

Una revisión exploratoria de aplicaciones para dispositivos móviles para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson

Francisco Javier García Dimas
Tecnológico Nacional de México/I.T.
Orizaba
Orizaba, México
M21011173@orizaba.tecnm.mx

Giner Alor Hernández
Tecnológico Nacional de México/I.T.
Orizaba
Orizaba, México
giner.ah@orizaba.tecnm.mx

Nancy Aracely Cruz Ramos
Tecnológico Nacional de México/I.T.
Orizaba
Orizaba, México
dci.ncruz@ito-depi.edu.mx

Beatriz Alejandra Olivares Zepahua
Tecnológico Nacional de México/I.T.
Orizaba
Orizaba, México
beatriz.oz@orizaba.tecnm.mx

Luis Ángel Reyes Hernández
Tecnológico Nacional de México/I.T.
Orizaba
Orizaba, México
luis.rh@orizaba.tecnm.mx

Resumen— La enfermedad de Parkinson (EP) está catalogada como neurodegenerativa y progresiva que se manifiesta principalmente en adultos mayores, cabe destacar que no tiene cura y que los síntomas se tratan con medicamentos para aliviar algunos malestares. Este trabajo tiene como objetivo presentar una revisión exploratoria de aplicaciones para dispositivos móviles que aborden la enfermedad de Parkinson en torno a 4 aspectos: (1) principales funcionalidades, (2) aplicaciones más utilizadas, (3) aplicaciones con mayores características, y (4) tiendas con mayor número de aplicaciones. Los resultados de la revisión identifican a los ejercicios de marcha y logopedia; el registro de seguimiento del progreso y síntomas; y la prueba o detección de movimiento (medición de temblor) como las funcionalidades más implementadas. Las aplicaciones más utilizadas son “Terapia Parkinson” y “Parkinson: Tratamiento – FAQ”. Las aplicaciones con más características son “APParkinson” para el tratamiento de los síntomas; “Parkinson’s LifeKit” para la monitorización; y “mPower” para la identificación.

Palabras clave— Enfermedades neurodegenerativas, Inteligencia Artificial, Parkinson.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existen cifras exactas de pacientes con la Enfermedad de Parkinson (EP) en México. Sin embargo, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía estima una prevalencia de 50 nuevos casos por cada 100 mil habitantes al año, además a nivel mundial se calcula que entre cuatro y cinco millones de personas mayores de 50 años padezcan esta enfermedad [1]. De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud), la EP es una enfermedad neurodegenerativa que afecta todo el sistema nervioso de los pacientes que la padecen y lo más destacado es que lamentablemente no tiene cura ni se dispone de algún medicamento para retardar la enfermedad, así que solo se tienen estrategias y medicamentos que ayudan a aliviar y tratar los síntomas. Por otro lado, existe una basta cantidad de soluciones tecnológicas que se utilizan para desarrollar herramientas que ofrecen apoyo a los médicos y pacientes que tratan y padezcan la EP. Debido a esto, es importante hacer una revisión sistemática de las aplicaciones móviles que aborden los síntomas de la EP, con el objetivo de identificar las características y funcionalidades que sean de mejor utilidad. En este trabajo se revisó una amplia literatura y se revisaron dos de las tiendas de aplicaciones móviles más

importantes, de las que surgieron casos de éxito que declaran resultados interesantes e innovadores que sirvieron de mucha ayuda y se utilizaron como base para realizar esta revisión sistemática. Este trabajo está estructurado de las siguientes secciones: en la sección 2 se presenta el estado del arte, este contiene los trabajos más relacionados; en la sección 3 se describen los métodos y materiales utilizados en la revisión; en la sección 4 se encuentran los resultados y discusión; y por último se encuentran las conclusiones.

II. ESTADO DEL ARTE

Esta sección contiene los trabajos más relevantes respecto a la atención de la enfermedad de Parkinson (EP) mediante soluciones tecnológicas que tienen mayor relación, se encuentran agrupados de acuerdo a las funcionalidades y propósitos.

A. Aplicaciones con funcionalidades de identificación o diagnóstico de la EP.

En [2], propusieron un sistema para dispositivos móviles. El funcionamiento del sistema consistió en analizar la información que obtuvieron al colocar en el brazo de los pacientes, un teléfono inteligente para transmitir los datos al software Matlab. Los resultados que obtuvieron, mostraron una precisión del 95% y un coeficiente Kappa del 90%. En [3], desarrollaron una aplicación para dispositivos móviles para la cuantificación del temblor, llamada TREMOR12 y obtuvieron muestras de la aceleración y la rotación. Los datos se exportaron como un archivo de valores 3 separados por comas para su posterior análisis. Los resultados demostraron que la aplicación fue capaz de detectar y registrar las características del temblor. En [4], evaluaron a individuos con EP, los cuales completaron 5 tareas (voz, golpeteo de dedos, marcha, equilibrio y tiempo de reacción), con la aplicación. Se utilizó un enfoque basado en el aprendizaje automático, este generó una puntuación de la enfermedad de Parkinson, que calificó objetivamente las características. Al finalizar se obtuvo un novedoso enfoque de aprendizaje automático. En [5], desarrollaron una aplicación para dispositivos móviles que logró identificar la EP colectando un corto periodo de voz monosílaba, el cual analizó con un algoritmo que mide un conjunto de tiempo y frecuencia para mejorar las características de la huella de voz en el dominio del espectrograma. Además, desarrollaron una red neuronal convolucional para completar la identificación. Los resultados

muestran que DeepVoice logró una precisión del $90.45 \pm 1.71\%$ con un segmento de audio de tan solo 10 segundos. En [6], presentaron “Apkinson”, una aplicación para dispositivos móviles para la evaluación y monitorización motriz de los pacientes con EP, se basó en la postura; la articulación y pronunciación en el habla; la regularidad y congelación de la marcha en el caminar; y la precisión de las manos. La mayoría de las métricas fueron adecuadas para discriminar o identificar pacientes. Además, la aplicación ayudó a realizar un seguimiento más preciso de la progresión.

B. Aplicaciones con funcionalidades para tratar los síntomas de la EP.

En [7], desarrollaron una aplicación para dispositivos móviles STOP, esta integró un juego para dar seguimiento a los síntomas de la EP y un diario de ingesta de medicamentos. Se llevó a cabo un despliegue con pacientes de EP. Se obtuvo una visión significativa del trabajo futuro de STOP; los participantes reportaron “una sensación de control”. En [8], desarrollaron un diario electrónico (eDiary) específico para tratar y explorar la EP, basándose en evaluaciones ecológicas momentáneas (EMA). Se aplicó en un grupo de 20 pacientes de EP, utilizando el eDiary por 14 días consecutivos, sin ajustar sus rutinas de vida libre. Se encontraron correlaciones entre las respuestas dadas que apoyaron la validez interna del eDiary. APParkinson [9], tiene como objetivo brindar apoyo a la comunidad que padece la enfermedad de Parkinson; facilita el control de la información médica de los usuarios a través de distintas funciones como configurar alertas de medicación, realizar apuntes sobre síntomas, registrar notas de interés, fechas de consultas y acceder a una serie de ejercicios recomendados. Beats Medical Parkinson’s App [10], es una herramienta digital enfocada en pacientes de Parkinson para tratar los síntomas en el hogar por medio de terapias diarias personalizadas y un servicio dedicado al apoyo. Esta aplicación permite tratar tres síntomas principales: movilidad (la forma de caminar), destreza (movimientos finos de las manos) y discurso (habla y el lenguaje). Rhythm - Parkinson’s Gait App [11], fomenta la coordinación correcta en la marcha de pacientes con Parkinson con base en escuchar audios rítmicos, esta no es una aplicación médica, no proporciona información, tratamiento o diagnóstico médico. Parkinson Home Exercises contiene videos para más de 50 ejercicios en casa, así como consejos de movimiento e instrucciones para los ejercicios diarios y la movilidad. Está diseñada para que la utilicen pacientes y terapeutas. Los consejos y los ejercicios en video de alta calidad fueron compilados por investigadores y terapeutas expertos en el campo [12].

C. Aplicaciones con funcionalidades de monitoreo de la EP.

En [13], exploraron la viabilidad de utilizar una plataforma de mHealth para la monitorización remota de la EP, basada en un teléfono inteligente, un reloj y un par de plantillas inteligentes, el sistema se nombre PD_manager. La evaluación fue un análisis estadístico. El algoritmo proporcionó datos clínicamente significativos para la detección y evaluación del temblor. Terapia para párkinson [14], se centra en el apoyo para realizar distintas formas de rehabilitación en línea desde la comodidad del hogar, para ello ofrece dos modalidades; la primera es atención individual personalizada y la segunda es la rehabilitación grupal. Parkinson’s Disease Manager ofrece herramientas como: realizar seguimiento del progreso y síntomas; administrar medicamentos y tratamientos, incluidos los recordatorios;

usar la función de carga de fotos para compartir los síntomas visibles con los médicos; conectarse con sus médicos de cabecera; mantenerse actualizado con la información más reciente sobre la enfermedad de Parkinson [15]. Parkinson’s LifeKit contiene un conjunto de herramientas para monitorizar los síntomas de la enfermedad de Parkinson y encontrar patrones a lo largo del tiempo. La aplicación es capaz de utilizarse diariamente para monitorizar discinesias y temblores, movimiento físico (incluyendo voz y sistema nervioso central), función cognitiva (incluyendo memoria y agilidad mental), salud mental, fases de medicación e incluso actividades personalizadas [16]. La aplicación Parkinson mPower 2 utiliza cuestionarios y datos de sensores del teléfono para rastrear la condición de los pacientes diariamente. Sus funciones principales son: Mediciones innovadoras basadas en la actividad de los síntomas de Parkinson que incluyen golpeteo con los dedos, medición de temblores y caminar; Compartir conocimientos y asociarse con investigadores; realizar un seguimiento de los factores desencadenantes y las variaciones de los síntomas [17].

D. Aplicaciones que ofrecen información de la EP

Parkinson: Síntomas Y Tratamiento – FAQ [18], tiene el objetivo de brindar material didáctico informativo para el público interesado en conocer sobre la enfermedad del Parkinson, sus síntomas y tipos (juvenil y adulto), contiene artículos con un formato de revista digital con diversas funciones como contenido offline, texto a voz, historial de lectura, marcador de favoritos, modo lectura e historial de búsquedas.

E. Estudios, análisis o revisiones relacionados con la EP

En [19], realizaron un estudio de aceptación y viabilidad sobre la autogestión para pacientes con Parkinson. El estudio se aplicó a 204 participantes con EP. El 82,84% tiene una preferencia para el uso de estas aplicaciones, este grupo fue de los más jóvenes, con mayor educación y más aplicados para la medicación. En [20], realizaron una revisión sobre las aplicaciones disponibles para iOS y Android. Se encontraron aplicaciones para controlar síntomas y realizar ejercicios. Otro grupo fueron las aplicaciones informativas y aplicaciones para evaluar escalas de EP o recoger datos para ensayos clínicos. Cabe destacar que todos los síntomas de la EP son tratados por lo menos con una aplicación, pero no existe ninguna que gestione todos los síntomas. En [21], realizaron una revisión sistemática con el objetivo de analizar las capacidades, los desafíos y el impacto que tienen las aplicaciones de investigación de salud móvil (mHealth). Los resultados fueron que se identificaron 36 aplicaciones de ResearchKit. Las mHealth tienen el posicionamiento para mejorar el desarrollo y la validación de nuevos biomarcadores digitales, así como generar nuevos conocimientos biomédicos.

III. MATERIALES Y METODOS

Esta revisión se basa en el marco metodológico de Arksey y O’Malley [22] para realizar revisiones sistemáticas, así como en las recomendaciones de Levac [23] con respecto a dicho marco. De manera similar, se adoptó el modelo PRISMA propuesto por Moher [24] para informar revisiones sistemáticas y metaanálisis y la extensión del modelo PRISMA-ScR.

Se utilizó el trabajo de Tricco [25] para estructurar y presentar los hallazgos. La revisión de alcance comprende cinco fases de desarrollo: (1) identificar preguntas de investigación, (2) identificar estudios relevantes, (3)

seleccionar estudios relevantes, (4) graficar los datos y (5) cotejar, resumir e informar los hallazgos.

A. Preguntas de investigación

- PI1. ¿Cuáles son las aplicaciones para dispositivos móviles con mayores características o funcionalidades para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?
- PI2. ¿Cuáles son las principales funcionalidades y/o características que debe tener una aplicación para dispositivos móviles para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?
- PI3. ¿Cuáles son las aplicaciones para dispositivos móviles más utilizadas para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?
- PI4. ¿Qué tienda tiene el mayor porcentaje de aplicaciones para dispositivos móviles para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?

B. Criterios de inclusión y exclusión

En la primera etapa de la estrategia de búsqueda, se estableció buscar en las tiendas de los dos principales sistemas operativos de aplicaciones móviles, es decir, la Play Store de Android y la App Store de iOS y en trabajos de investigación, debido a que estas tiendas tienen el mayor alcance de usuarios finales. En la segunda etapa se definieron las palabras clave para realizar la búsqueda en las tiendas y en el caso de los trabajos de investigación se utilizó Google Scholar como biblioteca digital de búsqueda, la Tabla I contiene las palabras clave. Por último, en la tercera etapa para excluir y enfocarse en las principales aplicaciones se definieron características primordiales y funciones específicas para extraer un grupo de 10 aplicaciones, éstas se encuentran en la Tabla II.

TABLA I. PALABRAS CLAVE PARA BÚSQUEDA

Palabras clave
Implementaciones de ESalud para Parkinson
Tratamiento de Parkinson
Aplicaciones para dispositivos móviles para Parkinson
Terapia Parkinson
Ejercicios para Parkinson

TABLA II. CARACTERÍSTICAS Y/O FUNCIONES DE APLICACIONES PARA TRATAMIENTO DEL PARKINSON

Características y/o funciones
Ejercicios para disminuir el temblor
Ejercicios de precisión
Ejercicios de voz
Ejercicios de marcha
Ejercicios de rehabilitación
Ejercicios de relajación
Ejercicios de equilibrio
Test o evaluaciones

Características y/o funciones
Notificaciones, alertas o recomendaciones
Seguimiento y registro del estado del paciente
Idioma español o inglés

C. Selección de estudios y elegibilidad

Al final del proceso, se encontraron 22 aplicaciones relevantes: 11 en la Play Store de Android, 11 de la App Store de iOS y 2 en Google Scholar. Después de eliminar las duplicadas, se obtuvieron 15 aplicaciones. Posteriormente se excluyó una aplicación con un enfoque diferente al que se requería. De las 14 aplicaciones restantes, se evaluaron detenidamente y por último se seleccionó a las 10 con mejores características, el proceso se puede ver en la Figura 1.

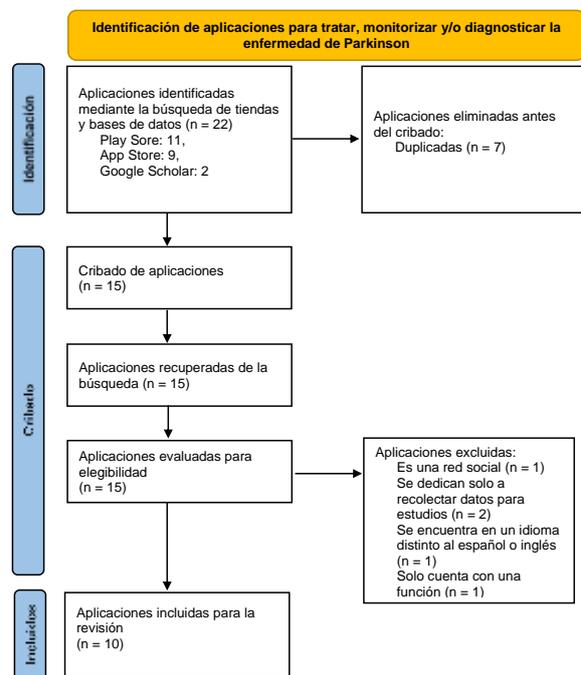


FIGURA 1. ESTUDIO DE PROCESO DE SELECCIÓN - DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Comparación de las aplicaciones para dispositivos móviles

Se analizaron las 10 aplicaciones seleccionadas, de acuerdo con las 4 preguntas de investigación propuestas, con el objetivo de compararlas. Para este proceso se revisaron todas y cada una de las funciones y/o características. Posteriormente, se agruparon aquellas con el mismo objetivo o que cubren la misma necesidad.

El primer tipo de funcionalidad localizado son los ejercicios, estos tienen el objetivo de mejorar por medio de actividades el control de síntomas.

Para que las aplicaciones se consideren con uno de los ejercicios siguientes deben incluir: instrucciones claras y

precisas de los ejercicios a realizar; el material de instrucción debe ser mínimo en texto; no es necesario, pero pueden incluir imágenes ilustrativas o animadas; y en un caso muy completo, incluir videos ilustrativos para demostrar cómo realizar las actividades. Los ejercicios son los siguientes:

Ejercicios de fisioterapia: Se encuentran ejercicios de marcha, es decir para caminar, para ejercitar las piernas, de movilidad de muñecas, coordinación de movimientos, incluso hasta de equilibrio.

Ejercicios de logopedia: Son terapias de ejercicios para el habla y el lenguaje, abarca problemas de volumen vocal, entonación, calidad de voz y respiración, con el objetivo de mejorar el discurso y pronunciación de los pacientes.

Ejercicios de terapia ocupacional: Son principalmente para practicar la motricidad fina con actividades de la vida diaria como la dificultad para abrochar botones o escribir a mano.

Ejercicios para la marcha (caminar): Esta actividad es muy precisa y solo se enfoca en instruir la forma de caminar para facilitar los movimientos.

Proveer audios rítmicos: Fomenta la coordinación correcta en la marcha de pacientes con Parkinson con base en escuchar audios rítmicos.

Ejercicios de postura: Son específicamente para mantener una postura física al estar sentado o de pie.

Ejercicios de equilibrio: Estos para desarrollar habilidades de equilibrio cuando se encuentra de pie o caminando incluso.

Ejercicios de flexibilidad: Para desarrollar flexibilidad en el cuerpo y facilitar los movimientos de los pacientes de EP.

Ejercicios de relajación: Tienen el objetivo de tranquilizar o establecer armonía en la mente y cuerpo de los pacientes.

Otra categoría más, son funcionalidades de monitoreo, que en la mayoría de los casos se implementan o funcionan con el médico de cabecera, las principales funcionalidades son:

Monitoreo en línea o tele rehabilitación: Esta dirigida por un terapeuta con especialización en temas de la EP, el usuario dispone de dichos temas para agendar su cita, ya sea de manera individual o grupal. Para que una aplicación se considere con esta funcionalidad se espera que cuente con un funcionamiento mínimo donde asistan o atiendan a un paciente por medio de un medio de comunicación como video o audio, este seguimiento o consulta la debe realizar un especialista por ejemplo el médico de cabecera.

Registrar seguimiento del progreso y síntomas: Por medio de controles deslizantes y botones, esta información se transforma en gráficos fáciles de leer y analizar. Se espera un funcionamiento mínimo donde se muestre algún formulario para registrar el progreso de los síntomas, donde el paciente sea quien registre dicha información.

Carga de fotos para compartir con médicos: Se espera que la aplicación permita capturar fotos o subirlas desde los archivos del dispositivo y enviarlas a los médicos de cabecera.

Compartir información con médicos o investigadores: Permite conectarse con sus médicos de cabecera para que puedan monitorear su progreso entre visitas y comprender mejor su condición. Se espera que la aplicación permita el registro del estado de salud del paciente y que los datos sean enviados al médico de cabecera.

Seguimiento de factores desencadenantes y variaciones de los síntomas: La aplicación debe enviar información

recopilada de los pacientes a investigadores y médicos para realizar un seguimiento.

El siguiente tipo es para el control por parte del paciente, las funcionalidades son:

Alertas de medicación: La aplicación debe permitir el ingreso de medicamentos, asignar un horario para ingerirlos y establecer una alerta para recordarlo.

Realizar apuntes: La aplicación debe incluir un apartado para realizar anotaciones de textos que sean de utilidad.

Agendar fechas de consultas: Se espera que la aplicación incluya un calendario con agenda para establecer recordatorios y en algunos casos notificar a los médicos de cabecera.

Otro tipo de funcionalidad es la detección o diagnóstico de la EP, para esta funcionalidad se encontraron:

Prueba o detección de movimiento (medición de temblor): Monitoriza los temblores involuntarios comunes con el Parkinson y le muestra la gravedad a lo largo del tiempo. Se determinó que para cumplir de manera exitosa con esta función la aplicación debe realizar la medición del temblor, mediante el uso o implementación del acelerómetro de los teléfonos inteligentes, en otros casos, por medio de pruebas de dibujo que evalúen los trazos realizados por el paciente.

Prueba con toques de dedos para evaluación del sistema nervioso: Es un sustituto bien investigado para la salud general del sistema nervioso central y para identificar patrones de comportamiento de movimientos de los pacientes.

Prueba cognitiva: Se usa para medir la salud cognitiva general. Se espera que la aplicación por medio de algún ejercicio, realice la evaluación de la capacidad cognitiva del paciente.

Prueba de voz/habla: Esta especializada en medir la capacidad de las cuerdas vocales para producir un amplio rango dinámico de volumen. La aplicación debe incluir el análisis por medio de algún método y cuantificar el volumen y ritmo al momento de hablar.

Prueba de salud mental para medir estado de ánimo: La aplicación debe incluir la funcionalidad de medir el estado emocional actual del paciente y realizar un seguimiento del estado de ánimo a lo largo del tiempo.

Test de memoria: Cuantifica la memoria a corto plazo. La aplicación debe permitir, por medio de ejercicios y test de memoria, una cuantificación o medición de la memoria del paciente.

Por último, existen funciones especiales que agregan un cierto tipo de utilidad general las cuales son:

Servicio de soporte: Es un servicio de parte de la empresa que desarrolló la aplicación para atender los problemas técnicos y/o instruir a los usuarios con dudas sobre el funcionamiento.

Ofrecer textos informativos: Ofrece material didáctico informativo para el público interesado en conocer sobre la enfermedad del Parkinson. Con diversas funciones como contenido offline, texto a voz, historial de lectura, marcador de favoritos, modo lectura e historial de búsqueda.

Tutoriales incluidos de la aplicación o guías de uso: Es para mostrar cómo usar la aplicación y darles a los usuarios una mejor explicación de los elementos y funciones.

Integración a la plataforma “Health” de Apple: Es una función que solo está disponible para aplicaciones de la tienda de la App Store y consiste en mantener una conexión entre la familia de dispositivos de Apple.

Generación de informes: Es una función muy importante para ver los datos del monitoreo y seguimiento de la EP, mediante reportes fáciles de comprender.

En la Tabla III, en la columna de “Funcionalidad” se listaron estas funcionalidades descritas anteriormente y las aplicaciones para comparar de forma más gráfica y ordenada, en las celdas donde están los valores de “Sí” y “No”, son para indicar que sí cuentan con la funcionalidad o que no cuenta con ella respectivamente.

B. Discusión

A continuación, se discuten los hallazgos encontrados, y se responden las preguntas de investigación planteadas al inicio de la revisión. Las respuestas son determinadas de forma objetivo y de acuerdo a la información analizada.

- P11. ¿Cuáles son las aplicaciones para dispositivos móviles con mayores características o funcionalidades para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?

De acuerdo a la comparación de funciones que se muestra en la Tabla 3, las aplicaciones con mayores funcionalidades son: Parkinson's LifeKit con 13; “APParkinson” con 12; y “Parkinson's Disease Manager” con 8.

Pero de acuerdo a las 3 categorías de aplicaciones se tiene que, para el diagnóstico, la aplicación con mayor número de funcionalidades es “mPower”; para la monitorización y seguimiento se encuentra “Parkinson's LifeKit” con 13; y por último para el tratamiento se posiciona “APParkinson” con 12 funciones.

- P12. ¿Cuáles son las principales funcionalidades y/o características que debe tener una aplicación para dispositivos móviles para la monitorización, tratamiento y/o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?

De las 10 aplicaciones seleccionadas se logró identificar las principales funcionalidades, para ello se agruparon las 10 características y/o funcionalidades más utilizadas y en la figura 4 se graficaron la cantidad que éstas son implementadas por las aplicaciones. Generalmente las 2 funciones principales son sobre estímulos para que los pacientes realicen ejercicios que de alguna forma ejerciten las partes de su cuerpo más afectadas, en este caso el mayor síntoma es el temblor y tartamudeo al hablar. Al analizar estos datos en la gráfica, se identificó que de las 10 aplicaciones: 7 implementan la función de “Ejercicios de marcha (caminar)” por lo tanto se considera como la más utilizada; con 6 implementaciones están los “Ejercicios de logopedia” es decir para el habla y pronunciación; y con 4 implementaciones esta “Registrar seguimiento del progreso y síntomas” de la categoría de monitoreo y “Prueba o detección de movimiento (medición de temblor)” de la categoría de diagnóstico o detección de la EP.

TABLA III. COMPARACIÓN DE FUNCIONES DE APLICACIONES

Funcionalidad	Aplicación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ejercicios de fisioterapia	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Ejercicios de logopedia	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No
Ejercicios de terapia ocupacional	No	Sí	Sí	No						
Ejercicios para la marcha (caminar)	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Proveer audios rítmicos	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	No
Ejercicios de postura	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No
Ejercicios de equilibrio	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Ejercicios de flexibilidad	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Ejercicios de relajación	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No
Monitoreo en línea o tele rehabilitación	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No
Registrar seguimiento del progreso y síntomas	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Carga de fotos para compartir con médicos	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No
Compartir información con médicos o investigadores	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí
Seguimiento de factores desencadenantes y variaciones de los síntomas.	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí
Alertas de medicación	No	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No
Realizar apuntes	No	Sí	No	Si	No	No	No	Sí	No	No
Agendar fechas de consultas	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	No
Prueba o detección de movimiento (medición de temblor)	No	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	Sí
Prueba con toques de dedos para evaluación del sistema nervioso	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Prueba cognitiva	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No
Prueba de voz/habla	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No
Prueba de salud mental para medir estado de ánimo	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No
Test de memoria	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No
Servicio de soporte	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No
Brindar textos informativos	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No
Tutoriales incluidos de la aplicación o guías de uso	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No
Integración a aplicación “Health” de Apple	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No
Crear informes	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No

1= Terapia para párkinson; 2 = APParkinson; 3 = Beats Medical Parkinson's App; 4 = Parkinson: Síntomas Y Tratamiento – FAQ; 5 = Rhythm - Parkinson's Gait App; 6 = Parkinson Home Exercises; 7 = Parkinson's Disease Manager; 8 = Parkinson's LifeKit; 9 = Apkinson; 10 = mPower.

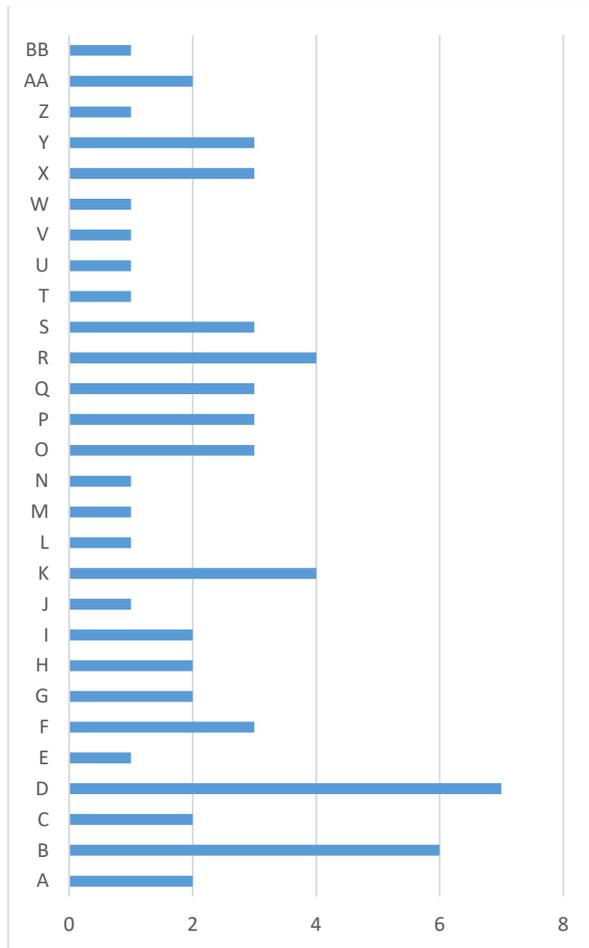


FIGURA 2. CUANTIFICACIÓN DE FUNCIONALIDADES MÁS IMPLEMENTADAS

A = Ejercicios de fisioterapia; B = Ejercicios de logopedia; C = Ejercicios de terapia ocupacional; D = Ejercicios para la marcha (caminar); E = Proveer audios rítmicos; F = Ejercicios de postura; G = Ejercicios de equilibrio; H = Ejercicios de flexibilidad; I = Ejercicios de relajación; J = Monitoreo en línea o tele rehabilitación; K = Registrar seguimiento del progreso y síntomas; L = Carga de fotos para compartir con médicos; M = Compartir información con médicos o investigadores; N = Seguimiento de factores desencadenantes y variaciones de los síntomas; O = Alertas de medicación; P = Realizar apuntes; Q = Agendar fechas de consultas; R = Prueba o detección de movimiento (medición de temblor); S = Prueba con toques de dedos para evaluación del sistema nervioso; T = Prueba cognitiva; U = Prueba de voz/habla; V = Prueba de salud mental para medir estado de ánimo; W = Test de memoria; X = Servicio de soporte; Y = Brindar textos informativos; Z = Tutoriales incluidos de la aplicación o guías de uso; AA = Integración a aplicación "Health" de Apple; BB = Crear informes.

- PI3. ¿Cuáles son las aplicaciones para dispositivos móviles más utilizadas para la monitorización, tratamiento o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?

Para este punto se realizó una búsqueda en las tiendas oficiales Play Store de Android y en la App Store de Apple, para revisar el número de descargas de las aplicaciones. En la Play Store solo se encontró el número aproximado de descargas. En cuanto a la App Store no tiene la opción de visualizar el número de descargas de las aplicaciones. En la Tabla IV se muestra los números de descargas aproximados de manera descendente de la Play Store. Se logró identificar que las aplicaciones con mayor número de descargas son "Terapia Parkinson" y "Parkinson: Tratamiento – FAQ" con más de 1,000 descargas.

TABLA IV. NÚMERO DE DESCARGAS DE LAS 10 APLICACIONES SELECCIONADAS.

Aplicación	Número de descargas
Terapia Parkinson	1,000+
Parkinson : Tratamiento - FAQ	1,000+
APParkinson	500+
Beats Medical Parkinson's App	100+
Parkinson Home Exercise	100+
mPower	100+
Rhythm - Parkinson's Gait App	No disponible
Parkinson's Disease Manager	No disponible
Parkinson's LifeKit	No disponible
Apkinson	No disponible

En cuanto a la puntuación de estrellas que tienen cada una de las aplicaciones, solo algunas tienen una valoración por parte de los usuarios y se englobó la valoración de las dos tiendas, la Play Store y la App Store. En la tabla V se muestra la cantidad aproximada de descargas de forma descendente de ambas tiendas.

TABLA V. PUNTUACIÓN DE ESTRELLAS DE LAS 10 APLICACIONES SELECCIONADAS

Aplicación	Puntuación en App Store o Play Store
Parkinson's LifeKit	4
Beats Medical Parkinson's App	3.5
Parkinson's Disease Manager	3.3
Parkinson Home Exercise	3
mPower	2.5
Terapia Parkinson	Sin calificación
APParkinson	Sin calificación
Rhythm - Parkinson's Gait App	Sin calificación
Parkinson : Tratamiento - FAQ	No disponible
Apkinson	No disponible

- PI4. ¿Qué tienda tiene el mayor porcentaje de aplicaciones para dispositivos móviles para la monitorización, tratamiento o diagnóstico de la enfermedad de Parkinson?

Como se puede observar en la figura 2, la tienda con mayor porcentaje de aplicaciones publicadas para descarga de las 22 identificadas al principio de la búsqueda, es la Play Store del sistema operativo Android, con un 55% que equivalen a 11 aplicaciones en comparación a la tienda App Store de iOS que tiene el 45% equivalente a 9 aplicaciones.



FIGURA 3. PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE DESCARGA DE LAS 22 APLICACIONES ENCONTRADAS

Por otro lado, al graficar está misma disposición de descarga, pero de las 10 aplicaciones seleccionadas, los porcentajes cambian y la tienda App Store tiene en el mayor porcentaje, con 57% equivalente a 8 aplicaciones y la Play Store cuenta con el 43% equivalente a 6 aplicaciones, la figura 3 muestra estos datos.



FIGURA 4. PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE DESCARGA DE LAS 10 APLICACIONES SELECCIONADAS PARA ANÁLISIS.

V. CONCLUSIONES

La enfermedad de Parkinson (EP) no tiene cura y es de vital importancia ya que el acelerado envejecimiento de las generaciones pronostica un aumento de la población con diagnóstico de EP. Dadas estas circunstancias es necesario la implementación y desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas y para ello se requiere del análisis de las funcionalidades más elementales, porque las aplicaciones podrían mejorar considerablemente la calidad de vida de los pacientes con EP.

Como principales hallazgos de las aplicaciones seleccionadas y analizadas, se encontraron resultados positivos de sus implementaciones, se lograron identificar las principales aplicaciones para el diagnóstico o identificación; monitorización y/o seguimiento; y para el tratamiento de los síntomas.

Para el diagnóstico o identificación la aplicación que más características posee es “Apkinson”, ya que utiliza varias métricas para discriminar o identificar pacientes con EP, se basa en la postura, articulación, pronunciación del habla, congelación al caminar, y la precisión de las manos, esta aplicación no está disponible en ninguna de las tiendas, pero pertenece a un proyecto de investigación.

Para la monitorización y seguimiento de la EP, se identificó a “Parkinson's LifeKit” como la aplicación más completa ya que esta integra: contiene un conjunto de herramientas para rastrear los síntomas de la enfermedad de Parkinson y encontrar patrones a lo largo del tiempo. La aplicación es capaz de rastrear discinesias y temblores, movimiento físico (incluyendo voz y sistema nervioso central), función cognitiva (incluyendo memoria y agilidad mental), salud mental, fases de medicación e incluso actividades personalizadas. Tiene funciones para registrar el régimen de los medicamentos; configurar alertas de recordatorios; tomar notas detalladas sobre la vida del paciente y crear informes para el médico de cabecera [16].

La aplicación con mayor calidad de ejercicios para el tratamiento de los síntomas es “APParkinson”, ya que cuenta con 3 secciones principales, estas son: alertas de medicación; datos de consulta que incluye descripción de síntomas, notas de interés y agendar próximas citas; y por último la sección más importante de ejercicios recomendados, esta sección se divide en 3 categorías: fisioterapia, logopedia y terapia ocupacional, dentro de cada categoría se encuentra una lista con ejercicios específicos detallados y con un video demostrativo para realizar cada uno de ellos.

Como trabajo futuro se pretende ampliar la revisión de aplicaciones móviles para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, incluyendo en la búsqueda a más bases de datos o repositorios de trabajos científicos, como IEEE Xplore, ACM (Association for Computing Machinery), Springer Link, entre otras. Además, se considerará la inclusión de aplicaciones para dispositivos móviles en otros idiomas distintos del inglés y español.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero y por estimular el desarrollo de la ciencia y tecnología en este país. Al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por permitir el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores, "Parkinson, segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente en personas mayores de 50 años," Gobierno de Mexico, 11 Abril 2019. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/inapam/es/articulos/parkinson-segunda-enfermedad-neurodegenerativa-mas-frecuente-en-personas-mayores-de-50-anos?idiom=es#:~:text=No%20existen%20cifras%20exactas%20de,100%20mil%20habitantes%20al%20a%C3%B1o..> [Accessed 19 Septiembre 2022].
- [2] L. Fraiwan, R. Khnouf and A. R. Mashagbeh, "Parkinson's disease hand tremor detection system for mobile application," Journal of Medical Engineering & Technology, vol. 20, no. 30, pp. 1-8, 15 Marzo 2016.
- [3] P. L. Kubben, M. L. Kuijff, L. P. Ackermans, A. F. Leentjes and Y. Temel, "TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification," Stereotactic and Functional Neurosurgery, vol. 94, no. 3, pp. 182-186, Agosto 2016.

- [4] M. Andong Zhan, S. Mohan, M. Christopher Tarolli, M. Ruth B. Schneider and M. Jamie L. Adams, "Using Smartphones and Machine Learning to Quantify Parkinson Disease Severity The Mobile Parkinson Disease Score," *JAMA Neurology*, vol. 75, no. 7, pp. 876-880, 2018.
- [5] H. Zhang, A. Wang, D. Li and W. Xu, "DeepVoice: A Voiceprint-based Mobile Health Framework for Parkinson's Disease Identification," *EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics*, pp. 214-217, 2018.
- [6] J. R. Orozco-Arroyave, J. C. Vasquez-Correa, P. Klumpp, P. A. Perez-Toro, D. Escobar Grisales, N. Roth, C. D. R'ios-Urrego, M. Strauss, H. A. Carvajal-Castaño, S. Bayerl, C.-O. Luis Reinel, T. Arias Vergara, A. Kunderle, F. O. Lopez-Pabón, L. F. Parra-Gallego, B. Eskofier, L. F. Gomez-Gomez, M. Schuster and E. Noth, "Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement," *Neurodegener Disease Management*, pp. 1-22, 2020.
- [7] E. Kuosmanen, V. Kan, A. Visuri, J. Vega, Y. Nishiyama, A. K. Dey, H. Harper and D. Ferreira, "Mobile-based Monitoring of Parkinson's," *MUM '18, Cairo, Egypt*, pp. 441-448, 2018.
- [8] J. Habets, M. Heijmans, C. Herff, C. Simons, A. F. Leentjens, Y. Temel, M. Kuijff and P. Kubben, "Mobile Health Daily Life Monitoring for Parkinson Disease: Development and Validation of Ecological Momentary Assessments," *JMIR MHEALTH AND UHEALTH*, vol. 8, no. 5, pp. 1-12, 2020.
- [9] A. C. Sucunza, "Google Play," 22 11 2019. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kiaranet.anapar&hl=es&gl=US>. [Accessed 17 06 2022].
- [10] Beats Medical, "Google Play," Beats Medical, 7 04 2021. [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.beatsmedical.parkinsonsapp&hl=es_MX&gl=US. [Accessed 18 06 2022].
- [11] A. Ink, "App Store," 2022. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/do/app/rhythm-parkinsons-gait-app/id1593081843>. [Accessed 19 06 2022].
- [12] European Foundation for Health and Exercise, "Parkinson Home Exercises App," European Foundation for Health and Exercise, [Online]. Available: https://www.efox.nl/parkinson_app.html. [Accessed 18 06 2022].
- [13] D. Gatsios, A. Antonini, G. Gentile, A. Marcante, C. Pellicano, L. Macchiusi, F. Assogna, G. Spalletta, H. Gage, M. Touray, L. Timotijevic, C. Hodgkins, M. Chondrogiorgi, G. Rigas, D. I. Fotiadis and S. Konitsiotis, "Feasibility and Utility of mHealth for the Remote Monitoring of Parkinson Disease: Ancillary Study of the PD_manager Randomized Controlled Trial," *JMIR MHEALTH AND UHEALTH*, vol. 8, no. 6, pp. 1-13, 29 Junio 2020.
- [14] Asociación Parkinson Madrid, "Google Play," Asociación Parkinson Madrid, 10 03 2022. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.parkinsonmadrid.appareasocios>. [Accessed 18 06 2022].
- [15] @Point of Care, "App Sotre," Apple Inc, 2022. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/us/app/parkinsons-disease-manager/id953530845?platform=iphone>. [Accessed 19 06 2022].
- [16] N. Pernisco, "App Store," Apple, 2022. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/us/app/parkinsons-lifekit/id1226151783>. [Accessed 19 06 2022].
- [17] Sage Bionetworks, a Not-For-Profit Research Organization, "App Store," Apple Inc, 2022. [Online]. Available: <https://apps.apple.com/us/app/parkinson-mpower-2/id1375781575>. [Accessed 20 06 2022].
- [18] Things To Do, "Google Play," Things To Do, 24 06 2018. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.proyectoultra24>. [Accessed 19 06 2022].
- [19] J. Hu, D. Z. Yuan, Q. Y. Zhao, X. F. Wang, X. T. Zhang, Q. H. Jiang, H. R. Luo, J. Li, J. H. Ran and J. F. Li, "Acceptability and practicability of self management for patients with Parkinson's disease based on smartphone applications in China," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 20, pp. 183-189, Agosto 2020.
- [20] S. Estévez Martín, "Mobile Applications for People with Parkinson's Disease: A Systematic Search in App Stores and Content Review," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 25, no. 7, pp. 740-763, 26 Julio 2019.
- [21] H. Schmitz, C. L. How, D. G. Armstrong y V. Subbian, «Leveraging mobile health applications for biomedical research and citizen science: a scoping review.» *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 25, n° 12, pp. 1-11, 1 Diciembre 2018.
- [22] H. Arksey and L. O'Malley, "Scoping studies: towards a methodological framework," *International Journal of Social Research Methodology*, vol. 8, pp. 19-32, 2005.
- [23] D. Levac and K. K. O'Brien, "Scoping studies: advancing the methodology," *Implement Sci*, vol. 5, no. 69, p. 1-9, 20 Septiembre 2010.
- [24] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman and The PRISMA Group, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," 21 Julio 2009.
- [25] A. Tricco, E. Lillie, W. Zarin, K. O'Brien, H. Colquhoun, D. Levac, D. Moher, M. Peters, T. Horsley, L. Weeks and e. al., "PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation," *Annals of Internal Medicine*, vol. 169, pp. 467-473, 2 Octubre 2018.