

**Cómo citar este artículo:**

• Cuesta-López I, Sánchez-Cuervo M, Candela-Toha A, Benedí-González J, Bermejo-Vicedo T. Impacto de la protocolización de mezclas intravenosas de fármacos vasoactivos en el coste del tratamiento del paciente crítico. *Farm Hosp.* 2018;42(2):62-67.



## ORIGINALES

Artículo bilingüe inglés/español

## Impacto de la protocolización de mezclas intravenosas de fármacos vasoactivos en el coste del tratamiento del paciente crítico

### Impact of the implementation of vasoactive drug protocols on costs in the treatment of critically ill patients

Isabel Cuesta-López<sup>1</sup>, Marina Sánchez-Cuervo<sup>1</sup>, Ángel Candela-Toha<sup>2</sup>, Juana Benedí-González<sup>3</sup>, Teresa Bermejo-Vicedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Farmacia, Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid, España. <sup>2</sup>Servicio de Anestesia y Reanimación, Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid, España. <sup>3</sup>Departamento de Farmacología, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

**Autor para correspondencia**

Isabel Cuesta-López  
Servicio de Farmacia,  
Hospital Universitario Ramón y Cajal,  
Carretera de Colmenar Viejo km 9,1,  
28041 Madrid, España.

Correo electrónico:

mariaisabel.cuesta@salud.madrid.org

• Recibido el 29 de junio de 2017;  
• aceptado el 20 de noviembre de 2017.

DOI: 10.7399/fh.10844

**Resumen**

**Objetivo:** Evaluar la eficiencia de la protocolización y centralización de la elaboración de mezclas intravenosas de fármacos vasoactivos en el tratamiento del paciente crítico.

**Método:** Se realizó un estudio prospectivo, de intervención (julio 2012-diciembre 2014) para medir el impacto de la protocolización de mezclas intravenosas en el coste del tratamiento del paciente crítico. Para realizar el análisis económico se compararon los costes directos (fijos y variables) de la preparación de mezclas intravenosas de fármacos vasoactivos en el Servicio de Farmacia versus preparación en planta. Se midieron las variables tiempo y coste de elaboración de una mezcla intravenosa. Para la determinación del coste final de elaboración se incluyeron medicamento, diluyente, material fungible, personal y utilización de las cabinas de flujo laminar. Los costes se midieron en euros.

**Resultados:** La diferencia encontrada en los tiempos de elaboración entre el Servicio de Farmacia y la Unidad de Enfermería (2,10 versus 2,86 minutos) fue estadísticamente significativa y favorable a la elaboración centralizada en el Servicio de Farmacia. El coste medio de elaboración por mezcla fue 5,24 ± 1,45 euros en el Servicio de Farmacia y 5,62 ± 1,55 euros en planta, aunque la diferencia encontrada no alcanzó la significación estadística. Al incluir en el análisis el coste de las mezclas intravenosas caducadas antes de su utilización, la preparación centralizada en el Servicio de Farmacia supuso un coste superior (2.174 euros/año).

**Conclusiones:** La elaboración en el Servicio de Farmacia supone un ahorro significativo de tiempo en comparación con la preparación en planta. La diferencia de coste de esta alternativa, debida principalmente al impacto de las mezclas intravenosas caducadas, se eliminaría al optimizar la producción en la Unidad de Mezclas Intravenosas y al minimizar las pérdidas por caducidad.

**PALABRAS CLAVE**

Protocolo; Unidad de mezclas intravenosas; Fármacos vasoactivos; Cuidados intensivos; Análisis de costes.

**KEY WORDS**

Protocol; Drug compounding; Vasoactive drug; Critical care; Cost analysis.

**Abstract**

**Objective:** To evaluate the efficiency of the protocolization and centralization of the preparation of intravenous vasoactive drug mixtures in the treatment of critically ill patients.

**Method:** A prospective interventional study (July 2012-December 2014) was conducted to measure the impact of different vasoactive drug protocols on costs in the treatment of critically ill patients. The economic impact was measured by comparing the direct costs (fixed and variable) of the preparation of intravenous vasoactive drug mixtures in the Pharmacy Department with their traditional preparation in hospital care units. The variables time and cost of preparation of an intravenous mixture were measured. Costs included pharmaceutical product, diluent, medical supplies, cost of manpower, and use of laminar flow cabinets in the Pharmacy Department. Costs were measured in Euros.

**Results:** A statistically significant difference was found between processing times in the Pharmacy Department and those in the hospital care unit (2.10 vs 2.86 minutes). Centralized preparation in the Pharmacy Department was more efficient. The average cost of preparation was €5.24±1.45 in the Pharmacy Department and €5.62±1.55 in the hospital care unit, although this difference did not reach statistical significance. If the analysis had included the cost of intravenous mixtures that had expired prior to their use, the centralized preparation of the mixtures in the Pharmacy Department would have entailed a higher cost (€2 174/y).

**Conclusions:** The centralized preparation of intravenous mixtures in the Pharmacy Department entails significant time savings compared with their preparation in the hospital care unit.

The increased cost of their preparation in the Pharmacy Department would be prevented by optimizing production in this department and reducing losses due to expired intravenous mixtures.



Los artículos publicados en esta revista se distribuyen con la licencia  
Articles published in this journal are licensed with a  
Creative Commons Attribution 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>  
La revista Farmacia no cobra tasas por el envío de trabajos,  
ni tampoco por la publicación de sus artículos.

## Introducción

Se denominan "medicamentos de alto riesgo" (MAR) aquellos que cuando se utilizan incorrectamente presentan un gran riesgo de causar daños graves o incluso mortales a los pacientes<sup>1,2</sup>. El Institute for Safe Medication Practices (ISMP) estableció una lista de medicamentos considerados de alto riesgo en los hospitales<sup>3,4</sup>. Los fármacos vasoactivos (FVA) para administración intravenosa (agonistas adrenérgicos, dopaminérgicos o nitratos orgánicos) están incluidas en esta relación. Este hecho no supone que los errores asociados a estos medicamentos sean más frecuentes, sino que en caso de producirse, las consecuencias pueden ser más graves<sup>1</sup>. Por ello, los MAR son objetivo prioritario para los organismos expertos en seguridad del paciente.

Ninguna práctica por sí sola garantiza la seguridad de su utilización, por lo que se aconseja implantar diferentes prácticas específicas, como la utilización de protocolos detallados y explícitos, y la centralización de la elaboración de mezclas intravenosas (MIV) de los MAR en el Servicio de Farmacia (SF)<sup>1</sup> para reducir los errores de elaboración.

El concepto de Unidad de Mezclas Intravenosas (UMIV) apareció en los años sesenta ante la necesidad de garantizar la estabilidad y compatibilidad de las MIV. Sin embargo, la elaboración centralizada de MIV diferentes a la nutrición parenteral y quimioterapia es habitual en EE. UU. pero no en Europa. En España se acepta ampliamente la preparación de medicamentos IV que requieren protección del manipulador, mostrando una situación mejor con respecto a Europa<sup>5,6</sup>: el 9,5% de los SF prepara la mayoría de las MIV.

La elaboración de MIV en las unidades asistenciales está sometida a numerosos factores que pueden generar errores. Además, la preparación de distintas concentraciones aumenta el riesgo de error<sup>7,9</sup>. Por este motivo, una UMIV es un eje troncal en la prevención de errores de medicación<sup>10,11</sup>, y la centralización de la elaboración de MIV de MAR permite su estandarización<sup>1</sup>, especialmente tras la publicación de la *Guía de buenas prácticas de preparación de medicamentos en servicios de farmacia*<sup>12</sup>.

Son pocos los estudios que comparan los costes de preparación de MIV en el SF con la preparación en planta, sugiriendo que la preparación de MIV por lotes en una UMIV puede ser más coste efectiva que la preparación en planta<sup>3,15</sup>.

Con el propósito de evaluar si los buenos resultados obtenidos en seguridad tras la centralización de la elaboración de MIV de fármacos vasoactivos en nuestro centro<sup>16</sup>, lo eran también desde una perspectiva económica, se planteó la evaluación de la eficiencia del proceso.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la eficiencia de la protocolización y centralización de la elaboración de MIV de fármacos vasoactivos en el tratamiento del paciente crítico. Los objetivos específicos son:

- Analizar los tiempos de elaboración de MIV de fármacos vasoactivos con o sin protocolización y centralización en el SF.
- Evaluar el impacto económico de la protocolización y centralización de la elaboración de MIV de fármacos vasoactivos en el coste del tratamiento del paciente crítico.

## Métodos

Se realizó un estudio prospectivo, de intervención, en un hospital de tercer nivel (julio 2012-diciembre 2014) para medir el impacto de la protocolización de MIV de FVA en la seguridad, eficacia y coste del tratamiento del paciente crítico<sup>16</sup>. Primero se constituyó un grupo de trabajo para seleccionar los fármacos a protocolizar y estandarizar las preparaciones. Después se abordó la centralización de la elaboración de las MIV protocolizadas en el SF. Se realizó la implantación secuencial de las MIV en las siguientes Unidades de Vigilancia Intensiva (UVI): Medicina General (10 camas), Cirugía General y Digestivo (10 camas), Cirugía Cardiovascular (10 camas) y Unidad Coronaria (13 camas).

Se seleccionaron pacientes con una edad  $\geq 18$  años en tratamiento con una o más MIV de FVA protocolizados, hospitalizados en cualquiera de las UVI indicadas. Se excluyeron pacientes de la UVI de Neurocirugía, por no disponer de prescripción electrónica, y pacientes incluidos en ensayos clínicos.

Los resultados de seguridad y eficacia fueron publicados previamente<sup>16</sup>. Para realizar el análisis económico se midieron las siguientes variables:

- I. *Tiempo de elaboración de MIV*: tiempo del proceso completo de elaboración de una MIV en la unidad de hospitalización o en el SF en minutos. Incluye: tiempo de preparación del material; preparación de la MIV y etiquetado.

Para determinar el tiempo de elaboración de una MIV, tanto en el SF como en planta, se tuvieron en cuenta las tareas del proceso completo de elaboración y se registraron los siguientes tiempos: comprobación de la MIV a elaborar, preparación del material, preparación de la MIV, desinfección de material y superficie de trabajo y etiquetado. La validación farmacéutica de las prescripciones se asumió igual en ambos casos.

### A. Servicio de Farmacia:

- Tiempo farmacéutico necesario para establecer los procedimientos normalizados de trabajo (PNT) para cada nueva MIV en base a los datos disponibles en el Catálogo de Productos y Facturación de la Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria<sup>17</sup> y tiempo empleado en formar al personal.
- Generación de hojas de trabajo y etiquetas. Posterior comprobación (farmacéutico).
- Preparación del medicamento y material de acondicionamiento (auxiliar de farmacia).
- Desinfección de material, superficie de trabajo y preparación de la MIV [Diplomado Universitario en Enfermería [DUE]].
- Etiquetado (DUE).
- Comprobación final de las MIV preparadas con la hoja de trabajo (DUE).

### B. Control de enfermería:

- Comprobación de la hoja de enfermería para conocer la MIV prescrita y las pautas a seguir en su preparación (DUE).
- Preparación del medicamento y material de acondicionamiento (DUE).
- Desinfección de superficie de trabajo y preparación de la MIV (DUE).
- Preparación de etiqueta y etiquetado de la MIV (DUE).

No se consideraron los tiempos preliminares (aclaración de dudas, comprobación de neveras, cálculos necesarios para la programación, etc.), ya que algunas de estas actividades no se realizan en planta. Tampoco los tiempos de descanso ni de celador, ya que la distribución desde el SF a las unidades clínicas se realizó con el resto de medicamentos reponiendo los sistemas automatizados de dispensación (SAD).

En el SF se registró el tiempo empleado en la elaboración de lotes de MIV durante ocho días laborables (405 en total). En la planta dos enfermeros expertos de dos UVI diferentes, prepararon tres MIV diferentes al día durante cinco días laborables consecutivos (30 en total). Considerando la producción diaria en lotes de las nuevas MIV en el SF, y la preparación individualizada por paciente según práctica habitual en las UVI, se estimó que ambas muestras serían suficientes para llevar a cabo el análisis<sup>6</sup>. El farmacéutico investigador registró los tiempos empleados.

- II. Coste de elaboración: precio final de una MIV (euros, 2014). Incluye:

**Coste medicamento y diluyente (PMF: precio medio factura):** coste neto, incluido 4% de IVA y aplicados descuentos (euros).

**Coste personal:** salario bruto de los profesionales sanitarios (euros).

**Coste material fungible:** coste neto, incluido IVA (10 o 21% según el artículo) y aplicados descuentos (euros).

**Coste asociado a la utilización de las cabinas de flujo laminar (CFL).**

Para evaluar el impacto de la protocolización en el coste del tratamiento, se compararon los costes directos (fijos y variables) de la preparación de MIV de FVA en el SF *versus* en planta. No se consideró el coste de las instalaciones ni el de adquisición de las cabinas por estar amortizadas, ni el de mantenimiento del área. Se calculó el porcentaje de tiempo de funcionamiento de la CFL semanal dedicado a la producción de MIV y se consideraron los costes de funcionamiento, revisión y cambio de filtro anual de la misma.

Los costes netos correspondientes a medicamentos y diluyentes se obtuvieron del sistema informático de gestión del SF. El coste del material fungible se obtuvo del Servicio de Suministros. Se consideraron los costes de personal incluidos en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid de 31 de enero de 2014<sup>18</sup>, teniéndose en cuenta la retribución total anual para las categorías de DUE y Facultativo Especialista. Los costes salariales brutos y los costes netos de equipamiento y material fungible figuran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Costes unitarios utilizados en el análisis (euros, 2014)

Costes salariales	Hora DUE	13,35
	Hora FAR	22,99
Costes de equipamiento (cabina de flujo laminar)	Cambio de filtro anual	1.150
	Revisión/certificación anual	265
	Funcionamiento 1 kw/h	0,13
	Jeringa 3 ml	0,07
Costes de material fungible	Jeringa 5 ml	0,03
	Jeringa 10 ml	0,05
	Jeringa 20 ml	0,22
	Jeringa 50 ml	0,19
	Aguja 16 G	0,08
	Aguja 21 G	0,28
	Bata	2,31
	Gorro	0,02
	Mascarilla	0,03
	Calzas	0,04
	Guante cirugía estéril	0,29
	Guante vinilo	0,02
	Bolsa fotoprotectora	0,04

DUE: diplomado universitario en enfermería; FAR: farmacéutico especialista

Para determinar el coste final de elaboración de MIV se incluyeron medicamento, diluyente, material fungible, personal y utilización de CFL.

También se calcularon los costes de las MIV no utilizadas y caducadas en el SF o en el SAD de la planta. No se incluyeron los costes de destrucción de las MIV caducadas.

Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad determinístico univariante para identificar si los resultados obtenidos en el análisis base eran sensibles a modificaciones en las variables principales sobre las que podía existir incertidumbre o cierto margen de variabilidad. En este contexto, se plantearon los siguientes escenarios:

- Excluir el coste de las MIV caducadas. En este sentido, se estimó también una optimización de la producción para reducir el número total de MIV caducadas/año.
- Excluir el coste del tiempo de farmacéutico empleado en la creación de nuevos PNT.

Para el análisis se diseñó una hoja de cálculo en Excel 2007. Todas las estimaciones se realizaron para un intervalo de confianza del 95% con un nivel de significación de 0,05. Las variables tiempo y coste se definieron por la media y desviación estándar. Se comprobó la simetría de las variables mediante métodos gráficos y la prueba de normalidad de Shapiro-Wills. Las medias se compararon mediante la prueba t-Student para muestras independientes. Para ello se utilizó el programa informático Stata versión 12.0

**Tabla 2.** Costes de elaboración en planta hospitalización (euros, 2014)

MIV adrenalina		MIV dobutamina		MIV dopamina		MIV nitroglicerina		MIV noradrenalina	
Especialidad Farmacéutica	0,44	Especialidad Farmacéutica	3,74	Especialidad Farmacéutica	0,37	Especialidad Farmacéutica	0,69	Especialidad Farmacéutica	8,00
SG 100 ml	0,84	SG 250 ml	1,03	SG 100 ml	0,84	SG 250 ml	1,03	SG 250 ml	1,03
Jeringa 3 ml	0,07	Jeringa 20 ml	0,22	Jeringa 5 ml	0,03	Jeringa 10 ml	0,05	Jeringa 50 ml	0,19
Aguja 16 G	0,08	Aguja 16 G	0,08	Aguja 16 G	0,08	Aguja 16 G	0,08	Aguja 16 G	0,08
Aguja 21 G	0,28	Aguja 21 G	0,28	Aguja 21 G	0,28	Aguja 21 G	0,28	Aguja 21 G	0,28
Guante vinilo	0,02	Guante vinilo	0,02	Guante vinilo	0,02	Guante vinilo	0,02	Guante vinilo	0,02
<b>TOTAL MIV adrenalina</b>	<b>1,74</b>	<b>TOTAL MIV dobutamina</b>	<b>5,37</b>	<b>TOTAL MIV dopamina</b>	<b>1,62</b>	<b>TOTAL MIV nitroglicerina</b>	<b>2,15</b>	<b>TOTAL MIV noradrenalina</b>	<b>9,61</b>

MIV: mezcla intravenosa; SG: suero glucosado 5%.

## Resultados

### Tiempo de elaboración de MIV

En la UMIV se elaboraron un total de 18 lotes, con una media de 23 ± 12 unidades/lotte. El tiempo medio de elaboración por MIV fue 2,10 ± 0,77 minutos (IC 95% 1,33 a 2,87).

El tiempo medio de preparación de MIV en planta fue 2,86 ± 1,22 minutos (IC 95% 1,64 a 4,08).

La diferencia entre los tiempos de elaboración (2,10 versus 2,86 minutos) fue estadísticamente significativa (p = 0,002), favorable a la elaboración en la UMIV. La UMIV disminuye el tiempo de elaboración un 26,41% respecto a la unidad de enfermería.

El número total de MIV elaboradas durante 2014 en la UMIV fue de 8.433. El tiempo medio evitado por la preparación en la UMIV es 0,76 minutos/MIV, es decir, 1,26 horas/100 MIV (IC 95% 0,50 a 2,00) y 106,26 horas/año (IC 95% 42,02 a 169,92).

El tiempo de elaboración por tipo de MIV fue menor en la UMIV para todos los casos, excepto para adrenalina, siendo la comparación de los tiempos estadísticamente significativa en el caso de noradrenalina (p = 0,007).

### Coste de elaboración de MIV

Las tablas 2 y 3 muestran detalladamente el coste de medicamentos, sueros y material fungible utilizado, así como el coste de elaboración en planta y en el SF. El coste unitario por MIV es menor en la elaboración centralizada para todas las MIV.

La producción de MIV requirió el 58,82% del tiempo de funcionamiento de una CFL del área de elabor euros de funcionamiento. Teniendo en cuenta el número total de MIV elaboradas/año, el coste adicional por utilizar la CFL fue de 0,10 euros/MIV.

Se emplearon un total de 180 minutos de tiempo farmacéutico para la elaboración de protocolos por cada nueva MIV elaborada en el SF (cinco nuevos PNT = 15 horas en total)<sup>7</sup>. Teniendo en cuenta el número total de MIV elaboradas/año, el coste adicional por tiempo de farmacéutico fue de 0,04 euros/MIV.

La tabla 4 muestra el coste final de cada tipo de MIV y su comparación entre la planta y el SF. El coste medio por MIV fue 5,24 ± 1,45 euros en el SF y 5,62 ± 1,55 euros en planta, lo que supone que la UMIV ahorra un 6,76%. La diferencia encontrada no alcanzó la significación estadística (p = 0,701).

Teniendo en cuenta las 8.433 MIV elaboradas durante 2014, el **coste global** fue 44.188,92€ en el SF y 47.393,46€ en planta. Sin embargo, al incluir en el análisis el coste de las MIV caducadas antes de su utilización, la preparación centralizada en el SF supuso un coste superior con respecto a la preparación en planta (2.174 €/año).

### Análisis de sensibilidad

Escenario 1: *excluir el coste de las MIV elaboradas que caducan antes de su utilización.* En este supuesto la elaboración centralizada de MIV en la UMIV supone un potencial ahorro de 3.165 euros/año.

**Tabla 3.** Costes de elaboración en el Servicio de Farmacia (euros, 2014)

MIV adrenalina		MIV dobutamina		MIV dopamina		MIV nitroglicerina		MIV noradrenalina	
Coste material fungible por lote									
Bata	2,31								
Gorro	0,02								
Mascarilla	0,03								
Calzas	0,04								
Guante cirugía estéril	0,29								
Jeringa 3 ml	0,07	Jeringa 20 ml	0,22	Jeringa 5 ml	0,03	Jeringa 10 ml	0,05	Jeringa 50 ml	0,19
Aguja 16 G	0,08								
Aguja 21 G	0,28								
Bolsa fotoprotectora	0,04								
<b>Total/lote</b>	<b>3,16</b>	<b>Total/lote</b>	<b>3,30</b>	<b>Total/lote</b>	<b>3,11</b>	<b>Total/lote</b>	<b>3,13</b>	<b>Total/lote</b>	<b>3,28</b>
<b>Total/unidad</b>	<b>0,32</b>	<b>Total/unidad</b>	<b>0,22</b>	<b>Total/unidad</b>	<b>0,08</b>	<b>Total/unidad</b>	<b>0,21</b>	<b>Total/unidad</b>	<b>0,16</b>
Coste MIV		Coste MIV		Coste MIV		Coste MIV		Coste MIV	
Especialidad Farmacéutica	0,44	Especialidad Farmacéutica	3,74	Especialidad Farmacéutica	0,37	Especialidad Farmacéutica	0,69	Especialidad Farmacéutica	8,00
SG 100 ml	0,84	SG 250 ml	1,03	SG 100 ml	0,84	SG 250 ml	1,03	SG 250 ml	1,03
Fungible	0,32	Fungible	0,22	Fungible	0,08	Fungible	0,21	Fungible	0,16
<b>TOTAL MIV adrenalina</b>	<b>1,60</b>	<b>TOTAL MIV dobutamina</b>	<b>4,99</b>	<b>TOTAL MIV dopamina</b>	<b>1,29</b>	<b>TOTAL MIV nitroglicerina</b>	<b>1,93</b>	<b>TOTAL MIV noradrenalina</b>	<b>9,19</b>

MIV: mezcla intravenosa; SG: suero glucosado 5%.

También se planteó una optimización de la producción de MIV evaluándose el impacto que supondría *reducir a la mitad el número total de MIV caducadas*. En este caso, la diferencia de coste, aunque menor, también sería favorable a la elaboración centralizada (ahorro de 449 euros/año).

Escenario 2: *excluir el tiempo de farmacéutico empleado en el diseño de los nuevos PNT*. El coste medio de elaboración por MIV sería de 5,20 ± 1,44 euros en el SF y 5,62 ± 1,55 euros en planta. Sin embargo, la diferencia de costes global no sería favorable a la preparación centralizada en el SF (1.921 euros más/año).

Si se combinan los dos escenarios, la elaboración centralizada supondría un potencial ahorro de 3.511 euros/año, aunque el hallazgo no fue estadísticamente significativo.

## Discusión

La diferencia encontrada entre los tiempos de elaboración en el SF y en la Unidad de Enfermería fue favorable a la centralización en el SF. Sin embargo, en el caso de la adrenalina, el tiempo de elaboración fue menor en planta, lo que podría deberse a que la elaboración de la nueva dilución estándar (1,6 mg/100 ml) requiere el uso parcial de una ampolla en lugar de unidades enteras. Esto pudo incrementar el tiempo de elaboración en la UMIV, ya que la utilización de unidades enteras permite sistematizar en mayor medida el proceso de elaboración.

Las actividades consideradas en la bibliografía en la determinación de los tiempos de elaboración de MIV no son uniformes, lo que dificulta la comparación de resultados. Los tiempos obtenidos en nuestro análisis son ligeramente superiores a los de otros autores<sup>6,19</sup>, tanto para la elaboración centralizada como para la tradicional. Sin embargo, son inferiores a los de otros estudios que utilizan una metodología similar<sup>3,14</sup>, pero que incluyen actividades preliminares no contempladas por nosotros (transcripción de orden médica, impresión de etiquetas, doble chequeo por enfermería). Las similitudes globales con la metodología de estos estudios (método de medida del tiempo, proceso de elaboración similar en el SF y en planta, definición concreta de todas las actividades incluidas en el proceso), aportan validez a nuestros resultados.

Cabe destacar que en el estudio publicado por Zamora<sup>19</sup>, un técnico en Farmacia realiza la mayoría de las preparaciones en la UMIV. Sin embargo, en nuestra UMIV la elaboración la realizan DUE, lo que debe considerarse al comparar los costes de personal. Incrementar el personal técnico reduciría el coste de personal en el SF. Por otro lado, la reducción del tiempo de elaboración en el SF se produce principalmente porque la preparación centralizada supone la elaboración de lotes en lugar de dosis individuales. El tiempo de enfermería evitado por cada 100 MIV preparadas en la UMIV podría ser empleado en la unidad de hospitalización para una mayor dedicación a los pacientes. Por tanto, la centralización es una oportunidad para mejorar la eficiencia en el uso de los medicamentos<sup>12</sup> y en la utilización de recursos humanos, lo cual, por sí mismo, puede considerarse una forma de contener los costes<sup>6</sup>.

Aunque el análisis económico global realizado, incluyendo el coste de las MIV caducadas, no demostró que la preparación centralizada sea más económica, consideramos que el gasto incremental es asumible en favor de la importante mejora de la seguridad alcanzada, ya que se produce una importante disminución en los errores de prescripción (55,89%), validación (68,05%) y registro de la administración (78,75%)<sup>6</sup>. Además, existen datos publicados acerca del impacto en la reducción de costes asociados por errores evitados. En España, un estudio realizado en un hospital terciario utilizando el valor del coste de un evento adverso calculado en Estados Unidos, concluye que los errores de medicación causaban un aumento de 303 días en la estancia media con un incremento anual aproximado de 76.000 euros<sup>20</sup>.

Creemos que el resultado "no favorable" a la centralización puede deberse al bajo coste de los medicamentos objeto del estudio. De hecho, otros estudios realizados con antibióticos, antifúngicos y medicamentos de mayor impacto económico sí demuestran ahorro tras la centralización<sup>6,19,21,22</sup>. Por otro lado, no se ha considerado el ahorro en el coste de los fármacos que se produciría al utilizar viales multidosis<sup>6</sup>. No fue posible plantear esta situación con las especialidades farmacéuticas comercializadas para los principios activos estudiados. En caso de considerar la ampliación de las MIV elaboradas en nuestra UMIV, sería recomendable valorar esta posibilidad. Otra medida de ahorro en la UMIV sería la utilización de sueros de gran volumen para la reconstitución de especialidades

**Tabla 4.** Coste final de elaboración en el SF versus planta hospitalización (euros, 2014)

Coste de elaboración por tipo de MIV			
	Planta	SF	Diferencia
<b>MIV adrenalina</b>			
Coste de elaboración I	1,74	1,60	
Utilización CFL	-	0,10	
Tiempo DUE	0,42	0,71	
Tiempo FAR	-	0,04	
<b>TOTAL MIV adrenalina</b>	<b>2,16</b>	<b>2,45</b>	<b>-0,29</b>
<b>MIV dobutamina</b>			
Coste de elaboración I	5,37	4,99	
Utilización CFL	-	0,10	
Tiempo DUE	0,71	0,65	
Tiempo FAR	-	0,04	
<b>TOTAL MIV dobutamina</b>	<b>6,08</b>	<b>5,78</b>	<b>0,30</b>
<b>MIV dopamina</b>			
Coste de elaboración I	1,62	1,29	
Utilización CFL	-	0,10	
Tiempo DUE	0,46	0,38	
Tiempo FAR	-	0,04	
<b>TOTAL MIV dopamina</b>	<b>2,08</b>	<b>1,81</b>	<b>0,27</b>
<b>MIV nitroglicerina</b>			
Coste de elaboración I	2,15	1,93	
Utilización CFL	-	0,10	
Tiempo DUE	0,77	0,74	
Tiempo FAR	-	0,04	
<b>TOTAL MIV nitroglicerina</b>	<b>2,93</b>	<b>2,81</b>	<b>0,11</b>
<b>MIV noradrenalina</b>			
Coste de elaboración I	9,61	9,19	
Utilización CFL	-	0,10	
Tiempo DUE	0,81	0,41	
Tiempo FAR	-	0,04	
<b>TOTAL MIV noradrenalina</b>	<b>10,42</b>	<b>9,75</b>	<b>0,67</b>

Coste de elaboración I: incluye especialidad farmacéutica, suero y material fungible; CFL: cabina flujo laminar; DUE: diplomado universitario en Enfermería; FAR: farmacéutico especialista; MIV: mezclas IV; SF: servicio de farmacia.

liofilizadas. Además, la centralización permite ahorrar en el coste de material fungible al utilizar, por ejemplo, una jeringa y aguja por cada lote de medicamento, mientras que la preparación en planta implica una jeringa y aguja por cada MIV. Los costes correspondientes a este tipo de material en este estudio fueron superiores en la planta (3,4 veces más), lo que coincide con otros estudios<sup>13,14</sup>.

Los análisis de sensibilidad realizados mostraron que la centralización supuso siempre un potencial ahorro si la UMIV consigue optimizar su producción, ajustando los stocks según las necesidades, reduciendo así el número de MIV que caducan innecesariamente antes de ser utilizadas (especialmente de noradrenalina, que es la MIV de mayor coste y menor

estabilidad<sup>19</sup>), y por otro lado evitando las roturas de stock, que generarían la elaboración de MIV en planta a mayor coste. Este aspecto debería ser confirmado en estudios posteriores. Asimismo, una vez implantados los protocolos se excluiría el coste asociado al tiempo de farmacéutico empleado en la creación de nuevos PNT, y no tendría influencia en el coste medio de elaboración por MIV en años sucesivos.

Aunque en términos generales se recomienda la realización de análisis de sensibilidad probabilísticos multivariantes, hay aspectos, como el cambio en algunas suposiciones, en los que su influencia solo puede valorarse mediante un análisis de sensibilidad determinístico. Por ello, pese a sus limitaciones, consideramos que el análisis de sensibilidad determinístico univariante realizado resulta suficiente para los objetivos planteados en el estudio<sup>23,24</sup>.

Como otra limitación, indicar que no hubo enmascaramiento durante la medición del tiempo de elaboración, lo que pudo influir en los resultados. Sin embargo, el efecto Hawthorne (mejora de la actividad de un trabajador cuando este es observado), desaparece al realizar la observación de manera secuencial a lo largo del tiempo<sup>25,26</sup>. Además, en nuestro caso afectaría por igual a la medición en ambos escenarios.

En conclusión, el análisis realizado mostró que la elaboración en el SF de las MIV de FVA utilizados en el tratamiento de pacientes adultos críticos supone un ahorro significativo de tiempo en comparación con la preparación en planta. La diferencia de coste de esta alternativa, debida principalmente al impacto de las MIV caducadas, se eliminaría al optimizar la producción en la UMIV y minimizar las pérdidas por caducidad.

## Financiación

Sin financiación

## Agradecimientos:

Al grupo de trabajo multidisciplinar compuesto por: Alcaide López de Lerma JM (Supervisor de Unidad. Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Arias Rodríguez CM (Supervisor de Unidad. Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Camino López A (Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Joga Herranz JA (Supervisor de Farmacia. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Lietor Villajos A (Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), López Fernández M (Supervisor de Unidad. Medicina Intensiva. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Martínez Castro N (Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Pestaña Lagunas D (Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid), Vázquez Martínez JL (Servicio de Pediatría. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid).

## Conflicto de intereses

Sin conflicto de interés.

## Aportación a la literatura científica

Este artículo presenta el análisis desde una perspectiva económica del primer estudio diseñado en el ámbito de la Farmacia Hospitalaria para evaluar el impacto de la protocolización y centralización de la elaboración de mezclas intravenosas de fármacos vasoactivos en pacientes críticos. Más concretamente, el manuscrito evalúa la eficiencia (tiempos y costes) de la centralización de la elaboración de diferentes mezclas intravenosas en la Unidad de Mezclas Intravenosas (UMIV) del Servicio de Farmacia.

Dada la importancia que tiene la elaboración centralizada de fármacos, especialmente tras la publicación de la *Guía de buenas prácticas de preparación de medicamentos en servicios de Farmacia Hospitalaria*, consideramos de interés para nuestra profesión el tema planteado en este manuscrito. Por otro lado, es importante tener en cuenta el incremento de trabajo que supone para las UMIV asumir esta carga asistencial, por lo que la realización de estudios económicos que avalen esta actividad está justificada.

## Bibliografía

1. Instituto para el Uso Seguro de los Medicamentos (ISMP-España). En colaboración con Ministerio de Sanidad y Consumo y Universidad de Salamanca. Prácticas para mejorar la seguridad de los medicamentos de alto riesgo [Monografía en internet]. 2007 [Consultado 23/04/2014]. Disponible en: <http://www.ismp-espana.org/ficheros/Practicas%20para%20mejorar%20la%20seguridad%20de%20los%20medicamentos%20de%20alto%20riesgo.pdf>
2. Cohen MR, Smetzer JL, Tuohy NR, Kilo CM. High-alert medications: safeguarding against errors. En: Cohen MR, editor. Medication Errors. 2nd ed. Washington (DC): American Pharmaceutical Association; 2007. p. 317-411.
3. Institute for Safe Medication Practices. ISMP's list of high-alert medications [Monografía en internet]. Huntingdon Valley (PA): ISMP; 2012 [Consultado 20/03/2014]. Disponible en: <http://www.ismp.org/Tools/highalertmedications.pdf>
4. Instituto para el Uso Seguro de los Medicamentos (ISMP-España). Lista de medicamentos de alto riesgo [Monografía en internet]. ISMP-España; 2012 [Consultado 23/04/2014]. Disponible en: <http://www.ismp-espana.org/ficheros/Medicamentos%20alto%20riesgo%202012.pdf>
5. Tamés MJ, Echarrí E. La Farmacia de Hospital en Europa [Monografía en internet]. 1ª ed. Madrid 2002 [Consultado 27/07/2017]. Disponible en: <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/Monografias/farmacia.pdf>
6. Martínez-Tutor MJ. Evaluación económica de la centralización de mezclas intravenosas. *Farm Hosp*. 2006;30(6):351-8.
7. Lesar TS. Tenfold medication dose prescribing errors. *Ann Pharmacother*. 2002; 36(12):1833-9.
8. Bates DW, Vanderveen T, Seger D, Yamaga C, Rothschild J. Variability in intravenous medication practices: implications for medication safety. *Jt Comm J Qual Patient Saf*. 2005;31(4):203-10.
9. Crimlisk JT, Johnstone DJ, Sanchez GM. Evidence-based practice, clinical simulations workshop, and intravenous medications: moving toward safer practice. *Med Surg Nurs*. 2009;18(3):153-60.
10. Fernández-Esteban I, Baldominos-Utrilla G, López-Muñoz MJ, Durán-García E, Santolaya-Perrín R, Sanjurjo-Sáez M. Selección de aditivos para la implantación de una Unidad de Mezclas Intravenosas. *Farm Hosp*. 1995;19(2):87-90.
11. Jiménez V, Ordovás JP. Unidad centralizada de terapia intravenosa y errores de medicación. En: Lacasa C, Cot R, Humet C, eds. Errores de medicación. Prevención, diagnóstico y tratamiento. Barcelona: EASO; 2001. p. 225-40.
12. Guía de buenas prácticas de preparación de medicamentos en servicios de Farmacia Hospitalaria. [Monografía en internet]. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2014 [Consultado 29/07/2017]. Disponible en: [https://www.sefh.es/sefhpdfs/GuiaBPP\\_JUNIO\\_2014\\_VF.pdf](https://www.sefh.es/sefhpdfs/GuiaBPP_JUNIO_2014_VF.pdf)
13. Plumridge RJ, Maher M. Justification of a pharmacy intravenous admixture service in an Australian hospital. *Am J Hosp Pharm*. 1993;50(3):463-6.
14. Armour DJ, Cairns Ch, Costello I, Riley SJ, Davies G. The economics of a pharmacy-based central intravenous additive service for paediatric patients. *Pharmacoecconomics*. 1996;10(4):386-94.
15. Paoletti RD, Casey EW. Reducing costs through centralization and standardization of an i.v. admixture program. *Am J Health-Syst Pharm*. 2000;57(12):1147-9.
16. Cuesta López I, Sánchez Cuervo M, Candela Toha A, Benedí González J, Bermejo Vicedo T. Impact of the implementation of vasoactive drug protocols on safety and efficacy in the treatment of critically ill patients. *J Clin Pharm Ther*. 2016;41(6): 703-10.
17. Grupo TECNÓ. Servicio de Farmacia Hospitalaria. Actualización del Catálogo de Productos y Facturación [Monografía en internet]. 2ª ed. Madrid; 2009 [Consultado 10/09/2014]. Disponible en: [http://www.sefh.es/bibliotecavirtual/urvs/ACSFH2009\\_2.pdf](http://www.sefh.es/bibliotecavirtual/urvs/ACSFH2009_2.pdf)
18. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM núm. 26, de 31 de enero de 2014). [Consultado 20/03/2014]. Disponible en: [http://www.bocm.es/boletin/CM\\_Orden\\_BOCM/2014/01/31/BOCM-20140131-14,0.PDF](http://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2014/01/31/BOCM-20140131-14,0.PDF)
19. Zamora MA, Cabeza J, Moreno T, García MA. Rentabilidad de una unidad de mezclas intravenosas de nueva creación, aspectos prácticos y relación coste-beneficio. *Farm Hosp*. 2000; 24(1):38-42.
20. Pinilla J, Murillo C, Carrasco G, Humet C. Case-control analysis of the financial cost of medication errors in hospitalized patients. *Eur J Health Econ*. 2006;7(1):66-71.
21. van Zanten AR, Engelfriet PM, van Dillen K, van Veen M, Nuijten MJ, Polderman KH. Importance of nondrug costs of intravenous antibiotic therapy. *Crit Care*. 2003;7(6):R184-90.
22. Alonso F, Fernández GP, Garrido MA, Jiménez S, Gimeno MJ, Hierro C. Elaboración en farmacia de los medicamentos intravenosos. *Rev ROL Enf*. 2004;27(5): 55-8.
23. Briggs AH, Gray AM. Handling uncertainty when performing economic evaluation of healthcare interventions. *Health Technol Assess*. 1999;3(2):1-134.
24. Rubio-Terrés C1, Cobo E, Sacristán JA, Prieto L, del Llano J, Badia X; Grupo ECO-MED. Analysis of uncertainty in the economic assessment of health interventions. *Med Clin*. 2004;122(17):668-74.
25. Kurtz SL. Measuring and accounting for the Hawthorne effect during a direct overt observational study of intensive care unit nurses. *Am J Infect Control*. 2017 [article in press].
26. Paradis E, Sutkin G. Beyond a good story: from Hawthorne Effect to reactivity in health professions education research. *Med Educ*. 2017;51(1):31-9.