Revista Médica ELECTRÓNICA

Rev Méd Electrón | Vol. 48. 2026 | ISSN: 1684-1824

CÓMO CITAR

Guevara-Tirado A. Perfiles clínico-sociales asociados con el éxito terapéutico en tuberculosis pulmonar en una cohorte peruana. Rev Méd Electrón [Internet]. 2026 [citado: fecha de acceso];48:e7131. Disponible en: http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/7131/6630

***Autor para correspondencia:**

albertoguevara1986@gmail.com

Revisores:

Silvio Faustino Soler-Cárdenas y Roberto Cañete-Villafranca.

Palabras clave:
tuberculosis pulmonar; factores socioeconómicos; conducta; salud pública; análisis por conglomerados

Key words:
pulmonary tuberculosis; socioeconomic factors; behavior; public health; cluster analysis

Recibido: 10/12/2025.
Aceptado: 26/05/2026.
Publicado: 30/09/2026.

Artículo de Investigación

Perfiles clínico-sociales asociados con el éxito terapéutico en tuberculosis pulmonar en una cohorte peruana

Clinical-Social Profiles Associated with Therapeutic Success in Pulmonary Tuberculosis in a Peruvian Cohort

Alberto Guevara-Tirado[1*] https://orcid.org/0000-0001-7536-7884

Afiliación:

[1] Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

RESUMEN

Introducción: En Perú, la tuberculosis mantiene alta carga e inequidades sociales, lo que demanda estrategias analíticas que consideren la heterogeneidad poblacional.

Objetivo: Identificar perfiles clínico-sociales que permitan una caracterización más completa de la tuberculosis pulmonar en un distrito de alta incidencia en Lima, Perú.

Métodos: Estudio descriptivo transversal en pacientes con tuberculosis pulmonar. Se incluyeron variables sociodemográficas (edad, sexo, educación y pobreza), conductuales (consumo de alcohol y drogas) y clínicas (índice de masa corporal y curación). Se aplicó K-means no jerárquico para identificar grupos clínico-sociales con características similares. Las diferencias entre clústeres se evaluaron con ANOVA, chi-cuadrado y pruebas *post hoc* de Tukey. La validez se comprobó mediante índices de Silhouette, Davies-Bouldin y Calinski-Harabasz, análisis discriminante lineal y gráfico radar estandarizado.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Resultados: Se identificaron tres clústeres diferenciados. El perfil adherente (n = 642) presentó mayor nivel educativo (96,9 %) y tasa más alta de curación (88,5 %). El perfil metabólico (n = 413) agrupó pacientes de mayor edad e índice de masa corporal, con curación intermedia (81,6 %). El perfil conductual o de riesgo social (n =195) mostró 100 % de antecedentes de drogas, alto consumo de alcohol (53,3 %) y menor curación (57,9 %). La validación (Silhouette = 0,24) y el análisis discriminante confirmaron la estabilidad del modelo y la coherencia de los perfiles.

Conclusiones: La estratificación clínico-social permitió identificar tres perfiles diferenciados de pacientes con tuberculosis, caracterizados por diferencias significativas en variables conductuales y educativas, así como en las tasas de curación observadas.

ABSTRACT

Introduction: In Peru, tuberculosis maintains a high burden and social inequities, which demands analytical strategies approaches that consider population heterogeneity.

Objective: To identify clinical-social profiles that allow a more complete characterization of pulmonary tuberculosis in a high-incidence district in Lima, Peru.

Methods: Cross-sectional, descriptive study in patients with pulmonary tuberculosis. Sociodemographic (age, sex, education, and poverty), behavioral (alcohol and drug use), and clinical (body mass index and cure) variables were included. Non-hierarchical K-means were applied to identify clinical-social groups with similar characteristics. The differences between clusters were evaluated with ANOVA, chi-square tests, and post hoc Tukey test. Validity was checked by Silhouette, Davies–Bouldin, and Calinski–Harabasz indices, linear discriminant analysis and a standardized radar chart.

Results: Three different clusters were identified. The adherent profile (n=642) showed higher educational level (96.9%) and the highest healing rate (88.5%). The metabolic profile (n=413) grouped older patients with higher body mass index and an intermediate healing rate (81.6%). The behavioral or social-risk profile (n=195) exhibited 100% history of drug use, higher alcohol consumption (53.3%), and the lowest cure rate (57.9%). Validation (Silhouette=0.24) and discriminant analysis confirmed model stability and internal profiles coherence.

Conclusions: Clinical-social stratification allowed to identify three different profiles of patients with tuberculosis, characterized by significant differences in behavioral and educational variables, as well as in the observed cure rates.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis pulmonar (TBP) continúa siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas a escala mundial.[1,2] En el Perú, la TBP representa un problema prioritario de salud pública; el país se ubica entre los de mayor carga de enfermedad en América Latina.[3,4]

Lima, la capital, concentra más del 60 % de los casos notificados, con mayor incidencia en distritos del norte y este de la ciudad,[4,5] lo que refleja una persistente transmisión comunitaria y desafíos en la adherencia terapéutica. Dado que la forma pulmonar constituye la principal fuente de transmisión comunitaria y el foco de los programas de control, su análisis resulta prioritario para comprender los determinantes del éxito terapéutico.

La adherencia al tratamiento antituberculoso está influenciada por una combinación de factores clínicos, sociales y conductuales. En el contexto peruano, diferentes estudios han señalado la importancia de considerar variables como el consumo de alcohol y drogas, el nivel educativo y las condiciones socioeconómicas dentro de los programas de control de TBP.[6,7] En este marco, resulta necesario promover enfoques analíticos que integren los determinantes clínicos y sociales para comprender mejor la heterogeneidad de la población afectada.

Incorporar métodos analíticos que integren información clínica, conductual y social representa un paso necesario para avanzar hacia una comprensión más completa de la tuberculosis y sus determinantes en contextos de alta vulnerabilidad. Este enfoque permite identificar patrones no evidentes en los datos convencionales y reconocer subgrupos de pacientes con características diferenciales en términos de riesgo, adherencia y respuesta terapéutica. En países como el Perú, donde la carga de enfermedad se concentra en entornos urbanos con desigualdad social y persistentes barreras de acceso,[8,9] estas aproximaciones ofrecen un marco más integral para orientar intervenciones focalizadas y optimizar la gestión de los programas de control de TBP.

En este contexto, el estudio tuvo como objetivo identificar perfiles clínico-sociales que permitan una caracterización más completa de la TBP en un distrito de alta incidencia en Lima.

MÉTODOS

Estudio de corte basado en un análisis de una base de datos secundaria proveniente de una cohorte prospectiva originalmente publicada por Lackey et al.[10] La cohorte original incluyó pacientes con TBP en un distrito de alta incidencia del noreste de Lima, caracterizado por condiciones de urbanización irregular, alta densidad poblacional y una tasa anual de tuberculosis estimada en 213 casos por cada 100 000 habitantes.[10]

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

La población fuente del estudio estuvo compuesta por casos nuevos de TBP con diagnóstico bacteriológico confirmado mediante frotis de esputo positivo y sin antecedente previo de tratamiento antituberculoso. Todos los pacientes recibieron el esquema de primera línea bajo la estrategia de tratamiento directamente observado (DOTS), conforme a las normas del Programa Nacional de Control de la Tuberculosis del Ministerio de Salud del Perú.

En la cohorte original se incluyeron también casos de tuberculosis multidrogorresistente (MDR-TB) y variables clínicas de severidad; sin embargo, dichas observaciones no se encontraban completas en la versión secundaria de la base disponible en acceso abierto, por lo que no fueron consideradas en los modelos analíticos del presente estudio.

Se analizó el total de registros disponibles en la base de datos (n = 1293), considerando únicamente aquellos con información completa en las variables de interés. Todos los casos correspondieron a TBP bacilífera sensible a fármacos, sin antecedentes documentados de tratamiento previo ni evidencia de resistencia. Los valores perdidos se mantuvieron identificados en las variables con datos incompletos, sin afectar el total de la población analizada.

Las variables incluidas en el modelo de segmentación fueron de tipo sociodemográfico, conductual y clínico. Entre las primeras se consideraron la edad (en años, medida al inicio del tratamiento) y el sexo (masculino / femenino). La edad se analizó en categorías etarias para comparaciones descriptivas. Para el análisis de conglomerados, la edad fue tratada como una variable ordinal, codificada numéricamente según las categorías etarias definidas, a fin de permitir su inclusión en el algoritmo K-means.

El nivel educativo se registró según el haber completado la educación secundaria, considerado como indicador de alfabetización formal. Asimismo, se incorporó la condición de pobreza, clasificada como "pobreza" o "no pobreza", en función del registro socioeconómico original.

Las variables conductuales incluyeron el consumo de alcohol (ingesta de bebidas alcohólicas al menos una vez por semana) y el antecedente de uso de drogas ilícitas (sí / no).

En el ámbito clínico-nutricional, se empleó el índice de masa corporal (IMC), calculado como peso (kg) dividido entre talla (m^2), clasificado según los criterios de la Organización Mundial de la Salud. De manera análoga, el IMC fue incorporado al análisis de conglomerados como una variable categórica ordinal, previamente codificada de forma numérica, por lo que las medias y desviaciones estándar reportadas corresponden a dichos valores ordinales. Finalmente, se incluyó la condición de curación del tratamiento antituberculoso (curado / no curado) como variable de resultado terapéutico para la caracterización de los grupos.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Para la segmentación de los pacientes se aplicó un análisis de conglomerados no jerárquico (K-means), técnica de aprendizaje no supervisado que permite agrupar individuos según su similitud interna y disimilitud con otros grupos. El número óptimo de clústeres se definió combinando criterios de coherencia clínica y estabilidad estadística.

Las diferencias globales entre los clústeres se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para variables continuas y prueba de chi-cuadrado (χ^2) para variables categóricas. Posteriormente, se realizaron comparaciones *post hoc* de Tukey, con el fin de identificar entre qué grupos se presentaban diferencias estadísticamente significativas.

Se efectuó la validación interna del modelo de clústeres mediante tres indicadores complementarios: el coeficiente de Silhouette, el índice de Davies-Bouldin y el índice de Calinski-Harabasz, que evalúan la cohesión y separación entre conglomerados.

Adicionalmente, se aplicó un análisis discriminante lineal (LDA) para estimar la capacidad de clasificación de las variables incluidas y la precisión del modelo; se empleó una validación cruzada de cinco pliegues (5-*fold*). Finalmente, se elaboró un gráfico radar estandarizado (z-score) para representar visualmente los perfiles promedio de cada clúster y sintetizar las diferencias multidimensionales entre las dimensiones sociodemográficas, conductuales y clínicas analizadas.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó en la plataforma Google Colab mediante el lenguaje *Python* (versión 3.10), empleando las librerías *pandas*, *numpy*, *scikit-learn*, *scipy.stats* y *matplotlib*.

El presente estudio utilizó una base de datos secundaria de acceso abierto disponible en el repositorio *Dryad* bajo licencia *Creative Commons Attribution* (CC BY), la cual autoriza su uso, distribución y reproducción sin restricciones, siempre que se cite adecuadamente la fuente original. Dado que la base de datos se encuentra completamente anonimizada y no contiene información que permita la identificación de los participantes, no fue necesario un nuevo consentimiento informado ni aprobación ética adicional.

Este análisis se realizó conforme a los principios de la Declaración de Helsinki y las recomendaciones internacionales para la gestión ética de datos en investigación en salud. La base de datos utilizada puede consultarse en el siguiente enlace:

https://datadryad.org/dataset/doi%3A10.5061/dryad.fp94d#usage

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

RESULTADOS

La población estudiada estuvo compuesta principalmente por adultos jóvenes, con predominio masculino y nivel educativo medio. Predominaron condiciones socioeconómicas favorables y comportamientos saludables, se observó baja frecuencia de consumo de alcohol, drogas y tabaquismo activo. El estado nutricional fue mayormente adecuado, con pocos casos de desnutrición u obesidad. En conjunto, las características reflejan una cohorte relativamente estable desde el punto de vista social y clínico, aunque con presencia de subgrupos vulnerables que podrían influir en la adherencia y el éxito terapéutico del tratamiento antituberculoso. (Tabla 1)

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Tabla 1. Características sociodemográficas, conductuales y clínicas de los pacientes con tuberculosis (n = 1293)

Variable	Categorías	n	%
Edad	21 años o menos	338	26,1
	22 a 26 años	345	26,7
	27 a 37 años	303	23,4
	38 años o más	307	23,7
Sexo	Hombre	790	61,1
	Mujer	503	38,9
Estado civil	Soltero	677	52,4
	Casado o conviviente	486	37,6
	Divorciado o separado	93	7,2
	Viudo	37	2,9
Condición de pobreza	No pobreza	1054	81,5
	Pobre o extremadamente pobre	216	16,7
	Perdidos (sistema)	23	1,8
Educación secundaria completa	Sí	746	57,7
	No	546	42,2
	Perdidos (sistema)	1	0,1
Tabaquismo	Nunca ha fumado	768	59,4
	Exfumador	471	36,4
	Fuma actualmente	51	3,9
	Perdidos (sistema)	3	0,2
Consumo de alcohol (≥1 vez / semana)	No	1038	80,3
	Sí	245	18,9
	Perdidos (sistema)	10	0,8
Antecedente de uso de drogas	No	1075	83,1
	Sí	218	16,9
Índice de masa corporal (IMC)	Normal	953	73,7
	Bajo peso	157	12,1
	Sobrepeso / obesidad	171	13,2
	Perdidos (sistema)	12	0,9
Resultado terapéutico	Curado	1047	81
	Sin éxito terapéutico	246	19

Se identificaron tres perfiles claramente diferenciados mediante el análisis de clúster (K-means) en pacientes con tuberculosis. El clúster 0 (perfil adherente)

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

reunió a individuos con mayor nivel educativo (96,9 %) y la tasa más alta de curación (88,5 %), lo cual refleja un patrón de mejor adherencia terapéutica. El clúster 1 (perfil metabólico) agrupó a pacientes de mayor edad y con índices de masa corporal más elevados, mientras que el clúster 2 (perfil conductual o de riesgo social) se caracterizó por el 100 % de antecedentes de consumo de drogas, mayor prevalencia de consumo de alcohol (53,3 %) y la menor tasa de curación (57,9 %).

Las diferencias observadas entre los tres grupos fueron estadísticamente significativas en todas las variables analizadas ($p < 0,05$), lo que respalda la validez de la segmentación obtenida. (Tabla 2)

Tabla 2. Perfiles sociodemográficos, conductuales, clínicos y resultados terapéuticos según clúster (K-means) en pacientes con tuberculosis

Variable	Clúster 0	Clúster 1	Clúster 2
Edad (media ± DE)	2,12 ± 1,02	3,10 ± 1,06	2,18 ± 0,97
IMC (media ± DE)	1,33 ± 0,67	1,46 ± 0,71	1,38 ± 0,73
Educación secundaria (%)	96,9	6,5	40,5
Consumo de alcohol (%)	10,6	15,7	53,3
Antecedente de drogas (%)	-	-	100
Total de pacientes (n)	642	413	195
Curados (n)	568	337	113
No curados (n)	74	76	82
Tasa de curación (%)	88,5	81,6	57,9

Se observaron diferencias significativas globales entre clústeres según análisis de varianza (ANOVA) o prueba de chi-cuadrado (χ^2): edad ($F = 124,36$; $p < 0,001$), IMC ($F = 4,38$; $p = 0,013$), educación ($\chi^2 = 873,3$; $p < 0,001$), alcohol ($\chi^2 = 182$; $p < 0,001$), drogas ($\chi^2 = 1250$; $p < 0,001$) y curación ($\chi^2 = 92,2$; $p < 0,001$). La edad y el IMC fueron analizados como variables ordinales codificadas numéricamente; las medias ± DE corresponden a dichos códigos.

El análisis de la distribución por sexo y condición de pobreza según los tres clústeres identificó patrones socioeconómicos claramente diferenciados. El clúster 0 (perfil adherente) mostró una distribución equilibrada entre hombres y mujeres (50,8 % y 49,2 %, respectivamente) y la menor proporción de pobreza (5,8 %), lo que refleja un contexto social más estable. El clúster 1 (perfil metabólico) presentó un predominio masculino (58,4 %) y una mayor proporción de pobreza (32,9 %), mientras que el clúster 2 (perfil conductual o de riesgo social) se caracterizó por una marcada predominancia masculina (95,4 %) y un

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

nivel intermedio de pobreza (20,5 %). Estos hallazgos sugieren que las condiciones de vulnerabilidad económica y la desigualdad de género se asocian a los perfiles con menor adherencia y peor pronóstico terapéutico. (Tabla 3)

Tabla 3. Distribución por sexo y condición de pobreza según clúster

Variable	Categoría	Clúster 0 (perfil adherente)	Clúster 1 (perfil metabólico)	Clúster 2 (perfil conductual o de riesgo social)
Sexo	Hombre (%)	50,8	58,4	95,4
	Mujer (%)	49,2	41,6	4,6
Pobreza	No pobreza (%)	94,2	67,1	79,5
	Pobreza (%)	5,8	32,9	20,5

Los tres clústeres identificados mediante el algoritmo K-means se distribuyeron de acuerdo con las combinaciones de edad (jóvenes, adultos, mayores) y categorías nutricionales (normal, sobrepeso, obesidad). Se observa que los clústeres con mayor proporción de pacientes jóvenes y con IMC normal o sobrepeso presentaron tasas más altas de curación (clúster 0 = 88,5 %; clúster 1 = 81,6 %), mientras que el clúster con predominio de obesidad y edad avanzada mostró la menor tasa de curación (clúster 2 = 57,9 %). Estos patrones sugieren una relación conjunta entre edad, estado nutricional y desenlace terapéutico. (Fig. 1)

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

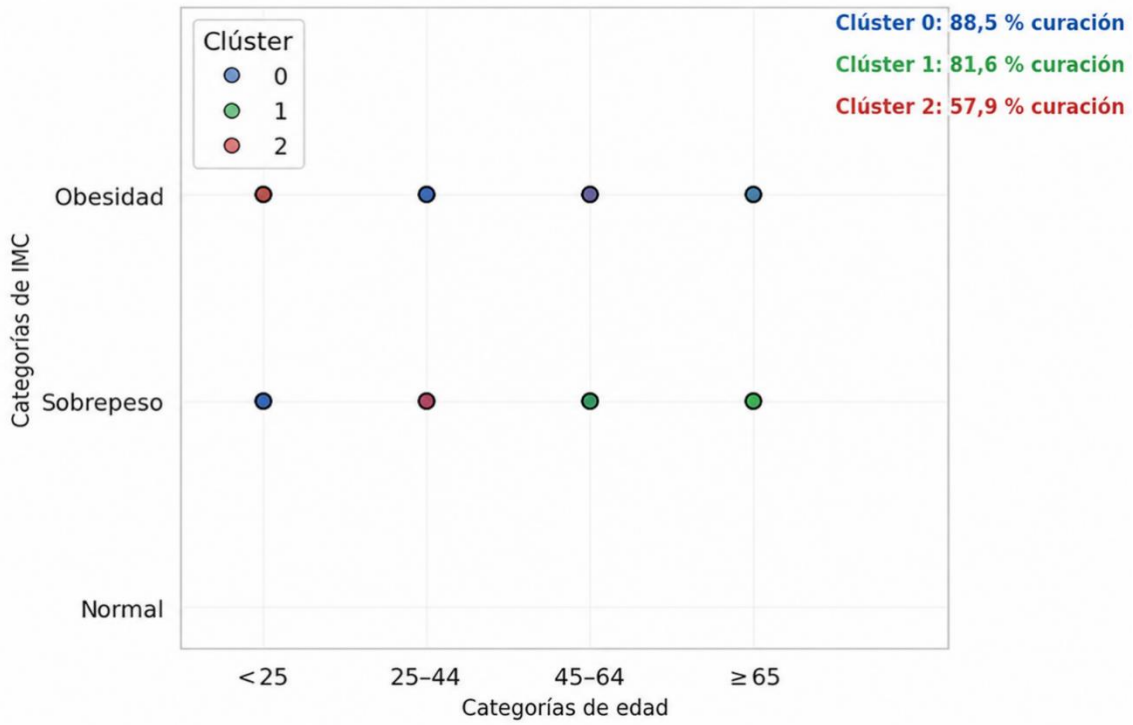


Fig. 1. Distribución de los clústeres según edad e índice de masa corporal.

El análisis *post hoc* de Tukey evidenció diferencias significativas en la edad entre los clústeres 0-1 y 1-2 ($p < 0,001$), mientras que no se observaron diferencias entre los clústeres 0 y 2. En cuanto al índice de masa corporal (IMC), solo se halló una diferencia significativa entre los clústeres 0 y 1 ($p = 0,009$), lo que sugiere un patrón intermedio en el perfil metabólico.

La validación interna del modelo K-means mostró un coeficiente de Silhouette de 0,243, un índice de Davies-Bouldin de 1,761 y un índice de Calinski-Harabasz de 290,38; valores que reflejan una separación baja a moderada entre grupos y una estructura de clúster estadísticamente coherente. Estos resultados confirman que, a pesar de cierto solapamiento entre perfiles, el modelo permite distinguir adecuadamente tres grupos clínico-sociales con características diferenciadas. (Tabla 4)

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Tabla 4. Análisis *post hoc* de Tukey y validación interna del modelo K-means en pacientes con tuberculosis

Variable / Índice	Comparación / Métrica	Diferencia media / Valor	p-valor
Edad	C0 – C1	0,984	<0,001
	C0 – C2	0,064	0,723
	C1 – C2	–0,919	<0,001
IMC	C0 – C1	0,129	0,009
	C0 – C2	0,056	0,584
	C1 – C2	–0,073	0,444
Validación del modelo	Coeficiente de Silhouette	0,243	-
	Índice de Davies-Bouldin	1,761	-
	Índice de Calinski-Harabasz	290,38	-

El análisis discriminante lineal (LDA) mostró una precisión de clasificación interna del 67,0 % y una precisión promedio en validación cruzada del 55,8 %, lo que indica una capacidad moderada para asignar correctamente a los pacientes en su clúster correspondiente. La primera función discriminante (LD1) explicó el 100 % de la varianza, lo cual evidencia que la diferenciación entre grupos se concentra en un único eje principal.

Las variables con mayor peso discriminante fueron el consumo de alcohol y drogas (valores negativos) y el nivel educativo (valor positivo), lo que define un gradiente conductual-educativo asociado a la separación de los clústeres. Estos resultados confirman que las diferencias entre grupos no son aleatorias, sino impulsadas por factores conductuales y sociales que influyen en el resultado terapéutico. (Tabla 5)

Tabla 5. Resultados del análisis discriminante lineal para la diferenciación de clústeres

Parámetro	Resultado
Precisión de clasificación (interna)	67,00 %
Precisión promedio en validación cruzada (5-*fold*)	55,80 %
Varianza explicada por LD1	100,00 %
Varianza explicada por LD2	-

LD (función discriminante lineal) representa el eje que maximiza la separación entre los clústeres en función de las variables incluidas en el modelo.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

El gráfico radar representa la configuración multidimensional de los tres clústeres identificados, mostrando las diferencias relativas entre variables sociodemográficas, conductuales y clínicas. Se aprecia una separación clara de perfiles: el clúster 0 (azul) se ubica en la zona de mayor educación y curación, con bajo riesgo conductual.

El clúster 1 (verde) se caracteriza por mayores valores de edad e IMC, lo que sugiere un perfil predominantemente metabólico; y el clúster 2 (rojo) destaca por el incremento simultáneo del consumo de alcohol y drogas, asociado a menor educación y menor respuesta terapéutica. En conjunto, la figura sintetiza la estructura interna del modelo K-means, se evidencia que los grupos difieren principalmente por componentes educativos y conductuales más que por parámetros nutricionales. (Fig. 2)

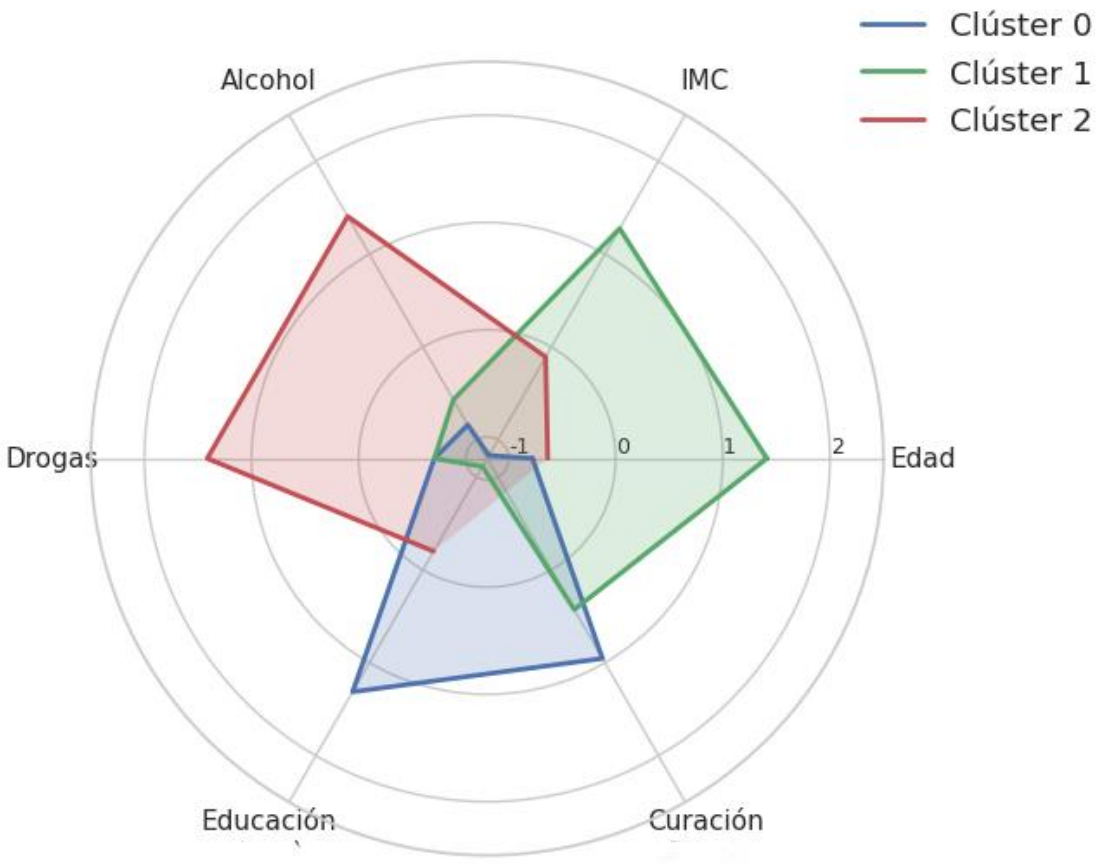


Fig. 2. Perfiles estandarizados (z-score) de los clústeres según variables sociodemográficas, conductuales y clínicas en pacientes con tuberculosis.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

El clúster 0 (perfil adherente) presenta mayor nivel educativo y tasa de curación; el clúster 1 (perfil metabólico) muestra mayores valores de edad e índice de masa corporal; y el clúster 2 (perfil conductual) se caracteriza por mayor consumo de alcohol y drogas junto con menor curación.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que la población afectada por TBP presenta una marcada heterogeneidad clínica y social, que puede ser analizada mediante técnicas de segmentación multivariable. El uso del modelo K-means permitió identificar tres perfiles diferenciados, integrando simultáneamente factores sociodemográficos, conductuales y clínicos.

Esta aproximación evidencia que la tuberculosis no debe entenderse solo como una enfermedad infecciosa, sino también como un fenómeno condicionado por determinantes sociales y comportamentales, cuya identificación es esencial para optimizar las estrategias de control y seguimiento.

La presencia simultánea de pobreza urbana, bajo nivel educativo y conductas de riesgo observada en esta cohorte pone de manifiesto la influencia de determinantes sociales estructurales que siguen limitando la efectividad de los programas de control de tuberculosis en Perú.[11] Por ello, la identificación de perfiles diferenciados ofrece una herramienta útil para focalizar intervenciones según las realidades locales.

El perfil adherente se asoció con mayor nivel educativo y la más alta tasa de curación, lo que reafirma el papel de la educación como determinante clave de la adherencia terapéutica. Estudios previos en contextos de alta carga de tuberculosis han documentado que la alfabetización sanitaria mejora la comprensión del esquema farmacológico y la asistencia regular a los controles.[12,13] Este hallazgo sugiere que la intervención educativa continua puede ser una de las estrategias más costo-efectivas para mejorar los desenlaces clínicos, incluso en entornos con recursos limitados.

Por su parte, el perfil conductual o de riesgo social concentró a individuos con antecedentes de consumo de alcohol y drogas, quienes presentaron la menor tasa de curación. Este grupo estuvo compuesto casi en su totalidad por hombres, y mostró niveles intermedios de pobreza, lo que indica un contexto de vulnerabilidad estructural donde los factores de género y las limitaciones económicas interactúan negativamente con la adherencia terapéutica.

Este hallazgo coincide con estudios previos que han documentado que el consumo de alcohol y drogas, junto con condiciones de vulnerabilidad socioeconómica y estigma social, se asocian a mayor riesgo de abandono del tratamiento antituberculoso y peores desenlaces terapéuticos, especialmente en contextos urbanos de alta carga de enfermedad.[14,15] En contraste, el perfil

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

adherente, con una distribución equilibrada por sexo y mínima proporción de pobreza, refleja un entorno más estable, asociado a mayor alfabetización sanitaria y mejor pronóstico clínico.

El perfil metabólico, caracterizado por mayor edad y sobrepeso, representa un subtipo emergente que refleja la convergencia entre tuberculosis y enfermedades crónicas no transmisibles. La coexistencia de obesidad y tuberculosis puede modificar la farmacocinética de los fármacos y alterar la respuesta inmunológica.[16,17] Aunque este grupo mostró una tasa intermedia de curación, su identificación es relevante, pues sugiere la necesidad de protocolos individualizados para pacientes con comorbilidades metabólicas.

Metodológicamente, el modelo K-means mostró una validez interna aceptable y una estructura coherente, aun con solapamiento parcial entre grupos. El coeficiente de Silhouette y el análisis discriminante lineal (LDA) respaldan la existencia de tres conglomerados clínicamente interpretables, donde la dimensión conductual constituye el principal eje de diferenciación. Estos resultados demuestran que los métodos de aprendizaje no supervisado pueden ser herramientas útiles para estratificar pacientes y orientar decisiones en salud pública.

La interpretación multidimensional representada en el gráfico radar evidencia esta tendencia. Se muestra que las principales diferencias entre grupos se concentran en los factores conductuales y educativos, mientras que las variables antropométricas presentan menor poder discriminante. Este resultado enfatiza en que la tuberculosis debe entenderse como una enfermedad con un componente biopsicosocial, donde las conductas de salud, la educación y el entorno socioeconómico condicionan la eficacia terapéutica tanto como los factores biológicos.

Respecto a las implicancias, los perfiles clínico-sociales identificados permiten avanzar hacia un enfoque diferenciado de atención en tuberculosis, y se reconoce que la adherencia terapéutica no depende únicamente de factores clínicos, sino de determinantes sociales y conductuales. El perfil adherente, caracterizado por mayor nivel educativo y mejores tasas de curación, podría servir como punto de apoyo para estrategias de educación entre pares y acciones comunitarias que reforzaran la alfabetización sanitaria.

El perfil metabólico, compuesto por pacientes de mayor edad y con sobrepeso, evidencia la necesidad de integrar el tamizaje y manejo de comorbilidades crónicas dentro del seguimiento rutinario, considerando su impacto en la respuesta inmunológica y farmacocinética. Por su parte, el perfil conductual o de riesgo social, que presenta mayor consumo de alcohol y drogas y la menor tasa de curación, requiere intervenciones intensivas de acompañamiento psicosocial, manejo de conductas de riesgo y supervisión ampliada del tratamiento.[18,19]

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

Desde una perspectiva programática, la estratificación basada en clúster emerge como una herramienta útil para optimizar la asignación de recursos, priorizar pacientes según sus necesidades y mejorar la eficiencia del Programa Nacional de Control de la Tuberculosis. Incorporar esta segmentación en sistemas de vigilancia permitiría focalizar visitas domiciliarias, seguimiento telefónico y apoyo comunitario hacia los grupos con mayor vulnerabilidad, y disminuir el riesgo de abandono terapéutico. Además, estos resultados refuerzan la importancia de integrar los determinantes sociales y conductuales en la toma de decisiones en salud pública, promoviendo modelos de atención más personalizados, predictivos y que se orienten a prevenir fallas terapéuticas en contextos urbanos de alta carga de tuberculosis.

Entre las limitaciones de este estudio, se reconoce que los indicadores de conducta y pobreza son autoinformados, y que la base de datos secundaria no incluye variables psicológicas o de apoyo familiar, ello podría subestimar la influencia de factores psicosociales. Sin embargo, la coherencia estadística del modelo y la magnitud de las diferencias observadas refuerzan la validez de los patrones identificados.

En conclusión, los resultados sugieren que la tuberculosis debe entenderse como una enfermedad biopsicosocial, donde la educación y los comportamientos de salud determinan la adherencia y el éxito terapéutico tanto como los factores clínicos. En el contexto peruano, marcado por desigualdades educativas y conductuales, la identificación de perfiles clínico-sociales permite orientar intervenciones focalizadas. El uso de técnicas de inteligencia artificial no supervisada, como el K-means, representa una alternativa prometedora para segmentar poblaciones vulnerables y guiar intervenciones más precisas y personalizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dodd PJ, McQuaid CF, Rao P, et al. Improving the quality of the Global Burden of Disease tuberculosis estimates from the Institute for Health Metrics and Evaluation. Int J Epidemiol. 2023;52(6):1681-6. DOI: 10.1093/ije/dyad128.

2. Litvinjenko S, Magwood O, Wu S, et al. Burden of tuberculosis among vulnerable populations worldwide: an overview of systematic reviews. Lancet Infect Dis. 2023;23(12):1395-407. DOI: 10.1016/S1473-3099(23)00372-9.

3. Bonadonna LV, Saunders MJ, Guio H, et al. Socioeconomic and behavioral factors associated with tuberculosis diagnostic delay in Lima, Peru. Am J Trop Med Hyg. 2018;98(6):1614-23. DOI: 10.4269/ajtmh.17-0096.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

4. Cardenas-Escalante J, Fernandez-Saucedo J, Cubas WS. Impact of the COVID-19 pandemic on tuberculosis in Peru: Are we forgetting anyone? Enferm Infecc Microbiol Clin. 2022;40(1):46-7. DOI: 10.1016/j.eimc.2021.07.014.

5. Barletta F, Otero L, de Jong BC, et al. Predominant Mycobacterium tuberculosis families and high rates of recent transmission among new cases are not associated with primary multidrug resistance in Lima, Peru. J Clin Microbiol. 2015;53(6):1854-63. DOI: 10.1128/JCM.03585-14.

6. Anthoney J, De Wildt G, Meza G, et al. Patients' perspectives on factors facilitating adherence to tuberculosis treatment in Iquitos, Peru: a qualitative study. BMC Health Serv Res. 2021;21(1):345. DOI: 10.1186/s12913-021-06329-z.

7. Chiang SS, Senador L, Altamirano E, et al. Adolescent, caregiver and provider perspectives on tuberculosis treatment adherence: a qualitative study from Lima, Peru. BMJ Open. 2023;13(5):e069938. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-069938.

8. Saunders MJ, Montoya R, Quevedo L, et al. The social determinants of tuberculosis: a case-control study characterising pathways to equitable intervention in Peru. Infect Dis Poverty. 2025;14(1):53. DOI: 10.1186/s40249-025-01324-6.

9. Carrasco-Escobar G, Schwalb A, Tello-Lizarraga K, et al. Spatio-temporal co-occurrence of hotspots of tuberculosis, poverty and air pollution in Lima, Peru. Infect Dis Poverty. 2020;9(1):32. DOI: 10.1186/s40249-020-00647-w.

10. Lackey B, Seas C, Van der Stuyft P, et al. Patient characteristics associated with tuberculosis treatment default: A cohort study in a high-incidence area of Lima, Peru. PLoS One. 2015;10(6):e0128541. DOI: 10.1371/journal.pone.0128541.

11. Puyén ZM, Santos-Lázaro D, Vigo AN, et al. Whole Genome Sequencing of Mycobacterium tuberculosis under routine conditions in a high-burden area of multidrug-resistant tuberculosis in Peru. PLoS One. 2024;19(6):e0304130. DOI: 10.1371/journal.pone.0304130.

12. Chauhan A, Parmar M, Dash GC, et al. Health literacy and tuberculosis control: systematic review and meta-analysis. Bull World Health Organ. 2024;102(6):421-31. DOI: 10.2471/BLT.23.290396.

13. De Jesus PR, Bianchini BV, Ziegelmann PK, et al. The low health literacy in Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health. 2024;24(1):1478. DOI: 10.1186/s12889-024-18972-2.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu

14. Perlaza CL, Mosquera FEC, Murillo LMR, et al. Factors of abandonment of tuberculosis treatment in the public health network. Rev Saude Publica. 2023;57:8. DOI: 10.11606/s1518-8787.2023057004454.

15. Chiang SS, Zeng C, Roman-Sinche B, et al. Adaptation and validation of a TB stigma scale for adolescents in Lima, Peru. Int J Tuberc Lung Dis. 2023;27(10):754-60. DOI: 10.5588/ijtld.23.0104.

16. Prager M, Al Jalali V, Zeitlinger M. Clinical pharmacokinetics of antitubercular drugs in the overweight and obese population: Implications for dosage adjustments. Clin Pharmacokinet. 2025;64(2):193-214. DOI: 10.1007/s40262-024-01442-8.

17. Cai N, Luo W, Ding L, et al. Obesity-related indicators and tuberculosis: A Mendelian randomization study. PLoS One. 2024;19(4):e0297905. DOI: 10.1371/journal.pone.0297905.

18. Choi H, Chung H, Muntaner C, et al. The impact of social conditions on patient adherence to pulmonary tuberculosis treatment. Int J Tuberc Lung Dis. 2016;20(7):948-54. DOI: 10.5588/ijtld.15.0759.

19. Leddy AM, Jaganath D, Triasih R, et al. Social determinants of adherence to treatment for tuberculosis infection and disease among children, adolescents, and young adults: A narrative review. J Pediatric Infect Dis Soc. 2022;11(Supl 3):S79-84. DOI: 10.1093/jpids/piac058.

Los artículos de **Revista Médica Electrónica** de la **Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas** se comparten bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución– NoComercial 4.0.
Email: rme.mtz@infomed.sld.cu