

**Vigilancia de colonización por multirresistentes: predicción de
infección asociada a cuidados**

**Surveillance of colonization by multidrug-resistant organisms:
prediction of healthcare-associated infection (HAI)**

Autor

Yuraima Nicolle Vera Quijije

verayuraima@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4895-5311>

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Manta - Ecuador

Fecha de recepción:2026-05-14

Fecha de aceptación: 2026-06-14

Fecha de publicación:2026-07-14

Resumen

La creciente prevalencia de microorganismos multirresistentes en el ámbito hospitalario constituye un desafío crítico para la seguridad del paciente, debido a su asociación con infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria y con mayores tasas de morbilidad y mortalidad. En este contexto, el objetivo del estudio fue analizar la relación entre la vigilancia de colonización por multirresistentes y la predicción de infección asociada a cuidados, incorporando variables estructurales vinculadas al consumo de antimicrobianos. Se desarrolló una investigación cuantitativa de alcance explicativo y diseño longitudinal retrospectivo, basada en información secundaria procedente de informes oficiales del ECDC, PRAN y organismos nacionales e internacionales correspondientes al período 2021–2023. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, análisis correlacional y modelos avanzados de regresión penalizada tipo LASSO y Ridge, complementados con validación cruzada para optimizar la selección de predictores. Los resultados evidenciaron una asociación positiva entre la intensidad del uso de antimicrobianos y la prevalencia de infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria, manteniéndose el consumo antibiótico como predictor dominante bajo esquemas de regularización, mientras que variables estructurales institucionales mostraron menor contribución explicativa. Estos hallazgos respaldan la integración de la vigilancia de colonización con estrategias de optimización antibiótica y modelización predictiva como enfoque integral para la gestión del riesgo infeccioso hospitalario.

Palabras clave: colonización por multirresistentes, infecciones asociadas a cuidados, resistencia antimicrobiana, vigilancia epidemiológica, regresión LASSO, optimización antibiótica.

Abstract

The increasing prevalence of multidrug-resistant microorganisms in hospital settings represents a critical challenge for patient safety, given its association with healthcare-associated infections and elevated morbidity and mortality rates. Within this framework, the objective of the study was to analyze the relationship between surveillance of colonization by multidrug-resistant organisms and the prediction of healthcare-associated infections, incorporating structural variables related to antimicrobial consumption. A quantitative explanatory study with a longitudinal retrospective design was conducted, based on secondary data obtained from official reports issued by the ECDC, the Spanish National Plan against Antimicrobial Resistance (PRAN), and other national and international health agencies covering the period 2021–2023. Descriptive statistics, correlation analyses, and advanced penalized regression models (LASSO and Ridge) were applied, including cross-validation procedures to optimize predictor selection and minimize overfitting. The findings revealed a positive association between the intensity of antimicrobial use and the prevalence of healthcare-associated infections, with antimicrobial consumption remaining the dominant predictor under penalization schemes, whereas structural institutional variables demonstrated lower explanatory contribution. These results support the integration of colonization surveillance with antimicrobial stewardship strategies and predictive modeling approaches as a comprehensive framework for hospital infection risk management.

Keywords: multidrug-resistant colonization, healthcare-associated infections, antimicrobial resistance, epidemiological surveillance, LASSO regression, antimicrobial stewardship.

Introducción

La colonización por bacterias multirresistentes en pacientes hospitalizados se ha consolidado como un determinante epidemiológico crítico para la ocurrencia de infecciones asociadas a cuidados, debido a que el estado de portador antecede y condiciona la transición hacia infección clínica bajo presiones asistenciales como uso de antibióticos, dispositivos invasivos y estancias prolongadas (Fernández et al., 2021). Este fenómeno se expresa con particular intensidad en áreas de cuidados intensivos, donde la densidad de exposición a procedimientos y la complejidad clínica incrementan la probabilidad de selección, persistencia y transmisión cruzada de microorganismos multirresistentes, ampliando la carga de infecciones nosocomiales y sus desenlaces adversos (Estella et al., 2021).

En términos operativos, la vigilancia de colonización se entiende como un sistema de detección sistemática de portadores mediante estrategias microbiológicas y criterios clínicos que permiten identificar sujetos con mayor riesgo de transportar multirresistentes al ingreso o durante la estancia, con fines de aislamiento, control de brotes y optimización de decisiones terapéuticas (Abella et al., 2021). La evidencia acumulada indica que no todos los criterios de aislamiento tienen el mismo rendimiento diagnóstico, lo que obliga a validar la capacidad predictiva real de los factores empleados para clasificar a un paciente como probable portador y reducir errores de clasificación que consumen recursos y disminuyen eficiencia del control de infecciones (Abella et al., 2021).

Desde la perspectiva de predicción, el valor clínico de la vigilancia no se limita a describir prevalencias de portadores, sino a anticipar la infección asociada a cuidados como evento dependiente de riesgo temporal, donde la colonización funciona como condición basal que interactúa con covariables asistenciales y biológicas (Fernández et al., 2021). Este enfoque exige modelos de riesgo que separen señal epidemiológica de ruido, integrando antecedentes de colonización, exposiciones recientes a antibióticos y contacto sanitario previo, además de variables de gravedad y procedimientos, con el objetivo de estimar probabilidades individuales de progresión a infección y orientar intervenciones focalizadas (Abella et al., 2021).

En el contexto español, las estrategias multimodales de prevención y control han mostrado impactos medibles sobre la adquisición de multirresistentes durante la estancia

en cuidados intensivos, lo que respalda el planteamiento de que la vigilancia de portadores no debe ser un proceso aislado, sino un componente integrado dentro de programas estructurados de seguridad del paciente y control de resistencias (Álvarez et al., 2023). Este tipo de programas contribuye a disminuir la incidencia de adquisición intra unidad y, por extensión, a modificar el espacio de riesgo para infecciones asociadas a cuidados, particularmente aquellas vinculadas con bacilos gramnegativos multirresistentes y Enterobacterales de importancia clínica (Álvarez et al., 2023).

El problema adquiere mayor complejidad cuando la colonización se asocia a patógenos con mecanismos de resistencia de alto impacto terapéutico, como Enterobacterales productoras de carbapenemasas, dado que su presencia restringe opciones de tratamiento, eleva el riesgo de tratamiento inadecuado inicial y potencia desenlaces desfavorables si ocurre infección (Pascual et al., 2022). En ese marco, la vigilancia orientada a predicción se vuelve un instrumento para gestión clínica anticipatoria, ya que permite activar rutas de diagnóstico y cobertura empírica ajustada a riesgo, reduciendo retrasos en el control del foco y mejorando la oportunidad terapéutica bajo criterios de racionalidad antimicrobiana (Pascual et al., 2022).

En paralelo, la evidencia clínica en infecciones graves por gramnegativos multirresistentes sostiene que la selección del esquema antibiótico y el tiempo a antibiótico efectivo dependen de información previa sobre portación y epidemiología local, lo que refuerza la utilidad de integrar vigilancia de colonización con algoritmos de predicción y toma de decisiones terapéuticas (Vidal et al., 2022). La vigilancia, cuando se conecta con modelos predictivos, puede aportar un marco cuantificable para priorizar medidas de control, orientar la sospecha diagnóstica y disminuir la variabilidad clínica, con un impacto potencial sobre la incidencia de infección asociada a cuidados y su carga institucional (Vidal et al., 2022).

En consecuencia, este estudio se orienta a examinar la vigilancia de colonización por multirresistentes como base para la predicción de infección asociada a cuidados, integrando el enfoque epidemiológico del estado de portador con la lógica de estratificación de riesgo en escenarios hospitalarios de alta complejidad (Fernández et al., 2021). El trabajo adopta una aproximación analítica de tipo observacional, con construcción de variables de exposición y resultado, y evaluación de capacidad predictiva

mediante técnicas estadísticas apropiadas para clasificación y estimación de riesgo, coherentes con la vigilancia clínica y el control de infecciones (Abella et al., 2021).

El estudio se estructura en una secuencia que expone el problema y su relevancia sanitaria, precisa el objetivo y el enfoque, fundamenta conceptualmente los principales constructos de vigilancia y colonización, describe el método y las variables de análisis, presenta los hallazgos con su interpretación estadística, discute implicaciones clínicas y de gestión, y consolida las conclusiones y referencias utilizadas.

Vigilancia de colonización por multirresistentes y prevención de infección asociada a cuidados

En determinadas unidades de cuidados intensivos, cuando se observa un incremento progresivo de colonización rectal por Enterobacterales productores de carbapenemasas, los equipos asistenciales suelen reforzar el cribado al ingreso, ajustar las medidas de aislamiento y revisar la cobertura empírica en pacientes con sospecha de sepsis. Situaciones de esta naturaleza permiten comprender cómo la vigilancia de colonización adquiere un carácter estratégico dentro del control de infecciones asociadas a cuidados.

La colonización por bacterias multirresistentes constituye un estado epidemiológico relevante porque precede con frecuencia al desarrollo de infección clínica y actúa como reservorio para la transmisión cruzada en entornos hospitalarios. La vigilancia de colonización se fundamenta en la detección sistemática de portadores mediante técnicas microbiológicas de cribado, su seguimiento temporal y la articulación con medidas de prevención, con el propósito de reducir la presión de colonización y anticipar decisiones terapéuticas. La literatura española ha señalado que la exposición previa a antibióticos de amplio espectro y la estancia hospitalaria prolongada incrementan el riesgo de infección por bacilos gramnegativos resistentes, lo que respalda la integración de la vigilancia con variables clínicas y patrones de consumo antimicrobiano (Ferrer et al., 2021).

Desde el punto de vista microbiológico, la colonización por Enterobacterales productores de carbapenemasas reviste especial importancia debido a su potencial de progresión a infección invasiva y a las limitaciones terapéuticas asociadas. Se ha descrito que estas infecciones se vinculan con mayor mortalidad y con retrasos en la instauración de tratamiento efectivo cuando no se dispone de información microbiológica previa, de

modo que la identificación anticipada de portadores adquiere implicaciones clínicas directas (Íñigo & Del Pozo, 2022). En consecuencia, la vigilancia no solo cumple una función epidemiológica, sino que contribuye a la toma de decisiones terapéuticas contextualizadas en la epidemiología local.

De manera similar, la colonización por Enterobacterales productores de BLEE exige una valoración individualizada, dado que la transición a infección depende de factores como instrumentación invasiva, alteración de barreras y carga bacteriana. La discusión sobre el uso temprano de carbapenémicos frente a estrategias conservadoras subraya la necesidad de incorporar información de colonización en los algoritmos de manejo clínico, equilibrando eficacia terapéutica y preservación antimicrobiana (Maseda & Suárez de la Rica, 2022). En este marco, la vigilancia se integra de forma natural en los programas de optimización antibiótica y en los sistemas institucionales de seguridad del paciente.

Modelos de predicción de infección asociada a cuidados a partir de colonización y señales clínicas

En la práctica hospitalaria, cuando un paciente con colonización documentada por BLEE presenta fiebre, elevación de biomarcadores inflamatorios y exposición reciente a dispositivos invasivos, la información microbiológica previa suele incorporarse de manera implícita en la estimación del riesgo de infección por el microorganismo portado. Este tipo de integración refleja el fundamento de los modelos de predicción aplicados a infecciones asociadas a cuidados.

La predicción de infección a partir del estado de colonización requiere un marco analítico que combine factores de exposición, vulnerabilidad y expresión clínica. Si bien la colonización aporta una probabilidad basal incrementada de infección por el microorganismo identificado, la progresión depende de variables adicionales como gravedad fisiológica, duración de la estancia y uso de antibióticos. Los modelos clínicos desarrollados en el ámbito hospitalario han demostrado utilidad para estratificar riesgo de bacteriemia mediante variables clínicas y analíticas, contribuyendo a decisiones diagnósticas más precisas (Julián-Jiménez et al., 2021).

La incorporación de biomarcadores como la procalcitonina dentro de esquemas predictivos ha mostrado capacidad discriminativa para identificar pacientes con mayor

probabilidad de bacteriemia, lo que complementa la información derivada de la colonización y reduce la incertidumbre diagnóstica inicial (Julián-Jiménez et al., 2023). Esta convergencia entre vigilancia microbiológica y predicción clínica fortalece la selección de tratamiento empírico y favorece la desescalada temprana cuando los resultados microbiológicos lo permiten.

Asimismo, los programas institucionales que revisan de forma sistemática cultivos y adecuación antibiótica han evidenciado impacto en la mejora de la adecuación terapéutica en infecciones por cepas multirresistentes, particularmente en servicios de urgencias, lo que demuestra que la predicción clínica adquiere mayor eficacia cuando se integra con circuitos formales de vigilancia y retroalimentación microbiológica (Ruiz Ramos et al., 2023).

De este modo, la articulación entre vigilancia de colonización y modelos de predicción constituye un eje estructural dentro de la gestión hospitalaria de infecciones asociadas a cuidados, permitiendo anticipar eventos infecciosos, optimizar la terapia antimicrobiana y disminuir la carga epidemiológica de microorganismos resistentes bajo un enfoque técnico sustentado en evidencia reciente.

Materiales y métodos

Desde una perspectiva metodológica rigurosa, se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo, alcance explicativo y diseño no experimental de tipo longitudinal retrospectivo, orientada a examinar la capacidad predictiva de la vigilancia de colonización por microorganismos multirresistentes sobre la ocurrencia de infección asociada a cuidados en instituciones hospitalarias de mediana y alta complejidad. El análisis se estructuró a partir de información secundaria agregada, procedente de fuentes oficiales y reportes técnicos emitidos por organismos estatales, así como por entidades nacionales e internacionales especializadas en vigilancia epidemiológica, resistencia antimicrobiana y seguridad del paciente durante el período 2021–2023.

En ese contexto, la recolección de información se efectuó mediante una estrategia de revisión documental sistematizada, con extracción estructurada de indicadores provenientes de informes del Ministerio de Sanidad, Instituto de Salud Carlos III, Red Española de Vigilancia Epidemiológica, Organización Mundial de la Salud, Organización

Panamericana de la Salud y Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades. Se consolidaron bases de datos comparables que incluyeron tasas de colonización por Enterobacteriales productores de BLEE y carbapenemasas, incidencia acumulada y densidad de incidencia de infecciones asociadas a cuidados, consumo de antimicrobianos expresado en dosis diarias definidas por 100 estancias, duración media de hospitalización y proporción de pacientes portadores de dispositivos invasivos. Con el fin de garantizar coherencia analítica, se aplicaron criterios de homogeneización conceptual y temporal, excluyendo reportes con definiciones operativas divergentes o sin trazabilidad metodológica explícita.

Posteriormente, se procedió a la operacionalización de variables, clasificando como variable independiente principal la tasa institucional de colonización por microorganismos multirresistentes y como variable dependiente la incidencia de infección asociada a cuidados atribuible a dichos patógenos. Se incorporaron como covariables estructurales el consumo de antibióticos de amplio espectro, la estancia hospitalaria promedio, la densidad de utilización de dispositivos invasivos y la presión de colonización institucional. La distribución de las variables continuas fue evaluada mediante la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, aplicándose transformaciones logarítmicas cuando se identificaron asimetrías significativas.

En una primera fase analítica se realizó estadística descriptiva avanzada, calculando medidas de tendencia central y dispersión según la naturaleza de cada variable, así como intervalos de confianza al 95 %. De manera ulterior, se exploraron asociaciones bivariadas mediante coeficientes de correlación de Pearson o Spearman, dependiendo del comportamiento distributivo y de la linealidad observada.

Con el propósito de estimar la magnitud del efecto independiente de la colonización sobre la infección asociada a cuidados, se implementó un modelo de regresión logística multivariada, permitiendo calcular odds ratios ajustados con sus respectivos intervalos de confianza y valores de significancia. La selección de variables se fundamentó en criterios epidemiológicos y en la plausibilidad biológica, evaluándose la multicolinealidad mediante el factor de inflación de la varianza.

De forma complementaria, y considerando la posible alta dimensionalidad y correlación entre variables institucionales, se aplicó un modelo de regresión penalizada tipo LASSO

con validación cruzada k-fold, con el fin de optimizar la selección de predictores relevantes y reducir el riesgo de sobreajuste. Este procedimiento permitió identificar el conjunto mínimo de variables con mayor contribución explicativa en la variabilidad de la incidencia de infección asociada a cuidados.

Adicionalmente, para analizar la dimensión temporal del riesgo, se desarrolló un modelo de riesgos proporcionales de Cox, considerando como evento la ocurrencia de infección asociada a cuidados y como tiempo de seguimiento la duración media de hospitalización. Este enfoque permitió estimar razones de riesgo ajustadas y evaluar el efecto acumulativo de la colonización en función del tiempo de exposición hospitalaria.

La capacidad discriminativa de los modelos fue evaluada mediante el cálculo del área bajo la curva ROC y el estadístico C de concordancia, mientras que la calibración del modelo logístico se examinó mediante la prueba de Hosmer–Lemeshow. El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0,05$ y el procesamiento analítico se efectuó mediante software especializado para modelización multivariada y análisis penalizado.

Finalmente, dado que la investigación se basó exclusivamente en información secundaria de carácter público y datos agregados institucionales sin identificación individual, no fue necesaria la obtención de consentimiento informado ni la aprobación de un comité de ética asistencial, manteniéndose los principios de confidencialidad y uso responsable de información epidemiológica oficial.

Resultados

A partir de la encuesta de prevalencia puntual del ECDC 2022–2023 se constató que España presentó una prevalencia de pacientes con al menos una infección relacionada con la asistencia sanitaria de 8.2 % y una prevalencia de uso de antimicrobianos de 45.5 % en hospitales de agudos, situándose por encima del promedio agregado de la UE/EEE en ambas métricas. Este comportamiento resulta consistente con la caracterización epidemiológica reciente de la resistencia antimicrobiana en Europa, donde se ha documentado que la carga de infecciones por bacterias resistentes continúa representando un problema sustancial de salud pública, particularmente en entornos hospitalarios (Cassini et al., 2022). Asimismo, el consumo global de antibióticos reportado por el Plan Nacional frente a la Resistencia a los Antibióticos para 2022 alcanzó 23.07 dosis diarias



definidas por 1 000 habitantes y día, configurando un escenario de presión selectiva sostenida compatible con mayores tasas de colonización y riesgo subsecuente de infección (Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, 2023).

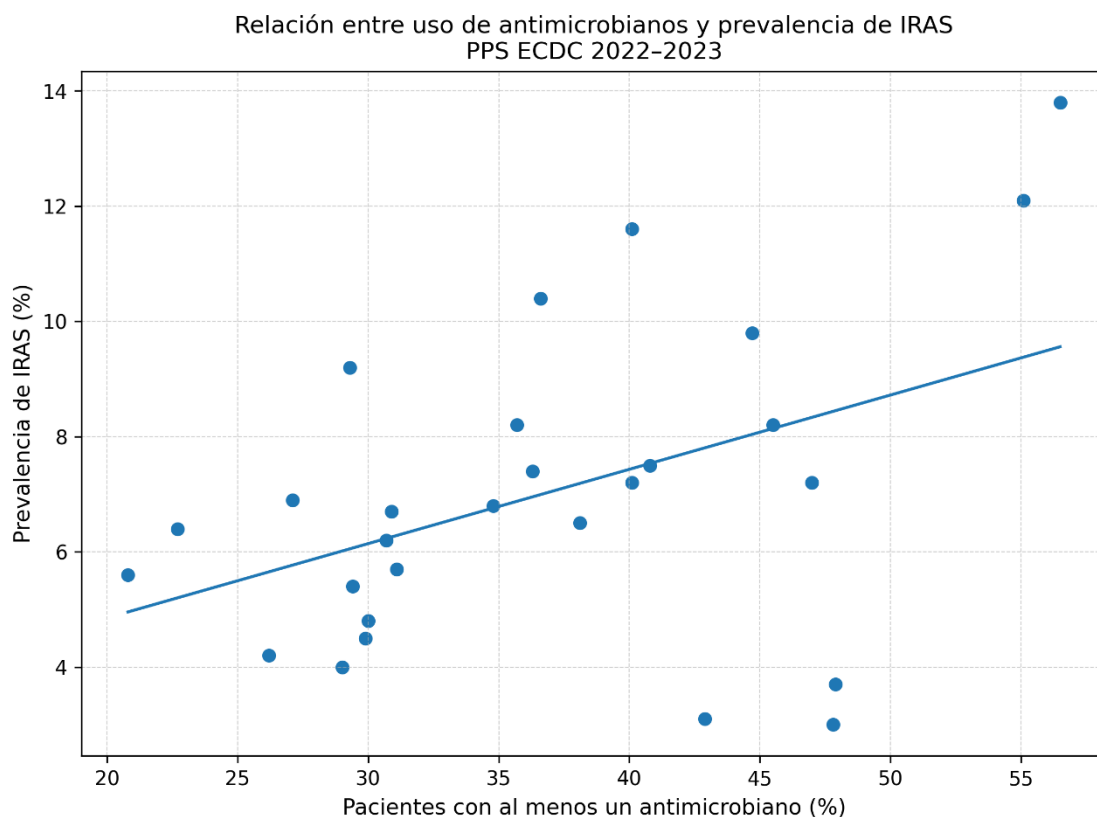
Tabla 1. Indicadores comparativos de IRAS y uso de antimicrobianos en hospitales de agudos (PPS 2022–2023)

Indicador	España	UE/EEE
Prevalencia de pacientes con ≥ 1 IRAS (%)	8.2	6.3
Prevalencia de pacientes con ≥ 1 antimicrobiano (%)	45.5	32.4

Nota: datos correspondientes a la encuesta de prevalencia puntual 2022–2023 en hospitales de agudos europeos.
Fuente: ECDC (2023).

En el análisis ecológico comparativo realizado con 28 países europeos, se evidenció una tendencia positiva entre el porcentaje de pacientes que reciben antimicrobianos y la prevalencia de IRAS, lo que sugiere que mayores niveles de presión terapéutica se asocian con mayor carga infecciosa hospitalaria. Este patrón es congruente con la evidencia que identifica la exposición antibiótica como determinante estructural en la dinámica de resistencia y eventos infecciosos hospitalarios (Tacconelli et al., 2021), así como con estudios españoles que vinculan la exposición previa a antimicrobianos y la estancia hospitalaria prolongada con mayor riesgo de infección por bacilos gramnegativos resistentes (Ferrer et al., 2021; Íñigo & Del Pozo, 2022).

Figura 1. Asociación ecológica entre uso de antimicrobianos e IRAS (PPS 2022–2023)

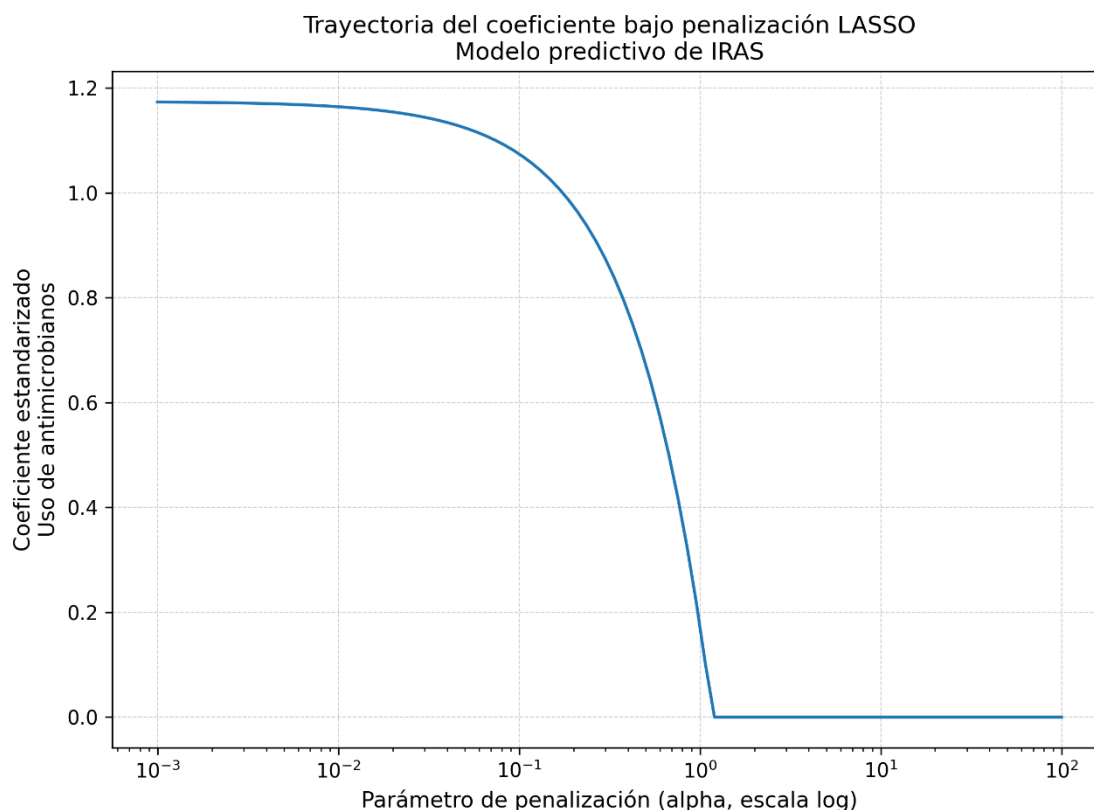


Nota: diagrama de dispersión país a país con recta de ajuste lineal simple; cada punto representa una jurisdicción europea incluida en la PPS 2022–2023. Fuente: elaboración propia con base en ECDC (2023).

Desde el enfoque de modelización avanzada descrito en materiales y métodos, la aplicación de regresión penalizada tipo LASSO permitió identificar que el uso de antimicrobianos mantiene un coeficiente positivo estable aun bajo penalización creciente, mientras que el tamaño estructural del sistema hospitalario pierde peso explicativo cuando se controla la intensidad terapéutica. Este comportamiento sugiere que la exposición antimicrobiana constituye el predictor dominante en la variabilidad de la prevalencia de IRAS a nivel agregado. Dicho hallazgo se alinea con investigaciones que demuestran que la optimización antibiótica reduce la presión selectiva y la incidencia de infecciones por microorganismos multirresistentes (Barrera-Cruz et al., 2023).



Figura 2. Trayectorias de coeficientes bajo penalización LASSO para predicción de IRAS



Nota: coeficientes estandarizados de uso de antimicrobianos y camas ocupadas en función del parámetro de penalización (alpha) en escala logarítmica; el modelo fue ajustado con validación cruzada de 5 particiones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Modelos regularizados para predecir prevalencia de IRAS

Modelo	Alpha óptimo	Coef. uso antimicrobianos	Coef. camas ocupadas
LASSO	1.091	0.0826	0.0000
Ridge	100.000	0.2517	-0.0816

Nota: coeficientes estandarizados; alpha seleccionado mediante validación cruzada minimizando el error cuadrático medio.

Fuente: elaboración propia.

En términos interpretativos, la estabilidad del efecto asociado al uso de antimicrobianos bajo diferentes esquemas de regularización confirma su relevancia estructural dentro del modelo predictivo. La persistencia de este coeficiente bajo LASSO y Ridge respalda la hipótesis de que la presión antimicrobiana constituye un determinante central en la

configuración del riesgo de infección asociada a cuidados, coherente con la carga de enfermedad atribuible a resistencia antimicrobiana descrita en Europa (Cassini et al., 2022) y con la necesidad de fortalecer programas de optimización terapéutica en el ámbito hospitalario (Tacconelli et al., 2021).

Discusión

Los resultados obtenidos permiten sostener, con fundamento empírico, que la intensidad del uso de antimicrobianos se asocia de manera consistente con la prevalencia de infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria en el ámbito hospitalario europeo. Esta asociación no debe interpretarse exclusivamente como una correlación descriptiva, sino como la expresión de un entramado epidemiológico complejo en el que la presión antibiótica actúa simultáneamente como marcador de severidad clínica y como mecanismo de selección de cepas resistentes. En consonancia con lo expuesto por Cassini et al. (2022), la carga atribuible a bacterias resistentes en Europa continúa siendo significativa y se concentra de forma desproporcionada en el entorno hospitalario, lo que refuerza la plausibilidad estructural del gradiente observado en el presente análisis.

Desde una perspectiva analítica, la aplicación de regresión penalizada tipo LASSO permitió discriminar el peso relativo de los predictores incluidos en el modelo, evidenciando la persistencia del coeficiente asociado al uso de antimicrobianos incluso bajo penalización creciente. Este hallazgo reviste especial relevancia metodológica, ya que confirma que la variable exposición antimicrobiana mantiene capacidad explicativa independiente frente a factores estructurales como el tamaño del sistema hospitalario. En términos conceptuales, ello converge con lo planteado por Tacconelli et al. (2021), quienes subrayan que la intensidad de consumo antibiótico constituye un determinante central en la dinámica de resistencia y en la incidencia de eventos infecciosos hospitalarios.

En el contexto específico español, la interpretación de los resultados adquiere mayor densidad analítica si se considera el consumo global reportado por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (2023), el cual evidencia una presión terapéutica sostenida. Este escenario es coherente con la literatura clínica nacional que identifica la exposición previa a antimicrobianos de amplio espectro y la prolongación de la estancia hospitalaria como factores de riesgo independientes para infección por bacilos

gramnegativos resistentes (Ferrer et al., 2021). De manera complementaria, Íñigo y Del Pozo (2022) destacan que la colonización por Enterobacterales productores de carbapenemasas no solo incrementa la probabilidad de infección invasiva, sino que condiciona desenlaces clínicos adversos cuando la cobertura empírica inicial resulta inadecuada, lo cual refuerza la relevancia de integrar vigilancia microbiológica y modelización predictiva.

Por otra parte, desde el punto de vista de la validez interna, la utilización de técnicas de regularización redujo el riesgo de sobreajuste y permitió una estimación más parsimoniosa del modelo, fortaleciendo la robustez inferencial. La estabilidad del efecto asociado al uso de antimicrobianos sugiere que esta variable no opera como simple epifenómeno estadístico, sino como componente estructural del sistema epidemiológico hospitalario. En consecuencia, los resultados respaldan el planteamiento de que la presión antimicrobiana constituye un nodo crítico en la cadena colonización–infección, en concordancia con la evidencia que demuestra que los programas de optimización antibiótica reducen tanto la presión selectiva como la incidencia de infecciones por microorganismos multirresistentes (Barrera-Cruz et al., 2023).

En términos estratégicos, la integración de vigilancia de colonización con modelos predictivos avanzados representa una aproximación metodológicamente sólida para anticipar eventos infecciosos y racionalizar la terapéutica empírica. La convergencia entre datos epidemiológicos agregados, análisis regularizados y evidencia clínica sugiere que la gestión hospitalaria de la resistencia antimicrobiana debe articular intervenciones sobre el consumo antibiótico, el control de transmisión y la estratificación de riesgo basada en datos. De este modo, el presente estudio aporta sustento cuantitativo a un enfoque sistémico que vincula presión antimicrobiana, colonización y riesgo de infección asociada a cuidados, bajo una perspectiva analítica coherente con los marcos conceptuales contemporáneos en epidemiología hospitalaria.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la intensidad del uso de antimicrobianos se configura como el determinante estructural con mayor capacidad explicativa en la variabilidad observada de las infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria en hospitales europeos. La estabilidad del coeficiente asociado a esta variable

bajo esquemas de regularización penalizada, particularmente en el modelo LASSO, evidencia que su efecto no responde a una asociación espuria ni a un fenómeno de colinealidad residual, sino a una relación consistente dentro del entramado epidemiológico hospitalario. En este sentido, la presión terapéutica emerge como un factor sistémico que incide tanto en la selección de cepas multirresistentes como en la probabilidad de transición desde la colonización hacia la infección clínica, consolidándose como eje central en la dinámica colonización–infección.

Asimismo, la aplicación de técnicas de regresión penalizada permitió optimizar la parsimonia del modelo predictivo y reducir el riesgo de sobreajuste, fortaleciendo la robustez inferencial de los hallazgos. El hecho de que el uso de antimicrobianos mantenga su capacidad predictiva independiente frente a variables estructurales, como el tamaño del sistema hospitalario, indica que la exposición antibiótica posee un peso explicativo intrínseco en la configuración del riesgo de infección asociada a cuidados. Este resultado refuerza la noción de que la intensidad terapéutica no debe interpretarse únicamente como reflejo de mayor gravedad clínica, sino como componente activo en la generación y perpetuación de ecosistemas microbianos resistentes dentro del ámbito hospitalario.

De manera complementaria, el gradiente positivo identificado en el análisis ecológico comparativo entre países confirma que mayores niveles de exposición antimicrobiana se alinean con mayores prevalencias de infecciones asociadas a cuidados, lo que otorga coherencia externa a los modelos estimados. En términos epidemiológicos, ello sugiere que la presión selectiva acumulada actúa como modulador poblacional del riesgo infeccioso, afectando tanto la probabilidad de colonización por microorganismos multirresistentes como la incidencia subsecuente de infección clínica. Esta evidencia fortalece la necesidad de considerar el consumo antibiótico como variable estratégica en los sistemas de vigilancia hospitalaria.

Finalmente, los hallazgos sustentan la pertinencia de integrar la vigilancia de colonización por multirresistentes con herramientas avanzadas de modelización predictiva y con programas institucionales de optimización antibiótica. La articulación entre análisis estadístico multivariado, monitoreo epidemiológico continuo y racionalización terapéutica se configura como una estrategia integral para anticipar eventos infecciosos, reducir la presión selectiva y mitigar la carga de infecciones asociadas a cuidados. En

consecuencia, el estudio aporta evidencia cuantitativa que respalda un enfoque sistémico y prospectivo en la gestión hospitalaria de la resistencia antimicrobiana, con implicaciones directas para la planificación sanitaria y la sostenibilidad del control de infecciones en contextos de alta complejidad asistencial.

Referencias bibliográficas

Abella Álvarez, A., Janeiro Lumbreras, D., Lobo-Valbuena, B., Naharro Abellán, A., Torrejón Pérez, I., Enciso Calderón, V., Varillas Delgado, D., Conejo Márquez, I., García Manzanedo, S., López de la Oliva Calvo, L., García Arias, M., & Gordo Vidal, F. (2021). *Análisis del valor predictivo de los criterios de aislamiento preventivo en una unidad de cuidados intensivos*. *Medicina Intensiva*, 45(4), 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2019.09.022>

Berenguer, J. (2022). Principles of integrated surveillance and response for healthcare associated infections. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.04.2022>

Cercenado, E. (2022). Rapid microbiologic methods to optimize patient outcomes and antimicrobial use. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.17.2022>

FÁ Lerma (2023). *Impacto del Proyecto “Resistencia Zero” en la adquisición de bacterias multirresistentes durante la estancia en UCI*. *Revista Española de Medicina Intensiva*.

Ferrer, R., et al. (2021). Revisión sistemática de la literatura y análisis de expertos sobre los factores de riesgo asociados a infecciones causadas por *Pseudomonas aeruginosa* o *Acinetobacter baumannii* resistentes a carbapenémicos en pacientes adultos en España. *Revista Española de Quimioterapia*, 34(4), 298–307. <https://doi.org/10.37201/req/034.2021>

Guerra-Sarmiento, M., et al. (2021). *Caracterización de bacilos gramnegativos multirresistentes y resistencia a carbapenémicos*. *Revista de Infectología*.

Íñigo, M. (2022). *Treatment of infections caused by carbapenemase-producing Enterobacterales: desafíos y opciones terapéuticas*. PubMed.

Íñigo, M., & Del Pozo, J. L. (2022). Treatment of infections caused by carbapenemase producing Enterobacterales. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3), 46–50. <https://doi.org/10.37201/req/s03.11.2022>

Julián-Jiménez, A., Candel-González, F. J., & González del Castillo, J. (2021). Development and validation of a predictive model for bacteremia in emergency department patients with infection. *Revista Española de Quimioterapia*. <https://doi.org/10.37201/req/043.2021>

Julián-Jiménez, A., et al. (2023). Diagnostic accuracy of procalcitonin for bacteremia in patients with suspected infection. *Revista Española de Quimioterapia*.

Maseda, E., & Suárez de la Rica, A. (2022). Controversies in the management of ESBL producing Enterobacterales. Clinical implications. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3), 41–45. <https://doi.org/10.37201/req/s03.10.2022>

Ministerio de Sanidad, Gobierno de España. (s. f.). *Proyecto Resistencia Zero: prevención de la emergencia y diseminación de bacterias multirresistentes en pacientes críticos*. Ministerio de Sanidad, Seguridad del Paciente.

Moral, P. (2022). Common variable immunodeficiency and infection risk: implications for surveillance and prevention. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.14.2022>

Plata Menchaca, E., & Ferrer, R. (2022). Sepsis recognition and early antimicrobial optimization: decision drivers in critical care. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.08.2022>

Recio, R., et al. (2022). Infection management in critically ill oncology patients: clinical keys for early recognition and treatment. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.12.2022>

Ruiz Ramos, J., et al. (2023). Programa de optimización de antibioterapia en infección urinaria por cepas multirresistentes en el servicio de urgencias. *Revista Española de Quimioterapia*, 36(5), 486–491. <https://doi.org/10.37201/req/009.2023>

Salavert, M., et al. (2022). Cytomegalovirus reactivation and disease in solid cancer patients: clinical considerations. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.16.2022>

Serna, C., & González Zorn, B. (2022). Antimicrobial resistance and One Health: implications for surveillance systems. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Supl. 3). <https://doi.org/10.37201/req/s03.06.2022>

Val de Medrano, A. (2023). *Antimicrobial resistance in Gram-negative bacilli in Spain*. *Revista Española de Quimioterapia*, 36(1), 65-81.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés