la salud en el diagnóstico de SOP mediante técnicas de Minería de Datos (clasificación). En este punto es importante mencionar que se abarcarán tres modelos de clasificación, el primero para sugerir a la paciente que busque atención médica general ante la posibilidad de padecer alguna enfermedad

que afecta la salud femenina (no necesariamente SOP), otro modelo sugerirá al médico(a) general la necesidad de ordenar exámenes de laboratorio para descartar la presencia de SOP y, finalmente, un modelo que, usando los resultados laboratoriales, sugiera al médico(a) general la necesidad de referir a la paciente con un(a) ginecólogo(a) para que el/la especialista diagnostique el SOP, ya que en los medios rurales o semirurales generalmente no cuentan con los estudios de imagenología necesarios para el diagnóstico definitivo.

De acuerdo con las necesidades identificadas, se decidió que la plataforma estará formada por dos aplicaciones: una aplicación para dispositivo móvil orientada hacia la paciente, que permitirá ingresar información personal y del ciclo menstrual, además de otros datos relevantes para la identificación del SOP. Por otro lado, una aplicación web orientada a profesionales de la salud, tanto de Medicina General como Ginecología, cuyo fin es apoyar en la detección del SOP, mediante el análisis de los datos que proporcionan tanto la paciente como los profesionales de la salud a partir de revisiones clínicas y/o estudios laboratoriales.

4.1. *Requerimientos generales*

En el análisis mencionado se identificaron necesidades específicas a cumplir con el fin de lograr la aceptación de los usuarios finales. Estos requerimientos generales establecen las bases sobre las cuales se construirá la plataforma.

- Apoyo a la detección del SOP. La plataforma funcionará como un apoyo a profesionales de la salud para otorgar a la paciente un diagnóstico oportuno y disminuir, en lo posible, el uso innecesario de estudios auxiliares de diagnóstico. El desarrollo será supervisado y validado por una especialista, esto con el fin de que se consideren todas las variables importantes que, a su juicio, intervienen en el diagnóstico del SOP. La plataforma calculará la probabilidad de padecer SOP, pero el diagnóstico definitivo lo realizan especialistas en Ginecología.
- Autorregistro de datos de pacientes. Este punto ayudará a reducir los tiempos de captura y la incomodidad que llega a producir una entrevista médica, de manera que la paciente se sienta más cómoda al proporcionar sus datos por sí misma al sistema y que posteriormente sean consultados y verificados por profesionales de la salud si la paciente lo permite.
- Comunicación. La plataforma permitirá a profesionales de la salud el acceso a los datos de las pacientes previa autorización de la paciente. De igual manera, las pacientes podrán solicitar a los doctores su seguimiento médico y proporcionar sus datos para dicho fin. Este punto cubre los elementos de privacidad y protección de datos personales tanto de la paciente como de los profesionales de la salud a nivel funcional.
- Calendario menstrual. Ya que el ciclo menstrual de la paciente es un factor importante a tomar en cuenta para el diagnóstico de SOP, es importante que el sistema cuente con un calendario menstrual integrado, de esta manera resulta más sencillo para la paciente llevar un registro preciso sobre su periodo menstrual.
- Registro de citas médicas. Es necesario que la plataforma muestre tanto a la paciente como al profesional de la salud las próximas citas agendadas para asegurar el seguimiento médico.
- Uso de técnicas de clasificación. Tomando como base información histórica validada por una ginecóloga, la plataforma sugerirá tanto a la paciente como al médico general los pasos a seguir para obtener un diagnóstico temprano, haciendo énfasis en que el diagnóstico definitivo del SOP lo hace un especialista y no la plataforma.

4.2. *Flujo de trabajo esperado*

En esta sección se aborda el flujo de trabajo esperado de la plataforma, con el fin de proporcionar una visión estructurada de las interacciones entre los diferentes componentes del sistema y los usuarios.

El flujo de la plataforma, como se muestra en la Figura 1 con Diagrama de Actividades, comienza con la paciente, quien accederá desde una aplicación móvil donde ingresará la información personal y la referente a su ciclo menstrual, además de otros datos relevantes para la detección del SOP. La plataforma realizará una primera clasificación con la información proporcionada por la paciente y, contrastándola con información histórica, el resultado le indicará si es recomendable que visite a un(a) médico(a) general para llevar un seguimiento.

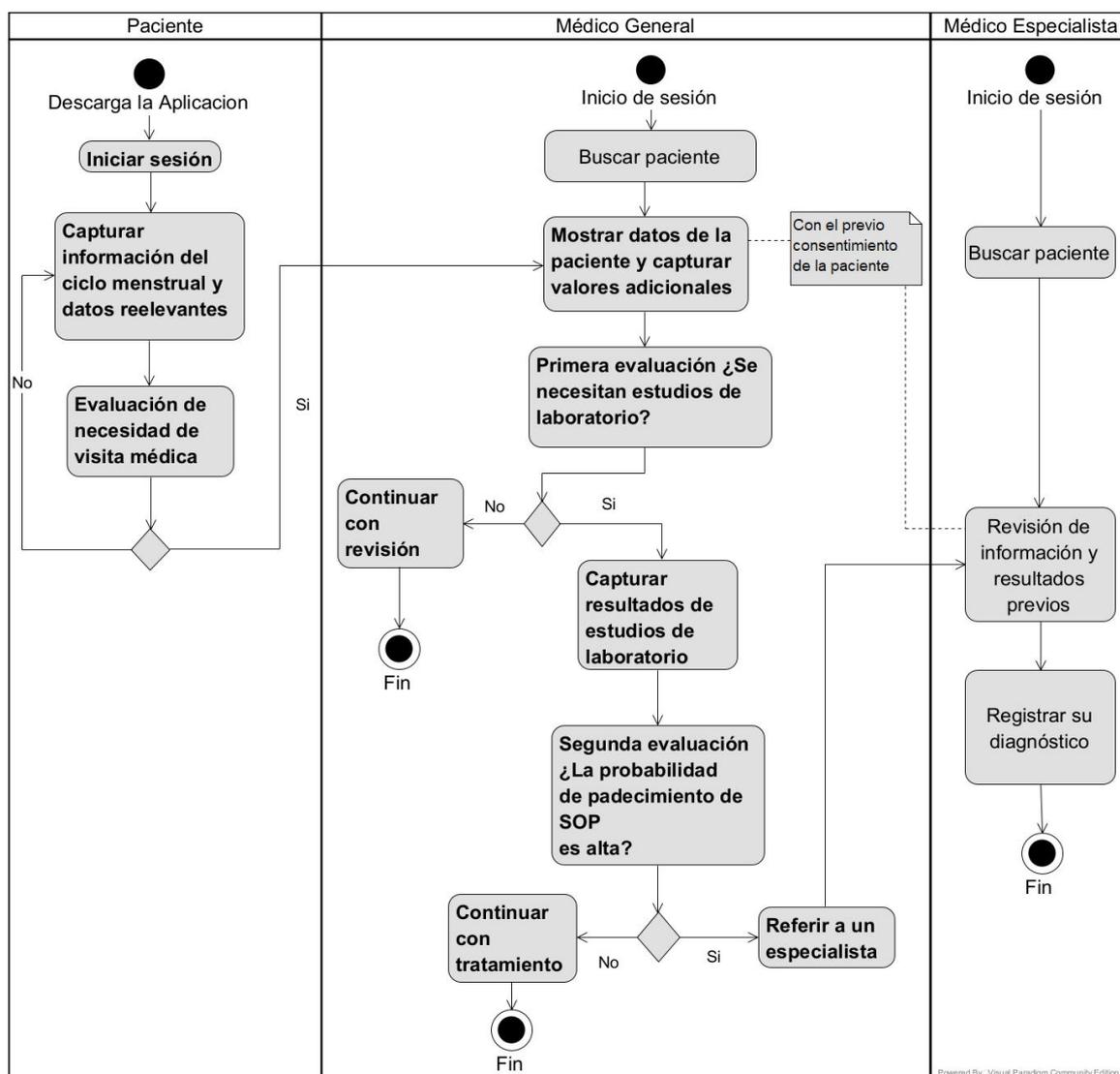


Figura 1. Flujo de la plataforma.

Por su parte, tanto el(la) médico(a) general y el(la) especialista contarán con una aplicación web donde, previa autorización, tendrán acceso a los datos de la paciente, también tendrán la opción de ingresar más valores que sean pertinentes para complementar la información de la paciente, por ejemplo, los resultados laboratoriales y de gabinete, de manera que al final se encuentren con todas las variables necesarias con el fin de llegar a un diagnóstico adecuado. A primer nivel (Medicina General), se contará con la información de la paciente complementada con indicadores otorgados por el médico general, por ejemplo, la tensión arterial, de dicho conjunto de datos se hará una segunda clasificación, donde, de acuerdo con los resultados, se le sugerirá al médico(a) general que solicite estudios de laboratorio a la paciente y, con esos valores, se hará una tercera clasificación para, en su caso, sugerir la referencia a un(a) especialista. A segundo nivel (Especialidad), se contará con la información de la paciente, de sus estudios laboratoriales y de los resultados de clasificación previos y, a juicio del (la) especialista, se sugerirán estudios de gabinete y/o se dará el diagnóstico definitivo de SOP.

4.3. Arquitectura

Desde una perspectiva general, como se ha mencionado anteriormente, la plataforma está formada de dos aplicaciones, una para dispositivo móvil y otra web; la Figura 2 muestra, mediante un diagrama de componentes, los elementos generales necesarios para el funcionamiento de la plataforma.

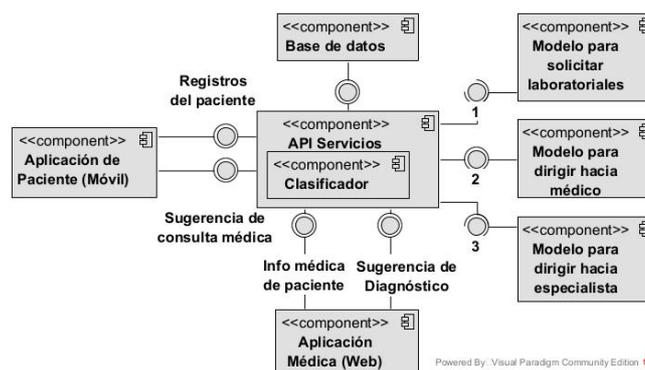


Figura 2. Arquitectura general del sistema.

- Aplicación de paciente (Móvil). Este componente es una app encargada de gestionar los datos proporcionados por la paciente mediante de formularios. Se comunica con el API Servicios para almacenar/consultar la información tanto de la paciente como de sus registros médicos.
- API Servicios. Es el intermediario entre el almacenamiento de la información (modelos y registros de datos) y las aplicaciones tanto de la paciente como de los profesionales de la salud. Bajo elementos de seguridad permitirá el registro y consulta de información, así como el acceso a los modelos de Minería de Datos. Cuenta con el subcomponente Clasificador que permitirá la explotación de los modelos de clasificación mencionados anteriormente: la primera clasificación le sugerirá a la paciente la necesidad de una visita médica a partir de los datos que ella capture en la aplicación móvil; la segunda clasificación realizará un análisis de los datos generales y antecedentes de la paciente, con lo que sugerirá al médico general si son necesarios estudios de laboratorio para descartar el SOP. La tercera clasificación analizará los resultados laboratoriales junto con el resto de la información de la paciente y sugerirá al médico la probabilidad de que la paciente padezca SOP y la necesidad de referir a la paciente con un médico especialista para obtener un diagnóstico definitivo.
- Aplicación médica. Mostrará los datos proporcionados por la paciente y permitirá añadir nuevos al médico general o especialista. Este componente, a través del API Servicios, hará uso de dos de los modelos de clasificación.
- Base de datos. Almacenará la información previamente gestionada por el API de servicios.

Desde un punto de vista tecnológico, las dos aplicaciones de la plataforma se construirán utilizando un estilo arquitectónico en capas (Figura 3).

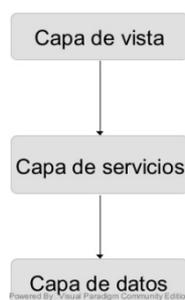


Figura 3. Diagrama de estilo arquitectónico en capas.

- Capa de datos. Aquí se encuentran los componentes de Base de Datos y Modelos de Minería de Datos. La Base de Datos utilizará un gestor PostgreSQL versión 15, mientras que los Modelos de Minería de Datos se realizarán utilizando Weka versión 3.8.
- Capa de servicios. Aquí se encuentra el componente de API Servicios, que se construirá utilizando Spring versión 6, específicamente los módulos para trabajar servicios RESTful; también hará uso de la biblioteca Weka versión 3.8 para explotar los modelos.

- Capa de vista. En esta capa se encuentran los componentes de ambas aplicaciones.
 - La Aplicación de Paciente utilizará React Native versión 0.74 y Expo 51.0.
 - La Aplicación Médica se codificará con React versión 18.2 y PrimeReact versión 10.6.

4.4. Requerimientos

En este apartado se detallan los requerimientos funcionales y no funcionales según las necesidades identificadas en el estado del arte y en entrevistas con la especialista en Ginecología y con la médica general.

En la Figura 4 se muestran los requerimientos funcionales de la aplicación para dispositivo móvil mediante un Diagrama de Casos de Uso.

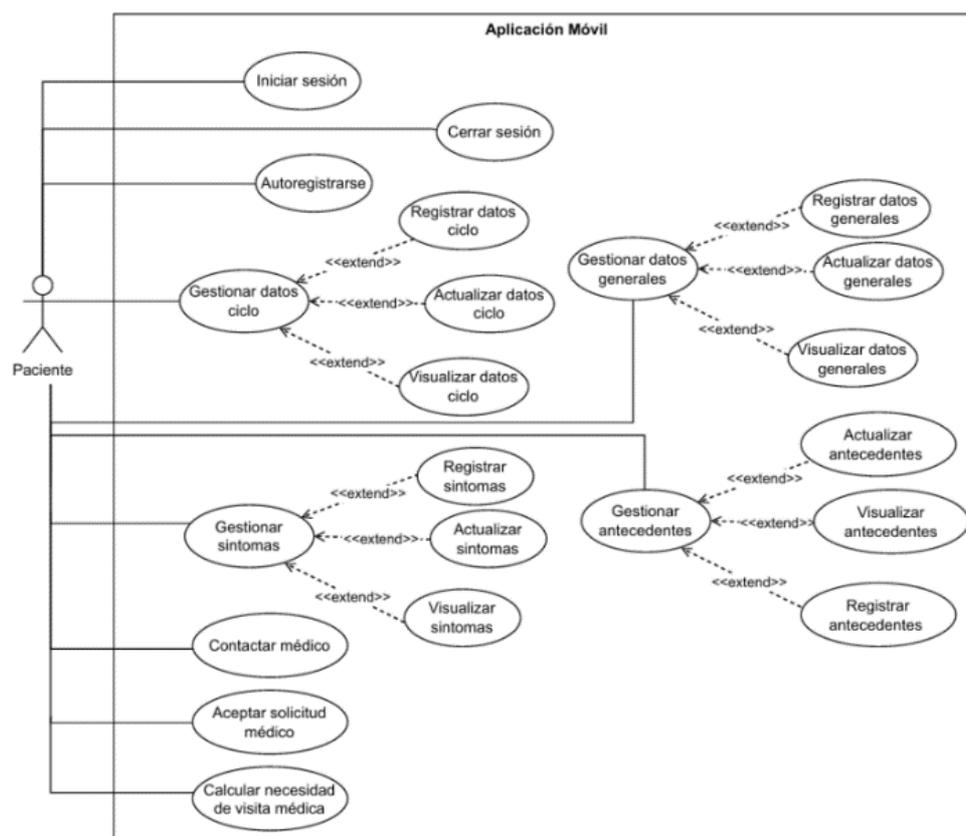


Figura 4. Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil.

- Iniciar sesión. Por medio de un formulario la paciente ingresa la información solicitada para iniciar sesión en la aplicación móvil.
- Cerrar sesión. Permite a la paciente salir de la aplicación móvil.
- Autoregistrarse. Permite que la paciente se registre en la aplicación móvil, ingresando su información básica a través de un formulario.
- Gestionar datos del ciclo. Mediante esta función la paciente registra, actualiza y consulta los datos referentes a su ciclo menstrual, apoyándose en un calendario y una sección de notas donde ingresa más detalle de su ciclo menstrual.
- Gestionar síntomas. La paciente registra, actualiza y consulta los síntomas presentados durante la etapa de su ciclo menstrual, mediante opciones generales que muestran síntomas frecuentes, desde el punto de vista médico, en dicho periodo.
- Gestionar datos generales. Permite que la paciente registre y consulte sus datos generales; por ejemplo: peso, estatura, fecha de nacimiento, entre otros. La aplicación permitirá, a partir de esta información, calcular otras como el Índice de Masa Corporal (IMC).

- Gestionar antecedentes. Mediante esta función la paciente registra, actualiza y consulta sus antecedentes, tanto gineco-obstétricos como heredo-familiares.
- Contactar médico. La paciente tiene la posibilidad de elegir, entre los(as) médicos(as) registrados(as) en la plataforma, quién llevará su seguimiento médico. Es importante notar que la paciente sólo tendrá la cita si el(la) médico acepta el contacto desde la aplicación Web.
- Aceptar solicitud del médico. Mediante esta función la paciente aceptará la solicitud del médico general o especialista para acceder a su información.
- Calcular necesidad de visita médica. La paciente podrá calcular mediante la plataforma si es necesario que consulte a un médico general, esto a través del análisis de sus datos; si estos muestran algún signo irregular la aplicación le sugerirá buscar atención médica.

En la Figura 5, se observan los requerimientos funcionales de la aplicación web, que usan el(la) médico general y el(la) médico especialista.

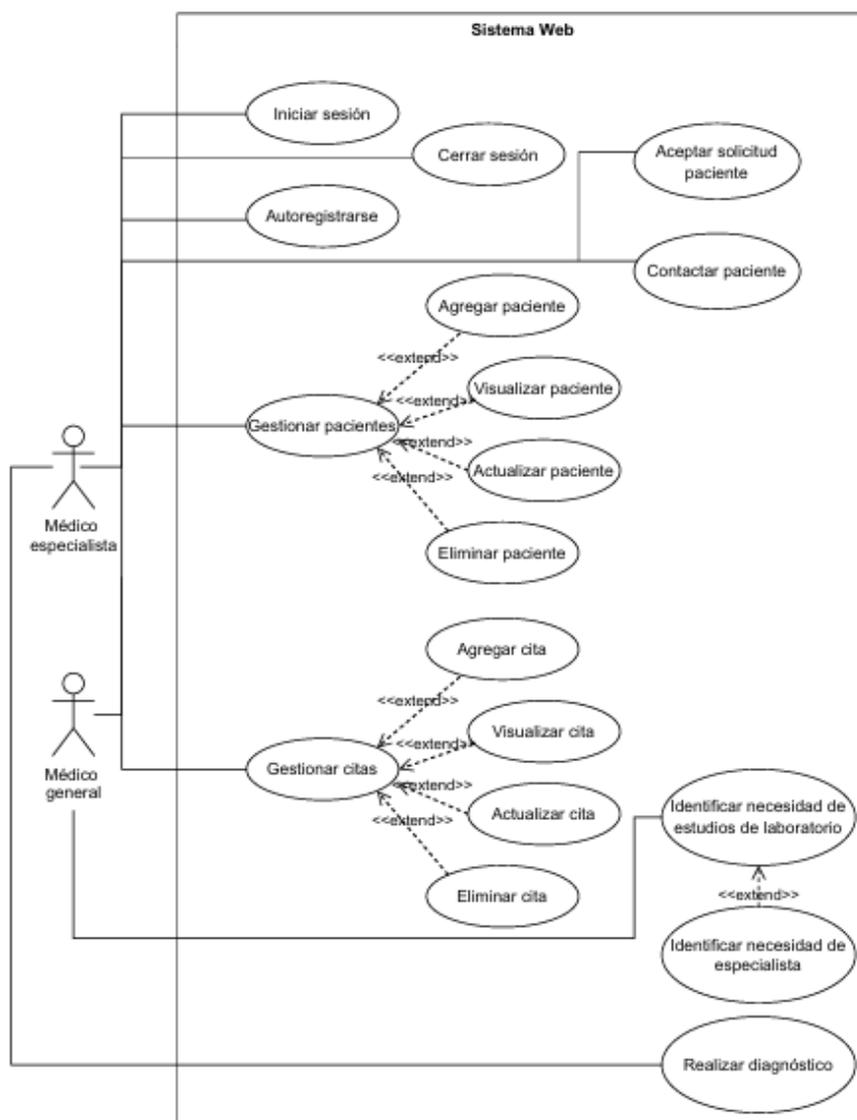


Figura 5. Diagrama de casos de uso de la aplicación web.

- Iniciar sesión. El(la) médico ingresa sus credenciales para trabajar en la plataforma de manera segura.
- Cerrar sesión. Permite al médico salir de la aplicación Web.
- Autoregistrarse. Permite que el(la) médico registre su información en la plataforma para posteriormente trabajar con la información de las pacientes.

- Gestionar pacientes. El médico tiene la opción de agregar, visualizar, actualizar y eliminar una paciente de su agenda dentro del sistema. Dentro de esta función se considera el visualizar los datos generales y los antecedentes de las pacientes, así como el agregar notas complementarias. También tiene la posibilidad de gestionar los datos clínicos de la paciente, así como los datos laboratoriales en su caso. Es importante notar que el (la) médico sólo tiene acceso a la información si la paciente otorga el permiso correspondiente desde la aplicación móvil.
- Gestionar citas. El médico tiene la posibilidad de agregar, visualizar, actualizar y eliminar una cita según sea necesario.
- Identificar necesidad de estudios de laboratorio. Aquí el(la) médico general obtiene una sugerencia de la plataforma respecto a la necesidad de ordenar estudios de laboratorio para la paciente. Esto a través de técnicas de clasificación considerando toda la información proporcionada hasta el momento.
- Identificar necesidad de especialista. Esta funcionalidad sugiere al médico general si es necesario referir a la paciente con un(a) especialista. Esto a través de técnicas de clasificación que incluyen los resultados laboratoriales y que calculan la probabilidad de que la paciente padezca SOP.
- Realizar diagnóstico. El médico especialista consulta los datos y los análisis generados por la plataforma a partir de dicha información, que le servirán de apoyo para realizar un diagnóstico definitivo a la paciente. Este diagnóstico se almacena dentro del sistema como un registro textual.
- Aceptar solicitud de paciente. Mediante esta función el médico acepta la solicitud de la paciente, agregándola como parte de su agenda, esto con el fin de tener acceso a su información.
- Contactar paciente. El médico busca el nombre de la paciente a la que va a atender si no estuviera como contacto en su agenda, el sistema entonces envía una solicitud a la aplicación de la paciente quien debe aceptarla para que el médico tenga acceso a sus datos. Este punto cubre el caso en que la paciente llegue directamente al consultorio de Medicina General sin haber utilizado primero la aplicación móvil.

Como parte de los requisitos no funcionales se tienen los siguientes:

- Seguridad. Para la plataforma, la protección de los datos personales es una prioridad, ya que se cuentan con datos sensibles de las pacientes. En el sentido legal, la plataforma contará con los elementos de “Términos y Condiciones de Uso” que exige la ley mexicana. Por otra parte, la implementación de solicitud de acceso entre paciente y médico es una parte necesaria para la gestión de información segura a nivel funcional. Además, el uso del módulo Spring Security, parte de la tecnología Spring mencionada en el apartado de Arquitectura, provee los elementos necesarios para trabajar con tokens (API Key). Por último, también se hará uso de certificados de seguridad para trabajar con HTTPS y SSL.
- Optimización de consumo de red. Ya que el desarrollo del sistema está orientado hacia población del sector rural o semirural, es importante que el uso de la plataforma consuma poco ancho de banda. Para lograr dicho fin, la implementación del almacenamiento en caché de la información es un punto importante dentro de este requisito.
- Usabilidad. La plataforma debe mostrar mensajes y notificaciones claros para el usuario final, teniendo en cuenta las diferencias técnicas de ambos (paciente/profesional de la salud). Además, para facilitar la captura y disminuir los errores durante la misma, las aplicaciones manejarán listas de opciones en vez de captura directa donde sea posible; de igual forma, la captura de valores numéricos estará validada en rangos proporcionados por profesionales de la salud, de manera que se obtenga una recopilación de datos correcta. Además, tanto la *app* como la aplicación Web contarán con estilos visuales verificados tanto por médicos como por potenciales pacientes.

4.5. Maquetado

Esta sección muestra una representación preliminar del diseño gráfico de la plataforma; debido a las limitantes propias del artículo, se muestran sólo dos pantallas de cada aplicación.

En la Figura 6 se observa el menú de inicio para la paciente en la app. En esta pantalla se encuentran las opciones: Calendario, Notas, Datos generales, Antecedentes, Contacta a tu Doctor y Calcular Visita Médica. También tiene una sección de Dudas en la parte inferior izquierda y en la parte inferior derecha aparecerá la notificación si tiene una solicitud de acceso a sus datos por parte de un(a) médico.

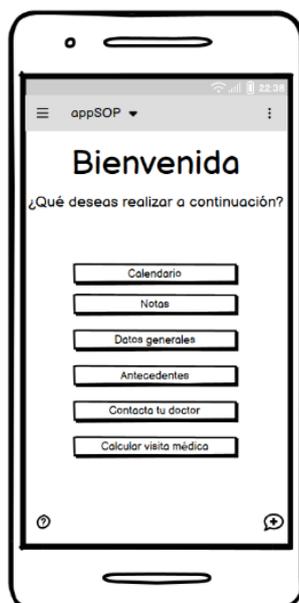


Figura 6. Pantalla del menú de inicio de la *app*.

En la Figura 7 se muestra la pantalla de Calcular Visita Médica de la *app*; se llega ahí a partir del menú mostrado en la figura anterior. Una vez finalizado el análisis de los datos, se muestra el mensaje para sugerir, en su caso, que acuda con un(a) médico general.



Figura 7. Pantalla de calcular visita médica.

En la Figura 8 se visualiza en que el médico consultará los antecedentes de la paciente dentro de la aplicación web. También tiene la sección de Antecedentes Clínicos, donde el médico capturará datos tales como la presión arterial sistólica y diastólica de la paciente. Además, tiene la posibilidad de agregar notas médicas para su uso o, en su caso, para el(la) especialista.

Figura 8. Pantalla Antecedentes en la aplicación web.

En la Figura 9 se muestra la pantalla para el médico general una vez que se tienen los resultados de laboratorio, que permite calcular la necesidad de referir a la paciente a un especialista ante la sospecha de que padezca SOP, la aplicación muestra una breve explicación de la razón para referir o no a la paciente con el especialista.

Figura 9. Pantalla cálculo de SOP en la aplicación web.

Tanto la *app* para la paciente como la aplicación médica utilizan más pantallas que ya fueron realizadas y validadas tanto con la ginecóloga como con la médica general.

5. Trabajos a futuro

Como trabajos a futuro, se tiene la recopilación de datos mediante encuestas, historiales médicos y *datasets* abiertos con la finalidad obtener los modelos de clasificación para identificar la necesidad de buscar atención médica, realizar exámenes de laboratorio y/o referir una paciente a un(a) especialista.

También se trabaja con el diseño técnico de la plataforma, considerando las diferencias de la *app* y la aplicación web, todo esto tomando como base el análisis descrito en este artículo.

6. Conclusiones

La muestra de trabajos previos que abordan el tema del SOP, dentro del Estado del Arte de este artículo, demuestra la importancia que se da actualmente a la salud femenina, haciendo énfasis en el Síndrome de Ovario Poliquístico

(SOP) y en las aportaciones de la Inteligencia Artificial a la Medicina como un apoyo a la detección de este tipo de padecimientos. Por otra parte, la incorporación de encuestas a potenciales pacientes y entrevistas a profesionales de la salud, tanto de Medicina General como de Ginecología, permitió obtener las necesidades de los directamente involucrados y reflejar éstas en productos de Ingeniería de Software como los diagramas y maquetados mostrados.

El análisis de la problemática permite hacer conciencia sobre la importancia de un diagnóstico preciso y oportuno incluso en los casos donde no se tiene un fácil acceso a estudios de gabinete y consultas de especialidad.

El contar con una especialista que apoye a delimitar los elementos de salud y verificar la calidad de los resultados otorga una base sólida para que la plataforma sea una ayuda efectiva tanto para la paciente como para los profesionales de la salud incluso si no son especialistas.

Pensar en una contribución para el diagnóstico de SOP no es suficiente, tomar en cuenta la perspectiva médica no basta; por tanto, es imprescindible analizar el problema desde el punto de vista de la paciente que presenta dicha enfermedad, para así realizar una plataforma no solo funcional, sino que también sea capaz de transmitir seguridad y tranquilidad a la paciente al sentirse atendida de manera personal.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) mediante la convocatoria “Becas Nacionales para Estudios de Posgrado 2023” así como el apoyo del Tecnológico Nacional de México para el desarrollo del presente trabajo.

8. Referencias

- [1] Consejo Nacional de Población. (2022). *Día Internacional de Acción por la Salud de las Mujeres*. <https://www.gob.mx/conapo/articulos/dia-internacional-de-accion-por-la-salud-de-las-mujeres-303826?idiom=es>
- [2] Cámara de Diputados. (2017). *Entre 6 y 10 por ciento de las mexicanas padece Síndrome del Ovario Poliquístico*. <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/es/Comunicacion/Boletines/2017/Julio/31/3888-Entre-6-y-10-por-ciento-de-las-mexicanas-padece-Sindrome-del-Ovario-Poliquistico>
- [3] Corona Vázquez, T., Medina Mora, M. E., Ostrosky Wegman, P., Sarti Gutiérrez, E. J., Uribe Zúñiga, P. (2014). *La mujer y la salud en México*. Intersistemas S.A. de C.V.
- [4] Mayo Clinic. (2023). *Síndrome de ovario poliquístico*. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/pcos/symptoms-causes/syc-20353439>
- [5] Teede, H., Tay, C. T., Laven, J. S. E., Dokras, A., Moran, L. J., Piltonen, T. (2023). *International evidence-based guideline for the assessment and management of Polycystic Ovary Syndrome 2023*. Monash University. <https://doi.org/10.26180/24003834.V1>
- [6] Vanhauwaert, P. S. (2021). Síndrome de ovario poliquístico e infertilidad. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 32 (2), 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2020.11.005>
- [7] Food and Travel. (2020). *Apps para el cuidado femenino*. <https://foodandtravel.mx/apps-para-el-cuidado-femenino/>
- [8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID)*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enadid/2018/>
- [9] MedlinePlus. (2022). *Salud de las mujeres*. <https://medlineplus.gov/spanish/womenshealth.html>
- [10] Concha, F., Sir, T., Recabarren, S. E., Pérez, F. (2017). Epigenética del síndrome de ovario poliquístico. *Revista médica de Chile*, 145 (7), 907–915. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872017000700907>
- [11] Hamet, P., Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- [12] Buulolo, E., Kom, S., Kom, M. (2020). *Data Mining Untuk Perguruan Tinggi*. Deepublish.
- [13] Kantardzic, M. (2019). *Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms* (3ra Ed.). Wiley-IEEE Press.
- [14] Cognizant. (2024). *Plataforma digital*. <https://www.cognizant.com/es/es/glossary/digital-platform>
- [15] GCFGlobal. (2024). *Informática Básica: ¿Qué es una aplicación móvil?* <https://edu.gcfglobal.org/es/informatica-basica/que-es-una-aplicacion-movil/1/>

- [16]Bharati, S., Podder, P., Hossain Mondal, M. R. (2020). *Diagnosis of Polycystic Ovary Syndrome Using Machine Learning Algorithms*. IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), Dhaka, Bangladesh. <https://doi.org/10.1109/TENSYP50017.2020.9230932>
- [17]Elmannai, H., El-Rashidy, N., Mashal, I., Alohal, M. A., Farag, S., El-Sappagh, S., Saleh, H. (2023). Polycystic Ovary Syndrome Detection Machine Learning Model Based on Optimized Feature Selection and Explainable Artificial Intelligence. *Diagnostics*, 13 (8), 1-21. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13081506>
- [18]Ramamoorthy, S., Vinodhini, R., Sivasubramaniam, R. (2019). *Monitoring the growth of Polycystic Ovary Syndrome using Mono-modal Image Registration Technique*. ACM India Joint International Conference on Data Science and Management of Data, Kolkata, India. <https://doi.org/10.1145/3297001.3297024>
- [19]Fox, S. E., Menking, A., Eschler, J., Backonja, U. (2020). Multiples Over Models. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 27 (4), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3397178>