

Aerobacterias *Staphylococcus sp.* en las Unidades de Cuidados Intensivos de un hospital universitario

Staphylococcus sp. airborne in the intensive care unit of an University Hospital

Vélez-Pereira A, Camargo Y

Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales (GIMSA), Santa Marta, Colombia.

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE

Resumen

Objetivo: Cuantificar e identificar las aerobacterias *Staphylococcus sp.* presentes en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Universitario Fernando Troconis.

Materiales y método: Se recolectaron muestras en aire por triplicado en dos estaciones monitorizadas en cada una de las tres UCI, utilizando un impactador de cascada de dos etapas ubicado a 1,5 m de altura operando a caudal constante (28,3 l min⁻¹) durante cinco min y provisto con ágar selectivos. Las muestras se incubaron a 37° C durante 48 horas para recuento de colonias e identificación de especies.

Resultados: La máxima concentración de *Staphylococcus sp.* (412,25 ± 56,3 UFC/m³) correspondió a la estación 1 de la UCI adultos, mientras que el máximo valor promedio fue obtenido en la estación 2 de esta unidad con 287,99 UFC/m³. Las concentraciones mínimas de *Staphylococcus sp.* se registraron en las UCI pediátrica y neonatal (2,36 ± 1,5 UFC/m³), y el promedio mínimo en la estación 1 de la neonatal (77 UFC/m³). La especie de *Staphylococcus* más frecuente fue *S. haemolyticus sp.*

Conclusión: La concentración de *Staphylococcus sp.* supera la reportada por estudios similares, aumentando la probabilidad de contraer infecciones nosocomiales por aerobacterias al recolectar el 67,12% de aerosoles respirables.

Palabras clave:

Aerobacteria, aerosol respirable, infección nosocomial, *Staphylococcus sp.*, Unidad Cuidados Intensivos.

Abstract

Objective: To establish the concentration and the taxonomic identity of airborne *Staphylococcus sp.* present in the intensive care unit of an University Hospital.

Materials and methods: Airborne bacteria were collected taking each sample in triplicate in the three intensive care units, using two-stage cascade impactor with selective agar for the sampling and cultivation of bacteria. The impactor was set up at a height of 1.5 m above floor level, and operating at air-sampling rate of 28,3 l min⁻¹ for five minutes. After sampling the plates were incubated at 37° C for 48 hr and colony forming units on each plate were counted and subsequently done by the taxonomic identification to species level.

Results: The maximum concentration of *Staphylococcus sp.* reported 412.25 ± 56.3 CFU/m³ in the adult intensive care unit, whereas than the maximum average was 287.99 CFU/m³ in the same intensive care unit. The minimum concentration was obtained in the pediatric and neonatal intensive care with a value of 2.36 ± 1.5 CFU/m³, and the minimum average reported was 77.00 CFU/m³ in the neonatal intensive care unit. *S. haemolyticus* was the specie most frequently identified.

Conclusions: The concentration of *Staphylococcus sp.* exceeds the aerobiological values presented in other studies at hospitals. Besides, increasing the probability of contracting nosocomial infections as result of the exposure to airborne bacteria, reported 67.12% of breathable aerosols.

Key words:

Airborne bacteria, breathable aerosols, nosocomial infection, *Staphylococcus sp.*, intensive care unit.

Correspondencia

DY Camargo
GIMSA. Carrera 32 N° 22-08 Sector San Pedro Alejandrino,
Edificio INTROPIC Cubículo 7, Santa Marta, Colombia.
e-mail: ycamargo@unimagdalena.edu.co

Introducción

Las infecciones nosocomiales son un problema de interés para las instituciones sanitarias debido a las implicaciones asociadas, económicas, sociales y humanas, con el aumento de la morbi-mortalidad, hospitalización prolongada y aumento de los costos asociados.

En el caso de las UCI, los estudios de este tipo permiten, de manera conjunta con la sintomatología del paciente, identificar el posible agente causante de la infección nosocomial con un mayor grado de precisión, lo que agiliza la aplicación de un adecuado tratamiento que reduzca el tiempo de hospitalización y la resistencia, así como el aumento de las probabilidades de mejoría del paciente en respuesta al antibiótico aplicado.

La literatura señala la presencia de aerobacterias *Staphylococcus sp.* y su relación con las infecciones nosocomiales en hospitales y centros de salud, específicamente en las UCI. Este trabajo tiene como objetivo cuantificar e identificar las aerobacterias *Staphylococcus sp.* en ambientes *indoor* en las Unidades de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario Fernando Troconis.

Materiales y metodología

El área de estudio de esta investigación corresponde a las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Universitario Fernando Troconis, del Distrito de Santa Marta (Colombia). Las instalaciones de este hospital tienen tres Unidades de Cuidados Intensivos clasificadas de acuerdo con la edad del paciente: personal joven y adulto (UCI adulto), atención de niños (UCI pediátrica) y otra especializada en el cuidado de los neonatos (UCI neonatal).

En cada UCI se realizó la localización de dos estaciones de monitoreo, ubicadas en el eje central de la unidad de forma equidistante del eje transversal, y en puntos aislados de la influencia de corrientes de aire del sistema de ventilación artificial de la unidad, así como de posibles fuentes o focos emisores de aerobacterias.

El método de recolección de aerobacterias se realizó con la impactación mediante un impactador de cascada integrado de dos etapas para partículas viables (Serie 10-800 y marca Tisch Environmental, Inc.) (Figura 1). El equipo estaba provisto de cajas Petri con agar manitol salado y agar ORSA para la recolección de aerobacterias *Staphylococcus sp.*, operando a un caudal de 28,3 l/min y ubicado a una altura de 1,5 metros, proporcionada por un trípode.

El tiempo de recogida se fijó, según la literatura y ajustado a los resultados de la campaña de premuestreo, en cinco minutos para cada muestra recogida por triplicado por cada medio de cultivo. Tras la recolección de las muestras en



Fig. 1. Esquema del impactador de cascada para partículas viables integrado de dos etapas (Serie 10-800 y marca Tisch Environmental, Inc).

cada estación de monitorización, se realizó la incubación a 37° C durante 48 horas. Posteriormente se efectuó el recuento de aerobacterias por caja Petri utilizando el contador de colonia (Leica). Los datos obtenidos en laboratorio permitieron determinar la concentración de aerobacterias *Staphylococcus sp.* por unidad y estación, utilizando la siguiente expresión matemática:

$$\frac{UFC}{m^3} = \frac{\text{Unidades formadoras de colonias}}{\text{Volumen de aire}} \quad (1)$$

donde el volumen de muestra puede ser calculado por dos variables conocidas –el caudal de bombeo y el tiempo de muestreo $V = Q_b \cdot t_b$ –. Q_b era el caudal de bombeo (28,3 l/min), t_b es tiempo de bombeo (5 min) y V el volumen de muestreo (141,5 l ó 0,1415 m³).

Para la identificación de especies *Staphylococcus sp.* se emplearon galerías de identificación bioquímica (Biomerieux API® Staph Ref 20 500), inoculando cepas previamente aisladas en agar nutritivo, seleccionadas aleatoriamente de las cajas Petri utilizadas para el monitoreo en las UCI.

El tratamiento de los datos se realizó mediante un análisis de varianza jerarquizado, permitiendo establecer si la concentración de aerobacterias se ve influenciada por la ubicación de las estaciones y las UCI.

Para el tratamiento de los datos experimentales se efectuó el análisis estadístico en función de los diferentes medios de cultivo, realizando un análisis de varianza jerarquizado (ANOVA jerarquizado) a partir de dos factores, el tipo de Unidad de Cuidados Intensivos y la estación, de forma que se verifique si los factores de la jerarquía inciden en la varianza de los datos.

I Resultados

Concentración de aerobacterias *Staphylococcus sp.*

Las concentraciones de aerobacterias *Staphylococcus sp.* se establecieron en función de la unidad y estación de estudio (Tabla 1), al igual que el medio de cultivo sobre el que se realizó la recolección. Los resultados obtenidos muestran que la UCI con mayor concentración promedio correspondió a la UCI adulto (556,53 UFC/m³), seguida de la UCI pediátrica (217,03 UFC/m³) y, finalmente, la UCI neonatal (168,47 UFC/m³). Este resultado fue consistente con el máximo valor del promedio geométrico presentado en la estación 2 de la UCI adulto (287,99 UFC/m³), mientras que el mínimo valor lo presentaba la estación 1 de la UCI neonatal (77,00 UFC/m³).

La máxima concentración encontrada registró un valor de $412,25 \pm 56,3$ UFC/m³ en la estación 1 de la UCI adulto, mientras que el valor mínimo lo comparten la estación 2 de la UCI pediátrica y la UCI neonatal en su cuarta campaña, con un valor de $2,36 \pm 1,5$ UFC/m³.

De las concentraciones obtenidas por campaña de muestreo, la segunda fue la que registró el mayor promedio (120,34 UFC/m³), seguida de la primera campaña (103,85 UFC/m³), la cuarta (70,87 UFC/m³) y la quinta (62,82 UFC/m³).

De las concentraciones obtenidas por estación de muestreo en cada unidad se observó que, para el caso de la UCI de adultos y la neonatal, la estación 2 presentó mayor concentración, con el 53% del total de aerobacterias recolectadas; mientras que para el caso de la UCI pediátrica la mayor concentración la presenta la estación 1, con un valor aproximado del 60% del total de las muestras recogidas en esta unidad.

Por último, en los valores máximos y mínimos por campañas de muestreo observamos que los valores máximos se dieron en la UCI adulto para las cinco campañas de estudio, presentándose en la estación 1 para las cuatro primeras campañas (primera campaña $197,8 \pm 37,5$ UFC/m³; segunda campaña $412,2 \pm 56,2$ UFC/m³; tercera campaña $379,2 \pm 29,1$ UFC/m³ y cuarta campaña $273,2 \pm 115,8$ UFC/m³), y en la estación 2 para la quinta campaña ($216,7 \pm 75,7$ UFC/m³).

Por otro lado, los valores mínimos se encontraron, en su mayoría, distribuidos en las UCI neonatal. Se registró para la primera campaña (estación 2: $4,71 \pm 2,2$ UFC/m³), segunda campaña (estación 1: $9,42 \pm 1,5$ UFC/m³), cuarta campaña (estación 2: $2,3 \pm 1,5$ UFC/m³) y quinta campaña (estación 2: $4,7 \pm 2,1$ UFC/m³), compartiendo este último registro con la estación 1 de la UCI adulto, mientras que para la tercera campaña se presentó en la UCI pediátrica (estación 2: $2,36 \pm 1,5$ UFC/m³).

Tabla 1. Cuantificación de aerobacterias (*Staphylococcus sp.*) en las Unidades de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario Fernando Troconis

Unidad	Estación	Medio	Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4	Campaña 5	Promedio geométrico
Adulto	Estación 1	Agar Manitol Salado	197,8±37,5	412,2±56,2	379,2±29,1	273,2±115,8	117,7±50,8	278,64
		Agar ORSA	110,7±56,4	77,7±40,1	21,2±164,8	18,8±10,7	4,7±2,3	
	Estación 2	Agar Manitol Salado	355,7±30,1	402,8±58,8	329,7±104,9	80±26,4	216,7±75,7	
		Agar ORSA	73±13,2	179±83,2	37,6±20,8	18,8±8,5	23,5±12,5	
Neonatal	Estación 1	Agar Manitol Salado	91,8±32,5	75,3±12,8	54,1±17	56,5±4	58,8±6,4	77,00
		Agar ORSA	14,1±8,4	9,4±1,5	4,7±2,1	0±0	23,5±8,5	
	Estación 2	Agar Manitol Salado	101,2±14,4	47,1±10,4	80±9,8	84,8±27,8	136,6±20,1	
		Agar ORSA	4,7±2,1	18,8±11,8	11,7±3,8	2,3±1,5	4,7±2,1	
Pediátrica	Estación 1	Agar Manitol Salado	136,6±10,5	65,9±22,9	162,5±26,7	84,8±7	146±23,2	129,94
		Agar ORSA	54,1±13,1	49,4±18,8	14,1±3,8	2,3±1,5	0±0	
	Estación 2	Agar Manitol Salado	82,4±16,5	61,2±36,6	110,7±49,1	223,7±99	21,2±7	
		Agar ORSA	23,5±6,4	44,7±34,7	2,3±1,5	4,7±3	0±0	
Desviación estándar			96,18	140,60	128,34	90,06	72,96	98,24
Máximo			355,71±30,2	412,25±56,3	379,27±29,2	273,26±115,8	216,73±75,7	287,99
Mínimo			4,71±2,2	9,42±1,5	2,36±1,5	0±0	0±0	77,00

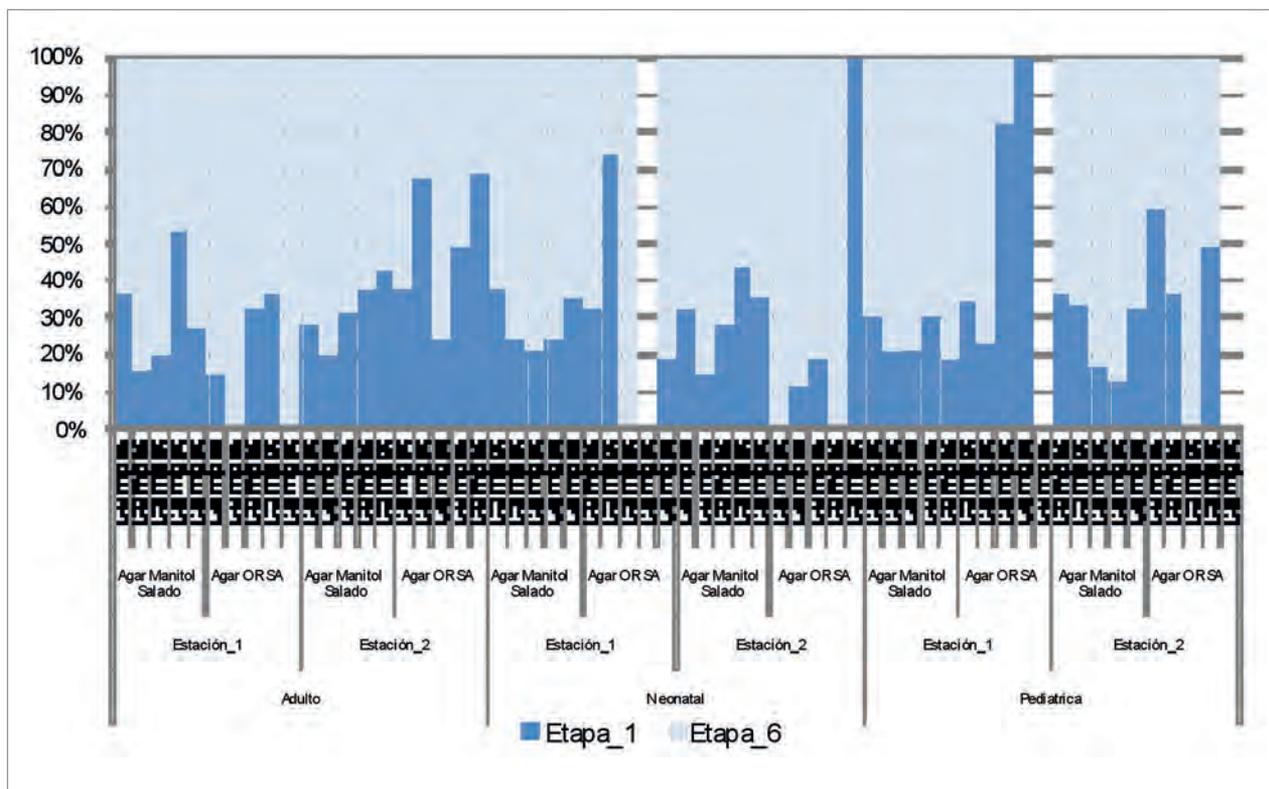


Fig. 2. Distribución porcentual de aerobacterias por diámetro aerodinámico.

Distribución porcentual de aerobacterias por su diámetro aerodinámico

En cuanto a la distribución porcentual de aerobacterias *Staphylococcus sp.*, según el medio de cultivo y en función de la estación y unidad de estudio, predominaron las aerobacterias respirables de forma global, con un 67,12%, mientras que las sedimentables tenían un porcentaje del 32,88% (Figura 2). Esta situación fue similar al analizar los datos separándolos por UCI, presentando la neonatal el mayor porcentaje de partículas respirables (70,28%), seguida de la UCI adulto, con un total de 67,12% de aerobacterias respirables, y finalizando con la UCI pediátrica, con un 63,96%. Para el caso de los valores máximos de aerobacterias respirables y sedimentables se presentaron en ambos casos valores extremos puntales de 100% y 0%, respectivamente; sin embargo, encontramos, con mayor frecuencia, extremos absolutos del 100% de aerobacterias respirables que de aerobacterias sedimentables, confirmando lo que plantea el promedio general de los datos acerca de la predominancia de partículas respirables.

Identificación de las especies de *Staphylococcus sp.*

La especie más frecuente en la UCI de adultos fue *Staphylococcus haemolyticus*, con un porcentaje CID del 81,1%.

Para el caso de la Unidad de Cuidados Intensivos neonatal, la especie recurrente fue *Staphylococcus hominis*, con un CID del 81,5%, y finalmente, para la UCI neonatal, la especie más frecuente es *Staphylococcus auricularis*, con un CID del 81,6% (Tabla 2) (Tabla 3) (Tabla 4). En general, para el caso de *Staphylococcus sp.* la especie más frecuente fue *Staphylococcus haemolyticus*, con un CID promedio de 88,0%; sin embargo, si se establece la predominancia en función de la probabilidad de ocurrencia de una identificación en la caja Petri colectada en el área de estudio, y la frecuencia de identificación de esta especie por unidad, se obtuvo que en la UCI de los adultos y en la pediátrica la especie con mayor probabilidad de ocurrencia era *Staphylococcus auricularis*, con 3,74% y 11,59%, respectivamente, mientras que la *Staphylococcus hominis* fue la especie con mayor probabilidad de aparecer en la UCI pediátrica (11,62%).

Del análisis estadístico aplicado dedujimos que el factor que influye en la varianza de *Staphylococcus sp.* era la UCI donde se recogían las muestras. Lo mismo ocurrió en el caso del Agar ORSA, en donde la UCI era el factor que influyó en la variación de las medias de las muestras, aunque las diferencias entre las medias resultó ser menor, por lo que el p-valor para la UCI aumentaba.

Tabla 2. Identificación de aerobacterias (*Staphylococcus sp.*) en la Unidad de Cuidados Intensivos adulto

Unidad	Campaña de muestreo	VARIABLES de análisis	<i>Micrococcus spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus auricularis</i>	<i>Staphylococcus capitis</i>	<i>Staphylococcus chromogenes</i>	<i>Staphylococcus cohnii spp cohnii</i>	<i>Staphylococcus epidermis</i>	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	<i>Staphylococcus sciuri</i>	<i>Staphylococcus xylosum</i>	
Adulto	Campaña 1	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	
		% CD	0	37,6%	0	0	0	0	0	0	89,4%	0	0	98,7%	87,5%
	Campaña 2	Frecuencia	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
		% CD	0	88,7%	71,4%	0	0	0	0	0	56,0%	0	0	95,4%	0
	Campaña 3	Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		% CD	0	0	0	0	0	0	0	0	97,8%	0	0	0	0
Campaña 4	Frecuencia	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	% CD	96,5%	0	96,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Campaña 5	Frecuencia	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	% CD	0	0	96,0%	0	0	0	0	0	87,8%	0	86,2%	0	0	
Subtotal	Frecuencia	1	3	3	0	0	0	0	0	5	0	1	2	2	
	% CD	96,5%	63,2%	87,8%	0	0	0	0	0	81,1%	0	86,2%	97,1%	87,5%	

- Frecuencia: número de veces que se obtuvo este resultado en la identificación aleatoria de las aerobacterias colectadas en el Agar Manitol Salado y ORSA.

- CID: confiabilidad en la identificación de la especie, calculada a partir de los resultados obtenidos con la aplicación de las pruebas API

Tabla 3. Identificación de aerobacterias (*Staphylococcus sp.*) en la Unidad de Cuidados Intensivos neonatal

Unidad	Campaña de muestreo	VARIABLES de análisis	<i>Micrococcus spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus auricularis</i>	<i>Staphylococcus capitis</i>	<i>Staphylococcus chromogenes</i>	<i>Staphylococcus cohnii spp cohnii</i>	<i>Staphylococcus epidermis</i>	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	<i>Staphylococcus sciuri</i>	<i>Staphylococcus xylosum</i>	
Neonatal	Campaña 1	Frecuencia	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		% CD	81,9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76,1%
	Campaña 2	Frecuencia	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
		% CD	0	87,8%	0	0	94,1%	0	0	0	0	86,3	0	0	0
	Campaña 3	Frecuencia	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		% CD	0	0	99,9%	84,3%	0	0	0	0	90,5%	0	0	0	0
Campaña 4	Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	% CD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84,0	0	0	0	
Campaña 5	Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	
	% CD	0	0	0	0	0	0	0	0	94,4%	74,2%	0	0	0	
Subtotal	Frecuencia	2	1	1	1	1	0	0	0	2	4	0	0	1	
	% CD	81,9%	87,8%	99,9%	84,3%	94,1%	0	0	0	92,5%	81,5%	0	0	76,1%	

- Frecuencia: número de veces que se obtuvo este resultado en la identificación aleatoria de las aerobacterias colectadas en el Agar Manitol Salado y ORSA.

- CID: fiabilidad en la identificación de la especie, calculada a partir de los resultados obtenidos con la aplicación de las pruebas API.

Tabla 4. Identificación de aerobacterias (*Staphylococcus sp.*) en la Unidad de Cuidados Intensivos pediátrica

Unidad	Campaña de muestreo	VARIABLES de análisis	<i>Micrococcus spp</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus auricularis</i>	<i>Staphylococcus capitis</i>	<i>Staphylococcus chromogenes</i>	<i>Staphylococcus cohnii spp cohnii</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	<i>Staphylococcus scituri</i>	<i>Staphylococcus xylosum</i>	
Pediátrica	Campaña 1	Frecuencia	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		% CD	0	68,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Campaña 2	Frecuencia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
		% CD	0	0	0	0	0	95,0%	0	0	0	0	0	82,7%	0
	Campaña 3	Frecuencia	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		% CD	0	0	96,0%	81,1%	0	0	0	90,5%	0	0	0	0	0
	Campaña 4	Frecuencia	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
% CD		0	0	67,1%	0	0	0	86,1%	0	0	0	0	0	99,6%	
Campaña 5	Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	% CD	0	0	0	0	0	0	0	0	70,1%	0	0	0	0	
Subtotal	Frecuencia	0	1	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	
	% CD	0	68,0%	81,6%	87,1%	0	95,0%	86,1%	90,5%	0	0	0	82,7%	99,6%	

- Frecuencia: número de veces que se obtuvo este resultado en la identificación aleatoria de las aerobacterias colectadas en el Agar Manitol Salado y ORSA.

- CID: fiabilidad en la identificación de la especie, calculada a partir de los resultados obtenidos con la aplicación de las pruebas API.

Discusión

Los estudios detallados de aerobacterias en ambientes hospitalarios son escasos en la literatura. Se han hallado concentraciones de aerobacterias en hospitales con valores entre 10 y 1.000 UFC/m³ [1][2], encontrándose los promedios geométricos y aritméticos de las concentraciones en las tres unidades de estudio cercanos al límite inferior de este rango. Realizando una comparación, Obbard y Su [3] establecieron que la concentración en las salas de los hospitales fluctuaba entre 42 y 325 UFC/m³, obteniendo promedios aritméticos dentro de estos rangos; sin embargo, para el promedio geométrico se encontraron por debajo de este las estaciones de la UCI neonatal y la estación 2 de la UCI pediátrica. Apoyándose en el promedio geométrico se puede argumentar que la concentración obtenida es relativamente baja comparada con una sala indistinta de un hospital.

En general, las concentraciones se encuentran dentro de los niveles obtenidos por diferentes investigadores. Halcatova *et al.* [4] hallaron una concentración promedio de 100 UFC/m³ en el quirófano y la UCI del Hospital de Praga (República Checa).

Para el caso puntual de la concentración de aerobacterias indicadoras de infección nosocomial en las UCI, Li y

Hou [1] encontraron una concentración máxima de 156 UFC/m³ y una media de 82,16 UFC/m³ en la UCI pediátrica, donde el promedio geométrico y las máximas concentraciones encontradas en esta unidad no superan los valores publicados.

En la UCI neonatal, los valores máximos fueron de 129 UFC/m³, con una media de 53,2 UFC/m³ [1], presentándose valores medios por debajo de lo publicado; no obstante, los valores máximos de esta unidad superaron los valores máximos publicados en la literatura, exceptuando la concentración de *Staphylococcus sp.* en la estación 1.

Una de las primeras directrices con respecto a la concentración de aerobacterias se propuso en 1946 [5], sugiriendo que no deberían crecer más de 0,1 - 20 UFC/m³, en 24 horas, en los quirófanos. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) [6] recomendaron aceptables menos de 100 UFC/m³, aunque estas directrices fueron posteriormente derogadas. Sin embargo, la mayoría de estas directrices se basaron en la concentración de aerosoles biológicos, sin tener en cuenta los efectos sobre la salud humana. Además, la mayoría de estudios propusieron umbrales de concentración de bioaerosoles basados en la recolección de microorganismos sobre cultivos

enriquecidos con agar [7-10]. No obstante, organizaciones como la OTAN y la OMS coinciden en la necesidad de desarrollar métodos más precisos y robustos para la caracterización de aerosoles biológicos [11][12]. Dado que muchas enfermedades asociadas a los bioaerosoles no dependen de la infección para inducir adversos efectos sobre la salud, es importante cuantificar todas las células microbianas que están suspendidos en el aire y diferenciar entre aquellas que son metabólicamente activas, las que son cultivables y las que no son viables [13].

Los resultados analizados en función de la distribución porcentual de aerobacterias en el equipo (respirables y sedimentables) son igualmente consistentes con lo planteado por Li y Hou [1], encontrando los valores hallados en el límite superior e incluso superando en el rango reportado por los autores [40% al 80%]; esta situación incrementa la preocupación por la concentración relativamente baja de aerobacterias en las unidades, acentuando el riesgo de infección por inhalación.

Los resultados de identificación de aerobacterias arrojaron que el género más predominante en la identificación de *Staphylococcus* corresponde al *Staphylococcus haemolyticus*, con un total de ocho identificaciones positivas de 39 pruebas aplicadas, siendo consistente con el estudio aerobiológico desarrollado por Barrios-Casarrubias *et al.* [14], aunque la metodología empleada –captación pasiva de aerosoles biológicos– y el área de estudio discrepen. De igual forma, el estudio adelantado por Pastuszka *et al.* [2] en dos hospitales y una clínica de Polonia consideraron el *Staphylococcus haemolyticus* como predominante en las salas de pacientes hospitalarios y en las salas de cirugía durante las primeras labores de limpieza; sin embargo, la especie más abundante presentada por este estudio fue el *Staphylococcus hominis*, siendo esta la tercera especie más frecuente en las identificaciones desarrolladas en esta investigación, coincidiendo de esta forma con el estudio desarrollado por Duchaine *et al.* [15], que la consideraron como la segunda especie con mayor recurrencia. Por último, Barrios-Casarrubias [14] establecen el *Staphylococcus aureus* como la especie más abundante en la primera campaña de su estudio, siendo esta la tercera especie más frecuente en nuestro estudio compartiendo posición con *Staphylococcus hominis*. ■

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Ayudas a la Investigación de FUNDACIÓN MAPFRE y a la Universidad del Magdalena por la financiación de este proyecto, al Ingeniero Tomás Bolaño Ortiz por su gestión administrati-

va, y a los auxiliares de investigación Sandra Rocío Balauguera Rincones y Antonio Álvarez Mancilla, por su esfuerzo permanente y dedicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Li CS, Hou PA. Bioaerosol characteristics in hospital clean rooms. *Sci Total Environ* 2005; 305:169–76.
2. Pastuszka JS, Marchwinska-Wyrwa E, Wlaz A. Bacterial aerosol in Silesian hospitals: Preliminary results. *Pol J Environ Stu* 2005; 14:6:883-90.
3. Obbard JP, Fang LS. Airborne concentrations of bacteria in a hospital environment in Singapore. *Water, Air and Soil Pollution* 2003; 144:333–41.
4. Holcatova I, Bencko V, Binek B. Indoor air microbial contamination in the operating theatre and intensive care units of the surgery clinic. En: P Kalliokoski, M Jantunen, O Seppanen (eds.). *Proceedings of Indoor Air'93*. Vol 4. Helsinki, 1993; 375-8.
5. Topley WWC. The bacteriology of air. En: Wilson GS, Miles AA (eds.). *Topley and Wilson's principles of bacteriology and immunity*. Baltimore: The Williams & Wilkins Company; 1955; p:2270–83.
6. ACGIH. Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment. American Conference of Governmental Industrial Hygienists Bioaerosol Committee, Cincinnati, OH. 1989.
7. Reynolds SJ, Streifel AJ, McJilton CE. Elevated airborne concentrations of fungi in residential and office environments. *Am Ind Hyg Assoc J* 1990; 51:601-4.
8. Reponen T, Nevalainen A, Jantunen M, Pellikka M, Kalliokoski P. Normal range criteria for indoor air bacteria and fungal spores in subarctic climate. *Indoor Air* 1992; 2.
9. Robertson LD. Monitoring viable fungal and bacterial bioaerosol concentrations to identify acceptable levels for common indoor environments. *Indoor and Built Environment* 1997; 6:295–300.
10. Lewis CW, Zweidinger RB. Apportionment of residential indoor aerosol, VOC and aldehyde species to indoor and outdoor sources, and their source strengths. *Atmosph Env* 1992; 26A:2179–84.
11. Maroni M, Axelrad R, Bacaloni A. NATO efforts to set indoor air quality guidelines and standards. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995; 56:499–508.
12. WHO 1990. Indoor air quality. Biological contaminants: report on a WHO meeting, Rautavaara, 29 August–2 September 1988. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe.

13. Hernández M, Miller SL, Landfear DW, Macher JM. A combined fluorochrome method for quantization of metabolically active and inactive airborne bacteria. *Aerosol Sci Technol* 1999; 30:145–60.
14. Barrios-Casarrubias A, Castro-Ramírez J, Rivera-Casales G, Vences-Martínez JA. Aislamiento de bacterias del ambiente y superficie resistente a antibiótico y antisépticos, del Hospital General de la SSA de Jojutla Morenos, México. *Bioquímica* 2007; 32:108.
15. Duchaine C, Gilbert Y, Veillette M. Airborne bacteria and antibiotic resistance genes in hospital rooms. *Aerobiología* 2010. 26:185-94.

Conflicto de intereses

Los autores hemos recibido ayuda económica de FUNDACIÓN MAPFRE para la realización de este trabajo. No hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial o de FUNDACIÓN MAPFRE.