

ANÁLISIS DE GRASA CORPORAL COMO FACTOR PARA MEJORAR LA MEDICIÓN NO INVASIVA DE GLUCOSA EN SANGRE POR EL MÉTODO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO

M.C. Luis Alfredo Castro Pimentel, Dra. Adriana del Carmen Téllez Anguiano, Dr. José Antonio Gutiérrez Gnechi, Dr. Enrique Reyes Archundia

Resumen

La espectroscopia de infrarrojo cercano es una técnica óptica que permite estudiar e identificar sustancias, basándose en la interacción de la radiación infrarroja con la materia por absorción, emisión o reflexión. Esta técnica ha sido ampliamente investigada en los últimos años con el objetivo de lograr una medición no invasiva de la concentración de glucosa en sangre. Al ofrecer una medición indolora y que a la larga reduce los costos asociados al monitoreo de la diabetes, se apunta como una gran alternativa al glucómetro tradicional para el control de la enfermedad. El principio de funcionamiento de esta técnica consiste en hacer incidir un haz de radiación infrarroja y observar su interacción con las moléculas de glucosa en la sangre. Sin embargo, desde el punto de emisión hasta la sangre, el haz de radiación debe atravesar múltiples capas de piel y tejido adiposo antes de llegar a los vasos sanguíneos. La variabilidad en los parámetros físicos y funcionales de la piel y tejidos de cada sujeto ocasiona variaciones en la trayectoria e intensidad del haz de luz, generando así errores en la estimación de la concentración de glucosa en sangre. Es por ello, que el análisis de los parámetros físicos y funcionales de la piel que afectan la estimación de la concentración de glucosa en sangre puede corregir errores en las mediciones y reducir la incidencia de falsos positivos ante episodios de hipoglucemia e hiperglucemia que son de vital importancia para evitar la aparición de complicaciones médicas en personas con diabetes.

Introducción

La diabetes es una enfermedad que se produce cuando el páncreas no produce suficiente insulina o bien, porque el cuerpo ha desarrollado un nivel de resistencia a ella. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2014, el 8,5% de la población mayor de 18 años tenía diabetes. En 2019, las complicaciones médicas a causa de la diabetes ocasionaron la muerte de 1,5 millones de personas [1]. En la actualidad, el método más utilizado para la medición de glucosa es invasivo y se realiza mediante el glucómetro convencional. La medición invasiva requiere de una punción en la piel del paciente para obtener una muestra de sangre sobre la que será cuantificada la concentración de glucosa. Aunque es un método muy preciso, llega a ser molesto y/o doloroso para los pacientes, especialmente para los más pequeños [2]. Los métodos no invasivos realizan la medición de forma indirecta, sirviéndose de propiedades de la glucosa para poder realizar una estimación de su concentración en la sangre. La espectroscopia de infrarrojo cercano es una técnica óptica que se basa en la interacción de las moléculas de glucosa ante radiación luminosa con longitud de onda dentro de la banda del infrarrojo cercano [3].

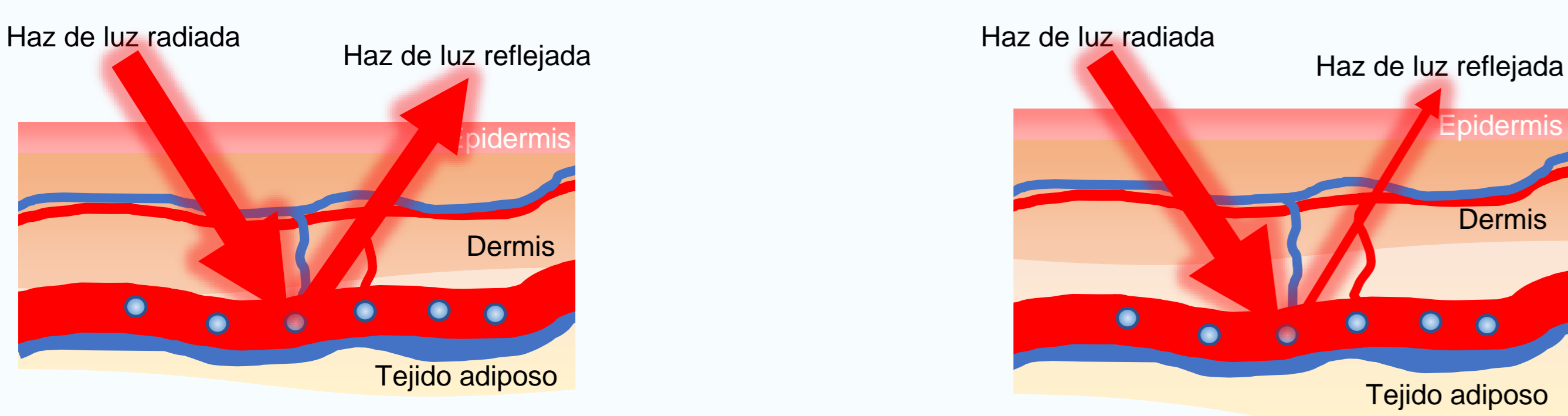


Figura 1. Efecto de la grasa corporal en la amplitud de la radiación luminosa reflejada por la glucosa.

El presente trabajo muestra una propuesta para la mejora en la medición no invasiva de glucosa en sangre por el método de espectroscopia de infrarrojo cercano mediante el análisis de la grasa corporal como factor de corrección, contribuyendo así a una medición de glucosa en sangre de forma no invasiva y con un mayor grado de fiabilidad.

Objetivos

Analizar y desarrollar un algoritmo matemático basado en correlación estadística, capaz de disminuir el error en la medición no invasiva de los niveles de glucosa en sangre y contribuir así a mejorar el estado actual de salud en pacientes diabéticos ofreciendo un método de monitoreo alternativo a los sistemas actuales.

Metodología

Para obtener la correlación entre los niveles de concentración de glucosa en sangre y la amplitud de la señal de fotopleletismografía obtenida mediante espectroscopia de infrarrojo cercano, se realizó una ronda de pruebas sobre 25 voluntarios femeninos y masculinos con edades entre los 20 y 40 años sin ninguna patología confirmada. Adicionalmente a las mediciones de nivel de glucosa y amplitud de señal fotopleletismográfica, se registraron mediciones de porcentaje de grasa corporal.

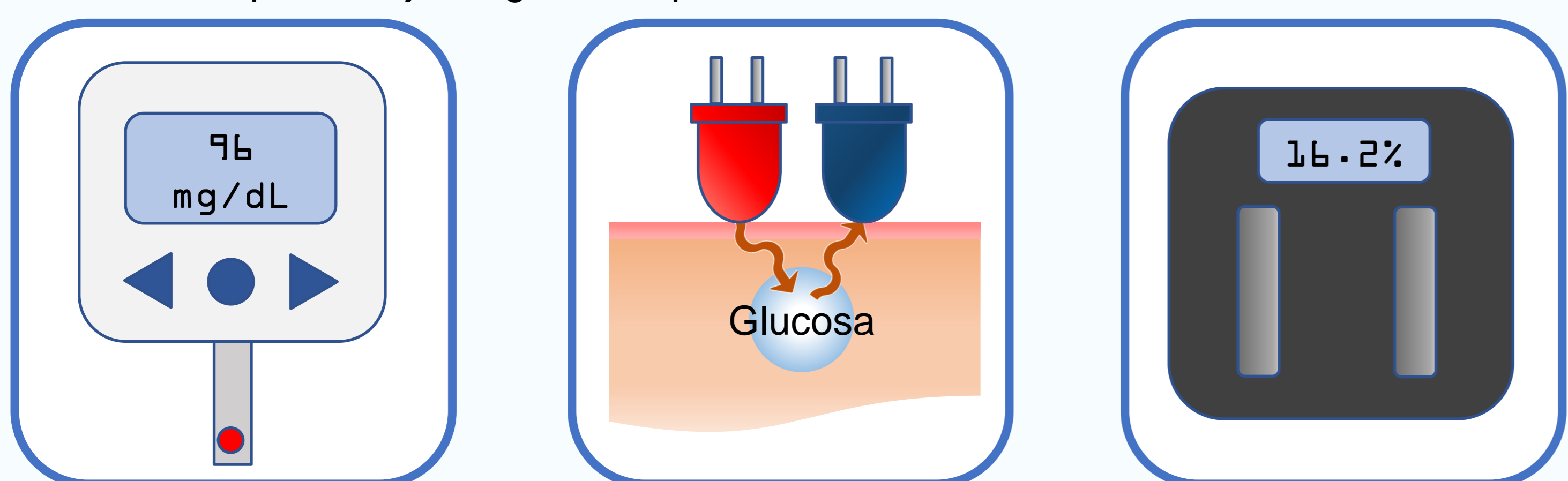


Figura 2. Diagrama de mediciones utilizadas para el análisis estadístico.

Resultados

Para evaluar la efectividad del medidor no invasivo de glucosa, se aplica una regresión lineal sobre las mediciones de concentración de glucosa y la respuesta en amplitud de la señal del sensor. Así mismo, se realiza un análisis multivariable, realizando una regresión de mínimos cuadrados parciales relacionando los valores de glucosa y la respuesta en magnitud de la señal del sensor, pero esta vez añadiendo además la variable de la grasa corporal medida. El resultado del estimador propuesto, se contrasta contra los valores de glucosa medidos mediante una rejilla de error de Clarke.

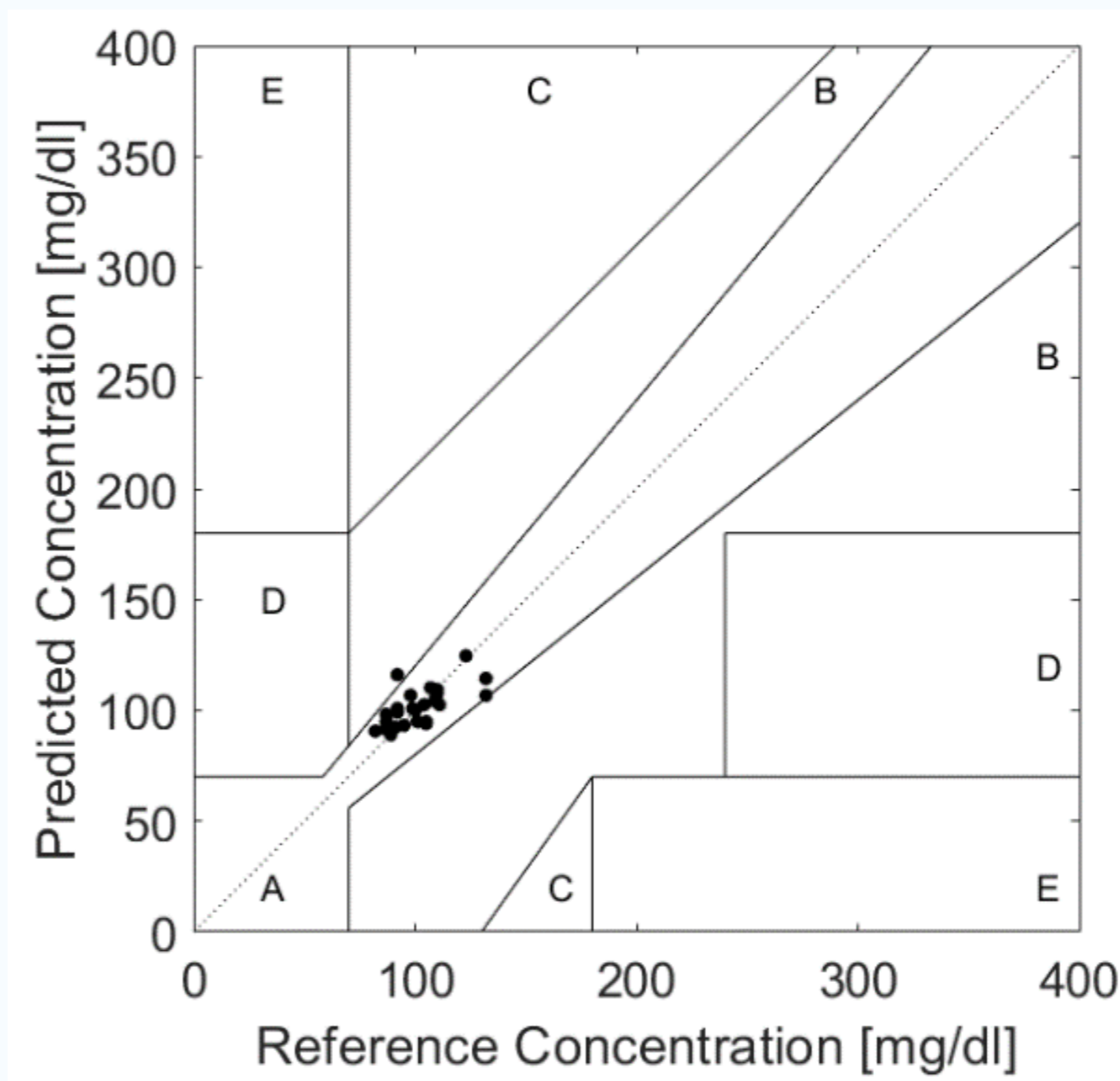


Figura 3. Rejilla de error de Clarke [4] para los valores estimados mediante la regresión lineal

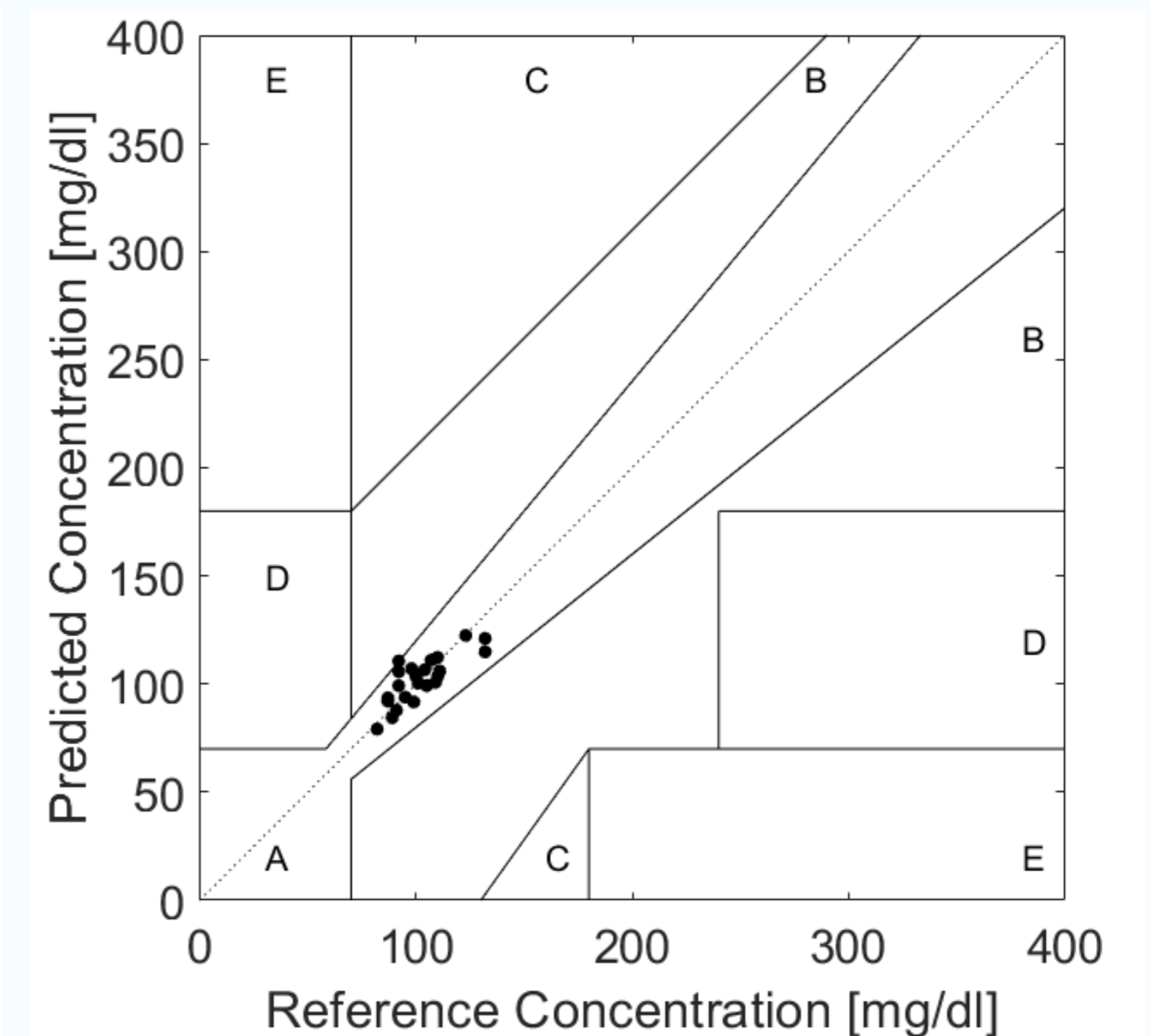


Figura 4. Rejilla de error de Clarke para la estimación de glucosa en sangre mediante la regresión de mínimos cuadrados parciales

Los datos obtenidos de la medición de glucosa así como las estimación mediante regresión fueron reacomodados en orden ascendente con respecto a la concentración de glucosa obtenida. El mayor error para la regresión lineal (21.23%) y para la regresión de mínimos cuadrados (16.89%) se presentó en el voluntario 8 quien poseía un porcentaje de grasa del 31.5%.

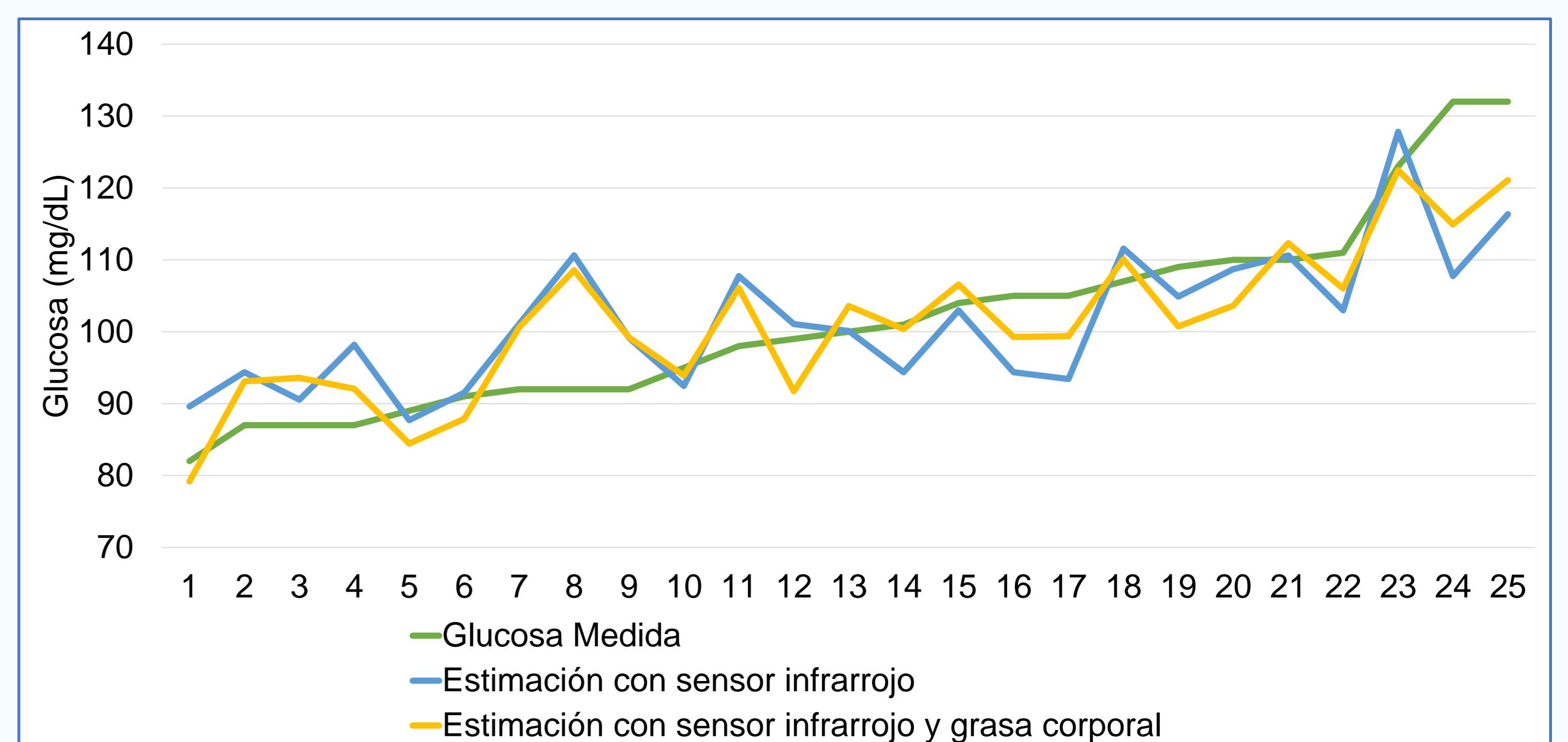


Figura 5. Comparativa entre los resultados de la medición de glucosa con glucómetro convencional y la medición no invasiva.

Conclusiones

La espectroscopia de infrarrojo cercano es un método viable para la estimación no invasiva de la concentración de glucosa en sangre, siendo capaz de obtener resultados equiparables a la medición mediante glucómetros convencionales y aunque presenta errores a causa de la interacción de la radiación luminosa con el cuerpo humano, estos pueden disminuir al tomar en cuenta parámetros físicos y funcionales que intervienen en la estimación como lo es la grasa corporal.

El método aquí propuesto puede ser implementado para realizar una estimación continua sobre los niveles de glucosa en sangre, ofreciendo una alternativa más para el control de la diabetes y evitar así la aparición de posibles complicaciones médicas.

Referencias

- [1] "Diabetes," World Health Organization, 2020. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>.
- [2] The Diabetes Research in Children Network (DirecNet) Study Group, "Psychological Aspects of Continuous Glucose Monitoring in Pediatric Type 1 Diabetes," *Pediatr Diabetes*, vol. 7, no. 1, pp. 32–38, 2006, doi: 10.1002/bmb.20244.DNA.
- [3] B. Gayathri, K. Sruthi, and K. A. U. Menon, "Non-invasive blood glucose monitoring using near infrared spectroscopy," in 2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 2017, pp. 1139–1142, doi: 10.1109/ICCSP.2017.8286555.
- [4] W. L. Clarke, D. Cox, L. A. Gonder-Frederick, W. Carter, and S. L. Pohl, "Evaluating Clinical Accuracy of Systems for Self-Monitoring of Blood Glucose," *Diabetes Care*, vol. 10, no. 5, pp. 622–628, 1987, doi: 10.2337/diacare.10.5.622.