

Metodología Iterativa del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM)

Iterative Methodology of the System for the Application of Techniques for Metabolic Diagnosis (ATDM System)

Victor Alfonso Abuadili Garza¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ciudad de México, México

abuadili@yahoo.com.mx
<https://orcid.org/0009-0004-5466-1880>

Autor de correspondencia: abuadili@yahoo.com.mx

Recibido: 16/09/2025

Aceptado: 19/10/2025

Publicado: 21/11/2025

Resumen

Objetivo: Este estudio tuvo como objetivo establecer y describir la Metodología Iterativa del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) como base de la prueba de “Valoración Metabólica”. Esta metodología es capaz de identificar en tiempo real las causas de las enfermedades y el riesgo metabólico individual, con potencial impacto en la prevención y la salud pública. **Metodología:** Se desarrolló un estudio cualitativo, documental y proposicional, complementado con una investigación clínica aplicada a 6031 personas de ambos性os y distintas edades, atendidas en México, Estados Unidos, República Dominicana, Guatemala, Puerto Rico y Colombia. La metodología integró en un “Círculo Metabólico” de cinco fases las pruebas de bioimpedancia, corneometría y capilaroscopía, junto con procedimientos de integración diagnóstica, recomendación terapéutica y seguimiento, articulados mediante paradigmas kuhnianos y construcciones heurísticas. **Resultados:** La aplicación del Sistema ATDM permitió clasificar sistemáticamente componentes, patrones e indicadores de valoración metabólica, construir un semáforo de riesgo metabólico y generar bases de datos casuísticas y estadísticas útiles para modelos de vigilancia y predicción. Además, el diseño repetitivo del circuito ayudó a crear modelos matemáticos que pueden predecir problemas en los tejidos

y el metabolismo antes de que se presenten síntomas clínicos. **Conclusiones:** Se concluyó que la Metodología Iterativa del Sistema ATDM constituyó una herramienta de tamizaje de bajo costo y alto impacto, replicable en diversos contextos asistenciales, y que ofrece un marco sólido para el desarrollo de una línea de investigación biosemiómica orientada al diagnóstico causal, la intervención temprana y la reducción de los costos asociados a las enfermedades crónicas.

Palabras clave: Metodología iterativa, valoración metabólica, sistema ATDM, biosemiómica, capilaroscopía.

Abstract

Objective: This study aimed to establish and describe the Iterative Methodology of the Techniques Application System for Metabolic Diagnosis (ATDM System) as the basis for the “Metabolic Assessment” test. This methodology can identify the causes of diseases and individual metabolic risk in real time, with potential impact on prevention and public health.

Methodology: A qualitative, documentary, and propositional study was developed, complemented by clinical research applied to 6,031 individuals of both sexes and various ages treated in Mexico, the United States, the Dominican Republic, Guatemala, Puerto Rico, and Colombia. The methodology integrated bioimpedance, corneometry, and capillaroscopy tests into a five-phase “Metabolic Circuit,” along with diagnostic integration, therapeutic recommendation, and follow-up procedures, all articulated thru Kuhnian paradigms and heuristic constructs. **Results:** The application of the ATDM System enabled the systematic classification of components, patterns, and indicators of metabolic assessment, the construction of a metabolic risk traffic light, and the generation of case-based and statistical databases useful for surveillance and prediction models. Additionally, the repetitive circuit design helped create mathematical models that can predict tissue and metabolic problems before clinical symptoms appear. **Conclusions:** It was concluded that the ATDM System’s Iterative Methodology constituted a low-cost, high-impact screening tool, replicable in various healthcare settings, and that it provides a solid framework for the development of a biosemiomic research line oriented toward causal diagnosis, early intervention, and the reduction of costs associated with chronic diseases.

Keywords: Iterative methodology, metabolic assessment, ATDM system, biosemiotics, capillaroscopy.

Introducción

En la actualidad, la medicina moderna atraviesa una revolución sin precedentes. Nunca en la historia se había tenido acceso a tanta información como hoy: los libros se vuelven obsoletos pocos meses después de su publicación y los artículos médicos y científicos son superados constantemente por nuevas investigaciones. Si antes los estudiantes de medicina debían pasar largas horas en las bibliotecas, hoy pueden consultar en minutos las últimas publicaciones mediante metabuscadores científicos en Internet.

A nivel mundial, se ha registrado de forma sistemática la ocurrencia de enfermedades y los factores que las condicionan, con el propósito de conocer su frecuencia y su tendencia, así como de orientar acciones de control o eliminación. La detección de enfermedades es fundamental, pues constituye el punto de partida para identificar los datos clínicos, epidemiológicos y de laboratorio o gabinete que permiten al médico establecer un diagnóstico.

El estudio de las ciencias biológicas y médicas es una actividad humana dinámica y colectiva que consiste, principalmente, en la realización de experimentos controlados y en su interpretación crítica. No obstante, esta descripción no agota la complejidad de las ciencias de la vida. En la práctica contemporánea, la capacidad de investigación se ha visto limitada por un énfasis casi exclusivo en la enfermedad: saber cómo diagnosticarla, atenderla y “quitarla” o controlarla.

Como señala Abuadili Garza (2019), son pocas las personas que, de manera consciente y congruente, dejan de pensar únicamente en eliminar la enfermedad para centrarse en prevenir su desarrollo. En la misma línea crítica, el filósofo argentino-mexicano Enrique Dussel afirma: «No es nada descubrir algo nuevo, hay que descubrir para qué se descubre» (Dussel, 2019). Durante décadas se han aplicado los mismos esquemas preventivos en la atención primaria de la salud, sin lograr un impacto directo en la evitación del desarrollo de las enfermedades. Ello se explica, en parte, por lo que el propio Dussel (2024) denomina *científicidio*: la tendencia a prevenir desde el efecto (la enfermedad ya instaurada), mientras

se obstaculiza, mediante acciones científicas, el reconocimiento de desarrollos científicos orientados a las causas que originan las enfermedades.

Por ello, es necesario integrar otros elementos en el contexto de los estudios científicos, como los paradigmas kuhnianos y las construcciones heurísticas. Los paradigmas de Kuhn se entienden como conjuntos de teorías, valores y prácticas aceptados por una comunidad científica en un período determinado, que definen la “ciencia normal” al guiar la investigación, establecer qué problemas son relevantes, cómo formular las preguntas y cómo interpretar los resultados. Las construcciones heurísticas, por su parte, son métodos o algoritmos que construyen una solución de manera iterativa, agregando elementos en cada paso según un criterio de selección específico, con el fin de refinar progresivamente el resultado. Estos marcos, sin embargo, rara vez sugieren por sí mismos nuevas direcciones de investigación (Gilbert, 1982).

En este contexto se hace necesario contar con una prueba de fácil implementación, bajo costo y alto impacto, capaz de detectar las causas de las enfermedades, desplazando el paradigma desde una mirada subjetiva hacia una evaluación objetiva, y permitiendo establecer patrones, procesos, procedimientos y sistemas susceptibles de perfeccionamiento (Abuadili Garza, 2019, 2025a). A partir de esta necesidad, el autor desarrolla la “Valoración Metabólica”, que integra las pruebas de bioimpedancia, capilaroscopía y corneometría para identificar los Patrones de Valoración Metabólica (PVM) y los indicadores de diagnóstico metabólico, así como para compilar datos casuísticos, estadísticos y de investigación. Todo ello se realiza siguiendo el método científico, en el que se articulan los paradigmas kuhnianos y las construcciones heurísticas, y se avanza hacia la formulación de una “biosemiómica”.

La biosemiómica se propone como una nueva ciencia derivada de la conjunción entre la biosemiótica y las ciencias ómicas aplicadas. La biosemiótica (del griego *bίος*, “vida”, y *σημειῶτικος*, “observador de signos”) estudia la vida como fenómeno simbólico. Se apoya tanto en el método científico como en el método dialéctico, articulando la biología con la fenomenología para conceptualizar significados y sentidos, así como signos y códigos propios del dominio biológico (Favareau, 2010).

La biosemiótica integra los hallazgos de la biología y las definiciones de la semiótica, y propone un cambio paradigmático en la visión científica de la vida, en la que la semiosis,

entendida como el proceso de signos que incluye significado e interpretación, se considera inmanente e intrínseca a los seres vivos (Alexandrov, 2000). El término *biosemiótica* fue utilizado probablemente por primera vez por Friedrich S. Rothschild en 1962 (Kull, 2022). Posteriormente, autores como Thomas Sebeok, Thure von Uexküll, Jesper Hoffmeyer y otros han realizado aportes significativos que han consolidado a la biosemiótica como un campo científico emergente.

Revisión de la literatura

El diagnóstico clínico mediante la Metodología del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) alude, en términos generales, al análisis del cuerpo humano, sus reacciones químicas, físicas y biológicas, así como de su interacción con el medio ambiente, con el fin de determinar el estado actual y las tendencias de dichas condiciones. Esta determinación se realiza a partir de datos y hechos recogidos y ordenados de forma sistemática, lo que permite juzgar con mayor precisión qué está ocurriendo (Abuadili Garza, 2025a, 2025b).

En este contexto, la capilaroscopía se ha convertido en una herramienta de diagnóstico clínico que, según Gómez et al. (2011), debería incorporarse al protocolo de estudio de todo paciente. Paralelamente, el uso de tecnologías no invasivas ha cobrado relevancia gracias al esfuerzo investigativo de la comunidad científica. La medición de la impedancia bioeléctrica es una técnica empleada en ingeniería (para el desarrollo de biosensores portátiles con múltiples aplicaciones), en el ámbito médico (monitoreo de salud y diagnóstico) y en la investigación biomédica, tanto básica como aplicada. Sus principios se basan en que la corriente eléctrica circula a diferentes velocidades a través de estructuras complejas como los organismos vivos; mediante un análisis detallado de los parámetros eléctricos es posible obtener información útil sobre la estructura y las propiedades de los tejidos (Iftime et al., 2025).

No obstante, la impedancia por sí sola no siempre es suficiente, por lo que también se requiere de técnicas de imagen que permitan identificar y distinguir tejidos, así como parámetros bioquímicos y otros factores en tiempo real. De ahí que, para superar estas limitaciones, se hayan seleccionado de manera integrada las pruebas de bioimpedancia,

corneometría y capilaroscopía como recursos particularmente útiles para el estudio en tiempo real de los pacientes (Colmenares-Roldán et al., 2016). A continuación, se describen brevemente estas pruebas clínicas.

Prueba de corneometría. La corneometría es un método destinado a medir la hidratación de la piel, en especial del estrato córneo. Se realiza mediante un dispositivo denominado corneómetro, que evalúa la permitividad relativa de la piel a través de un sensor capacitivo. El valor obtenido se correlaciona con la cantidad de agua presente en la superficie cutánea y permite estimar su nivel de hidratación (Constantin et al., 2014).

Prueba de bioimpedancia. La bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método no invasivo, de aplicación sencilla y apto para todo tipo de poblaciones. Conocer sus fundamentos físicos permite comprender mejor su uso y, en consecuencia, aplicar de forma estricta las condiciones de medida que aseguran la fiabilidad de los resultados. La BIA es un procedimiento adecuado para determinar el agua corporal total y la masa libre de grasa en personas sin alteraciones importantes de los líquidos y electrolitos. No obstante, requiere el empleo de ecuaciones de predicción ajustadas a la edad y al sexo, específicas para la población estudiada y validadas frente a métodos de referencia (Alveró-Cruz et al., 2011).

Los estudios de BIA se sustentan en la estrecha relación entre las propiedades eléctricas del cuerpo humano, la composición de los diferentes tejidos y el contenido total de agua corporal. Como todo método indirecto de estimación de la composición corporal, la BIA se apoya en premisas relativas a las propiedades eléctricas del organismo (Hoffer et al., 1969), su composición y estado de maduración, su nivel de hidratación (Hoffer et al., 1969; Thomasset, 1962), la edad, el sexo, la raza y la condición física (Hoffer et al., 1969; Thomasset, 1962).

La impedancia corporal (Z) se define en función de dos componentes o vectores: la resistencia (R) y la reactancia (Xc), según la ecuación $Z^2 = R^2 + Xc^2$. La resistencia representa la oposición de los tejidos al paso de la corriente eléctrica, mientras que la reactancia es la oposición adicional derivada de la capacitancia de los tejidos y de las membranas celulares (componente dieléctrico). Estos valores dependen de la frecuencia de la corriente aplicada (Lukaski et al., 1987). La reactancia está asociada al efecto eléctrico

generado durante periodos breves por el componente lipídico de las membranas de la masa celular (Lukaski et al., 1987; Kyle et al., 2001; Van der Jagt et al., 2002; Slinde et al., 2003).

Prueba de capilaroscopía. La capilaroscopía es un método no invasivo, sencillo, de alto impacto y bajo costo que, en un inicio, fue utilizado por la reumatología para observar la microcirculación. Sin embargo, se ha demostrado que esta técnica puede emplearse para realizar una evaluación integral del metabolismo y de otras condiciones anómalas, por lo que resulta pertinente incluirla en el protocolo de estudio de todo paciente en tiempo real. Su aplicación puede realizarse en el consultorio, en jornadas médico-asistenciales y en diversos entornos clínicos (Abuadili Garza, 2025b).

La técnica utiliza un dispositivo denominado capilaroscopio, mediante el cual es posible obtener información sobre el color, la morfología, la intensidad y la magnitud de los vasos capilares. La evolución de los instrumentos ópticos ha sido clave para el mejor aprovechamiento de la técnica: dado que la circulación periungueal es accesible con aumentos relativamente bajos (20–30×), los reumatólogos comenzaron utilizando lentes simples, capaces de observar el megacapilar esclerodérmico, y progresaron hacia capilaroscopios ópticos más complejos. Entre los avances sobresale la incorporación de objetivos de campo amplio (*widefield*), que permiten visualizar todo el lecho periungueal, y la integración de luz fría en el microscopio para evitar distorsiones por calor, técnica conocida como epiiluminación (Martínez Sánchez, 2010).

A pesar de estas ventajas, la mayoría de los equipos comerciales se limita al análisis de la microcirculación, por lo que no es sencillo encontrar dispositivos de mayor precisión. El escaso interés por utilizar la capilaroscopía en otras áreas de la medicina explica la limitada oferta de aparatos con aumentos superiores a 50×, necesarios para la práctica clínica detallada, y de equipos de 600× o más, indispensables para evaluar estructuras tisulares complejas y observar reacciones químicas en tiempo real (Martínez Sánchez, 2010; Abuadili Garza, 2025a, 2025b).

En respuesta a la necesidad de un uso clínico distinto al de la reumatología y al estudio estrictamente microcirculatorio, Abuadili Garza inició en 2011 un estudio sistemático sobre el diagnóstico metabólico mediante capilaroscopía. A partir de ello, se establecieron los protocolos de atención e investigación del Sistema de Aplicación de Técnicas para el

Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) (Abuadili Garza, 2020, 2025a). Esta aproximación permite visualizar múltiples condiciones, como la identificación de reacciones metabólicas tipo reacción de Maillard (Abuadili Garza, 2025e), reacciones de pirólisis (Abuadili Garza, 2025d), procesos de desbalance redox producidos por especies reactivas de oxígeno (Abuadili Garza, 2025c), lipogénesis de novo no enzimática y la correspondiente adhesión de lípidos en tejidos (Abuadili Garza, 2025e, 2025f, 2025g, 2025i), así como alteraciones del microbioma (Abuadili Garza & García Súchil, 2025). En conjunto, esto amplía de manera notable el alcance diagnóstico de la técnica.

La valoración metabólica. El diagnóstico clínico mediante Valoración Metabólica retoma el análisis del cuerpo humano, sus reacciones químicas, físicas y biológicas, y su interacción con el entorno, con el objetivo de determinar su situación actual y las tendencias subyacentes. Esta valoración se sustenta en datos e imágenes organizados sistemáticamente y se estructura en tres niveles: componentes, patrones e indicadores.

Un componente corresponde al valor, imagen o condición que se investiga de forma directa. Los patrones y los indicadores se construyen a partir de combinaciones específicas de componentes.

Un patrón es un modelo según el cual se producen otros objetos o con el cual se mide una magnitud, bajo una regularidad matemática, estadística o procedural que distingue una serie de fenómenos (Abuadili Garza, 2023a). El reconocimiento de patrones se entiende como un proceso de tratamiento de información que resuelve un amplio rango de problemas. Desde una perspectiva aplicada, su objetivo es clasificar objetos en categorías o clases definidas, a partir de las características que comparten (Reynaga & Mayta, 2009).

El reconocimiento de patrones puede ser supervisado o no supervisado. En el reconocimiento supervisado se dispone, de manera previa, de ejemplos de clasificación que relacionan los valores de las características con categorías específicas; este es el caso más extendido en problemas reales. En el reconocimiento no supervisado no se cuenta con ejemplos de clasificación a priori, y el objetivo es revelar relaciones de similitud entre los valores de las características para formar agrupaciones o *clusters* (Reynaga & Mayta, 2009). En el caso particular del diagnóstico metabólico mediante Valoración Metabólica, al no existir precedentes, se recurre a estrategias de reconocimiento de patrones no supervisado, basadas

en similitudes de color, magnitud o regularidades de longitud de onda. Ello exige una formación sólida en física, química, bioquímica, biología, anatomía, fisiología y otras ramas de la medicina.

Un indicador es un valor, figura o imagen observada de una variable; en otras palabras, un signo de presencia o ausencia del concepto que se estudia. Se trata de una característica observable y medible que permite mostrar los cambios o avances hacia un resultado específico (Gutiérrez, 2009). La construcción de indicadores implica exigencias epistemológicas importantes: requiere un modo crítico de reflexión y de apropiación de la realidad, así como rupturas y reorganizaciones del pensamiento. El problema central no reside únicamente en la teoría o en la operación de los conceptos, sino en cómo se concibe y construye el objeto de estudio. Los indicadores constituyen una definición empírica del objeto y son producto de una construcción teórica del sujeto sobre el fenómeno, orientada a identificar lo específico y concreto del objeto (Rodríguez-Sabio et al., 2022; Gutiérrez, 2009).

Idealmente, los datos registrados (valores de impedancia de tejidos e imágenes capilaroscópicas) deberían modelarse antes de su análisis directo. El modelado estadístico plantea, sin embargo, desafíos adicionales. Los modelos estadísticos simples que comparan grupos según sus valores de impedancia (como regresiones lineales, pruebas t de Student o ANOVA) pueden resultar poco eficaces ante la gran variabilidad de rangos y la naturaleza no lineal de muchos fenómenos. Un problema especialmente relevante es la presencia de ruido en los datos, que reduce la sensibilidad de los métodos estadísticos clásicos para detectar diferencias.

Para abordar estos retos, se emplean enfoques avanzados como el análisis de componentes principales (PCA) y otras técnicas multivariantes, que permiten reducir la dimensionalidad y resaltar patrones significativos en datos ruidosos (Dai et al., 2025; Nejadgholi & Bolic, 2015; Stasiak et al., 2007; Zagar & Krizaj, 2008). Asimismo, los modelos lineales mixtos (LME) ofrecen una alternativa robusta cuando es necesario considerar estructuras de correlación intraindividuo o medidas repetidas (Brown, 2021). Complementariamente, los modelos aditivos generalizados y los modelos lineales mixtos generalizados (GAM/GLMM) permiten capturar relaciones no lineales entre los predictores y las variables de respuesta, y

han demostrado ser útiles en el análisis de datos fisiológicos y biomédicos, incluido el comportamiento de la impedancia en el tiempo (Cheung et al., 2013).

Objetivo del estudio. Establecer la Metodología del “Círculo Metabólico” como técnica para la ejecución de la prueba conocida como “Valoración Metabólica”, que utiliza la metodología del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM), donde aplicando las pruebas de Bioimpedancia, Capilaroscopía y Corneometría, se identifican plenamente los Componentes, Patrones de Valoración Metabólica (PVM) e Indicadores de Diagnóstico Clínico (IDC), que permiten estudiar a las personas tanto en lo individual como lo colectivo, mediante los paradigmas kuhnianos y las construcciones heurísticas, permitiendo desarrollar una metodología casuística, estadística y de investigación, desde el individuo, un grupo social, una comunidad, un estado, un país o incluso a nivel internacional.

Hipótesis:

1. Se puede, mediante la metodología del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM), utilizando la herramienta diagnóstica de la Valoración Metabólica, crear un modelo de atención de tipo tamizaje, de bajo costo y alto impacto.
2. Se pueden integrar los paradigmas kuhnianos y construcciones heurísticas como parte del método científico y dialéctico aplicados y relacionarlos con la metodología del sistema de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (sistema ATDM).
3. Podemos interrelacionar metodología iterativa con: “Las causas de las enfermedades, de acuerdo con una perspectiva causa-efecto”, los estados pre-efecto como los “síndromes de valoración metabólica” y la biosemiótica de las enfermedades.

Metodología

El presente artículo adopta un enfoque cualitativo, documental y proposicional. Se desarrolla un estudio de carácter exploratorio, descriptivo, explicativo, proposicional y predictivo. En primer lugar, el autor realizó una revisión bibliográfica en PubMed, Google Scholar,

Latindex y otros metabuscadores, con el propósito de identificar y sistematizar la metodología aplicada para la realización en tiempo real de la Valoración Metabólica dentro del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) (Abuadili Garza, 2019, 2020, 2023a, 2023b).

Sobre esta base teórica y metodológica, se utilizó la estrategia denominada “Valoración Metabólica”, formalizada en el Sistema ATDM. Para contrastar las hipótesis de trabajo, se llevó a cabo una investigación clínica en la que se aplicaron pruebas de bioimpedancia y capilaroscopía a una muestra de 6031 personas ($n = 6031$), de ambos sexos, sin restricción de edad ni de estado de salud, atendidas en México, Estados Unidos, República Dominicana, Guatemala, Puerto Rico y Colombia.

La metodología propuesta está diseñada para funcionar con un flujo continuo de pacientes, a manera de tamizaje, de modo que los evaluadores puedan aplicar procesos iterativos, repitiendo un conjunto de pasos o instrucciones hasta alcanzar una meta definida y mejorando progresivamente los resultados en cada repetición. Para ello se plantea la creación de un “Círculo Metabólico” en el que se integren todas las valoraciones, agilizando la atención masiva de personas y optimizando los resultados de evaluación, diagnóstico y recomendación terapéutica (Abuadili Garza, 2020, 2025h).

La evaluación de cada paciente debe cumplir con las normas de buena práctica clínica, evitando condiciones que vulneren principios éticos o medicolegales. En consecuencia, se definen fases específicas dentro de esta metodología iterativa, con alcances claramente delimitados, que se describen a continuación.

1. Fase de reconocimiento. En esta fase se identifica a la persona que será evaluada y se genera una ficha de registro con número de expediente, conforme a las normas oficiales de cada país. Se aplican los procedimientos de consentimiento informado y, en el caso de menores de edad o personas con discapacidad, se recaba la autorización de familiares o tutores legales. Asimismo, se recopilan antecedentes y cuestionarios clínicos que permitan construir una historia clínica previa a la valoración metabólica.

2. Fase de evaluación. En esta etapa se realiza la evaluación clínica utilizando tres pruebas principales: bioimpedancia, corneometría y capilaroscopía. A partir de ellas se obtiene la

información necesaria para la integración clínico-diagnóstica, que incluye la identificación de las “causas de las enfermedades”, los Patrones de Valoración Metabólica (PVM), según los criterios publicados en *Ciencia Latina* (Abuadili Garza, 2025a), los Síndromes de Valoración Metabólica (SVM), los Indicadores de Diagnóstico Clínico (IDC) y una estimación del grado de riesgo metabólico.

En concreto, el evaluador aplica tres pruebas clínicas:

- a) Prueba de bioimpedancia. Permite determinar parámetros como peso, índice de masa corporal, porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa muscular, kilocalorías basales, edad metabólica y grasa visceral (Alvero-Cruz et al., 2011; Hoffer et al., 1969; Kushner & Schoeller, 1986).
- b) Prueba de corneometría. A través de la medición de la hidratación de la piel se obtiene una estimación indirecta de la hidratación corporal global, con base en el análisis de la permitividad eléctrica del estrato córneo (Constantin et al., 2014).
- c) Prueba de capilaroscopía. Se observan en tiempo real las estructuras capilares y otros componentes tisulares relevantes. Se hace énfasis en los elementos descritos por el autor en artículos previos publicados en *Ciencia Latina* y *Sapiens in Medicine Journal* (Abuadili Garza, 2025a, 2025b). Durante la prueba se toman de dos a cinco imágenes directamente de la pantalla del capilaroscopio o mediante un capturador de imagen digital, con el fin de documentar los hallazgos y facilitar su análisis posterior (Gómez et al., 2011; Martínez Sánchez, 2010).

3. Fase de integración. En esta fase se lleva a cabo la integración clínico-diagnóstica según la metodología del Sistema ATDM (Abuadili Garza, 2020). La información obtenida a partir de las pruebas se utiliza para establecer:

- Diagnóstico de las causas de las enfermedades que afectan a la persona.
- Establecimiento de un semáforo de riesgo metabólico.
- Diagnóstico y medición de los Síndromes de Valoración Metabólica (SVM).

- Diagnóstico de salud integral, considerando tanto los componentes metabólicos como los patrones e indicadores identificados (Abuadili Garza, 2025c, 2025e, 2025f, 2025g, 2025i).
4. Fase de recomendación. En esta fase se formula una recomendación terapéutica individualizada. Esta debe incluir, al menos:
- Una recomendación nutracéutica orientada a contrarrestar las causas de las enfermedades previamente identificadas.
 - Una recomendación nutricional y de actividad física que promueva hábitos y estilos de vida saludables.
 - Una recomendación o prescripción médica, cuando proceda, para abordar los efectos de enfermedades ya presentes, en coherencia con la normativa y la práctica clínica vigentes (Abuadili Garza, 2019; Ramírez-López et al., 2021; Yaribeygi et al., 2019).
5. Fase de seguimiento. Finalmente, se define un procedimiento sistemático para el archivado y la gestión de la información obtenida, así como para el seguimiento de cada persona atendida. Este seguimiento permite evaluar los resultados de las recomendaciones realizadas y, en su caso, ajustar las intervenciones con base en nuevas valoraciones metabólicas, manteniendo el carácter iterativo de la metodología y consolidando un enfoque casuístico y estadístico de largo plazo (Brown, 2021; Dai et al., 2025; Nejadgholi & Bolic, 2015).

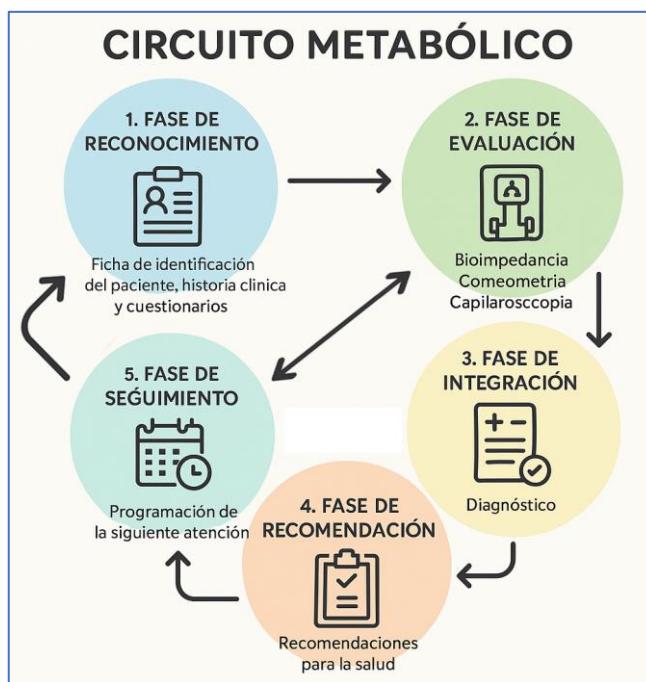
Resultados

Aplicando la metodología denominada “Valoración Metabólica”, establecida en el Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM), se realizó una investigación clínica en la que se practicaron pruebas de bioimpedancia y capilaroscopía a 6031 personas ($n = 6031$) de ambos性, sin restricciones de edad ni de estado de salud, atendidas en México, Estados Unidos, República Dominicana, Guatemala, Puerto Rico y Colombia. A cada participante se le elaboró una historia clínica general y se construyó una base de datos que permite sistematizar la información y generar estadísticas, las cuales se reportan en la página web del Sistema ATDM.

En cumplimiento de la metodología planteada, las fases del llamado “Círculo Metabólico” se organizaron en un flujo continuo de evaluación, integración diagnóstica y seguimiento. La Figura 1 sintetiza de manera esquemática estas fases y su secuencia operativa dentro del sistema:

Figura 1

Fases del circuito metabólico



1. Fase de Reconocimiento. Para determinar la capacidad instalada y organizar el flujo de atención, se implementó una plataforma de registro en línea en la que las personas programaban su cita e ingresaban sus datos generales. Esta información facilitó el llenado de la ficha de identificación y, en el mismo formulario de solicitud, se recabó el consentimiento para la realización de las pruebas del Circuito Metabólico, cumpliendo así con las formalidades médico-legales correspondientes.

Una vez que la persona acudía a la sede donde se realizaban las valoraciones metabólicas, pasaba a una primera estación de registro. En esta estación se verificaban los datos personales, se confirmaba la cita y se aplicaba un interrogatorio estructurado para obtener los antecedentes patológicos y construir la historia clínica previa a la evaluación. La Figura 2 ilustra el formato utilizado para el interrogatorio clínico de antecedentes patológicos.

Figura 2

Interrogatorio de la historia clínica de antecedentes patológicos

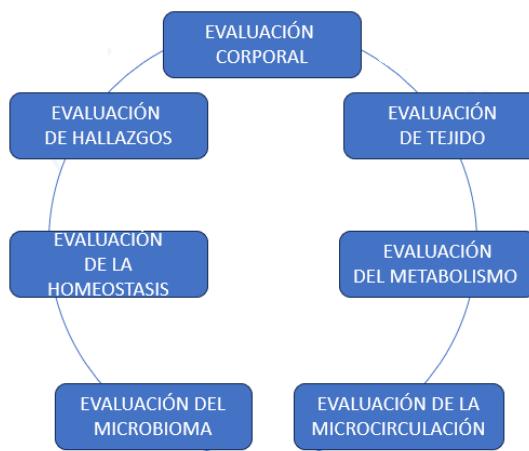
¿Padece usted alguna enfermedad?	
1. Diabetes	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
2. Hipertensión Arterial	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
3. Colesterol/Trigliceridos	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
4. Varices	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
5. Enfermedades Respiratorias	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
6. Enfermedades Cardiovasculares	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
7. Enfermedades Gastrointestinales	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
8. Enfermedades Renales	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
9. Enfermedades Endocrinas	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
10. Enfermedades Neurológicas	<input type="checkbox"/> PVM=0.1
11. Alergias	<input type="checkbox"/>
12. Otras (Especifique)	<input type="checkbox"/>

2. Fase de Evaluación. La fase de evaluación se organizó en diferentes estaciones, con el objetivo de realizar una valoración sistemática y ordenada del estado de salud de cada persona. Esta evaluación debía permitir la identificación de las causas de las enfermedades, los Patrones de Valoración Metabólica (PVM), los Indicadores de Diagnóstico Clínico (IDC) y los Síndromes de Valoración Metabólica (SVM).

Como se observa en la Figura 3, el proceso de evaluación se representó en un circuito dispuesto en sentido de las manecillas del reloj. En primer lugar, se realizaban las pruebas de medición por impedancia (bioimpedancia y corneometría) para obtener una evaluación corporal global y, posteriormente, se efectuaba la evaluación tisular, bioquímica y de regulación mediante la prueba de capilaroscopía.

Figura 3

Aplicación de procesos para la fase de evaluación



En la primera estación se aplicó la prueba de bioimpedancia y corneometría utilizando un equipo marca Omron. De esta forma se obtuvieron de manera sistemática parámetros como peso, índice de masa corporal, porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa muscular, edad metabólica, grasa visceral y un índice indirecto de hidratación corporal. La estandarización en el orden de registro de estos parámetros facilitó tanto el análisis casuístico individual como el análisis estadístico agregado de la muestra. La Figura 4 muestra el esquema de recabado de parámetros de la prueba de bioimpedancia.

Figura 4

Recabado de parámetros de la prueba de bioimpedancia

INDICADOR	RESULTADOS	VALOR DE REFERENCIA	INTERPRETACION	PONDERACIÓN
PESO	72.5 Kg	ESTATURA . 100		
ÍNDICE DE MASA CORPORAL	29	< 16 16.0 a 18.9 19.0 a 23.0 23.1 a 28.0 28.1 a 33.0 33.1 a 38.0 38.1 >	Desnutrición ● Bajo peso ● Normal ○ Sobre peso ○ Obesidad grado 1 ○ Obesidad grado 2 ● Obesidad grado 3 ●	0.5 PVM 0.5 PVM 0 PVM 0.5 PVM 1 PVM 1 PVM 1 PVM
MASA GRASA	46.4 %	HOMBRES 12 A 18% MUJERES 16 A 22%	SÍNDROME DE DESGASTE: SI TIENE MASA GRASA Y MASA MUSCULAR DISMINUIDAS	1 PVM
MASA MUSCULAR	21.9 %	HOMBRES 42 A 50% MUJERES 40 A 46%	RESISTENCIA A LA INSULINA: MASA GRASA AUMENTADA Y MASA MUSCULAR DISMINUIDA	1 PVM
KCAL BASALES	1395 KCAL	VALOR +/- 200	SI DESEA BAJAR DE PESO DEBE CONSUMIR MAX. ----- KCAL SI DESEA SUBIR DE PESO DEBE CONSUMIR MIN. ----- KCAL	
EDAD METABÓLICA	63 Años	EDAD IGUAL A LA CRONOLOGICA	NORMAL □ DESBALANCE REDOX □ HAMBRE OCULTA □	1 PVM
GRASA VISERAL	10 %	1 A 5 6 A 8 8 A 11 12 A 23 24>	NORMAL ○ ESTEATOSIS HEPÁTICA (F1) ○ HIGADO GRASO (F2) ○ CONGESTIONADO (F3) ○ CIRROSIS GRASA (F4) ●	0 PVM 0.25 PVM 0.5 PVM 0.75 PVM 1 PVM

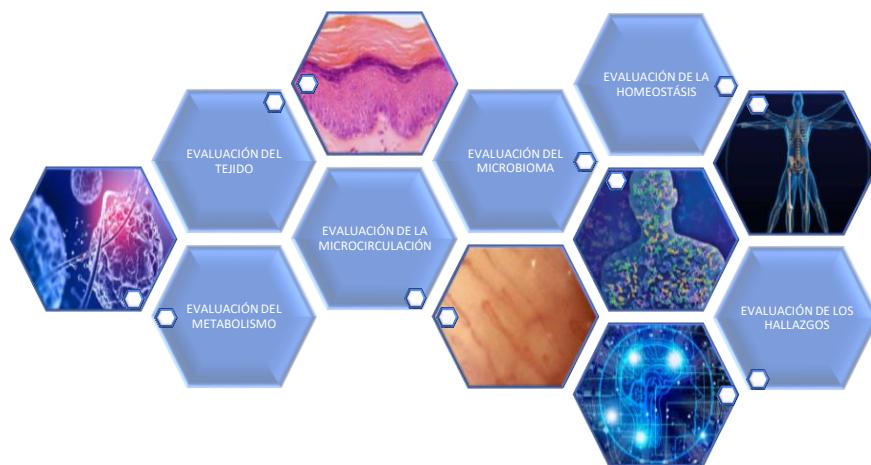
Tras la evaluación por bioimpedancia y corneometría, la persona pasaba al módulo de capilaroscopía. La prueba se realizaba en tiempo real siguiendo un protocolo iterativo de observación. El evaluador debía efectuar la capilaroscopía en el cuarto ortejo de la mano derecha como punto anatómico de referencia estandarizado y, mediante una técnica de desplazamiento del campo visual en zigzag, recorría progresivamente los distintos planos tisulares.

Durante el procedimiento se solicitaba a los evaluadores la toma de entre dos y cinco imágenes: una del tejido en general sin referencia a una posición específica, una de la microcirculación y hasta tres imágenes adicionales de cualquier hallazgo llamativo o inusual.

Todas las imágenes se cargaban en la base de datos del Sistema ATDM para su análisis posterior. La Figura 5 resume el procedimiento sistematizado de evaluación en la prueba de capilaroscopía.

Figura 5

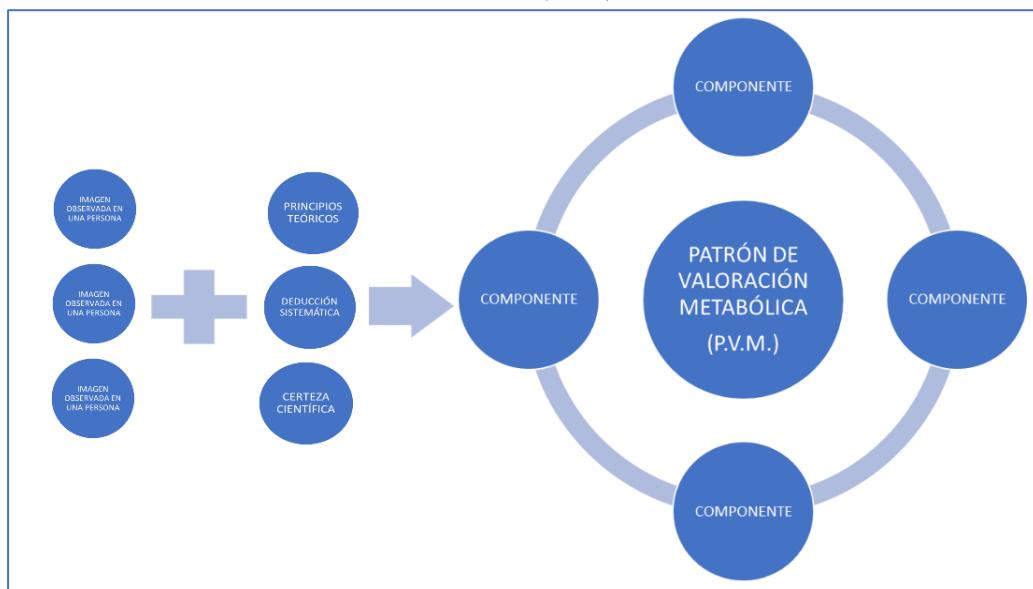
Procedimiento sistematizado de evaluación en la prueba de capilaroscopía



Para poder alcanzar una verdadera sistematización e implementar una metodología iterativa en el uso de la capilaroscopía, fue necesario que el reporte de cada componente se integrara en patrones bien definidos. Tal como se describió en la publicación de referencia en *Ciencia Latina* (Abuadili Garza, 2025a), la combinación específica de componentes observables da lugar a un Patrón de Valoración Metabólica. La Figura 6 ejemplifica cómo la suma de componentes genera un PVM.

Figura 6

Conformación de un Patrón de Valoración Metabólica (PVM)

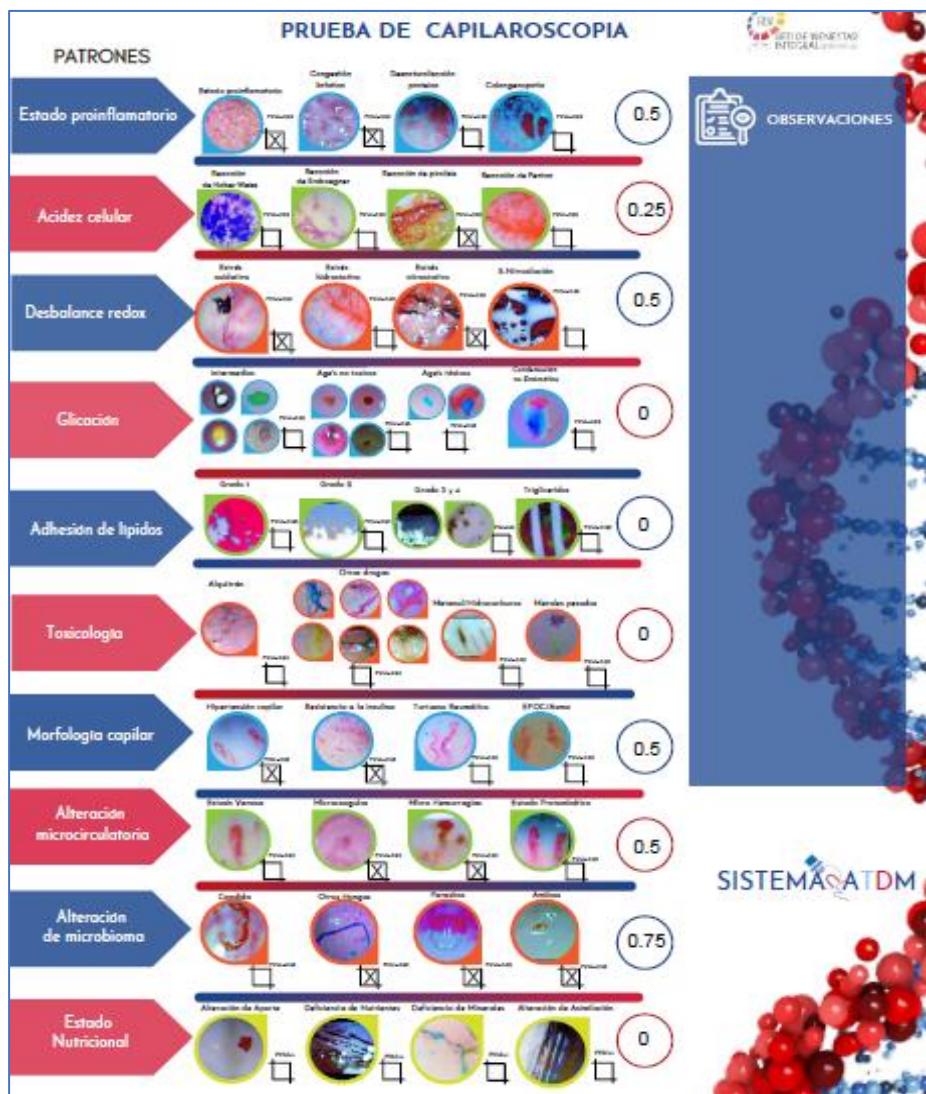


El señalamiento sistemático de los componentes que integran cada patrón permite tanto su identificación clínica precisa como la medición estadística de la frecuencia de cada componente, su prevalencia y su incidencia en la población atendida. De esta manera se construye, en paralelo, una casuística clínica y una estadística robusta basada en datos iterativamente recogidos.

Con este objetivo, el reporte de los hallazgos capilaroscópicos sigue siempre la misma secuencia. La Figura 7 muestra el formato iterativo de reporte de la observación imagenológica de la prueba de capilaroscopía, en el que se identifican los componentes que integran los Patrones de Valoración Metabólica.

Figura 7

Forma iterativa de reporte de observación imagenológica de la prueba de capilaroscopía identificando los componentes que integran los Patrones de Valoración Metabólica (PVM)



3. Fase de Integración. La plataforma digital asociada al Sistema ATDM incorpora un algoritmo de evaluación e interpretación que integra la información procedente de las distintas pruebas clínicas. A partir de los datos de bioimpedancia, corneometría y capilaroscopía, el sistema puede:

- Detectar las posibles causas de las enfermedades presentes en cada persona.
- Medir los Patrones de Valoración Metabólica (PVM) identificados.
- Presentar la imagenología de la valoración metabólica asociada a dichos patrones.
- Calcular un semáforo de riesgo metabólico individual.

La Figura 8 presenta un ejemplo del reporte de integración diagnóstica generado por la plataforma, en el que se sintetizan los hallazgos y se representa gráficamente el riesgo metabólico.

Figura 8

Reporte de integración diagnóstica de la valoración metabólica



4. Fase de Recomendación. Con base en el reporte de integración, el evaluador está en condiciones de emitir una recomendación terapéutica personalizada. Esta recomendación suele incluir:

- Una propuesta nutracéutica orientada a contrarrestar las causas de las enfermedades identificadas.
- Orientaciones nutricionales y de actividad física para promover hábitos y estilos de vida saludables.
- En los casos que lo requieran, una intervención o prescripción médica específica para abordar los efectos de enfermedades ya instauradas.

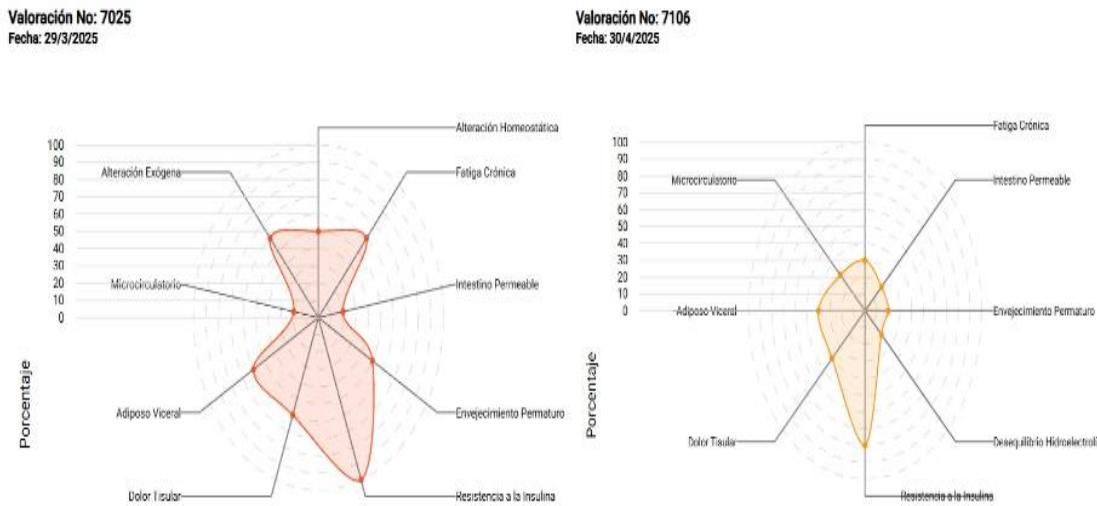
La estandarización del circuito ha permitido optimizar el tiempo de atención por paciente y el uso de recursos, manteniendo al mismo tiempo un enfoque individualizado.

5. Fase de Seguimiento. La fase de seguimiento se apoya en la misma lógica iterativa de la metodología. La plataforma digital permite comparar valoraciones sucesivas de un mismo paciente, identificando la evolución de los Síndromes de Valoración Metabólica, que surgen del entrecruzamiento de componentes provenientes de distintos patrones.

A partir de estos datos se genera un modelo matemático que se representa en forma de gráfica, la cual determina el grado de riesgo metabólico individual y orienta la selección de estrategias terapéuticas y de seguimiento para cada persona. La Figura 9 muestra un ejemplo de la gráfica de seguimiento que produce la plataforma digital mediante la metodología iterativa del Sistema ATDM.

Figura 9

Gráfica de seguimiento que genera la plataforma digital, mediante la metodología iterativa del Sistema ATDM



Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio permiten afirmar que la metodología iterativa del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) no solo posibilita perfeccionar de manera repetida la evaluación clínica en tiempo real, sino que también puede utilizarse como una estrategia de tamizaje aplicable a personas de cualquier edad y condición de salud. El “Círculo Metabólico”, diseñado para su implementación en consultorios, hospitales y jornadas de salud y bienestar, demuestra ser una propuesta de bajo costo y alto impacto, capaz de adaptarse a distintos escenarios asistenciales (Abuadili Garza, 2019, 2020).

Esta metodología iterativa facilita la identificación, en tiempo real, de los problemas de salud que presenta la persona, organizándolos en componentes, patrones e indicadores. Este enfoque permite generar e interpretar datos casuísticos y estadísticos con relevancia para la salud pública, al vincular la valoración individual con la construcción de tendencias poblacionales (Abuadili Garza, 2025a, 2025h). De este modo, la Valoración Metabólica se consolida como una herramienta que trasciende el diagnóstico aislado y se proyecta hacia modelos de vigilancia y prevención.

La revisión de distintas bases de datos y sistemas de diagnóstico mostró que, en general, las plataformas existentes no han logrado estructurar un modelo preventivo–predictivo que

articule, de manera simultánea, la generación de algoritmos matemáticos y la entrega de datos individualizados, por grupo poblacional, comunidad, estado o país. En este contexto, la propuesta del Sistema ATDM representa una innovación metodológica al integrar mediciones objetivas (bioimpedancia, corneometría, capilaroscopía) con un sistema de clasificación por patrones e indicadores, orientado a la predicción del riesgo metabólico y al diseño de intervenciones tempranas (Abuadili Garza, 2025c, 2025f, 2025g).

La utilización del “Círculo Metabólico” como procedimiento estándar de aplicación contribuye, además, a reducir sesgos en la generación de datos y en la interpretación clínica. La secuencia estructurada de fases y estaciones permite convertir la Valoración Metabólica en una herramienta de tamizaje organizada, reproducible y escalable, capaz de atender grandes volúmenes de personas sin perder precisión diagnóstica. La Figura 10 sintetiza esta metodología, desde la recepción del paciente hasta la integración diagnóstica y el seguimiento, conforme al Sistema ATDM (Abuadili Garza, 2020, 2025a).

Figura 10

Metodología del circuito metabólico para realizar la valoración metabólica conforme a la Metodología del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM)



Nota. Adaptado de Manual de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (ATDM): Sistema de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (Sistema ATDM) (Abuadili Garza, 2020) y de “Capilaroscopía, una nueva manera de entender la salud humana” (Abuadili Garza, 2025a).

El análisis integral de la metodología muestra que esta sigue un método científico y dialéctico de investigación, al que se integran paradigmas kuhnianos y complejos heurísticos, dando lugar a una propuesta que el autor denomina “biosemiótica”. Esta aproximación articula la lectura de signos biológicos, los patrones de valoración metabólica y la interpretación clínica, configurando una nueva forma de investigar la salud desde la relación causa–efecto, más que desde el efecto aislado de la enfermedad.

La aplicación del Circuito Metabólico se estructura, además, como un proceso con características de triple ciego. En primer lugar, el paciente transita por las distintas estaciones de evaluación sin conocer en detalle qué parámetros se le están midiendo, ni se le impone una preparación previa específica (por ejemplo, ayuno prolongado u horarios rígidos), lo que permite observar su metabolismo basal en condiciones cercanas a su vida cotidiana.

En segundo lugar, los evaluadores se limitan a aplicar de forma estandarizada las pruebas de bioimpedancia, corneometría y capilaroscopía, sin instrucciones orientadas a buscar un hallazgo concreto. De esta manera, la observación se guía por el protocolo técnico y no por expectativas previas, disminuyendo el riesgo de sesgos de confirmación (Gómez et al., 2011; Colmenares-Roldán et al., 2016).

Para comprobar que las imágenes obtenidas mediante capilaroscopía se correspondieran con los componentes interpretados en la Valoración Metabólica, se aplicaron estrategias de validación directa e indirecta. De forma aleatoria, se seleccionó aproximadamente al 5 % de las personas evaluadas para citarlas a una consulta metabólica en instalaciones clínicas, donde se procedió a la toma de muestras para estudios de laboratorio: biometría hemática, química sanguínea de 35 elementos, insulina sérica, citocinas inflamatorias, examen general de orina y coproparasitoscópico seriado. En casos específicos se efectuó biopsia por aspiración con aguja fina, cultivo y análisis en el departamento de patología histológica, sin informar al patólogo la localización precisa ni el motivo detallado del estudio, con el fin de mantener el carácter ciego del análisis.

Adicionalmente, se realizó una revisión comparativa entre las imágenes de capilaroscopía y las imágenes de referencia de distintos atlas de histología, parasitología y microbiología, con el objetivo de reforzar la correlación morfológica entre los hallazgos observados y las estructuras tisulares o agentes etiológicos descritos en la literatura.

El triple ciego se completa cuando el médico responsable recibe el reporte de la Valoración Metabólica con su correspondiente imagenología, sin información previa del caso clínico ni del contexto de la jornada, y debe llegar a la identificación de los Indicadores de Diagnóstico Clínico (IDC) únicamente a partir de los datos objetivos obtenidos mediante el Sistema ATDM.

En conjunto, esta estructura metodológica refuerza la reproducibilidad y la validez interna de los hallazgos, al tiempo que abre la posibilidad de duplicar y adaptar el modelo a otros contextos y enfermedades. Desde una perspectiva biosemiótica, la metodología propuesta permite avanzar hacia un diagnóstico orientado a las causas de las enfermedades, articulando la lectura de signos biológicos, la modelación estadística y la toma de decisiones clínicas en clave preventivo-predictiva.

Conclusiones

Se ha podido establecer que la Metodología Iterativa del Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM), al aplicar el “Círculo Metabólico” y realizar en cada persona una Valoración Metabólica en tiempo real, permite sentar las bases para determinar algoritmos matemáticos que facilitan la construcción de la casuística y de la estadística necesarias para comprender, desde una perspectiva biosemiótica, el funcionamiento del cuerpo humano.

Esta metodología iterativa permite identificar y clasificar de manera sistemática cada componente estudiado, lo que posibilita reconocer en tiempo real las Causas de las Enfermedades, los Patrones de Valoración Metabólica (PVM), los Indicadores de Diagnóstico Clínico (IDC) y los Síndromes de Valoración Metabólica (SVM). Asimismo, abre la puerta al desarrollo de procesos de investigación sustentados en el método científico y dialéctico, integrando paradigmas kuhnianos y complejos heurísticos, para consolidar una nueva rama de investigación denominada “Biosemiótica”.

En consecuencia, el Sistema de Aplicación de Técnicas para el Diagnóstico Metabólico (Sistema ATDM) ha demostrado su eficacia para integrar un modelo matemático preventivo-predictivo que incluso permite evidenciar el daño a los tejidos, la microcirculación y el metabolismo hasta diez años antes de que la persona presente las

manifestaciones clínicas de una enfermedad. Esto, a su vez, ofrece la posibilidad de realizar intervenciones oportunas para recuperar la salud en tiempo y forma, contribuyendo a la reducción de los altos costos asociados a la atención médica.

Referencias

- Abuadili Garza, V. A. (2019). *La nueva perspectiva de la salud: Quitando las diez causas de todas las enfermedades*. Editorial Fundación Liderazgo Hoy A.C. Certificado de derecho de autor INDAUTOR No. 03-2019-111110430500-01.
- Abuadili Garza, V. A. (2020). *Manual de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (ATDM): Sistema de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (Sistema ATDM)*. Registro INDAUTOR No. 03-2023-120113313900-01.
- Abuadili Garza, V. A. (2023a). *Manual de aplicación de técnicas para la valoración metabólica (ATVM): Sistema de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (Sistema ATDM)*. Registro INDAUTOR No. 03-2020-022411275900-01.
- Abuadili Garza, V. A. (2023b). *Manual de aplicación de técnicas para la observación metabólica (ATOM): Sistema de aplicación de técnicas para el diagnóstico metabólico (Sistema ATDM)*. Registro INDAUTOR No. 03-2023-120413281700-01.
- Abuadili Garza, V. A. (2025i). Una visión capilaroscópica del desbalance redox y su repercusión en la lipogénesis de novo no enzimática. *Revista Científica Kosmos*, 4(2), 227–251. <https://doi.org/10.62943/rck.v4n2.2025.381>
- Abuadili Garza, V. A., & García Súchil, M. (2025). Desequilibrio del microbioma humano desde la perspectiva causa–efecto. *Bastcorp International Journal*, 4(2), 233–260. <https://doi.org/10.62943/bij.v4n2.2025.384>

Abuadili Garza, V. A. (2025a). Capilaroscopía, una nueva manera de entender la salud humana. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(4), 11 474–11 517. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19752

Abuadili Garza, V. A. (2025b). Capilaroscopía, la herramienta diagnóstica de una nueva medicina individualizada basada en evidencias. *Sapiens in Medicine Journal*, 3(3), 1–28. <https://doi.org/10.71068/gp4gja29>

Abuadili Garza, V. A. (2025c). Acción y efecto del desbalance redox, visto en tiempo real por capilaroscopía. *Ethos Scientific Journal*, 3(2), 231–258. <https://doi.org/10.63380/esj.v3n2.2025.198>

Abuadili Garza, V. A. (2025d). Capilaroscopía, la herramienta diagnóstica que confirma las reacciones de pirólisis en el cuerpo humano. *Alpha International Journal*, 3(2), 177–200. <https://doi.org/10.63380/aij.v3n2.2025.172>

Abuadili Garza, V. A. (2025e). Capilaroscopía, una nueva manera de entender el metabolismo: Diagnóstico en tiempo real de la reacción de Maillard y su implicación en la resistencia a la insulina y a la leptina. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(3), 884–923. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i3.819>

Abuadili Garza, V. A. (2025f). Homeostasis de la lipoconveniencia: Identificación de la lipogénesis de novo no enzimática mediante capilaroscopía. *Impact Research Journal*, 3(2), 238–260. <https://doi.org/10.63380/irj.v3n2.2025.195>

Abuadili Garza, V. A. (2025g). Determinación de severidad y cronicidad de la lipogénesis de novo no enzimática mediante capilaroscopía. *Nexus Research Journal*, 4(2), 218–244. <https://doi.org/10.62943/nrj.v4n2.2025.379>

Abuadili Garza, V. A. (2025h). Prevalencia de patrones de valoración metabólica del Sistema ATDM relacionados con el síndrome metabólico: Perspectiva desde las causas de las enfermedades. *Horizon International Journal*, 3(2), 197–226. <https://doi.org/10.63380/hij.v3n2.2025.168>

Alexandrov, V. E. (2000). Biology, semiosis, and cultural difference in Lotman's semiosphere. *Comparative Literature*, 52(4), 339–362.
<https://doi.org/10.2307/1771352>

Alvero-Cruz, J. R., Correas-Gómez, L., Ronconi, M., Fernández-Vázquez, R., & Porta-Manzañido, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: Normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167–174. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-la-bioimpedancia-electrica-como-metodo-X1888754611937896>

Brown, V. A. (2021). An introduction to linear mixed-effects modeling in R. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 4(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1177/2515245920960351>

Cheung, T., Nuño, M., Hoffman, M., Katz, M., Kilbane, C., Alterman, R., & Tagliati, M. (2013). Variabilidad longitudinal de la impedancia en pacientes con dispositivos de estimulación cerebral profunda implantados crónicamente. *Brain Stimulation*, 6, 746–751. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2013.03.010>

Colmenares-Roldán, L. M., Vélezquez-Franco, C. J., & Mesa-Navas, M. A. (2016). Capilaroscopía en la esclerosis sistémica: Una revisión narrativa de la literatura. *Revista Colombiana de Reumatología*, 23(4), 250–258.

Constantin, M. M., Poenaru, E., Poenaru, C., & Constantin, T. (2014). Skin hydration assessment through modern non-invasive bioengineering technologies. *Maedica*, 9(1), 33–38.

Dai, M., Li, X., Zhao, Z., & Yang, L. (2025). Reducción del ruido de tipo pico en la práctica clínica para la tomografía de impedancia eléctrica torácica mediante análisis robusto de componentes principales. *Bioengineering*, 12, 402.
<https://doi.org/10.3390/bioengineering12040402>

Delvitto, A., & Lavagnino, L. N. (2023). Limitaciones de la complejidad en las ciencias ómicas: Simplificación epistemológica en el abordaje de enfermedades. *Principia*, 27(2), 165–194. <https://doi.org/10.5007/1808-1711.2023.e85523>

Dussel, E. (2019). No es nada descubrir algo nuevo, hay que descubrir para qué se descubre.

Ciencia, Tecnología y Política, 2(2).

Dussel, E. (2024). El concepto de científicidio. *Ciencia, Tecnología y Política*, 7(13).

Favareau, D. (Ed.). (2010). *Essential readings in biosemiotics: Anthology and commentary* (Biosemiotics, Vol. 3). Springer.

Frigolet, M. E., & Gutiérrez Aguilar, R. (2017). Ciencias “ómicas”: ¿Cómo ayudan a las ciencias de la salud? *Revista Digital Universitaria*, 18(7).
<https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2017.v18n7.a3>

Gilbert, S. F. (1982). Intellectual traditions in the life sciences: Molecular biology and biochemistry. *Perspectives in Biology and Medicine*, 26(1), 151–162.
<https://doi.org/10.1353/pbm.1982.0009>

Gómez, M., Urquijo, P., Mela, M., & Pittana, P. (2011). Capilaroscopía periungueal: Método de estudio e indicaciones. *Archivo Argentino de Dermatología*, 61(1), 197–202.

Gutiérrez, D. (2009). La construcción de indicadores como problema epistemológico. *Cinta de Moebio*, 34, 16–36. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2009000100002>

Herrero Jaén, S. (2016). Formalización del concepto de salud a través de la lógica: Impacto del lenguaje formal en las ciencias de la salud. *Enfermería Neurológica (Ene)*, 10(2). Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2016000200006

Hoffer, E., Meador, C., & Simpson, D. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology*, 27, 531–534.

Iftime, A., Scheau, C., Babes, R. M., Ionescu, D., Periferakis, A., & Călinescu, O. (2025). Confounding factors and their mitigation in measurements of bioelectrical impedance at the skin interface. *Bioengineering*, 12(9), 926. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12090926>

Kull, K. (2022). The term “Biosemiotik” in the 19th century. *Sign Systems Studies*, 50(1), 173–178. <https://doi.org/10.12697/SSS.2022.50.1.10>

- Kushner, R., & Schoeller, D. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 417–424.
- Kyle, U. G., Genton, L., Slosman, D. O., & Richard, C. (2001). Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*, 17, 534–541.
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1987). Theory and validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. En K. J. Ellis & S. Yasumura (Eds.), *In vivo body composition studies* (pp. 410–414). Institute of Physical Science in Medicine.
- Martínez Sánchez, F. G. (2010). Historia de la capilaroscopia. *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 11(1), 3–4.
- Nejadgholi, I., & Bolic, M. (2015). Estudio comparativo de PCA, SIMCA y el modelo de Cole para la clasificación de mediciones de espectroscopía de bioimpedancia. *Computers in Biology and Medicine*, 63, 42–51.
<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2015.05.004>
- Nyboer, J. (1970). Electrorheometric properties of tissues and fluids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 170, 410–420.
- Ramírez-López, L. X., Aguilera, A. M., Rubio, C. M., & Aguilar-Mateus, Á. M. (2021). Síndrome metabólico: Una revisión de criterios internacionales. *Revista Colombiana de Cardiología*, 28(1), 60–66. <https://doi.org/10.24875/rccar.m21000010>
- Reynaga, R., & Mayta, W. (2009). Introducción al reconocimiento de patrones. *Fides et Ratio*, 3(3), 41–44. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2009000100005
- Rodríguez-Sabiote, C., Úbeda-Sánchez, Á.-M., Olmedo-Moreno, E.-M., & Álvarez-Rodríguez, J. (2022). Importancia de los indicadores metodológicos-analíticos en el nivel de concreción de los diseños de investigación de los artículos científicos en educación. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 365–383.
<https://doi.org/10.6018/rie.441741>

Slinde, F., Bark, A., Jansson, J., & Rossander-Hulthén, L. (2003). Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clinical Nutrition*, 22, 153–157. <https://doi.org/10.1054/clnu.2002.0616>

Stasiak, M., Sikora, J., Filipowicz, S. F., & Nita, K. (2007). Análisis de componentes principales y enfoque de redes neuronales artificiales para problemas de tomografía de impedancia eléctrica aproximados mediante el método de elementos de contorno multirregionales. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 31, 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2006.12.003>

Thomasset, A. (1962). Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Médical*, 207, 107–118.

Van der Jagt, D. J., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bonnett, C., & Glew, R. H. (2002). Phase angle and n-3 polyunsaturated fatty acids in sickle cell disease. *Archives of Disease in Childhood*, 87, 252–254.

Yaribeygi, H., Farrokhi, F. R., Butler, A. E., & Sahebkar, A. (2019). Resistencia a la insulina: Revisión de los mecanismos moleculares subyacentes. *Journal of Cellular Physiology*, 234, 8152–8161.

Zagar, T., & Krizaj, D. (2008). Análisis multivariante de los espectros de impedancia eléctrica del músculo esquelético relajado y contraído. *Physiological Measurement*, 29, S365–S372. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/29/6/S30>

El autor no tiene conflicto de interés que declarar. La investigación fue financiada por recursos propios del autor.

Copyright (2025) © Victor Alfonso Abuadili Garza

Este texto está protegido bajo una licencia
[Creative Commons de Atribución Internacional 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

