

## **Diagnóstico y seguimiento a pacientes con enfermedad de Parkinson con el empleo de *smartphone***

Diagnosis and monitoring of patients with Parkinson's disease with the use of Smartphone

Arlety Leticia García García<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3014-1467>

Armando Plasencia Salgueiro<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0009-2407-8404>

Eliany Rodríguez González<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6825-0220>

Jorge Unger Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0776-3417>

Alberto Salazar Peña<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1540-4262>

<sup>1</sup> Universidad Jesús Montané Oropesa. Municipio Especial Isla de la Juventud, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [algarciag@uij.edu.cu](mailto:algarciag@uij.edu.cu)

### **RESUMEN**

**Introducción:** en la actualidad, son muchos los esfuerzos que se realizan para lograr la exactitud en el diagnóstico médico y el posterior seguimiento a los pacientes. La enfermedad de Parkinson es una de las que ha sido objeto de investigaciones para estos fines, especialmente, en el área de la inteligencia artificial y, más específicamente, en el aprendizaje automático son varios los resultados que se muestran para corroborarlo.

**Objetivo:** encontrar evidencias a favor del uso de teléfonos inteligentes para la extracción de datos y las principales métricas y algoritmos empleados para la clasificación de pacientes con esta enfermedad.

**Métodos:** para el desarrollo de la búsqueda se siguió el criterio de la lista de verificación PRISMA (2020). Se tuvo en cuenta el período comprendido en los últimos 6 años, artículos escritos en idioma español o inglés; se seleccionaron estudios de fuentes como Scopus, PubMed, SciELO, IEEE, Google Académico y ACM. La última consulta se realizó en enero de 2025. Para evitar sesgo de revisión, se aceptaron artículos ya publicados y de los que se pudiera contar con su visualización. Para sintetizar los resultados se emplearon herramientas como Mendeley, Excell y la estadística descriptiva.

**Conclusiones:** existen evidencias hacia el empleo de los teléfonos inteligentes (Smartphones) para la clasificación de pacientes con Parkinson, dentro de las métricas más empleadas se encuentra la marcha, el temblor, la bradicinesia y, en los últimos años, se incorpora la voz como medida de evaluación temprana de esta enfermedad.

**Palabras clave:** parkinson; inteligencia artificial; aprendizaje automático; bradiquinesia; temblor en reposo; rigidez muscular; inestabilidad postural; voz.

## ABSTRACT

**Introduction:** currently, many efforts are being made to achieve accurate medical diagnoses and subsequent patient follow-up. One of the diseases that has been the subject of research for this purpose is Parkinson's disease. Particularly in the area of artificial intelligence, and more specifically machine learning, several results have been shown to corroborate this.

**Objective:** to find evidence supporting the use of smartphones for data extraction and the main metrics and algorithms used to classify patients with this disease.

**Methods:** the PRISMA (2020) checklist was used to conduct the search. The search covered the last 6 years and included articles written in Spanish or English. Studies were selected from sources such as Scopus, PubMed, SciELO, IEEE, Google Scholar, and ACM. The last search was conducted in January 2025. To avoid review bias, only previously published articles were accepted, as well as those that could be viewed. Tools such as Mendeley, Excel, and descriptive statistics were used to synthesize the results.

**Development:** 72 articles were obtained that met the criteria for review, 20 of which used cell phones for data extraction and classification.

**Conclusions:** there is evidence supporting the use of smartphones for the classification of patients with Parkinson's disease. Among the most commonly used metrics are gait, tremor, bradykinesia, and in recent years, voice has been incorporated as an early assessment measure for this disease.

**Keywords:** parkinson's disease; artificial intelligence; machine learning; bradykinesia; resting tremor; muscle rigidity; postural instability; voice.

Recibido: 27/03/2025

Aceptado: 07/07/2025

## Introducción

El Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa, considerada la segunda en importancia en el mundo por su grado de prevalencia, hasta el momento no tiene cura, basa su diagnóstico en la observación clínica hecha por especialistas a partir de un estándar de evaluación dado por la Sociedad de Desórdenes Motores, que

permite unificar criterios para la evaluación, el MD-UPDRS. Esta no es la única herramienta empleada para el diagnóstico, pero es la más difundida.

En Cuba, la detección de la enfermedad sucede en la atención primaria de salud por lo general, donde se perciben los primeros síntomas de la enfermedad y el paciente con sospecha de Parkinson es remitido al especialista en Neurología que atiende el padecimiento, y es quien, definitivamente, diagnostica la enfermedad. Esto puede tardar a veces varios años.

La UPDRS, por sus siglas en inglés *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*, es una herramienta que permite a los especialistas caracterizar el grado de gravedad y dar seguimiento a la evolución de los pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson. La MDS-UPDRS tiene cuatro partes: Parte I (experiencias no motoras de la vida diaria), Parte II (experiencias motoras de la vida diaria), Parte III (exploración motora) y Parte IV (complicaciones motoras).

La sección más empleada, usualmente, es la sección motora, teniendo en cuenta que la disfunción motora es el rasgo clínico más importante para definir la enfermedad. Esta sección tiene un puntaje máximo de 108 puntos, representando el peor puntaje o (total) invalidez y 0 corresponde a no invalidez.

Una de las características más importantes para detectar la enfermedad de Parkinson es la bradikinesia o bradicinesia, caracterizada por la lentitud del movimiento, se relaciona con la enfermedad de Parkinson y otros trastornos del ganglio basal.

Como consideración adicional, se conoce que, en general, esta enfermedad afecta a las personas después de los 60 años, aunque hay manifestaciones tempranas de las que se desconoce el porqué.

Desde hace más de diez años, la comunidad científica en la esfera de la inteligencia artificial ha mostrado interés en el desarrollo de soluciones para contribuir con el diagnóstico y seguimiento de esta enfermedad que, si bien no proponen sustituir al especialista, si constituyen herramientas valiosas en el apoyo al diagnóstico, pues aportan el valor de la medición.

Esta revisión bibliográfica investigó el estado del arte de los sistemas desarrollados para el diagnóstico y el seguimiento de la enfermedad de Parkinson, con el objetivo de encontrar evidencias a favor del uso de teléfonos inteligentes para la extracción de datos y las principales métricas y algoritmos empleados para la clasificación de pacientes con esta enfermedad.

## Métodos

Para el desarrollo de la búsqueda, se siguió el criterio de la lista de verificación PRISMA. El cuadro 1 muestra un resumen de la estrategia seguida.<sup>(1)</sup>

**Cuadro 1** - Proceso de búsqueda con empleo de la lista de verificación PRISMA, del año 2020

|                           |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preguntas</b>          | ¿Qué métricas son las más empleadas para el diagnóstico de la enfermedad del Parkinson?<br><br>¿Qué datos son los más usados para la detección de la enfermedad de Parkinson con empleo de celulares inteligentes (Smartphone)? |
| <b>Sitios de búsqueda</b> | Scopus, PubMed, SciELO, IEEE, Google Académico, ACM.                                                                                                                                                                            |

|                                  |                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Término de búsqueda</b>       | Últimos 10 años, con preferencia desde 2019-2024                                                                                                                                                           |
| <b>Criterios de elegibilidad</b> | Idiomas inglés o español, estar publicado, incluidos en el período de selección                                                                                                                            |
| <b>Estrategia de búsqueda</b>    | Palabras clave: "Parkinson diagnóstico", "Parkinson adherencia a medicamentos", "Parkinson aprendizaje automático", "Parkinson inteligencia artificial", "Parkinson Smartphone"                            |
| <b>Proceso de selección</b>      | Acceder al artículo completo<br><br>Dar preferencia a artículos con revisión por pares e incluir tesis de culminación de estudios de pregrado o posgrados.<br><br>Aplicar criterios de elegibilidad 2 y 3. |

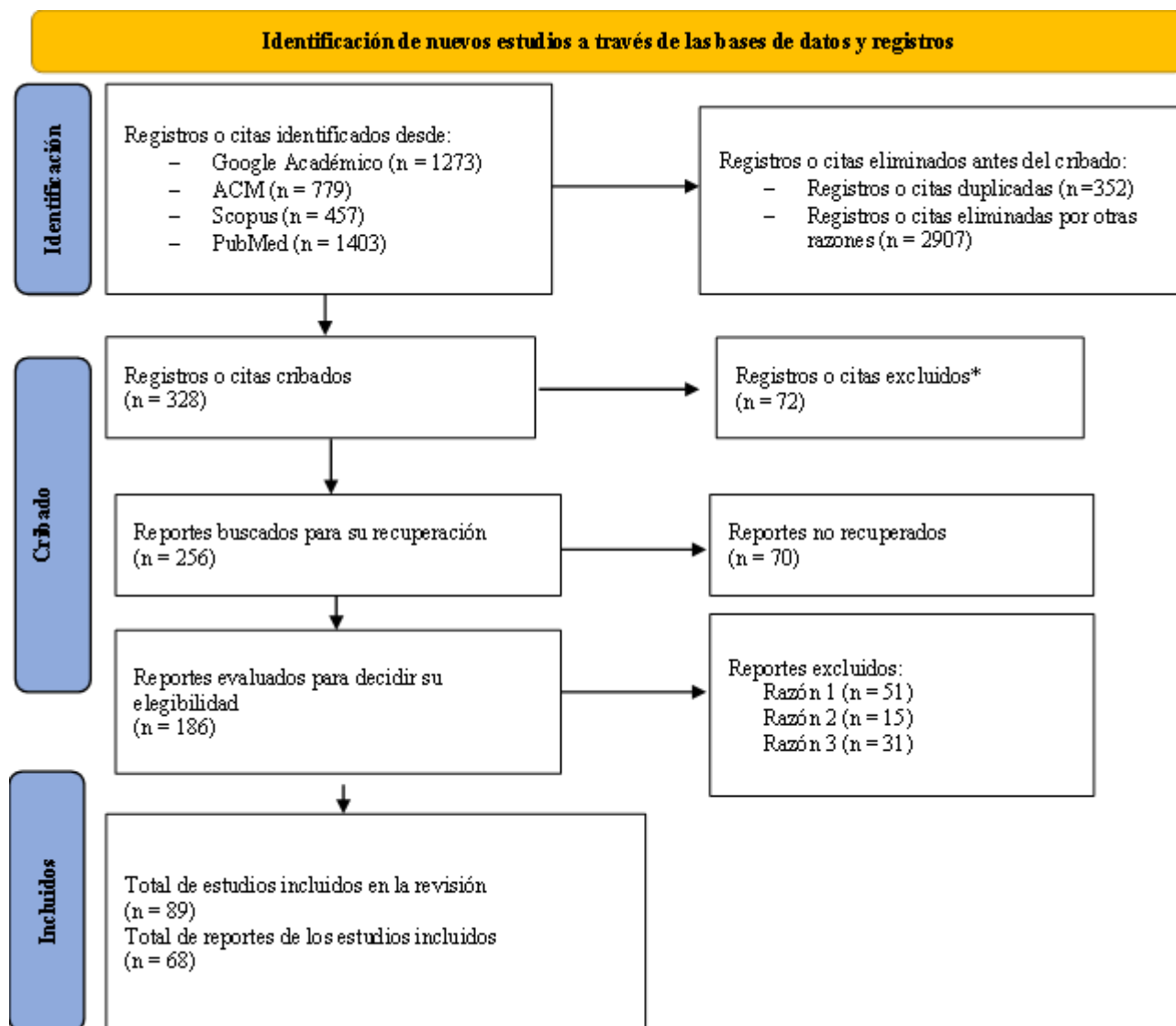
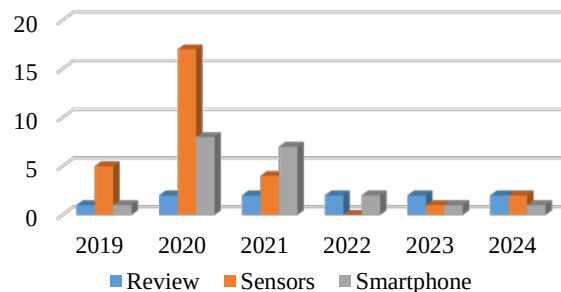


Fig. 1- Diagrama PRISMA.

## Desarrollo

Como resultado de la revisión, fueron incluidos 68 artículos, la mayoría de los estudios se encontraron entre los años 2020 y 2021, representando el 61 % del total (49 artículos).

De los estudios seleccionados, 11 fueron artículos de revisión, 41 emplean sensores para obtener los datos y 20 emplean teléfonos inteligentes (smartphones) para diagnosticar la enfermedad de Parkinson (fig. 2).



**Fig. 2-** Estudios de acuerdo con la fuente de obtención de datos.

Para organizar el análisis, el trabajo se dividió en tres partes:

1. Artículos de revisión previos.
  2. Estudios que emplean aprendizaje automático.
  3. Estudios que emplean teléfonos inteligentes (Smartphone)
1. Artículos de revisión previos: Se identificaron 11 artículos de revisión, algunos artículos solo evaluaron una métrica,<sup>(2,3,4)</sup> otros combinan dos o más métricas.<sup>(5,6,7)</sup> En 2021, se desarrollaron estudios que analizaron el empleo de redes neuronales profundas para la clasificación de pacientes con enfermedad de Parkinson.<sup>(8)</sup> En 2022<sup>(9)</sup> y en 2023<sup>(10)</sup> revisaron el empleo de herramientas para el diagnóstico del Parkinson, mientras<sup>(11,12)</sup> desarrollaron revisiones sistemáticas para evaluar el empleo de teléfonos inteligentes para el diagnóstico de la enfermedad.



2. Chandrabhatla y Pomeraniec<sup>(6)</sup> desarrollan una revisión sistemática de estudios sobre Parkinson en los últimos 50 años, suman un total de 12 000 artículos sobre técnicas y tecnologías empleadas para monitoreo de síntomas motores de pacientes (temblor, rigidez, bradikinesia e inestabilidad postural), el cuadro 2 muestra un resumen de los periodos que identifican los autores y el tipo de medición y técnica implementada.

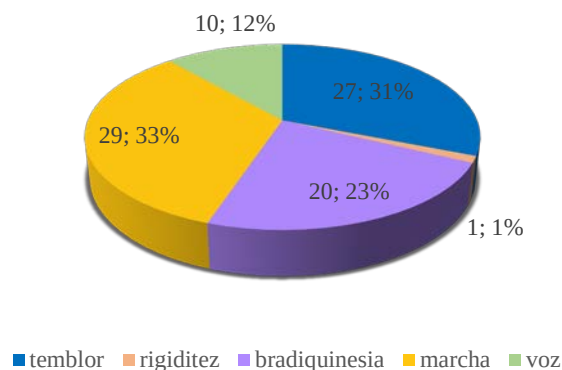
Por varios años, los autores reconocen los logros alcanzados en el empleo de las técnicas de aprendizaje automático en la clasificación de esta enfermedad neurodegenerativa; entre los algoritmos que destacan están los algoritmos supervisados como las redes neuronales, redes neuronales convolucionales y, en los últimos años, el empleo de métodos de ensamblado, como es el caso de *random forest*, además de las redes neuronales LSTM (*Long Short- Term Memory Neural Network*). Proponen el empleo a futuro de los dispositivos inteligentes (Smartphone, Smartwatch) para el empleo de aplicaciones móviles fáciles de usar y que permitan a los especialistas obtener datos de los pacientes, por otro lado, reconocemos la necesidad de encontrar mejores biomarcadores para evaluar los síntomas motores.

El estudio tiene gran valor toda vez que recopila gran cantidad de estudios desarrollados en el ámbito del aprendizaje automático, que pueden servir de referente a los investigadores; no obstante, en los últimos años ha tomado importancia la inclusión de síntomas no motores de conjunto con los motores que definen la enfermedad, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones aparecen antes.

Idrisoglu y otros<sup>(13)</sup> desarrollaron una revisión sistemática de investigaciones que emplean la voz como biomarcador para identificar pacientes con diversas enfermedades cerebrovasculares, incluyendo el Parkinson. Los autores concluyen que el uso de la voz como biomarcador digital podría abrir las puertas al análisis

poblacional de numerosos trastornos de forma económica, no invasiva y escalable. Sugieren que estudiar los efectos de las características demográficas, como el género, la edad, los factores lingüísticos y otros datos adicionales relevantes, en los modelos de clasificación también podría proporcionar información para desarrollar técnicas de aprendizaje automático más precisas para trastornos específicos.

3. Estudios que emplean aprendizaje automático para el diagnóstico del Parkinson: Como resultado del análisis, las métricas que con mayor frecuencia aparecen para evaluar son la marcha y el temblor en reposo. La figura 3 muestra los resultados obtenidos.



**Fig. 3-** Métricas empleadas en los estudios analizados.

Thanoun y Yaseen<sup>(14)</sup> desarrollan una investigación en la que emplean la voz como biomarcador y comparan dos métodos de aprendizaje automático de ensamblado el clasificador Stacking y el clasificador Voting. Los autores reconocen que la voz es uno de los biomarcadores que primero detectan la aparición de la enfermedad. En este estudio el método de ensamblado Clasificador Stacking obtuvo resultados superiores con el 92,2 % de exactitud.

Ruiz,<sup>(15)</sup> Grover y otros<sup>(16)</sup> y Alshammri y otros<sup>(17)</sup> desarrollaron una investigación para identificar la presencia de la enfermedad con el empleo de la voz y mediante la implementación de métodos de aprendizaje profundo, redes neuronales convolucionales y recurrentes.

En otros estudios relacionados con los síntomas motores, algunos autores utilizan los ejercicios de mano y brazo correspondientes a la UPDRS III, en este caso se utilizan los algoritmos de Regresión Logística (LR), Naive Bayes (NB), y SVM (*Support Vector Machine*) para la clasificación de paciente con Parkinson o persona sana; además, correlaciona los resultados obtenidos con la valoración de especialistas; como conclusión del estudio el algoritmo que tuvo mejor desempeño fue el Naive Bayes y la comparación entre el estudio clínico y el estudio biomecánico fue favorable.<sup>(18,19,20)</sup>

Otros investigadores han tratado de validar ejercicios no descritos en la escala de UPDRS, como es el caso del dibujo de la espiral de Arquímedes, Saunders-Pullman y otros<sup>(21)</sup> desarrollaron una investigación para validar este ejercicio para el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson, años después las investigaciones de Crespo y otros (2021),<sup>(22)</sup> desarrollaron aplicaciones con empleo de Smartphone para captar los datos, siendo esta última la primera desarrollada de ese tipo en Cuba y Purk<sup>(23)</sup> emplea una tableta para captar los dibujos de la espiral.

En el caso de los ejercicios con miembros inferiores, si bien no son tan generalizados, sí han sido incorporados en la medida que el desarrollo de las tecnologías de sensores incorporados a la ropa y al cuerpo así lo ha permitido, la evaluación en el entorno actual supone la incorporación de estas tecnologías a la vida cotidiana de los pacientes sin que incurran en una invasión de la privacidad.

Tal es el caso de la investigación desarrollada por Borzì y otros,<sup>(24)</sup> que emplean SensorTile, un pequeño módulo de IoT que incluye varios sensores ligeros: acelerómetros, giroscopios, un microcontrolador, una interfaz Bluetooth de baja energía y una microSD card, también, se emplearon Samsung S5 mini-smartphone para el seguimiento de los pacientes en su entorno familiar y midió específicamente la agilidad de las piernas y la estabilidad de la postura.

Existen varios estudios que proponen el empleo de dispositivos incorporados en el cuerpo o la ropa, que se emplean para captura de datos de pacientes y su posterior análisis con empleo de algoritmos de aprendizaje automático.<sup>(25,26,27,28,29,30,31,32,33,34)</sup>

En los últimos años, se apuesta por incorporar el uso de Smartphone a las tareas de aprendizaje automático en lo relacionado con la extracción de datos y el desarrollo de aplicaciones. En relación con su aplicación en la enfermedad de Parkinson hay un grupo de investigaciones encontradas.

3- Empleo de Smartphone: El desarrollo de la telefonía celular hacia la era de los teléfonos inteligentes o Smartphone ha permitido el empleo de estos dispositivos en tareas de aprendizaje automático gracias a los sensores que estos dispositivos tienen incorporados y la posibilidad también de emplearlos en el desarrollo de aplicaciones que sean manipuladas por los propios usuarios.

En relación con las investigaciones sobre el empleo de teléfonos inteligentes (Smartphone), Linares-del Rey<sup>(35)</sup> desarrolla una revisión de los artículos científicos sobre aplicaciones de este tipo para el Parkinson. El estudio incluyó todos los artículos sobre la temática publicados en español o inglés, en el período comprendido de 2011 a 2016.

La literatura y las aplicaciones encontradas sumaron un total de 125, 56, de las cuales fueron clasificadas como potencialmente útiles en la enfermedad de Parkinson, y 69 específicamente diseñadas para ella (23 de información, 29 de

evaluación, 13 de tratamiento y 4 de evaluación y tratamiento). A criterio de los autores numerosas son las aplicaciones identificadas; sin embargo, las pruebas científicas de su utilidad son escasas y la calidad es mala.

En los últimos años, continúa el interés por desarrollar aplicaciones desde Smartphone para la predicción, diagnóstico, clasificación y monitoreo de pacientes con Parkinson, en ellas se ve la mezcla de métricas para la evaluación de esta enfermedad.

Para este análisis se incluyó el criterio de incluir las investigaciones de 2019 a diciembre de 2024.

Tiang<sup>(36)</sup> evaluó movimientos de las manos: Pellizco, arrastre, escritura a mano, tecleo, tecleo alterno entre dedos para identificar. Se estudia la viabilidad y exactitud de descubrir el daño motor en la enfermedad de Parkinson temprana vía detección y análisis del toque común de los usuarios en interacciones con Smartphone.

El mejor rendimiento de clasificación (0,95 AUC con 0,89 / 0,88 de sensibilidad / especificidad) se logró utilizando todas las categorías de características juntas, lo que indicó que pueden complementarse entre sí para mejorar el rendimiento de detección.

Zhang<sup>(37)</sup> desarrolló un sistema basado en la voz, que permite diagnosticar la EP de forma remota y cómoda (aplicación móvil NoPa). El sistema primero recopila la fonación sostenida de las cinco vocales del usuario y luego extrae eficientemente las características de la disfonía, de modo que se puedan aplicar a los algoritmos de aprendizaje automático en las tareas de clasificación o regresión relacionadas con la EP.

Los resultados experimentales mostraron que la Máquina de Soporte Vectorial (SVM) y la Regresión de Soporte Vectorial (SVR) obtuvieron el mejor rendimiento para el diagnóstico (es decir, la tarea de clasificación) y la evaluación de la gravedad (es decir, la tarea de regresión) de la EP, respectivamente. La tasa de recuperación para la tarea de clasificación alcanzó el 97,03 % (es decir, la capacidad de reconocimiento del paciente), y el error promedio absoluto de la tarea de regresión fue de 3,7699, lo cual es aceptable dado que el valor de las puntuaciones de la UPDRS oscila entre 0 y 199.

Evers<sup>(38)</sup> realizó un estudio para evaluar la enfermedad de Parkinson en un entorno real mediante el monitoreo de la marcha, para ello emplearon los datos obtenidos de los sensores acelerómetros, de cuatro dispositivos distintos, incluidos Smartphone. Se plantearon dos problemas de clasificación, el primero clasificar si se trata de premedicación o posmedicación y, el segundo, clasificar si se trata de paciente con Parkinson y sujeto de control (sano).

Para evaluar la marcha emplearon la densidad espectral de potencia (PSD en inglés *Power Spectral Density*) y se entrenó un clasificador para cada dispositivo, se empleó la regresión logística de Lasso para clasificar y el área bajo la curva como criterio de selección (AUC). El aporte del artículo es que llegan a la conclusión que bajo estos términos la comparación de resultados de combinar el empleo de todos los sensores en distintas locaciones (tobillo, muñeca, espalda, bolsillo) no es superior el desempeño a emplear cada uno de forma separada, con un grado de significación  $\alpha$  de 0,01.

Dimitrios y Hadjileontiadis<sup>(39)</sup> desarrollaron su investigación en la captura de tecleo (tiempo de vuelo, tiempo de presión) durante el uso de los dispositivos móviles en entorno natural y en la clínica. Para la clasificación de pacientes con EP o personas sanas implementaron modelos híbridos basados en redes neuronales

convolucionales de tipo autoencoder, para lo cual emplearon datasets obtenidos en la clínica (pacientes con Parkinson) y en entorno natural (pacientes sanos). En el estudio consideraron varios escenarios para la clasificación. El valor de la investigación está dado en la confirmación que el empleo de los dispositivos móviles para la captura de datos clínicos a distancia para el diagnóstico de pacientes con Parkinson en estadios tempranos de la enfermedad es viable.

Plasencia y otros<sup>(40)</sup> proponen un sistema para el monitoreo de pacientes y adherencia a medicamentos con empleo de aprendizaje profundo. El valor del estudio radica en que está pensado para Cuba por el reconocimiento de los autores acerca del empleo de Smartphone en estas tareas.

Adams y otros<sup>(41)</sup> desarrollaron un estudio observacional multicéntrico de 12 meses que evaluó la capacidad de los dispositivos digitales para evaluar las características y la progresión de la enfermedad en personas con EP temprana no tratada. Las señales de movilidad y voz sin procesar se registraron desde las configuraciones de hardware nativas de acelerómetro (frecuencia de muestreo de 100 Hz) y micrófono (frecuencia de muestreo de 32 kHz) de Apple. Los modelos empleados para la clasificación no se declaran, se emplea la plataforma BrainBaseline para la obtención, manipulación y análisis de datos.

Como resultado a valorar, los investigadores consideran que existe consistencia con investigaciones anteriores que afirman la pertinencia del empleo de dispositivos digitales para la evaluación a distancia y temprana de la enfermedad de Parkinson, por ejemplo, el balanceo reducido del brazo y cambios en el habla son características tempranas comunes de la EP.

En 2023, se desarrolló una investigación para la clasificación de pacientes con el empleo de un Tablet, aunque no se trata de Smartphone, puede ser desarrollado de igual manera en estos dispositivos. En este caso se emplea como datos para el

entrenamiento de algoritmos el dibujo de la espiral de Arquímedes como medida de evaluación motora y el test de evaluación no motora del Parkinson, y se desarrollaron tres tareas de clasificación: Pacientes sanos y pacientes con Parkinson; Otros trastornos motores vs. Pacientes sanos de grupo de control y otros trastornos motores vs. Pacientes con Parkinson. Para la clasificación emplearon el clasificador CatBoost, la precisión promedio fue del 94 % en el modelo integrado, que resultó el mejor para cada tarea; y es ahí donde radica su principal valor, que analiza, de forma separada e integrada, los síntomas motores y no motores para el análisis y selección del modelo emplear.<sup>(23)</sup>

El cuadro 2 resume los trabajos mencionados en relación con algoritmos empleados y las métricas que evalúan.

**Cuadro 2 - Investigaciones desarrolladas sobre la enfermedad de Parkinson con el empleo de Smartphone**

| Autor                             | Título                                                                                                                                 | Algoritmo empleado                                                           | Ejercicio-Métrica                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Young Lee y otros <sup>(42)</sup> | A Validation Study of a Smartphone-Based Finger Tapping Application for Quantitative Assessment of Bradykinesia in Parkinson's Disease | Correlación de variables (estadística)                                       | El número medio de golpes correctos (MCoT), la distancia total media del movimiento de los dedos (TDist), la distancia media entre golpes y el tiempo medio de permanencia entre golpes (IT-DwT) |
| Lipsmeier y otros <sup>(43)</sup> | Evaluation of Smartphone-Based Testing to Generate Exploratory Outcome Measures in a Phase 1                                           | algoritmo de aprendizaje automático basado en un modelo de reconocimiento de | Fonación sostenida, temblor en reposo, temblor postural, golpeteo con los dedos, equilibrio y marcha. Se midió coeficiente cepstral de frecuencia, asimetría, potencia total,                    |



|                                |                                                                                                                       |                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | Parkinson's Disease Clinical Trial                                                                                    | actividad humana para la clasificación de movimiento pasivo y análisis estadístico para el activo. | variabilidad entre golpe, velocidad media, velocidad de giro.                                                                                                                                           |
| Tian y otros <sup>(36)</sup>   | What Can Gestures Tell? Detecting Motor Impairment in Early Parkinson's from Common Touch Gestural Interactions       | Aprendizaje automático (SVM para clasificar la enfermedad y se validó por área bajo la curva ROC)  | Se tomaron medidas basadas en el andar, en el tiempo, en la presión, desde el IMU (unidad de medición inercial) del smartphone pellizco, arrastre, escritura a mano, tecleo, tecleo alterno entre dedos |
| Borzi y otros <sup>(24)</sup>  | Home monitoring of motor fluctuations in Parkinson's disease patients                                                 | Se emplearon algoritmos de clasificación supervisados procesados en el MATLAB                      | Agilidad de la pierna, detección de congelación del paso. Se midió: velocidad de ejecución, amplitud, ralentización, vacilaciones e interrupciones                                                      |
| ZHANG y otros <sup>(44)</sup>  | PDMove: Towards Passive Medication Adherence Monitoring of Parkinson's Disease Using Smartphone-based Gait Assessment | Red neuronal convolucional                                                                         | Se controla de manera pasiva el paso, mediante los sensores incorporados en Smartphone, ubicado en la cintura del paciente. Se mide velocidad lineal, velocidad angular.                                |
| Lo y otros <sup>(45)</sup>     | Predicting motor, cognitive & functional impairment in Parkinson's                                                    | Random Forest                                                                                      | Voz, balance, marcha, temblor postural y en reposo, tiempo de reacción                                                                                                                                  |
| Evers, u otros <sup>(38)</sup> | Real life gait performance as a digital biomarker for                                                                 | Regresión logística de Lasso                                                                       | Marcha                                                                                                                                                                                                  |

|                                                |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                       |                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | motor fluctuations:<br>The Parkinson@Home<br>validation study                                                                                                                        |                                                                                                       |                                                                                                                                     |
| Iakovakis<br>y otros <sup>(39)</sup>           | Screening of<br>parkinsonian<br>subtle fine-motor<br>impairment<br>from touchscreen<br>typing via deep<br>learning                                                                   | Redes neuronales<br>convolucionales con<br>autoencoder                                                | Rigidez, test de tecleo, bradikinesia                                                                                               |
| Crespo,<br>García y<br>Salazar <sup>(22)</sup> | Aplicación para<br>clasificación de<br>pacientes con<br>Parkinson con el<br>empleo de algoritmos<br>de Aprendizaje<br>Automático.                                                    | Random Forest, Red<br>Neuronal<br>Convolucional, KNN,<br>Gauss Process y<br>Support Vector<br>Machine | Se clasifica pacientes con el dibujo<br>de la espiral y la ola, para ello se<br>emplea dataset UCI para<br>entrenamiento de modelos |
| Plasencia<br>y otros <sup>(40)</sup>           | Parkinson's Disease<br>Classification and<br>Medication Adherence<br><br>Monitoring Using<br>Smartphone-based<br>Gait Assessment and<br><br>Deep Reinforcement<br>Learning Algorithm | Clasificador LSTM                                                                                     | Marcha                                                                                                                              |
| Adams y<br>otros <sup>(41)</sup>               | Using a smartwatch<br>and smartphone to<br>assess early<br>Parkinson's disease in<br>the WATCH-PD study                                                                              | Emplea aplicación<br>BrainBaseline                                                                    | Voz, temblor, marcha.                                                                                                               |

Uno de los problemas que se presentan en las investigaciones hasta la fecha está relacionado con la dificultad de la EP en ser diagnosticada, los síntomas pueden aparecer en cualquier momento durante la enfermedad, puede confundirse con otras enfermedades neurológicas o motoras, por lo que el diagnóstico de EP suele tardar varios años antes de ser declarada.

## Conclusiones

Existen evidencias hacia el empleo de los teléfonos inteligentes (Smartphones) para la clasificación de pacientes con Parkinson, dentro de las métricas más empleadas se encuentra la marcha, el temblor, la bradicinesia y, en los últimos años, se incorpora la voz como medida de evaluación temprana de esta enfermedad.

## Referencias bibliográficas

1. Page MJ, Mckenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffman TC, Mulrow CD, *et al*. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista española de cardiología. 2021 [acceso 17/01/2025];74(9). Disponible en: <https://www-prisma-statement-org.translate.goog>
2. Vessio G. Dynamic Handwriting Analysis for Neurodegenerative Disease Assessment: A Literary Review. 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/21/4666>
3. di Biase L, Di Santo A, Caminiti ML, De Liso A. Gait Analysis in Parkinson's Disease: An Overview of the Most Accurate Markers for Diagnosis and Symptoms Monitoring. Sensors. 2020 [acceso 17/04/2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/12/3529>

4. Peña L, Collado E, Sáez Y. Explorando los avances y desafíos en la monitorización continua de los temblores para la enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática. Revista de I+D tecnológico. 2024 [acceso 17/01/2025]. p. 14. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/4065>
5. Van Brummelen EMJ. Quantification of tremor using consumer product accelerometry is feasible in patients with essential tremor and Parkinson's disease: a comparative study. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40734-020-00086-7>
6. Chandrabhatla AS, Pomeraniec IJyKA. Co-evolution of machine learning and digital technologies to improve monitoring of Parkinson's disease motor symptoms. 2022 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-022-00568-y>
7. Islam MA, HMZ, Hussein MA, Miah MS. A review of machine learning and deep learning algorithms for Parkinson's disease detection using handwriting and voice datasets. Elsevier. 2024 [acceso 17/01/2025]. p. 33. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)01500-7](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)01500-7)
8. Maxwell AE, Warner TA, Guillén LA. Accuracy Assessment in Convolutional Neural Network-Based Deep Learning Remote Sensing Studies—Part 1: Literature Review. Remote sensing. 2021 [acceso 17/01/2025];13(2450). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2450>
9. Bin S, kumar A, Kumar A. A Survey on Machine Learning Techniques for Parkinson's Disease Diagnosis and Classification. 2022 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/362446752\\_A\\_Survey\\_of\\_Machine\\_Learning\\_Based\\_Approaches\\_for\\_Parkinson\\_Disease\\_Prediction](https://www.researchgate.net/publication/362446752_A_Survey_of_Machine_Learning_Based_Approaches_for_Parkinson_Disease_Prediction)

10. Rodríguez González E, Mar Cornelio O, García García AL, Bron Fonseca B. Herramientas computacionales para el apoyo al diagnóstico de pacientes con Parkinson: una revisión sistemática. Revista cubana de ciencias Informáticas. 2023 [acceso 17/01/2025];17(3). Disponible en: <http://rcci.uci.cu>
11. Straczekiewicz M, James P, Onnela JP. A systematic review of smartphone-based human activity recognition methods for health research. Digital Medicine. 2021 [acceso 17/01/2025];4(148). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-021-00514-4>
12. García Dimas Fea. Una revisión exploratoria de aplicaciones para dispositivos móviles para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. In Congreso Estudiantil de Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería y Tecnología, UNAM; 2022 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/wp-content/uploads/sites/14/2023/02/Int-Art-82-89.pdf>
13. Idrisoglu A, Dallora AL, Anderberg P, Sanmartin Berglund J. Applied Machine Learning Techniques to Diagnose Voice-Affecting Conditions and Disorders: Systematic Literature Review. Journal of Medical Internet Research. 2023 [acceso 17/01/2025];25. Disponible en: <https://www.jmir.org/2023/1/e46105>
14. Thanoun MdY, Yaseen MT. A Comparative Study of Parkinson Disease Diagnosis in Machine Learning. In 4th International Conference on Advances in Artificial Intelligence (ICAAI 2020) ACM; 2020. DOI: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3441417.3441425>
15. Ruiz Centner LD. Identificación de pacientes con Parkinson a través de la voz mediante redes neuronales [tesis]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Informáticos; 2022.

16. Grover S, Bhartia S, Akshama Abhilasha Y, Seeja KR. Predicting Severity of Parkinson's Disease Using Deep Learning. In International Conference on Computational Intelligence and Data Science; 2018 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918308883>
17. Alshammri R, Alharbi G, Alharbi E, Almubark I. Machine Learning approaches to identify Parkinson's disease using voice signal features. *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2023. p. 8.
18. Butt AH, Rovini<sup>1</sup> E, Dolciotti<sup>2</sup> C, De Petris<sup>3</sup> G, Bongioanni<sup>4</sup> 5, Carboncini MC, *et al*. Objective and automatic classification of Parkinson disease with Leap Motion controller. *BioMedical Engineering*. 2018 [acceso 17/01/2025];17(168). Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12938-018-0600-7>
19. Jeon H. High-accuracy automatic classification of Parkinsonian tremor severity using machine learning method. 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/aa8e1f/meta>
20. Steinmetzer T, Maasch M, Bönninger I, Travieso CM. Analysis and Classification of Motor Dysfunctions in Arm Swing in Parkinson's Disease. 2019.
21. Saunders-Pullman R, Derby C, Stanley K, Floyd A. Validity of Spiral Analysis in Early Parkinson's Disease. *Movement Disorders*. 2008 [acceso 17/01/2025];23(4). Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12938-018-0600-7>
22. Crespo Damota J, L. GGA, Salazar Peña A. Aplicación para clasificación de pacientes con Parkinson [tesis]. Nueva Gerona: Universidad Jesús Montané Oropesa, Informática; 2021 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_ylo=2018&q=Aplicaci%C3%B3n+para+clasificaci%C3%B3n+de+pacientes+con+Parkinson&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2018&q=Aplicaci%C3%B3n+para+clasificaci%C3%B3n+de+pacientes+con+Parkinson&btnG=)

23. Purk Mea. Utilizing a tablet based artificial intelligence system to assess movement disorders in a prospective study. Scientific Reports. 2023. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-37388-3>
24. Borzì L, Varrecchia M, Olmo G, Artusi CA, Fabbri M, Rizzone MG, *et al.* Home monitoring of motor fluctuations in Parkinson's disease patients. 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40860-019-00086-x>
25. Ghoraani B, Hssayeni MD, Bruack MM, Jimenez-Shahed J. Multilevel features for sensor-based assessment of motor fluctuation in Parkinson's disease subjects. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8850019/>
26. Aich S. Design of a machine learning-assisted wearable accelerometer based a automated system for studying the effect of dopa minergic medicine on. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2020/1823268>
27. Rehman RZU. Accelerometry-based digital gait characteristics for classification of Parkinson's disease: what counts? 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8964569/>
28. Oyama G. Analytical and clinical validity of wearable, multi sensor technology for assessment of motor function in patients with Parkinson's disease in Japan. 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29382-6>
29. Espay AJ. A roadmap for implementation of patient-centered digital outcome measures in Parkinson's disease obtained using mobile health technologies.

2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en:

<https://movementdisorders.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mds.27671>

30. Reches T. Using wearable sensors and machine learning to automatically detect freezing of gait during a FOG-Provoking test. 2020 [acceso 17/01/2025].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/16/4474>

31. Hssayeni MD, Jimenez-Shahed J, Burack MA, Ghoraani B. Wearable sensors for estimation of parkinsonian tremor severity during free body movements.; 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: [https://www.mdpi.com/1424-](https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4215)

[8220/19/19/4215](https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4215)

32. Rodríguez-Molinero A, gonzales B, alvarez C, Rap F, Fru t, rip Y, *et al.*

Estimating dyskinesia severity in Parkinson's disease by using a waist-worn sensor: concurrent validity study; 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-49798-3>

33. Marcante A. Foot pressure wearable sensors for freezing of gait detection in Parkinson's disease. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en:

<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/1/128>

34. Erb MK. mHealth and wearable technology should replace motor diaries to track motor fluctuations in Parkinson's disease. 2020 [acceso 17/01/2025].

Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41746-019-0214-x>

35. M. Linares-del Rey. Mobile phone applications in Parkinson's disease: A systematic review. Neurología. 2019 [acceso 17/01/2025];34(1). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2173580818301974>

36. Tiang F. What Can Gestures Tell? Detecting Motor impairment in Early Parkinson's from Common Touch Gestural Interactions. 2019. DOI:

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3290605.3300313>



37. Zhang et al. An Intelligent Mobile-Enabled System for Diagnosing Parkinson Disease: Development and Validation of a Speech Impairment. JMIR MEDICAL INFORMATICS. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://medinform.jmir.org/2020/9/E18689>
38. Evers L. Real-life gait performance as a digital biomarker for motor fluctuations: the Parkinson@Home validation study. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.jmir.org/2020/10/e19068/>
39. Iakovakis, D, Hadjileontiadis LJ. Screening of parkinsonian subtle fine motor impairment from touchscreen typing via deep learning. Scientific Reports. 2020 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-69369-1>
40. Plasencia AdJ, Shichkina Y, García A, González L. MDPI Information management for the Analysis of Symptoms and Support to the Parkinson Disease Patients Using Smartphone-based Assessment and Deep Reinforcement Learning AlgorithmPD. 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921010127>
41. Adams JL, Kangaloo T, Tracey B, O'Donnell, Volfson D, Latzman RD, *et al.* Using a smartwatch and smartphone to assess early Parkinson's disease in the WATCH-PD study. npj. 2023 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41531-023-00497-x>
42. Young Lee C, Jun Kang S, Ma HI, Lee U, Kim YJ. A Validation Study of a Smartphone-Based Finger Tapping Application for Quantitative Assessment of Bradykinesia in Parkinson's Disease. Plos one. 2021 [acceso 17/01/2025]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0158852>

43. Lipsmeier, Florian. Evaluation of Smartphone-Based Testing to Generate Exploratory Outcome Measures in a Phase 1 Parkinson's Disease Clinical Trial. 2019 [acceso 17/01/2025]. Disponible en:  
[https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=J3O294kAAAAJ&citation\\_for\\_view=J3O294kAAAAJ:RGFaLdJalmkC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=J3O294kAAAAJ&citation_for_view=J3O294kAAAAJ:RGFaLdJalmkC)
44. Zhang H, Xu C, Li H, Singh Rathore A, Song C, Yan Z, *et al.* PDMove: Towards Passive Medication Adherence Monitoring of Parkinson's Disease Using Smartphone-based Gait Assessment. ACM Digital Library. 2019. p. 1-23. DOI:  
<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3351281>
45. Lo C, Fg, Thu, Y, Yu, Yui, *et al.* Predicting motor, cognitive & functional impairment in Parkinson's; 2019. DOI:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/acn3.50853>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.