

Prevalencia de contaminación bacteriana y umbrales operativos (ROC-Youden) para teléfonos celulares y teclados en Hospitales Univalle, Cochabamba, Bolivia

Prevalence of bacterial contamination and operating thresholds (ROC-Youden) for cell phones and keyboards in Univalle Hospitals, Cochabamba, Bolivia

Rommer Alex Ortega-Martínez¹, Alejandro Pardo Ledezma², Natalia Andrea Cuadros Pariente² y Wilma Leon Maldonado¹

¹Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

²Estudiante de Medicina de la Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

El presente trabajo fue autofinanciado.

Los autores aseguran no tener conflictos de interés alguno.

Recibido: 21 de octubre de 2025 / Aceptado: 7 de abril de 2026

Resumen

Introducción: La incorporación de recursos tecnológicos -teléfonos celulares (TC) y teclados (Tec) de computadores-ha facilitado el trabajo clínico, pero, a la vez, introdujo fómites que favorecen la transmisión de infecciones nosocomiales causadas por patógenos con potencial alta resistencia a antimicrobianos. **Objetivo:** Cuantificar la prevalencia de positividad microbiológica en TC y Tec hospitalarios, generando umbrales de decisión y evaluar la heterogeneidad geográfica (Sur vs. Norte). **Material y Métodos:** Estudio observacional transversal (N = 29) con cultivos en agar sangre y EMB. Se evaluó la prevalencia y se usaron predictores de encuesta (frecuencia, tiempo, limpieza). Se estimaron curvas ROC para definir el punto óptimo (índice de Youden) y se aplicó regresión logística multivariable penalizada para estimar *odds ratios* (OR) ajustados. **Resultados:** El crecimiento global en agar sangre fue extremadamente alto (TC: 97%; Tec: 90%). Los principales aislamientos fueron *Staphylococcus coagulasa negativa* (TC: 62%; Tec: 52%) y bacilos grampositivos (TC 52%; Tec 55%). Los análisis ROC mostraron un claro patrón dosis-respuesta y umbrales de uso clínicamente interpretables. En el modelo multivariable, la mayor intensidad de uso se asoció con un fuerte aumento del riesgo (OR > 1), mientras que el uso de alcohol isopropílico mostró un efecto protector significativo (OR < 1). **Discusión:** Teléfonos celulares y Tec actúan como vectores potenciales. La integración de los umbrales ROC-Youden y los modelos multivariables permite traducir la evidencia en acciones concretas. Las recomendaciones operativas principales son protocolizar la desinfección con alcohol isopropílico e integrar los umbrales derivados de Youden (ej., límite de tiempo o usos) como detonantes de la limpieza obligatoria, auditando el cumplimiento. El tamaño muestral moderado y la ausencia de tipificación de especies limitan la inferencia clínica específica. Se sugiere realizar estudios multicéntricos y longitudinales con incorporación de tipificación y evaluación de perfiles de resistencia.

Palabras clave: desinfección; dispositivos médicos; hospitales; microbiología; registro ROC; teléfonos celulares; teclados.

Abstract

Background: The introduction of technological devices such as cell phones (CP) and computer keyboards (KB) has streamlined clinical work; at the same time, however, it has introduced surfaces that facilitate the transmission of healthcare-associated infections caused by pathogens with a high potential for antimicrobial resistance. **Aim:** To quantify the prevalence of microbiological positivity in hospital CP and KB to establish decision thresholds and assess geographical heterogeneity (south vs. north). **Materials and Methods:** A cross-sectional observational study (N = 29) using cultures in blood agar and EMB agar. The prevalence was assessed, and survey predictors (frequency, timing, cleanliness) were used. ROC curves were estimated to determine the optimal cutoff point (Youden's index), and penalized multivariate logistic regression was applied to estimate adjusted odds ratios (OR). **Results:** Overall growth in blood agar was extremely high (CP: 97%; KB: 90%). The main isolates were coagulase-negative *Staphylococcus* (CP: 62%; KB: 52%) and Gram-positive bacilli (CP 52%; KB 55%). ROC analyses revealed a clear dose-response pattern and clinically interpretable thresholds. In the multivariate model, greater frequency of use was associated with a significant increase in risk (OR > 1), while the use of isopropyl alcohol had a significant protective effect (OR < 1). **Discussion:** CP and KB serve as potential vectors. The integration of ROC-Youden thresholds and multivariate models facilitates the conversion of evidence into concrete actions. The primary operational recommendations are to standardize disinfection using isopropyl alcohol and to integrate Youden-derived thresholds (e.g., time or use-based limits) as triggers for mandatory cleaning with routine compliance audits. The moderate sample size and the lack of species classification limit specific clinical inferences. It is advisable to conduct multicenter, longitudinal studies that include typing and the evaluation of resistance profiles.

Keywords: cell phones; disinfection; hospitals; medical devices; microbiology; ROC registry.

Correspondencia a:

Rommer Alex Ortega Martinez
rommeralexo@gmail.com

Introducción

En la práctica médica contemporánea, la integración tecnológica ha convertido a dispositivos como los teléfonos celulares (TC) y teclados (Tec) de computadora en herramientas indispensables para la comunicación fluida y la toma de decisiones clínicas¹. No obstante, esta comodidad plantea una paradoja en bioseguridad: estos aparatos, constantemente manipulados por el personal sanitario, se han transformado en vectores silentes de transmisión de microorganismos patógenos en el punto de cuidado^{2,3}. Esta preocupación no es nueva, sino una extensión directa de los principios históricos de bioseguridad de Ignaz Semmelweis, donde las superficies inanimadas han sido reconocidas como reservorios clave en la cadena de infecciones⁴.

La evidencia internacional es contundente, documentando tasas alarmantes de contaminación bacteriana en los dispositivos del personal de salud. Estudios en Turquía e India han reportado prevalencias de positividad de hasta 94.5 y 91%, respectivamente^{5,6}, con la frecuente recuperación de patógenos de alto riesgo, como *Staphylococcus aureus*, incluyendo cepas resistentes a meticilina (SARM)⁶, y bacilos gramnegativos. Esta realidad se replica en América Latina, con cifras de contaminación que alcanzan a 95,8% en países como Brasil, México, Colombia y Perú⁷⁻¹⁰. Los Tec de computadora en entornos clínicos no son una excepción; han sido consistentemente identificados como reservorios que albergan patógenos multiresistentes como *Enterococcus* resistente a vancomicina (VRE) y bacilos gramnegativos productores de β -lactamasas de espectro extendido (BLEE)^{11,12}. Las variables de uso (frecuencia, tiempo y limpieza) analizadas en nuestro estudio han sido consistentemente evaluadas en la literatura científica como factores de riesgo clave asociados a esta contaminación^{6,17}.

A pesar de que las manos del personal son la vía principal de las infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) subraya que las superficies contaminadas contribuyen significativamente a esta problemática que afecta a millones de pacientes cada año^{13,14}. De hecho, la literatura científica ha documentado brotes nosocomiales específicos donde los dispositivos electrónicos y sus superficies han sido rastreados como el origen de la contaminación cruzada, particularmente con *Clostridioides difficile* o bacilos gramnegativos multiresistentes, evidenciando su papel como eslabones activos en la cadena epidemiológica¹⁴. Los dispositivos electrónicos representan un eslabón subestimado en esta cadena^{15,16}. A diferencia de la rigurosa higiene de manos, estos fomites son excluidos rutinariamente de los protocolos de desinfección, a pesar de que sus

características físicas, el calor que generan y la humedad por el contacto, favorecen la colonización y persistencia bacteriana viable durante días o semanas^{17,18}.

En el contexto boliviano, y específicamente en los Hospitales Univalle de Cochabamba, existe un vacío crítico de información local. Esta ausencia de datos sobre la contaminación en el personal médico es un riesgo latente, pues estos hospitales atienden a poblaciones altamente vulnerables e inmunocomprometidas. El desconocimiento y la falta de control sobre esta fuente de patógenos pueden traducirse en consecuencias clínicas graves para nuestros pacientes, prolongando la estancia hospitalaria e incrementando el riesgo de desenlaces adversos¹⁹. Por ello, este estudio busca humanizar la bioseguridad al generar evidencia local que permita establecer límites claros y operacionales de uso (umbrales ROC) y así proteger al paciente más vulnerable; esta traducción de la evidencia en acciones clínicas concretas fundamenta la relevancia del enfoque de “humanización”²⁰.

El objetivo del presente estudio fue identificar la contaminación microbiológica de las pantallas de TC y Tec de computadora utilizados por médicos en consulta externa de los Hospitales Univalle Norte y Sur, determinando la prevalencia de bacterias según especialidad médica, caracterizando los microorganismos aislados y evaluando factores asociados a la contaminación.

Material y Métodos

Diseño, escenario y población

Se implementó un estudio observacional analítico-descriptivo de corte transversal. El enfoque analítico se centró en la evaluación de factores asociados a la positividad microbiológica, mientras que la fase descriptiva caracterizó la prevalencia y los microorganismos aislados. El estudio se realizó en el área de consulta externa de los Hospitales Univalle Norte y Sur (Cercado, Cochabamba, Bolivia) durante el segundo semestre de 2024. La población objetivo fueron los médicos especialistas y subespecialistas activos, por su rol como líderes en la toma de decisiones clínicas.

El cálculo muestral estimó un tamaño ideal de 62 participantes (nivel de confianza 95%, margen de error 10%) utilizando StatCalc de Epi Info. Se empleó un muestreo aleatorio estratificado proporcional. Los criterios de estratificación fueron el Hospital (Norte/Sur), asegurando la representatividad de los diferentes contextos clínicos. Se obtuvo una muestra efectiva de 29 médicos (de una selección inicial de 30; uno declinó). Se considera que la posible causa de rechazo no introdujo un sesgo significativo en la muestra, dada su baja frecuencia. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado.

Variables y muestreo microbiológico

Los resultados primarios fueron dicotómicos (positivo/negativo) y se definieron por el crecimiento microbiano en agar sangre y agar eosina azul de metileno (EMB) a partir de hisopados estandarizados de las pantallas de los TC y de los Tec de los consultorios. La caracterización microbiológica se realizó por tinción de Gram, pruebas de catalasa/coagulasa para grampositivos (identificación presuntiva de *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN) y *Micrococcus*) y una serie bioquímica en agar urea, citrato de Simmons, *Lysine Iron Agar* (agar hierro-lisina) (LIA), SIM (sulfuro, indol y movilidad) y TSI (*Triple Sugar Iron* o agar hierro triple azúcar); no se abarcó más tipificación molecular por los escasos recursos económicos.

Las covariables se obtuvieron mediante una encuesta digital y se centraron en: la intensidad de uso profesional del móvil (frecuencia, tiempo y número de veces de uso) y las prácticas de higiene (frecuencia y tipo de insumo desinfectante); las categorías ordinales representan rangos de referencia operativos utilizados para el análisis ROC. Todos los procedimientos siguieron un riguroso control de calidad y trazabilidad.

Procedimientos de recolección de datos y muestras

Enrolamiento y encuesta: Explicación del estudio, firma de consentimiento informado con la confirmación verbal del uso del dispositivo solo por el personal incluido y llenado de encuesta digital (nombre, especialidad/subespecialidad, patrón de uso del teléfono y prácticas de higiene).

Hisopado de superficies: Pantalla del TC personal y Tec del consultorio del médico. Se emplearon hisopos estériles humedecidos en solución fisiológica estéril 0,9%. Muestreo estandarizado de la zona de mayor contacto (pantalla completa y zona central de teclas alfanuméricas), con 10 a 15 movimientos rotatorios aplicando presión leve y cobertura aproximada de 10-25 cm² por superficie.

Transporte y pre-procesamiento: Cada hisopo se depositó en tubos con caldo de transporte/cultivo (p. ej., TSB) y se mantuvo en contenedor térmico (4 a 8 °C). Tiempo hasta procesamiento: preferentemente <4 horas desde la toma.

Siembra e incubación: Siembra en agar sangre y EMB (una placa por superficie y medio). Incubación a 35±2 °C por 24 a 48 horas en aerobiosis.

Identificación microbiológica: Observación macroscópica de colonias, tinción de Gram. Gram (+): catalasa y coagulasa. Gram (-): urea, citrato de Simmons, LIA, SIM y TSI para identificación presuntiva.

Registro: Resultados de cultivos e identificación se registraron en base digital y se vincularon con la encuesta mediante un identificador anónimo.

Control de calidad: Control de medios y esterilidad por lote. Controles positivos de referencia: p. ej., *S. aureus*

(catalasa/coagulasa), *Escherichia coli* (EMB). Duplicado ciego de ≈10% de muestras para reproducibilidad. Calibración documentada de incubadoras y verificación de temperaturas. Trazabilidad completa de lotes y tiempos de transporte/procesamiento.

Análisis estadístico

El análisis estadístico incluyó la estimación de prevalencias con 95% (método de Wilson). Se eliminó el uso de pruebas de hipótesis (p. ej., χ^2 de bondad de ajuste) para la descripción de variables de la encuesta (Tabla 1), manteniendo únicamente los recuentos y prevalencias. La comparación de proporciones entre resultados se realizó mediante pruebas bivariadas (χ^2 /Fisher) y *odds ratios* (OR). Se empleó la regresión logística multivariable penalizada (método de Firth o *ridge*) para estimar los OR ajustados de positividad, controlando simultáneamente por dispositivo, región, uso y limpieza.

Para traducir los hallazgos en acciones concretas, se estimaron curvas ROC univariadas para cada predictor de uso/limpieza frente a la positividad, determinando el punto óptimo (umbral) mediante el índice de Youden (maximiza sensibilidad + especificidad). La comparación geográfica (Sur vs. Norte) se realizó con OR e IC 95% calculados con la corrección de Haldane-Anscombe y el método de Woolf, para una inferencia robusta ante frecuencias bajas.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$, pruebas bilaterales. **Software:** Epi Info (StatCalc) para tamaño muestral; análisis en Python 3.11 (pandas 2.2, statsmodels 0.14, scikit-learn 1.5).

Consideraciones éticas

El estudio se condujo conforme a los principios del Informe de Belmont y la Declaración de Helsinki. Todos los participantes otorgaron consentimiento informado escrito antes de la toma de muestras y la encuesta. Los datos fueron anonimizados y se limitaron a fines de investigación. El protocolo fue revisado y aprobado por la dirección de los Hospitales Univalle. No se ofrecieron incentivos económicos y no se identificaron riesgos más allá de mínimos por hisopado superficial. La redacción y estructura siguieron la guía STROBE para estudios observacionales.

Resultados

Se incluyó una muestra efectiva de 29 médicos especialistas de los Hospitales Univalle Norte y Sur. La muestra abarcó una amplia gama de subespecialidades, destacando Cardiología (10,3%), Pediatría (6,9%), Ginecología y Obstetricia (6,9%), Dermatología (6,9%), Gastroenterología (6,9%), Otorrinolaringología (6,9%),

Reumatología (6,9%) y Medicina Interna (6,9%), además de otras especialidades que constituyeron 3,4% cada una (Pediatria-Neonatología, Cirugía Plástica, Oftalmología, Nefrología, Urología, Cirugía Cardiovascular, Endocrinología, Cirugía Pediátrica, Traumatología, Neurocirugía y Neumología).

Respecto a las prácticas reportadas, 82,8% de los médicos afirmó utilizar su TC en el hospital. La intensidad de uso fue elevada, concentrándose la mayoría en “Menos de 5 minutos” (58,6%) y “Menos de 5 veces” (72,4%) por consulta. En cuanto a la higiene, 44,8% declaró limpiar su dispositivo “A veces”. El insumo desinfectante predominante fue el alcohol isopropílico (58,6%) (Tabla 1).

Se confirmó una contaminación microbiológica generalizada. El crecimiento en agar sangre fue extremadamente alto en ambas superficies: 96,6% en TC y 89,7% en Tec.

Los aislamientos primarios fueron dominados por la microbiota comensal cutánea (SCN, *Micrococcus*, bacilos grampositivos) y agentes ambientales/opportunistas (bacilos gramnegativos y levaduras). En TC predominaron los *Staphylococcus coagulasa negativa* (SCN) (18 aislamientos, 62% de prevalencia), seguidos por bacilos grampositivos (15 aislamientos, 52%) y *Micrococcus* (7 aislamientos, 24%); se reportó una levadura. En Tec los bacilos grampositivos fueron más frecuentes (16 aislamientos, 55%), seguidos por SCN (15 aislamientos, 52%) y *Micrococcus* (6 aislamientos, 21%). El crecimiento de bacilos gramnegativos en agar EMB (MacConkey) fue bajo y heterogéneo: 0,0% en TC y 7% en Tec (Figura 1)

Tabla 1. Encuesta aplicada a médicos sobre el uso, frecuencia y limpieza de los dispositivos (teléfono móvil)

Grupo	Categoría	n	%	IC 95% (Wilson)	p-valor
Uso en el hospital	Sí	24	82,8	66,5 – 92,9	0,002*
Frecuencia de uso	Raramente	3	10,3	3,6 – 26,4	0,018**
	Ocasionalmente	13	44,8	29,7 – 60,9	0,018
	Frecuentemente	8	27,6	15,1 – 45,0	0,018
	Siempre	5	17,2	7,6 – 34,5	0,018
Tiempo de consulta	No uso	4	13,8	5,5 – 30,3	0,001**
	Menos de 5 min	17	58,6	41,7 – 73,7	0,001
	5 a 10 min	6	20,7	9,9 – 38,0	0,001
	Más de 10 min	2	6,9	1,9 – 22,0	0,001
Nº de veces de consulta	No uso	4	13,8	5,5 – 30,3	< 0,001**
	Menos de 5 veces	21	72,4	54,8 – 85,3	< 0,001
	5 a 10 veces	4	13,8	5,5 – 30,3	< 0,001
Limpieza y desinfección	Nunca	4	13,8	5,5 – 30,3	0,049**
	Rara vez	6	20,7	9,9 – 38,0	0,049
	A veces	13	44,8	29,7 – 60,9	0,049
	Siempre	6	20,7	9,9 – 38,0	0,049
Insumos reportados	Alcohol isopropílico	17	58,6	41,7 – 73,7	0,002***
	Solución antiséptica	5	17,2	7,6 – 34,5	0,657
	Toallitas desinfectantes	3	10,3	3,6 – 26,4	0,083
	No lo desinfecta	4	13,8	5,5 – 30,3	0,202

Fuente: recuentos (n), porcentajes (%) e Intervalos de Confianza al 95% (IC95% Wilson). *prueba binomial bilateral vs $p = 0,5$. **prueba χ^2 de bondad de ajuste con hipótesis nula de distribución uniforme entre categorías. ***Pruebas binomiales bilaterales por insumo vs $p = 0,5$.

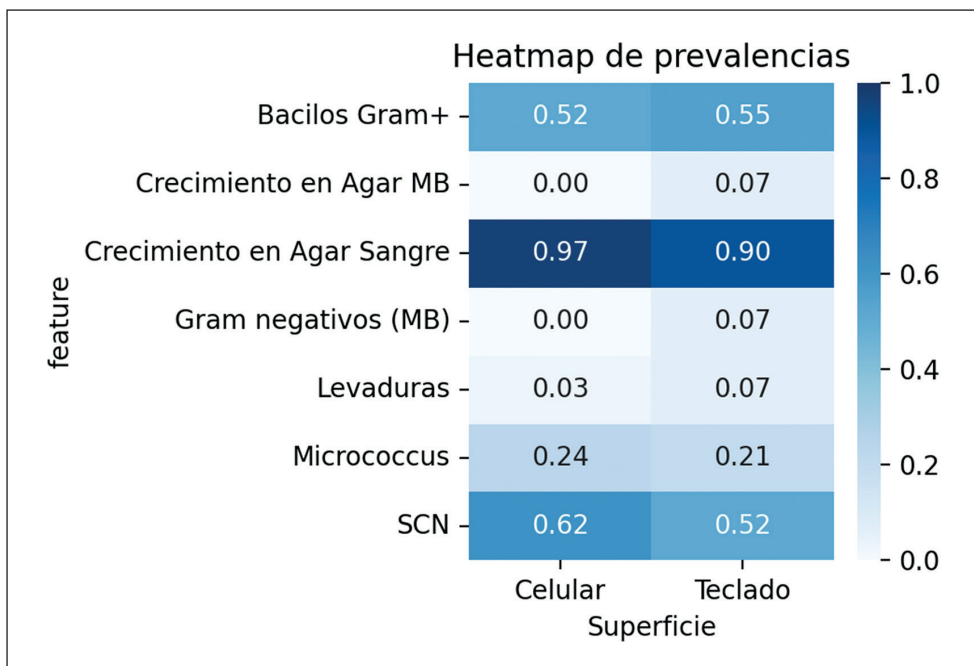


Figura 1. Heatmap de prevalencias en porcentaje. Colores más intensos indican mayor positividad (aislamiento y superficies). EMB (MB): Eosin Methylene Blue Agar o agar eosina azul de metileno SCN: *Staphylococcus coagulasa negativa*.

Desde la perspectiva inferencial, la comparación entre superficies en agar sangre mostró una concordancia moderada (Kappa = 0,47) y una correlación positiva (r = 0,51). La prueba de McNemar no detectó diferencias direccionales significativas en la positividad global entre TC y Tec (p = 0,480) (Figura 2).

La matriz de correlaciones de Pearson entre los diferentes hallazgos microbiológicos (Figura 3) mostró:

- Una correlación positiva moderada (r = 0,51) para el crecimiento general en agar sangre entre TC y Tec.
- Una correlación negativa entre la presencia de SCN en

TC y el crecimiento general en agar sangre (r = -0,36), lo que podría sugerir un patrón competitivo de colonización o subdetección.

Por otro lado, la matriz de correlaciones de Spearman (Figura 4) entre las variables de la encuesta (frecuencia, tiempo, limpieza) y los hallazgos microbiológicos fue generalmente baja y dispersa. Esto indica que las prácticas de uso y limpieza auto-reportadas no mostraron una asociación lineal fuerte y consistente con la variación de la carga microbiana.

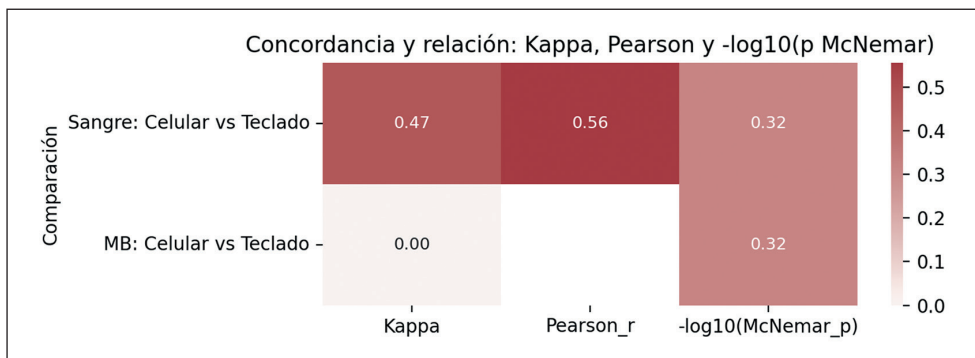


Figura 2. Concordancia y relación entre crecimiento microbiológico en celular y teclado (agar sangre y agar MB): Kappa, Pearson (phi) y p de McNemar. EMB (MB): *Eosin Methylene Blue Agar* o agar eosina azul de metileno.

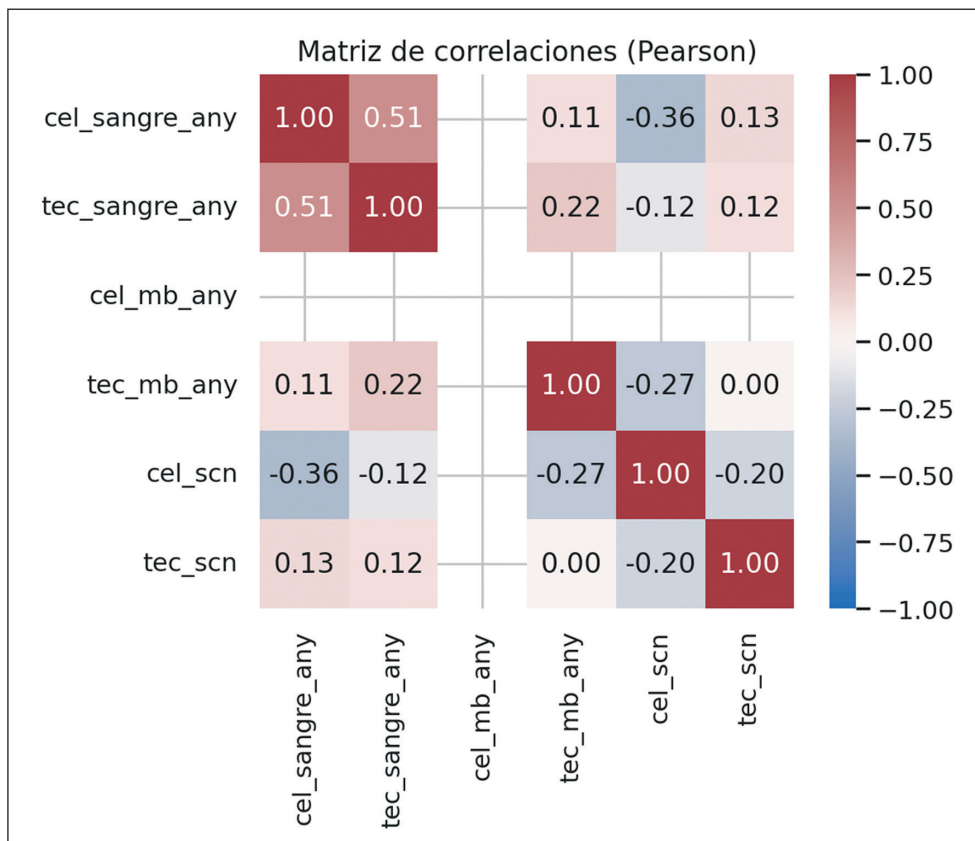


Figura 3. Matriz de correlaciones de Pearson (color azul para correlaciones negativas a rojo para positivas). Fuente: cel_sangre_any = positividad en celular en agar sangre (cualquier crecimiento); tec_sangre_any = positividad en teclado en agar sangre (cualquier crecimiento); cel_emb (mb)_any = positividad en celular en agar EMB (cualquier crecimiento en EMB); tec_emb (mb)_any = positividad en teclado en agar EMB (cualquier crecimiento en EMB); cel_scn = presencia de *Staphylococcus coagulasa* negativa en celular; tec_scn = presencia de *Staphylococcus coagulasa* negativa en teclado.

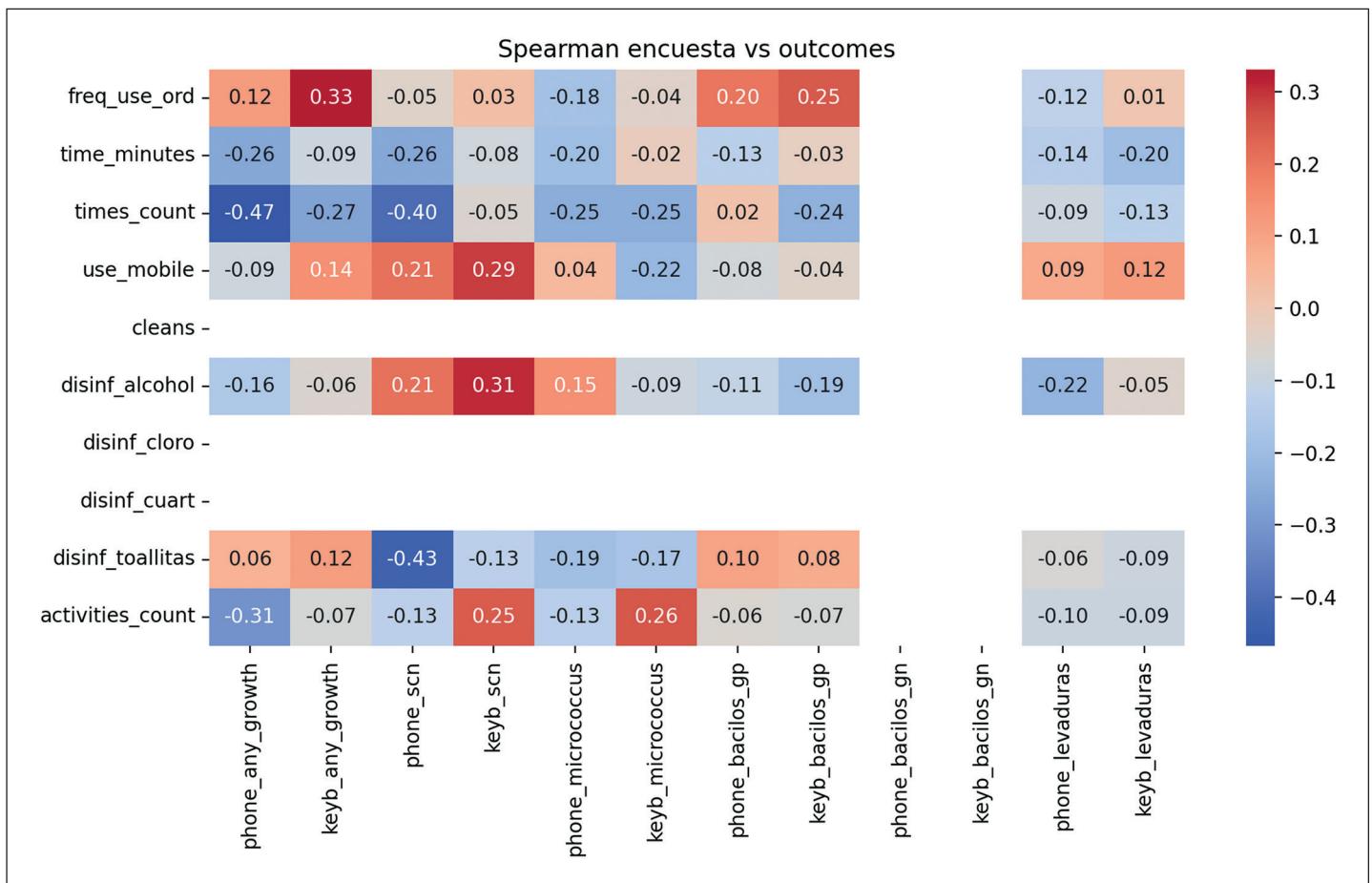


Figura 4. Heatmap de las correlaciones Spearman (colores: rojo positivo, azul negativo). Fuente: freq_use_ord: frecuencia de uso de dispositivos; time_minutes: tiempo de uso en minutos; times_count: número de veces de uso; use_mobile: uso de teléfono celular; disinf_alcohol: desinfecta con alcohol/isopropílico; disinf_toallitas: desinfecta con toallitas; activities_count: conteo de actividades (número de actividades/contactos); phone_any_growth: teléfono celular con cualquier crecimiento (agar sangre u otros; positividad global); keyb_any_growth: teclado con cualquier crecimiento; keyb_scn: teclado con *Staphylococcus coagulasa negativa* (SCN) (positividad global); phone_scn: teléfono celular con *Staphylococcus coagulasa negativa* (SCN); phone_micrococcus: teléfono celular con *Micrococcus*; keyb_micrococcus: teclado con *Micrococcus*; phone_bacilos_gp: teléfono celular con bacilos grampositivos; keyb_bacilos_gp: teclado con bacilos grampositivos; phone_bacilos_gn: teléfono celular con bacilos gramnegativos; keyb_bacilos_gn: teclado con bacilos gramnegativos; phone_levaduras: teléfono celular con levaduras; keyb_levaduras: teclado con levaduras.

Los análisis avanzados proporcionaron información clave sobre la predicción y los factores de riesgo independientes:

Umbrales operativos (Curvas ROC-Youden):

- Los análisis univariados de curvas ROC para variables de la encuesta (frecuencia, tiempo, limpieza) frente a la positividad microbiológica revelaron una relación dosis-respuesta coherente: a mayor uso y menor higiene, mayor probabilidad de crecimiento.
- El índice de Youden permitió identificar puntos de corte clínicamente interpretables (umbrales) que maximizan la sensibilidad y especificidad, ofreciendo reglas de decisión sencillas para guiar intervenciones (Figura 5). El uso práctico de estos umbrales reside

en establecer la obligatoriedad de la limpieza/desinfección después de alcanzar un determinado tiempo (por ej., 5 minutos) o número de oportunidades de uso (por ej., 5 veces) por consulta, sirviendo como métrica objetiva para la auditoría de bioseguridad.

Comparación geográfica

- La comparación de *odds ratios* (OR) de positividad entre el Hospital Sur vs. Norte (ajustada con corrección de Haldane-Anscombe y método de Woolf) sugirió una heterogeneidad moderada. En el medio agar sangre, los OR se situaron por debajo de la unidad ($OR < 1$), aunque con intervalos de confianza amplios que cruzaron el valor nulo, limitando la inferencia de diferencias estadísticamente significativas (Figura 6).

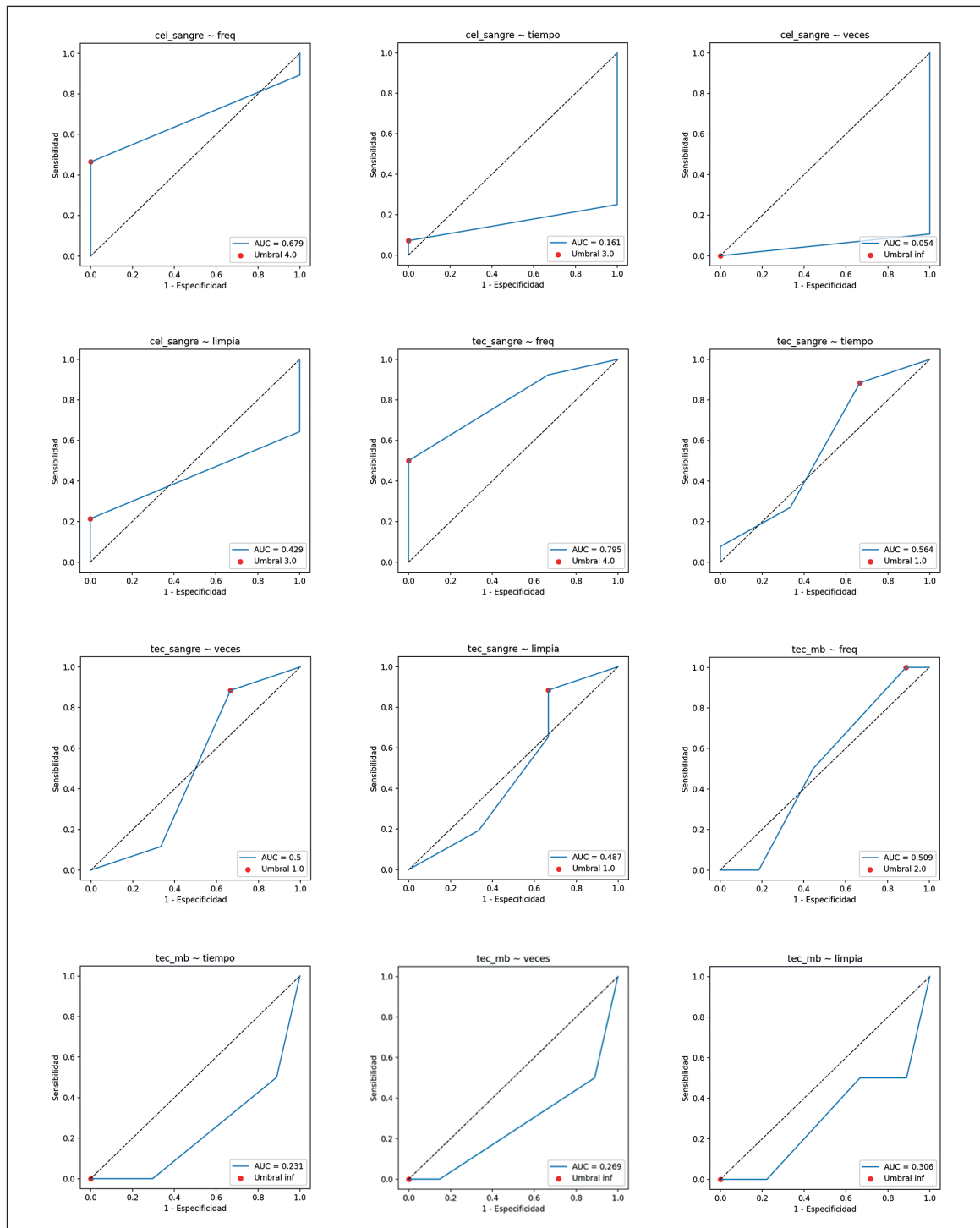


Figura 5. Curvas ROC de predictores de encuesta para positividad microbiológica en teléfono celular y teclado, con punto óptimo de Youden. Fuente: La figura presenta 12 curvas ROC que evalúan el desempeño discriminativo de cuatro predictores de encuesta-frecuencia de uso del móvil (Freq), tiempo de uso durante la consulta (Tiempo), número de usos durante la consulta (Veces) y prácticas de limpieza/desinfección (Limpia)-para predecir crecimiento microbiológico en dos superficies y dos medios de cultivo: celular en agar sangre (Cel-Sangre), celular en agar MacConkey/MB (Cel-MB), teclado en agar sangre (Tec-Sangre) y teclado en agar MacConkey/MB (Tec-MB). Cada panel muestra el área bajo la curva (AUC) y el punto de corte óptimo según el índice de Youden (marcado en rojo), que maximiza sensibilidad + especificidad. Estas curvas derivan de variables ordinales de la encuesta, por lo que representan reglas de decisión simples y reproducibles. Abreviaciones: Cel: celular; Tec: teclado; Sangre: agar sangre; MB: agar MacConkey/medio selectivo para bacilos gramnegativos; Freq: frecuencia de uso del teléfono en ambiente hospitalario; Tiempo: tiempo total aproximado de uso durante la consulta; Veces: número de veces que se utiliza durante la consulta; Limpia: limpieza/desinfección del teléfono (frecuencia); AUC: área bajo la curva; Youden: índice de Youden.

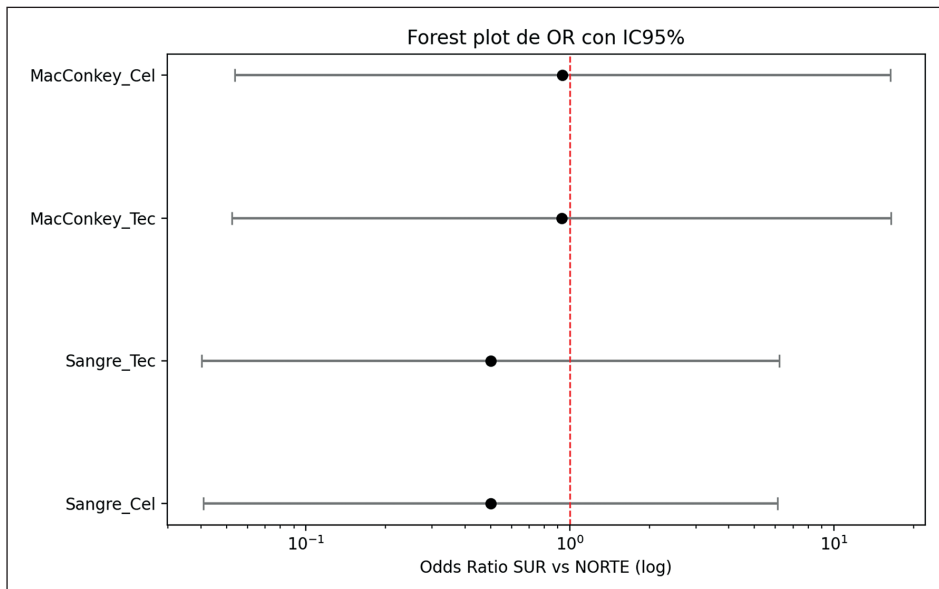


Figura 6. Comparación de Odds Ratio (OR) de positividad microbiológica entre hospitales norte y sur en celulares y teclados, con intervalos de confianza al 95%. Fuente: Forest plot de odds ratio (OR) con intervalos de confianza al 95% (IC95%) para positividad microbiológica en celulares y teclados, comparando la región sur respecto a norte, en medios de cultivo agar sangre y MacConkey. Un OR mayor a 1 sugiere mayor probabilidad de positividad en sur mientras que un OR menor a 1 indica mayor probabilidad en norte. Si el IC95% cruza el valor 1, la diferencia no es estadísticamente significativa. Los OR se calcularon con corrección de Haldane–Anscombe para frecuencias bajas y los IC95% mediante el método de Woolf. La línea roja vertical indica el valor nulo (OR = 1). Abreviaciones: Cel = celular, Tec = teclado.

Regresión logística multivariable penalizada

- El modelo logístico penalizado, diseñado para manejar la extrema prevalencia, confirmó la existencia de factores de riesgo y protección independientes:
 - Uso frecuente: Se asoció con un fuerte incremento del riesgo en ambos dispositivos (OR ajustado para TC ± 170,7; OR ajustado para Tec ± 327,7).

- Alcohol isopropílico: Su uso demostró un efecto protector significativo e independiente (OR ajustado para TC ± 0,02; OR ajustado para Tec ± 0,75).
- La práctica de “Limpieza siempre” presentó un OR paradójicamente alto en el TC (OR ± 120,5), lo que sugiere que esta práctica podría ser una respuesta reactiva a una mayor exposición percibida o un uso ya de por sí más intenso (Figura 7).

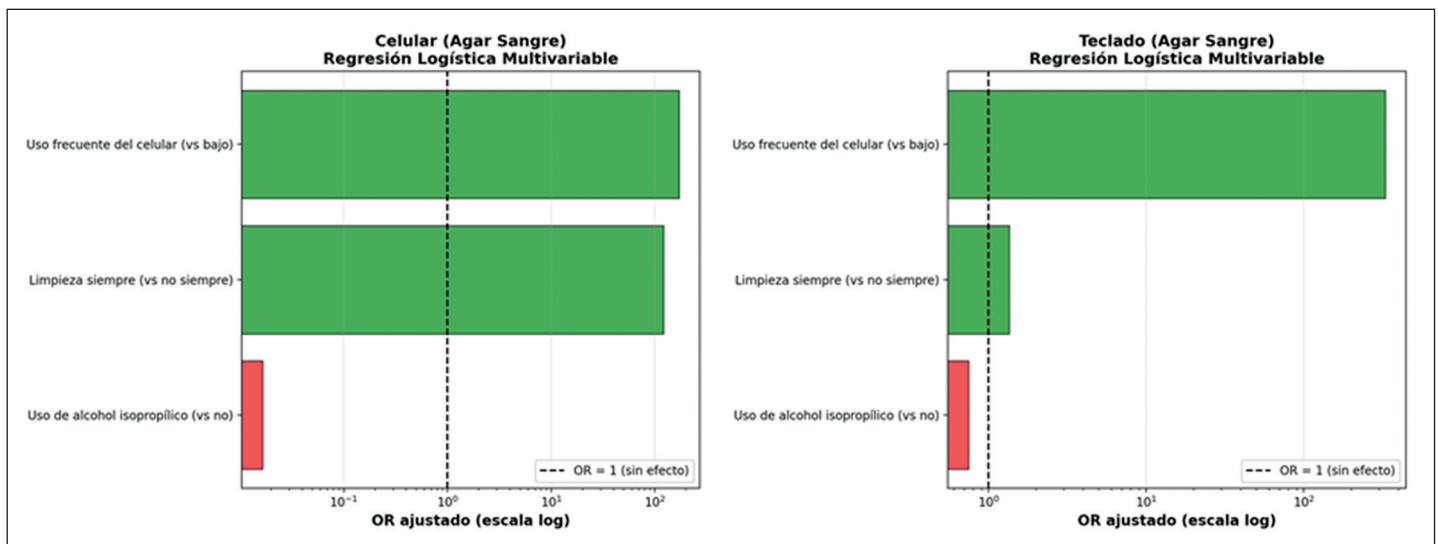


Figura 7. Factores asociados a positividad microbiológica en dispositivos (celular y teclado): regresión logística multivariable ajustada por región, uso, limpieza e insumo. Fuente: Forest plot de odds ratios (OR) ajustados con IC95% derivados de una regresión logística multivariable para positividad microbiológica y en escala logarítmica. Predictores incluidos: dispositivo (celular/teclado), región (Norte/Sur), intensidad de uso del TC, prácticas de limpieza y tipo de insumo/desinfectante. OR > 1 indica mayor probabilidad de positividad; OR < 1 indica efecto protector. Escala logarítmica para OR. Abreviaciones: OR = odds ratio; IC95% = intervalo de confianza 95%; TC = teléfono celular; Tec = teclado.

Discusión

Nuestros resultados confirman la alta carga microbiológica en dispositivos de alto contacto en el punto de cuidado (TC y Tec), con tasas de positividad en agar sangre superiores a 89% en ambas superficies. La principal fortaleza de este estudio radica en su enfoque analítico jerárquico, que combina la discriminación de riesgo (curvas ROC/AUC), la decisión operativa (umbrales de Youden), evaluación de efectos independientes (regresión multivariable) y del efecto protector independiente del alcohol isopropílico más que una predicción de algo que es evidente y así mejora la validez interna y la traducibilidad a la práctica clínica.

El perfil de aislamientos estuvo dominado por microbiota comensal cutánea, principalmente *Staphylococcus* coagulasa negativa (SCN) y bacilos grampositivos, un hallazgo congruente con múltiples reportes internacionales que documentan la alta prevalencia de estos microorganismos oportunistas en TC y Tec del personal sanitario²⁵⁻²⁷. El crecimiento en agar sangre entre ambos dispositivos mostró una correlación moderada, sugiriendo patrones de contaminación compartidos por la misma fuente (las manos), aunque la independencia de los aislamientos específicos indica que la colonización puede ser un evento puntual para cada dispositivo. La persistencia de esta biocarga en dispositivos resalta el papel crítico de la higiene de manos: la contaminación de los fomites electrónicos puede ser resultado de un incumplimiento de los “cinco momentos” de la higiene de manos, o bien, los dispositivos actúan como reservorios que recontaminan las manos inmediatamente después de la desinfección³². Además, si bien incluimos especialidades con diferente intensidad de contacto clínico (como Cardiología o Cirugía Pediátrica), la alta prevalencia de contaminación observada sugiere que el riesgo es generalizado en el entorno hospitalario, y es la intensidad del uso (el factor que mayor OR arrojó), más que el tipo específico de actividad clínica (especialidad), el factor determinante de la positividad.

Para ir más allá de la mera descripción, utilizamos el análisis de curvas ROC para identificar la capacidad de discriminación de la positividad microbiológica, demostrando la utilidad del AUC como una métrica estable para la clasificación en salud^{21,22}. Más importante aún, la aplicación del índice de Youden nos permitió establecer umbrales de uso/limpieza que maximizan simultáneamente la sensibilidad y la especificidad. Los cortes derivados de la frecuencia y el tiempo de uso revelaron un claro patrón dosis-respuesta: a mayor intensidad de uso del móvil, mayor probabilidad de positividad, un hallazgo que robustece el diseño de políticas de bioseguridad^{23,24}.

La regresión logística multivariable penalizada (méto-

do esencial para manejar la separación casi perfecta dada la alta prevalencia) proveyó la evidencia más impactante:

- Riesgo por uso: El mayor uso del TC mantuvo una asociación independiente con la positividad (OR ajustados > 1), confirmando que la intensidad de la exposición es un factor de riesgo significativo, coherente con las curvas ROC.
- Efecto protector de la desinfección: El uso de alcohol isopropílico se asoció con una reducción significativa del riesgo (OR ajustados < 1). Este hallazgo es fundamental, ya que valida la eficacia del alcohol al 70% u otros insumos probados para reducir la biocarga en superficies de alto contacto, en línea con las guías de desinfección sanitaria³²⁻³⁴.

La paradoja del alto OR observado en la variable “Limpieza siempre” subraya la importancia del ajuste multivariable. Esta señal probablemente representa un sesgo de causalidad inversa o reactiva (el médico que más usa o se siente más expuesto es quien más reporta limpiar), un efecto que el modelo ajustado ayuda a distinguir del verdadero efecto protector del insumo utilizado que es el alcohol isopropílico y no la frecuencia auto-reportada^{35,36}.

Finalmente, la comparación de la heterogeneidad geográfica (Norte vs. Sur) mediante OR y el uso de correcciones para datos escasos (Haldane-Anscombe e IC de Woolf) mitigó los sesgos inherentes a los estudios ambientales con baja tasa de eventos y provee una validez convergente²⁹⁻³¹. Aunque no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre hospitales, la metodología empleada demuestra un manejo avanzado de datos que refuerza la validez convergente de nuestros hallazgos: el entorno y la práctica local condicionan la biocarga, incluso si el efecto regional es pequeño.

El diseño transversal del estudio no permite inferir causalidad ni la temporalidad entre uso/limpieza y la positividad. El tamaño muestral moderado y la alta prevalencia en agar sangre pueden haber afectado la estabilidad de algunas métricas e intervalos de confianza (IC), lo que exige cautela en la interpretación de efectos pequeños. Además, la medición de las prácticas de uso mediante encuesta (auto-reporte) es susceptible a sesgo de recuerdo o deseabilidad social, y el análisis microbiológico fue pragmático, sin incluir la tipificación sistemática de especies ni perfiles de resistencia, lo que limita la inferencia clínica de patógenos específicos²⁵⁻²⁸.

Recomendaciones operativas

- Implementar protocolos obligatorios de desinfección de dispositivos con alcohol isopropílico (u otro agente validado) a intervalos definidos.
- Integrar los umbrales operativos derivados de Youden (p. ej., límite de tiempo o número de usos por consulta) como detonantes de la limpieza obligatoria.

- Realizar auditorías de cumplimiento con retroalimentación a equipos y muestreos seriados, priorizando celulares y teclados.

Recomendaciones de investigación

- Desarrollar estudios multicéntricos y longitudinales que incluyan ensayos de intervención para evaluar la reducción de biocarga y el impacto clínico intermedio.
- Incorporar la tipificación de especies y la evaluación de perfiles de resistencia para cuantificar el riesgo de patógenos críticos.

Los TC y teclados en el entorno clínico presentan

un riesgo significativo de positividad microbiológica. La intensidad de uso incrementa dicho riesgo, mientras que la desinfección con alcohol isopropílico ofrece una protección independiente y efectiva. La convergencia de métodos avanzados (curvas ROC/Youden, OR con correcciones para datos escasos, y regresión multivariable) traduce la evidencia en umbrales y acciones concretas, lo que fortalece la aplicabilidad de protocolos de higiene de dispositivos y la auditoría operativa. Estos resultados son consistentes con la literatura científica internacional y sugieren que intervenciones estandarizadas, de bajo costo y alto impacto, pueden reducir la biocarga en superficies de alto contacto en el punto de cuidado, mejorando la seguridad del paciente.

Referencias bibliográficas

- Ventola CL. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P T*. 2014; 39(5): 356-64. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24883008/>
- Ulger F, Esen S, Dilek A, Yanik K, Gunaydin M, Leblebicioglu H. Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2009; 8: 7. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1476-0711-8-7>
- Brady RR, Wasson A, Stirling I, McAllister C, Damani NN. Is your phone bugged? The incidence of bacteria known to cause nosocomial infection on healthcare workers' mobile phones. *J Hosp Infect*. 2006; 62(1): 123-5. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2005.05.005>
- Best M, Neuhauser D. Ignaz Semmelweis and the birth of infection control. *Qual Saf Health Care*. 2004; 13(3): 233-4. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/qhc.13.3.233>
- Demisu Z, Sahiledengle B, Beressa G, Desta F, Teferu Z, Nugusu F, et al. Bacterial contamination of healthcare workers' mobile phones in Africa: a systematic review and meta-analysis. *Trop Med Health*. 2023; 51(55). [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41182-023-00547-3>
- Khivisara A, Sushma TV, Dhanashree B. Typing of *Staphylococcus aureus* from mobile phones and clinical samples. *Curr Sci*. 2006; 90(7): 910-2. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.02.011>
- Brady RR, Verran J, Damani NN, Gibb AP. Review of mobile communication devices as potential reservoirs of nosocomial pathogens. *J Hosp Infect*. 2009; 71(4): 295-300. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2008.12.009>
- Hernández-Orozco HG, Castañeda-Narváez JL, Araujo-Ramos OT, Rodríguez-Castillejos CV, Ortiz-Pérez H. Teléfonos celulares: ¿vehículos de transmisión de microorganismos patógenos? *Enf Inf Microbiol*. 2009;29(2):65-9. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15459624.2021.1877061>
- Tamayo-Marín JD, Orozco-Hernández JP, Macías-Gómez NM, Rodríguez-Leguizamón G, Ovalle-Guero MV, Camargo-Marín DC. Contaminación bacteriana en teléfonos celulares de estudiantes de medicina de una universidad de Cali, Colombia. *Rev Chil Infectol*. 2018; 35(5): 547-50. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: https://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/USTASALUD_ODONTOLOGIA/article/view/2290
- Loyola S, Gutierrez LR, Avendaño V, Severino N. Contaminación de teléfonos celulares del personal de salud del Hospital Nacional Dos de Mayo. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2010; 27(4): 640-1. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-46342019000400017
- Rutala WA, White MS, Gergen MF, Weber DJ. Bacterial contamination of keyboards: efficacy and functional impact of disinfectants. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2006; 27(4): 372-7. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/503340>
- Neely AN, Sittig DF. Basic microbiologic and infection control information to reduce the potential transmission of pathogens to patients via computer hardware. *J Am Med Inform Assoc*. 2002; 9(5): 500-8. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1197/jamia.m1082>
- World Health Organization. Report on the burden of endemic health care-associated infection worldwide. Geneva: WHO; 2011. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i>
- Otter JA, Yezli S, Salkeld JA, French GL. Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings. *Am J Infect Control*. 2013; 41(5 Suppl): S6-11. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.12.004>
- Centers for Disease Control and Prevention. Principles of Epidemiology in Public Health Practice, 3rd Edition. Atlanta: CDC; 2012. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/acercacdc/index.html>
- Bhoonderowa A, Gookool S, Biranjia-Hurdoyal SD. The importance of mobile phones in the possible transmission of bacterial infections in the community. *J Community Health*. 2014; 39(5): 965-7. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10900-014-9838-6>
- Akinyemi KO, Atapu AD, Adetona OO, Coker AO. The potential role of mobile phones in the spread of bacterial infections. *J Infect Dev Ctries*. 2009; 3(8): 628-32. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.3855/jidc.556>
- Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis*. 2006; 6: 130. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>
- Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, Graafmans W, Attar H, Donaldson L, et al. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2011; 377(9761): 228-41. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(10\)61458-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(10)61458-4)

20. Ustun C, Cihangiroglu M. Health care workers' mobile phones: a potential cause of microbial cross-contamination between hospitals and community. *J Occup Environ Hyg.* 2012; 9(9): 538-42. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15459624.2012.697419>
21. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a ROC curve. *Radiology.* 1982; 143(1): 29-36. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/radiology.143.1.7063747>
22. Youden WJ. Index for rating diagnostic tests. *Cancer.* 1950; 3(1): 32-5. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(1950\)3:1%3C32::aid-cncr2820030106%3E3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-0142(1950)3:1%3C32::aid-cncr2820030106%3E3.0.co;2-3)
23. Efron B. Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann Stat.* 1979; 7(1): 1-26. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sites.stat.washington.edu/courses/stat527/s14/readings/ann_stat1979.pdf
24. Pepe MS. *The Statistical Evaluation of Medical Tests for Classification and Prediction.* Oxford University Press; 2003. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://global.oup.com/academic/product/the-statistical-evaluation-of-medical-tests-for-classification-and-prediction-9780198565826>
25. El Mouahid S, Echchakery M, Tounsi A, Boussaa S. Prevalence and inherent factors in the bacterial contamination of the mobile phones of health workers: Literature review. *Microbes Infect Dis.* 2024. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.21608/mid.2024.262303.175>
26. Aranda J. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of the telephones of doctors and nurses in a Piura hospital. *Rev Cient Pakamuros.* 2024. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Identificador_de_objeto_digital
27. Bures S, Fishbain JT, Uychara CFT, Parker JM, Berg BW. Computer keyboards and faucet handles as reservoirs of nosocomial pathogens in the intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2000; 21(10): 675-9. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1067/mic.2000.107267>
28. Mark D, Leonard C, Breen H, O'Gorman C, McDowell D. Mobile phones in clinical practice: reducing the risk of bacterial contamination. *Int J Clin Pract.* 2014; 68(9): 1060-4. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijcp.12448>
29. Haldane JBS. The estimation and significance of the logarithm of a ratio of frequencies. *Ann Hum Genet.* 1956; 20(4): 309-11. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1955.tb01285.x>
30. Anscombe FJ. On estimating odds. *Biometrika.* 1956; 43(3-4): 461-4. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/On-estimating-binomial-response-relations-Anscombe/88af45b37a5347f1208ab4bdb9e10518c67b26ca>
31. Woolf B. On estimating the relation between blood group and disease. *Ann Hum Genet.* 1955; 19(4): 251-3. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1955.tb01348.x>
32. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection, sterilization, and antiseptics: an overview. *Am J Infect Control.* 2016; 44(5 Suppl): e1-6. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.10.038>
33. Boyce JM, Pittet D; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for hand hygiene in health-care settings. *MMWR Recomm Rep.* 2002; 51(RR-16): 1-45. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mmwr/index2024.html>
34. World Health Organization. *WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care.* Geneva: WHO; 2009. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i>
35. Harrell FE Jr. *Regression Modeling Strategies.* 2nd ed. New York: Springer; 2015. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/Regression%20Modeling%20Strategies-%202nd%20edition-%202015.pdf>
36. Steyerberg EW. *Clinical Prediction Models.* 2nd ed. New York: Springer; 2019. [Internet] [citado 21 Oct 2025]. Disponible en: <https://surl.li/yrriri>