



ORIGINAL

Internal and external factors driving the evolution of the Bacterial Resistance Landscape

Factores internos y externos que impulsan la evolución del Panorama de la resistencia bacteriana

Mónica Viviana Moscoso Silva¹  , Washington Paúl Culqui Molina¹  , Heidy Elena Chacón Llagla¹  , Steven Luis Landeta Valladares¹  

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato, Ecuador.

Citar como: Moscoso Silva MV, Culqui Molina WP, Chacón Llagla HE, Landeta Valladares SL. Internal and external factors driving the evolution of the Bacterial Resistance Landscape. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2024; 3:104. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024.104>

Enviado: 01-01-2024

Revisado: 11-05-2024

Aceptado: 09-12-2024

Publicado: 10-12-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Mónica Viviana Moscoso Silva 

ABSTRACT

Bacterial resistance to antibiotics is a growing public health challenge, influenced by mechanisms such as the production of hydrolytic enzymes, modification of active sites and decreased permeability in bacteria. Based on a SWOT analysis, significant internal deficiencies in the training of health professionals and the lack of adequate technologies to diagnose resistance were identified, contributing to the prevalence of resistant infections. Additionally, lax policies on antibiotic use exacerbate the problem. On the other hand, there are strengths such as the presence of advanced surveillance and diagnostic systems, along with educational initiatives and laboratories dedicated to research. Opportunities include access to rapid diagnostic technologies and research funding that can accelerate the response to this crisis. However, threats such as self-medication and the use of counterfeit antibiotics persist due to distribution problems. It was concluded that it is crucial to implement strategies that enhance continuous training, promote the use of advanced diagnostic technologies, and strengthen research for the development of new treatments. The success of these strategies will depend on a combination of educational policies, technological improvements and stricter controls on the distribution of antibiotics to minimize the risks associated with bacterial resistance.

Keywords: Resistance; Diagnosis; Treatment; SWOT.

RESUMEN

La resistencia bacteriana a los antibióticos es un desafío de salud pública en aumento, influenciado por mecanismos como la producción de enzimas hidrolíticas, la modificación de sitios activos y la disminución de permeabilidad en las bacterias. A partir de un análisis DAFO, se identificaron deficiencias internas significativas en la formación de profesionales de la salud y la falta de tecnologías adecuadas para diagnosticar la resistencia, lo que contribuye a la prevalencia de infecciones resistentes. Además, las políticas laxas en el uso de antibióticos exacerbaban el problema. Por otro lado, existen fortalezas como la presencia de sistemas avanzados de vigilancia y diagnósticos, junto con iniciativas educativas y laboratorios dedicados a la investigación. Las oportunidades incluyen el acceso a tecnologías de diagnóstico rápido y fondos para investigaciones que pueden acelerar la respuesta a esta crisis. Sin embargo, persisten amenazas como la automedicación y el uso de antibióticos falsificados debido a problemas en la distribución. Se concluyó que es crucial implementar estrategias que potencien la formación continua, promuevan el uso de tecnologías diagnósticas avanzadas, y fortalezcan la investigación para el desarrollo de nuevos tratamientos. El éxito de estas estrategias dependerá de una combinación de políticas educativas, mejoras tecnológicas y controles

más estrictos en la distribución de antibióticos para minimizar los riesgos asociados a la resistencia bacteriana.

Palabras clave: Resistencia; Diagnóstico; Tratamiento; DAFO.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antibióticos es un problema creciente que dificulta el tratamiento de las infecciones. Desde un punto de vista clínico, un organismo bacteriano se considera resistente a un antibiótico cuando es poco probable que este antibiótico sea eficaz para tratar una infección causada por ese organismo.⁽¹⁾

Como es de conocimiento, las bacterias pueden desarrollar resistencia a los antibióticos cuando cambian de forma. Estas mutaciones pueden afectar la estructura o función del objetivo del antibiótico, o pueden permitir a la bacteria eliminar el antibiótico de su interior.⁽²⁾

La resistencia a los antibióticos se ha documentado desde hace décadas. En 1924, se comunicó de la resistencia de la bacteria *Treponema pallidum* a la arsfenamina, uno de los primeros fármacos utilizado para el tratamiento de sífilis. En 1942, se descubrió la resistencia de la bacteria *Staphylococcus aureus* a la penicilina, un antibiótico utilizado para tratar una amplia gama de infecciones. En las décadas de 1950 y 1960, se observaron casos de resistencia a antibióticos en bacterias como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* y *Shigella spp.*⁽³⁾

La falta de conocimientos básicos sobre este tema ha dificultado el desarrollo de nuevos tratamientos. La mayoría de las agencias internacionales reconocen la gravedad de este problema y han propuesto numerosas soluciones, pero estas soluciones no han sido suficientes para detener el avance de la resistencia.

Resistencia bacteriana

Se logra entender por resistencia bacteriana al mecanismo que la bacteria tiene para disminuir la acción de los agentes antimicrobianos. Se puede considerar a una bacteria sensible a un medicamento cuando tiene la concentración de infección cuatro veces superior a la concentración inhibitoria. Una concentración por debajo de la CIM se le califica a la bacteria como resistente y cuando se obtienen valores medios se puede calificar como moderadamente sensible. La aparición de la resistencia en una bacteria se produce debido a las mutaciones que tiene la bacteria, la resistencia se transmite de forma vertical de generación en generación.

Mecanismo de Resistencia Bacteriana

- Las enzimas hidrolíticas son enzimas que hidrolizan al antimicrobiano para eliminar la acción antibacteriana sobre el microorganismo.
- Las betalactamasas son enzimas que hidrolizan la unión peptídica endocíclica del anillo betalactámico. La producción de betalactamasas es el mecanismo más frecuente de resistencia antibiótica. Existen varias mutaciones de estas enzimas produciendo expresiones betalactamasas de espectro extendido creando resistencia a antimicrobianos como las cefalosporinas de tercera generación. Para combatir este tipo de resistencia se utiliza un inhibidor enzimático como el Clavulanato y Subactam los cuales tienen mayor afinidad enzimática e impiden la destrucción del antimicrobiano.
- Las carbapenemasas son enzimas que hidroliza el anillo β-lactámico inactivando a los carbapenémicos, la resistencia carbapenémica se da en bacterias como *Klebsiella pneumoniae* Carbapenemase (KPC) y Enterobacteriaceae.⁽⁴⁾

Modificación del sitio activo: Este mecanismo funciona por la modificación de un aminoácido generando un objetivo diferente para el antimicrobiano y así disminuye la afinidad en el sitio de acción del antimicrobiano.

Modificación de PBP (penicillin-binding-protein): el cual es un complejo enzimático que permite la síntesis del peptidoglicano, un compuesto de la pared celular en bacterias, principalmente en Gram positivas, si se produce mutación del sitio de unión al antimicrobiano como los betalactámicos, éstos no pueden actuar y se genera resistencia a ellos.⁽⁵⁾

Modificación ribosomal: Los genes erm A y erm B producen modificación del sitio activo del ribosoma, mediante metilación. Este mecanismo es importante en la resistencia a antimicrobianos que actúan en el ribosoma como los macrólidos en las bacterias *S. pneumoniae* y *S. pyogenes*.

Reemplazo de D-alanina por D-lactato: Este se da en la cadena pentapéptido terminal del peptidoglucano ocasionando la resistencia a glucopéptidos como la vancomicina.

Disminución de la permeabilidad de la pared celular al ingreso del antimicrobiano: la cual es ocasionada por una alteración en las porinas tanto en el número y diámetro de las porinas. Disminuyendo la susceptibilidad a los betalactámicos y fluoroquinolonas en Bacterias *Pseudomonas*. La Mutación en porina D2 en *Pseudomonas aeruginosa* ocasionando la resistencia a carbapenems.⁽⁶⁾

Bomba de E- flujo: son las cuales transportan el antimicrobiano al exterior de la célula sin modificaciones,

dejándolo sin acción antimicrobiana existen varios tipos de E bombas que actúan en varios tipos de antimicrobianos, los genes involucrados para crear bombas de Eflujo son MefA (*Streptococcus pneumoniae*), NorA (*Staphylococcus aureus*) y Mex (*Pseudomonas aeruginosa*), estos ocasionan resistencia a macrólidos y Fluoroquinolonas.

Resistencia en Bacilos Gram negativos

Los Bacilos Gram negativos presentan resistencia a los compuestos betalactámicos y aminoglucósidos fundamentalmente por mecanismos enzimáticos que facilitan la degradación de estos antibióticos, denominados betalactamasas y enzimas modificantes.

Resistencia en cocáceas Gram positivas

La resistencia en este grupo está predominantemente asociada a cambios estructurales en la pared celular o en componentes citosólicos como los ribosomas y no a mecanismos enzimáticos, dentro de los principales miembros de esta familia están neumococo, estafilococo y enterococo.⁽⁶⁾ (tablas 1 y 2).

Tabla 1. Resistencia bacteriana en la comunidad	
Bacteria	Resistencia
Gonococo	Resistencia a penicilina
Neumococo	Resistencia a penicilina y en una fracción de los casos a cefalosporinas
<i>Haemophilus influenzae</i>	Resistencia a ampicilina
<i>Moraxella catharralis</i>	Resistencia a ampicilina
<i>Escherichia coli</i>	Resistencia a ampicilina y cotrimoxazol
<i>Staphylococcus aureus</i>	Resistencia a penicilina
<i>Plasmodium sp</i>	Resistencia a diferentes antimaláricos
Fuente: Fica A, 2014 ⁽⁶⁾	

Tabla 2. Resistencia bacteriana en ambiente hospitalario	
Bacterias	Resistencia
<i>Staphylococci</i>	Resistencia a cloxacilina y multi resistencia, resistencia a vancomicina.
Enterococo	Resistencia a betalactámicos, aminoglucósidos y vancomicina.
Bacilos Gram negativos entéricos y no fermentadores	Resistencia a betalactámicos/ carbapenémicos, aminoglucósidos, quinolonas, cotrimoxazol.
Fuente: Fica A, 2014 ⁽⁶⁾	

Las bacterias con mayor capacidad para generar resistencia bacteriana son la *Pseudomona aeruginosa*, la OMS ha incluido a la *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* y *Acinetobacter baumannii*, al grupo de bacterias que con mayor probabilidad que generan resistencia a los fármacos antimicrobianos, todos ellos pueden provocar infecciones nosocomiales y también a nivel comunitario.

En el grupo de las bacterias Gram negativas causante de las mayorías de la sepsis intrahospitalaria a nivel mundial destaca *Acinetobacter baumannii*, y que se conoce ha desarrollado diferentes mecanismos de resistencia a los antibióticos. Ellos son la modificación de enzimática de aminoglucósidos (fosfotransferasas, adenil transferasas y acetiltransferasas), bombas de eflujo, defectos de permeabilidad, alteración de los sitios de destinos y desarrollo de betalactamasas.

Causas y consecuencias

La resistencia bacteriana es un problema creciente que dificulta el tratamiento de infecciones. Los principales factores que contribuyen a la resistencia bacteriana son:

- Uso inapropiado de antibióticos: Esto incluye el uso de antibióticos para tratar infecciones virales, el uso de antibióticos de amplio espectro y el uso de antibióticos cuando no son necesarios.
- Asociación farmacológica incorrecta: Esto ocurre cuando se recetan antibióticos con otros medicamentos que pueden aumentar el riesgo de resistencia bacteriana.

- Escaso conocimiento y participación de la población: Muchas personas no saben que los antibióticos solo son efectivos contra las infecciones bacterianas.
- Escasez de medios de diagnóstico: Esto dificulta que los profesionales de la salud tomen decisiones informadas sobre el uso de antibióticos.
- Insuficiencia de compromiso nacional: Esto dificulta la coordinación de esfuerzos para prevenir y controlar la resistencia bacteriana.
- Deficiente investigación y desarrollo de nuevos antibióticos: Los antibióticos son medicamentos complejos y costosos de desarrollar.

Tabla 3. Tipos de resistencia bacteriana

Tipo de resistencia	Mecanismo de Resistencia	Resistencia a antimicrobianos	Microorganismos
Limitar la absorción del medicamento	Limita el paso del medicamento por la membrana celular de las bacterias haciéndolas menos permeables por un escudo de lipo polisacáridos.	Betalactámicos, Tetraciclinas y Algunas fluoro quinonas.	Se da en su mayoría en las bacterias Gram negativas que en las bacterias Gram positivas como: <i>Actinobacter spp.</i> , y <i>Pseudomonas spp.</i>
Disminución de flujo del medicamento	Limita el transporte del fármaco dentro de la célula bacteriana.	Macrólidos y tetraciclinas	En su mayoría bacterias Gram negativas <i>Staphylococcus multirresistente (SMR)</i> .
Inactivación del antibacteriano	La destrucción del principio activo o la alteración del principio activo.	Betalactámicos y Macrólidos	Modificación de PBP: Bacterias Gram positivas. Modificación ribosomal: <i>S. pneumoniae</i> y <i>S. pyogenes</i> .
Modificación química del Compuesto activo	Se da por fosforilación, acetilación de los compuestos químicos del antimicrobiano.	Aminoglucósidos, Fluoroquinolonas.	Bacterias como <i>Acinetobacter baumannii</i> .
Destrucción del compuesto activo	Se da por proteínas producidas por las bacterias para dañar el anillo betalactámico.	Betalactámicos.	Principalmente en gram positivas.
Cambio de objetivo del compuesto activo	Se da por la capacidad de alterar organelos celulares volviéndolos compatibles con el medicamento como la PBP con los betalactámicos o la meta lisis con el 16S rRNA con los macrólidos.	Betalactámicos y Macrólidos.	Organismos como <i>S. Aureus</i> .

Alternativas a los antibióticos ante la aparición de la multi resistencia bacteriana

Terapia con bacteriófagos: Son virus creados para combatir bacterias, cuentan con beneficios destacados, como su bajo nivel de toxicidad y la versatilidad en las formas de administración. Sin embargo, enfrentan desafíos que incluyen la necesidad de comprender profundamente la bacteria que se pretende combatir, la propensión a adquirir resistencia de manera sencilla y la incertidumbre en cuanto a su rentabilidad.

Vacunas: Se están desarrollando para patógenos relacionados con la resistencia antimicrobiana, aunque su avance en fases clínicas es incierto.^(7,14)

Terapia con anticuerpos: Los anticuerpos monoclonales diseñados contra bacterias específicas tienen la ventaja de alta especificidad y menos efectos secundarios, pero requieren un desarrollo clínico individual.

Microbiota: El microbiota humano puede estimularse para prevenir y tratar infecciones causadas por bacterias multirresistentes, aunque esta terapia sigue siendo experimental.

La Organización Mundial de la Salud ha elaborado un plan a nivel global con el propósito de abordar el desafío de la resistencia antimicrobiana. Este plan, se enfatiza la relevancia de las campañas de concientización como una prioridad inicial. Los países miembros son instados a promover la concienciación acerca de la resistencia antimicrobiana y la utilización adecuada de agentes antimicrobianos a través de programas de comunicación dirigidos al público.⁽⁸⁾

Estas campañas hacen uso de diversos canales, como materiales impresos, medios en línea, radiodifusión en televisión, radio, conferencias de prensa y eventos para profesionales de la salud. A pesar de las críticas que han surgido sobre su eficacia, se ha observado que, con el paso del tiempo, la implementación de tales campañas ha contribuido a aumentar la conciencia en torno a la resistencia a los antimicrobianos y la utilización adecuada de los antibióticos.⁽⁹⁾

Los antibióticos se han empleado para tratar diversas patologías a lo largo del tiempo, sin embargo, en la actualidad las bacterias patógenas han desarrollado varios mecanismo de resistencia bacteriana.⁽¹⁰⁾ La resistencia a los antibióticos es una amenaza grave para la salud pública. Las enfermedades infecciosas que

son resistentes a los antibióticos pueden ser difíciles o imposibles de tratar, lo que puede provocar estancias hospitalarias prolongadas y complicaciones graves.⁽⁹⁾

Examinados los elementos anteriores, el objetivo de esta investigación es analizar los mecanismos de resistencia bacteriana a los antibióticos, describiendo su evolución histórica, los factores que contribuyen a su desarrollo, y proponer estrategias basadas en un análisis DAFO para mitigar el impacto de la resistencia antimicrobiana en el ámbito hospitalario y comunitario. Este objetivo encapsula el enfoque del artículo en comprender los mecanismos de resistencia y proponer soluciones prácticas mediante el uso de herramientas analíticas.

MÉTODO

La toma de decisiones es un proceso cotidiano mediante el cual se realiza una elección entre diferentes alternativas a los efectos de resolver las más variadas situaciones. En todo momento se deben tomar decisiones. Para realizar una acertada toma de decisiones respecto a un tema, es necesario conocerlo, comprenderlo y analizarlo, para así poder darle solución, pues importante recordar que sin problema no puede existir una solución. En tal sentido, el análisis de cualquier situación teniendo en cuenta la realidad particular de lo que se está analizando, las posibles alternativas a elegir y las consecuencias futuras de cada elección son de suma importancia.

El análisis DAFO es una técnica ideada por Kenneth Andrews y Roland Christensen hace más de 20 años y se utiliza para comprender la situación actual de una empresa, organización, producto o servicio específico y, también como ayuda para formular una intervención social. DAFO es una sigla (acrónimo) que proviene de las cuatro primeras letras de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. En inglés sería SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities y threats*). Para la realización de este análisis se parte, normalmente de un cuadro de una o de doble entrada donde se especifican cada uno de sus componentes.⁽¹¹⁾

DAFO es una herramienta analítica iniciadora del pensamiento estratégico, que permite que la realización de un esquema mental introductor, con el que realizar un análisis correcto de la situación competitiva de una empresa o situación específica. Así, el método del análisis DAFO consiste en analizar el contexto competitivo de determinada situación o empresa desde dos vertientes o entornos: externo e interno. La primera vertiente sería aquella en la que se señalan las amenazas y oportunidades que se dan y que favorecen el aspecto analizado debiendo ésta superarlas o aprovecharlas, pero siempre anticipándose a las mismas. En este sentido, es de gran importancia la flexibilidad y la dinámica con que se puedan aprovechar las oportunidades o rechazar las amenazas.

La segunda vertiente analizaría las fortalezas y debilidades de la empresa o situación que se analiza, según las circunstancias en las que se mueve el contexto actual y real individual, teniendo en cuenta siempre hechos objetivos o reales. A la hora de aplicarlo a un contexto abstracto es útil plantear ciertas interrogantes que ayudan a realizar el diagnóstico de una forma muy concreta y objetiva: ¿Cuáles son los puntos negativos que se observan? (Amenazas y debilidades) ¿Cuáles son los puntos positivos? (Oportunidades y fortalezas). En función a lo que resulte de esta matriz se ha de ser capaz de responder a las siguientes preguntas: ¿cómo se puede explotar cada fortaleza?; ¿cómo se puede aprovechar cada oportunidad?; ¿cómo se puede detener cada debilidad?; ¿cómo se puede defender de cada amenaza?

Fortalezas: Factores internos o propios del sistema que se evalúan como puntos fuertes o elementos positivos en los cuales se apoya para lograr el cumplimiento de sus objetivos.

Debilidades: Elementos internos, que constituyen aspectos débiles o negativos del sistema estudiado, los cuales son necesarios atenuar o superar para convertirlos, si no en una fortaleza, al menos que no sean un freno a los objetivos trazados.

Oportunidades: Situaciones en las cuales no es posible tener influencia sobre su ocurrencia o no por manifestarse en el entorno. Constituyen facilidades, que de utilizarse pueden favorecer el logro de los objetivos.

Amenazas: Factores o sucesos que se están desarrollando en el entorno, sobre los cuales la organización no puede influir. Obstáculos en el logro de los objetivos trazados.

Para la determinación de estos factores se pueden aplicar procedimientos metodológicos recomendados por otros autores, tales como el Brainstorming o Tormenta de Ideas y técnicas de consenso, fundamentalmente la Reducción de Listado y la Votación Ponderada, entre otras.^(12,13)

Procedimiento para la elaboración del análisis interno y externo:

Para precisar el tipo de fuerzas internas y externas que predominan en el sistema objeto de estudio, se procede a la aplicación de las matrices de evaluación de los factores externos (MEFE) y de evaluación de los factores internos (MEFI). Para ello:

1. Se listan las fuerzas o variables seleccionadas en el diagnóstico estratégico. Las amenazas y oportunidades para la MEFE y las fortalezas y debilidades para la MEFI.
2. Se ponderan según el peso relativo a partir del criterio o impacto que tiene cada una de ellas

para el funcionamiento del sistema

3. En la MEFI se clasifican las debilidades y fortalezas, asignándole el valor de 1 a las debilidades muy negativas (MN) y 2 a las negativas (N), 4 a las fortalezas muy positivas (MP) y 3 a las positivas (P). La MEFE tiene un tratamiento similar, 1 punto para las amenazas muy negativas (MN) y 2 a las negativas (N); 3 a las oportunidades positivas (P) y 4 a las muy positivas (P)

4. Se multiplica la ponderación con la clasificación de cada variable para obtener el resultado ponderado de cada una.

5. Se suman todos los resultados ponderados para obtener el resultado total.

La metodología de esta técnica refiere que si este resultado total está por debajo de 2,50, significa que en el equipo deportivo existen predominio de los factores negativos, debilidades o amenazas, según se trate. En tanto si es superior a esta cifra, entonces la preponderancia es para las fortalezas o las oportunidades según sea el caso.

Para la recolección de datos se utilizó la revisión bibliográfica. Se revisaron artículos científicos publicados en los últimos 5 años. Se realizó una búsqueda bibliográfica en Pubmed y Scielo utilizando como palabra clave “bacterial resistance”. Se obtuvieron 108 artículos en Pubmed y 75 artículos en Scielo. Se incluyeron artículos originales en inglés y español. El método de selección de los artículos se basó en criterios subjetivos, tratando de emplear los artículos más actualizados y cuya información se ajustara mejor a la estructura de dicha revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la revisión, se acopió información suficiente que permitió arribar al análisis que se muestra a continuación, con la utilización del método DAFO. Los resultados obtenidos fueron analizados por el grupo de trabajo y tomados como base para determinar la situación estratégica que se debe llevar a cabo en tal caso. Con el apoyo del trabajo en grupo se seleccionaron las principales amenazas, fortalezas, oportunidades y debilidades que se observan en cuanto al tema tratado en la comunidad objeto de estudio, tal como se muestran en la figura 1.



Figura 1. Análisis DAFO

Siguiendo la lógica del método, al realizar la matriz de factores internos mostrada en la tabla 4, se puede observar una suma ponderada menor que 2,5, esto significa que los factores negativos internos tienen mayor fuerza que los factores positivos internos. En este sentido, se hace necesario dar potenciar con mayor fuerza

las estrategias defensivas, encaminadas precisamente a anular la mayor cantidad de amenazas.

Tabla 4. Matriz de factores internos				
		Ponderación	Evaluación	Resultado ponderado
D1	Deficiencias en la formación de profesionales de la salud sobre el uso adecuado de antibióticos.	0,18	2	0,36
D2	Equipos o técnicas de diagnóstico inadecuados para evaluar la resistencia.	0,18	1	0,18
D3	Políticas de prescripción y usos de antibióticos poco estrictos o mal implementadas.	0,18	1	0,18
F1	Presencia de sistemas de vigilancia y diagnóstico avanzados.	0,13	3	0,39
F2	Iniciativas para informar a la comunidad y a los profesionales sobre el uso responsable de antibióticos.	0,15	4	0,6
F3	Laboratorios y equipos de investigación dedicados al estudio de la resistencia y al desarrollo de nuevos tratamientos.	0,18	4	0,72
Total				2,43

Por otro lado, al realizar la matriz de factores externos mostrada en la tabla 5 se observa un predominio de las oportunidades sobre las amenazas, pues la puntuación ponderada total supera el punto de equilibrio establecido por el método. En este marco, las estrategias a seguir deben estar encaminadas en el aprovechamiento de las fortalezas para minimizar el impacto de los factores negativos existentes.

Tabla 5. Matriz de factores externos				
		Ponderación	Evaluación	Resultado ponderado
O1	Nuevas tecnologías para el diagnóstico rápido de la resistencia y la identificación de cepas resistentes.	0,15	3	0,45
O2	Disponibilidad de subvenciones y fondos para investigaciones y proyectos de control de resistencia.	0,35	4	1,4
A1	Problemas en el suministro de antibióticos de calidad, lo que conlleva a la automedicación y al uso de productos falsificados.	0,5	2	1
				2,85

A partir del análisis DAFO y los resultados ponderados obtenidos en las matrices de factores internos y externos, las estrategias que se deben implementar deben centrarse en aprovechar las fortalezas existentes y las oportunidades disponibles, al tiempo que se busca minimizar el impacto de las debilidades y amenazas identificadas. Estas estrategias serían las siguientes:

Fortalecimiento de los programas de educación continua para profesionales de la salud: La deficiencia en la formación (D1) puede abordarse mediante la implementación de programas educativos obligatorios y actualizaciones sobre el uso responsable de antibióticos. Estos programas deben enfocarse en los sistemas avanzados de vigilancia (F1) y las iniciativas educativas ya en marcha (F2) para maximizar su impacto y garantizar una mayor comprensión de la problemática.

Desarrollo e implementación de tecnologías diagnósticas avanzadas: Dado que la falta de equipos adecuados (D2) y las políticas laxas (D3) son debilidades importantes, se debe aprovechar la oportunidad que brindan las nuevas tecnologías de diagnóstico rápido (O1) para mejorar la capacidad de los sistemas de salud para detectar la resistencia de manera temprana. Esto puede reducir el tiempo de respuesta y mejorar la precisión en la prescripción de antibióticos.

Incentivar la investigación y el desarrollo de nuevos tratamientos: El trabajo de laboratorios y equipos de investigación dedicados al estudio de la resistencia (F3) puede ampliarse mediante la obtención de fondos y subvenciones disponibles (O2). La asignación de recursos para investigar y desarrollar nuevos tratamientos debe ser una prioridad estratégica para contrarrestar las crecientes amenazas de resistencia.

Mejorar la gestión y distribución de antibióticos: Para enfrentar los problemas relacionados con el suministro de antibióticos de calidad (A1), es crucial establecer políticas más estrictas de regulación y control del mercado de antibióticos. Además, deben implementarse medidas que reduzcan la automedicación y combatan la venta de productos falsificados, utilizando los sistemas de vigilancia avanzados (F1) como soporte clave para supervisar

la distribución y el uso de estos medicamentos.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este artículo destacan la necesidad urgente de abordar la resistencia bacteriana a los antibióticos mediante enfoques integrales que incluyan educación, tecnología y políticas de salud pública. El análisis DAFO realizado reveló que, a nivel interno, la formación insuficiente de los profesionales de salud y la falta de equipos diagnósticos adecuados son debilidades significativas que comprometen la capacidad de respuesta ante este problema. Sin embargo, existen fortalezas como los sistemas avanzados de vigilancia y las iniciativas educativas que pueden ser aprovechadas para contrarrestar estos desafíos.

Externamente, la disponibilidad de nuevas tecnologías de diagnóstico y subvenciones para la investigación presenta oportunidades clave para mejorar el manejo de la resistencia bacteriana. A pesar de las amenazas derivadas de problemas de suministro de antibióticos de calidad, las estrategias centradas en la implementación de tecnologías diagnósticas avanzadas, la mejora de la formación profesional y el fortalecimiento de la investigación y desarrollo de nuevos tratamientos pueden mitigar estos riesgos.

En conjunto, las acciones propuestas apuntan a un abordaje multifacético que incluye el fortalecimiento de las capacidades institucionales y el uso de tecnologías innovadoras, con el fin de reducir el impacto negativo de la resistencia bacteriana en el ámbito clínico y comunitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baquero F, Martínez JL, F. Lanza V, Rodríguez-Beltrán J, Galán JC, San Millán A, et al. Evolutionary pathways and trajectories in antibiotic resistance. *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 2021;34(4):e00050-19. Available from: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/cmr.00050-19>
2. Munita JM, Arias CA. Mechanisms of antibiotic resistance. *Virulence Mech Bact Pathog*. 2016;(6):481-511.
3. Li T, Wang Z, Guo J, de la Fuente-Núñez C, Wang J, Han B, et al. Bacterial resistance to antibacterial agents: Mechanisms, control strategies, and implications for global health. *Sci Total Environ* [Internet]. 2023 Feb;860:160461. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722075635>
4. Barros G, Melo C, Oliveira M, Silva J, Santos R, Oliveira S. Impacto financiero de la terapia con antibióticos en la resistencia a múltiples fármacos bacterianos en un hospital de emergencia en Pernambuco, Brasil. *Ars Pharm* [Internet]. 2020;61(2):121-6. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2340-98942020000200006&script=sci_arttext
5. Varela MF, Stephen J, Lekshmi M, Ojha M, Wenzel N, Sanford LM, et al. Bacterial resistance to antimicrobial agents. *Antibiotics* [Internet]. 2021;10(5):593. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/5/593>
6. Fica A. Resistencia antibiótica en bacilos gram negativos, cóceas gram positivas y anaerobios. implicancias terapéuticas antibiotic resistance among gramnegative bacilli, grampositive bacteria and anaerobes. therapeutic implications. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2014;25(3):432-44. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864014700604>
7. Esperanza C, López C. Grao en Biología Memoria do Trabalho de Fin de Grao Claudia Esperanza Corredoira López. 2021;2020-1.
8. Vázquez-Cabrera N, Espinosa-Márquez A, Cedillo-Ramírez ML. Historical evolution of World Health Organization guidelines on antimicrobial resistance. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Heal* [Internet]. 2023;47:1-10. Available from: <https://europepmc.org/article/med/36843661>
9. Zumbado Morales R, Barquero Montero A, Hidalgo Mora O. Resistencia a los antibióticos: Una Revisión Bibliográfica. *Rev Cienc y Salud Integr Conoc* [Internet]. 2022;6(3):145-53. Available from: <https://www.revistacienciaysalud.ac.cr/ojs/index.php/cienciaysalud/article/view/500>
10. Uddin TM, Chakraborty AJ, Khusro A, Zidan BRM, Mitra S, Emran T Bin, et al. Antibiotic resistance in microbes: History, mechanisms, therapeutic strategies and future prospects. *J Infect Public Health* [Internet]. 2021;14(12):1750-66. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034121003403>
11. Vlados C. On a correlative and evolutionary SWOT analysis. *J Strateg Manag* [Internet]. 2019;12(3):347-63. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JSMA-02-2019-0026/full/>

html?utm_campaign=Emerald_Strategy_PPV_November22_RoN

12. Mata Martínez, L. F, Herrera-Viedma E. An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context. IEEE Trans fuzzy Syst [Internet]. 2009;17(2):279-90. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4768682/>

13. Goyes-Baca MJ, Sacon-Espinoza MR, Poveda-Paredes FX. Manejo del sistema de salud de Ecuador frente a la resistencia antimicrobiana. Rev Inf Cient [Internet]. 2023;102(0). Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4048>

14. Guevara Valtier MC, Navarro Rodríguez DC, Rueda Sánchez CB, Quintana Lagunas R, Rodríguez Romero YE, Paz Morales M de LÁ. Simulación Clínica y Aprendizaje Basado en Problemas en estudiantes de Enfermería: Propuesta de factibilidad de intervención. Dilemas contemp: educ política valores [Internet]. 2024 [cited 2024 Sep 14]; Available from: <https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/4306>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Curación de datos: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Análisis formal: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Investigación: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Metodología: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Administración del proyecto: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Recursos: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Software: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Supervisión: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Validación: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Visualización: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Redacción - borrador original: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.

Redacción - revisión y edición: Mónica Viviana Moscoso Silva, Washington Paúl Culqui Molina, Heidy Elena Chacón Llagla, Steven Luis Landeta Valladares.