



Programa de optimización de la reserva y transfusión sanguínea en neurocirugía.

Fernando Iturri Clavero.

Directores

Prof. Dr. Ignacio. García Alonso Montoya

Prof. Dr. Iñigo C. Pomposo Gaztelu

2025

Índices.

Índice general.

ÍNDICES.	2
ÍNDICE GENERAL.	2
ÍNDICE DE TABLAS.	10
• ÍNDICE DE GRÁFICOS.	13
ÍNDICE DE IMÁGENES.	16
ÍNDICE DE ECUACIONES.	17
PRESENTACIÓN.	18
TÍTULO.	18
AUTOR.	18
UNIVERSIDAD.	18
AÑO.	18
DIRECTOR DE LA TESIS.	18
CODIRECTOR.	18
DEDICATORIA.	19
AGRADECIMIENTOS.	21
RESUMEN.	24
INTRODUCCIÓN.	27
REVISIÓN EXPLORATORIA DE LA SITUACIÓN DE LA RESERVA Y TRANSFUSIÓN.	27
<i>La sangre como tejido y su capacidad de transporte de oxígeno.</i>	29
<i>Transfusión.</i>	31
Razones para una transfusión.	31
Efectos nocivos de una transfusión.	32
Transfusión y resultados.	35

El precio de una transfusión.	36
<i>Anemia preoperatoria</i>	38
Incidencia publicada de anemia preoperatoria en neurocirugía.	39
Efecto de la anemia en pacientes neuroquirúrgicos.	40
Efecto de la anemia en cirugía craneal	40
Efecto de la anemia en cirugía espinal.	41
<i>Ferropenia no anémica preoperatoria</i>	42
<i>Reserva preoperatoria de sangre</i>	43
Creación de modelos para la reserva y la transfusión.....	47
Evaluación de la calidad de la reserva y transfusión.....	49
<i>En resumen</i>	52
ANTECEDENTES	54
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.	70
HIPÓTESIS	71
OBJETIVOS	71
PRINCIPALES:	71
OBJETIVOS SECUNDARIOS	71
METODOLOGÍA	72
IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE MEJORA.....	72
<i>Elaboración del algoritmo de reserva</i>	73
<i>Actualización de los umbrales transfusionales</i>	74
<i>Identificar y establecer tratamiento para la anemia y la ferropenia preoperatoria</i>	75
<i>Disposición de un PoC</i>	81
ESTUDIOS.	82
<i>Primer estudio prospectivo</i>	83
<i>Segundo estudio prospectivo</i>	83
<i>Población</i>	84
Criterios de inclusión.	84

Criterios de exclusión.....	84
<i>Parámetros que fueron recogidos</i>	<i>85</i>
Antropométricos:.....	85
Comorbilidad:	85
Tratamientos crónicos:.....	86
Perfil alimentario:	86
Características administrativas de la analítica:	86
Determinaciones analíticas.....	86
Preoperatorios.	86
Intraoperatorio.	87
Postoperatorios.....	87
Motivo de la intervención.....	88
Otros parámetros registrados.	88
<i>Análisis de los datos.....</i>	<i>89</i>
Análisis de la reserva.	89
Evaluación cuantitativa de la reserva de sangre:	89
Análisis de la transfusión.....	89
Análisis cuantitativo:	89
Análisis cualitativo:	89
Idoneidad de la indicación de la transfusión intraoperatoria	89
Calidad de la transfusión realizada.....	90
Evaluación del algoritmo de reserva.....	91
Evaluación de la eficacia del algoritmo.....	91
Evaluación de la calidad del algoritmo:	91
Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan un contacto preoperatorio con el banco de sangre	92
Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre reservada.	94
Valoración de la eficacia de los nuevos umbrales transfusionales	95
Valoración de la anemia preoperatoria.	95
Estudio del gradiente de hemoglobina entre los momentos cero y basal.....	96
Tiempo en disponer de una analítica.....	97

Precio de la hemoterapia.....	98
RESULTADOS.....	99
PRIMER ESTUDIO PROSPECTIVO (AÑO 2021).....	99
<i>Datos poblacionales.</i>	99
<i>Clasificación de los pacientes según el protocolo</i>	100
<i>Reserva de concentrado de hematíes.</i>	102
Reserva de sangre preoperatoria.....	102
Reserva de sangre intraoperatoria.....	102
Análisis de la reserva.	102
Análisis global.....	102
Análisis por grupos patológicos.	103
<i>Transfusión.</i>	104
Parámetros cuantitativos de la transfusión.....	104
Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria.....	105
Relación entre transfusión y nivel de Hgb preoperatoria.	105
Distribución temporal de la transfusión en el perioperatorio.....	106
Análisis cuantitativo de la transfusión en 2021.	106
Análisis global.....	106
Análisis por grupos.....	108
Análisis cualitativo de la transfusión en 2021.	108
Idoneidad de la indicación de transfusión intraoperatoria :.....	108
Calidad de la transfusión realizada	108
<i>Reserva y transfusión pormenorizada por grupos patológicos en 2021.</i>	109
<i>Evaluación del algoritmo de reserva.</i>	111
Evaluación de la eficacia del algoritmo.	111
Datos globales	111
Datos por grupos patológicos.	112
Evaluación de la calidad del algoritmo.	113
Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisen un contacto preoperatorio con el banco de sangre.	113

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre cruzada y reservada.....	114
<i>Anemia</i>	116
<i>Perfil férrico</i>	118
<i>Demora en la obtención de las pruebas de laboratorio</i>	119
<i>Costo económico de la hemoterapia en 2021</i>	120
SEGUNDO ESTUDIO PROSPECTIVO (AÑO 2024).....	122
<i>Datos poblacionales</i>	122
Clasificación de los pacientes según el protocolo en 2024.....	124
<i>Reserva de concentrado de hematíes</i>	127
Análisis de la reserva.	127
Análisis Global.	127
Análisis por grupos patológicos	128
<i>Transfusión</i>	129
Parámetros cuantitativos de la transfusión en 2024.	129
Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria.....	131
Distribución temporal de las transfusiones.....	133
Distribución temporal de los Pacientes que recibieron una transfusión en 2024.	133
Distribución temporal de las unidades transfundidas en 2024.	133
Análisis cuantitativo de la transfusión en 2024.	134
Análisis global.....	134
Análisis por grupos.....	134
Análisis cualitativo de la transfusión en 2024.	135
Idoneidad de la indicación de la transfusión intraoperatoria.	135
Calidad de la transfusión realizada.	135
<i>Reserva y transfusión pormenorizada por grupos patológicos en 2024</i>	136
<i>Evaluación del algoritmo de reserva</i>	138
Evaluación de la eficacia del algoritmo.	138
Datos globales.	138
Datos por grupos patológicos.	139
Evaluación de la calidad del algoritmo.	140

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisen un contacto preoperatorio con el banco de sangre.	140
Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre cruzada y reservada.....	141
<i>Anemia en 2024.</i>	143
Clasificación de la anemia preoperatoria.	145
Tratamiento de la anemia por déficit de Fe.	146
<i>Ferropenia no anémica.</i>	147
<i>Diferencias (gradiente) entre la hemoglobina basal y cero</i>	148
<i>Costo económico de la hemoterapia en 2024.</i>	150
DISCUSIÓN.	152
ELABORACIÓN DE UN ALGORITMO DE RESERVA	152
<i>Objetivo del algoritmo de reserva</i>	152
<i>Condiciones mínimas de seguridad para la elaboración de un algoritmo</i>	154
<i>Algoritmo de reserva para el área de NC del HUC</i>	155
OPTIMIZACIÓN DE LOS UMBRALES DE TRANSFUSIÓN.	157
<i>¿Cuál es el umbral de transfusión óptimo?</i>	158
<i>¿Cuál es nuestro umbral transfusional?</i>	162
IDENTIFICAR Y ESTABLECER TRATAMIENTO PARA LA ANEMIA Y LA FERROPENIA PREOPERATORIA.	164
<i>Umbrales de Hgb para el diagnóstico de anemia</i>	164
DISPONER DE UN POC.....	165
ANÁLISIS DE LOS DATOS POBLACIONALES.	170
<i>Evolución de la clasificación en grupos según el algoritmo</i>	173
<i>Distribución por grupos.</i>	175
ANEMIA.	177
En cuanto a la notable diferencia en el aumento de la incidencia de la anemia postoperatoria por sexo, la explicación que nos parece más coherente es que	179
<i>Gradiente de Hgb basal-cero.</i>	184
Análisis estadístico de las causas de la presencia del gradiente basal cero.	187

Presencia de un gradiente superior o inferior a la media.	187
<i>Presencia de un gradiente superior o inferior a la media según el grupo patológico.</i>	<i>189</i>
Existencia de un gradiente basal-cero positivo.....	192
<i>Tipos de anemia.....</i>	<i>194</i>
<i>Anemia postoperatoria.....</i>	<i>197</i>
TRATAMIENTO DE LA ANEMIA Y DE LA FERROPENIA PREOPERATORIAS.	200
<i>Tratamiento de la anemia con déficit de Fe.</i>	<i>200</i>
<i>Tratamiento de la ferropenia no anémica.....</i>	<i>200</i>
<i>Condicionantes en los pacientes neuroquirúrgicos para el tratamiento preoperatorio de la anemia.....</i>	<i>201</i>
RESERVA DE CH.	208
<i>Análisis global.</i>	<i>208</i>
<i>Análisis por grupos.....</i>	<i>210</i>
TRANSFUSIÓN.	213
<i>Análisis cuantitativo.</i>	<i>213</i>
<i>¿Cuánto habríamos transfundido sin este programa?</i>	<i>214</i>
<i>¿Cuánto transfundimos a los que transfundimos?</i>	<i>215</i>
<i>¿Quién recibe más transfusiones?</i>	<i>216</i>
<i>Análisis temporal de la transfusión.</i>	<i>217</i>
<i>¿Cuánto transfundimos según el grupo en el que clasifica el algoritmo a los pacientes?</i>	<i>218</i>
<i>Análisis cualitativo de la transfusión.</i>	<i>219</i>
<i>Adecuación de la transfusión a los umbrales.....</i>	<i>219</i>
<i>Calidad de las unidades transfundidas.....</i>	<i>220</i>
ANÁLISIS DEL ALGORITMO PARA LA RESERVA EFICAZ	222
<i>Análisis de la eficacia del algoritmo</i>	<i>222</i>
<i>Análisis global</i>	<i>222</i>
<i>Razón de transfusión de pruebas cruzadas (relación C/T).....</i>	<i>222</i>
<i>Probabilidad de transfusión</i>	<i>227</i>
<i>Índice de transfusión.</i>	<i>229</i>
<i>Días de inmovilización.....</i>	<i>231</i>

Unidades desperdiciadas.	232
Probabilidad de no uso.	233
Análisis por grupos patológicos.	234
<i>Exactitud del algoritmo.</i>	237
Exactitud para determinar si un paciente precisa contacto con el BS.....	237
Exactitud del algoritmo para clasificar a los pacientes en CR y GAI.	240
ANÁLISIS DEL EFECTO ECONÓMICO DEL PROGRAMA.	244
INCUMPLIMIENTOS DEL PROTOCOLO EN 2024 (EL EJÉRCITO DE PANCHO VILLA).....	249
<i>Análisis comparativo del algoritmo frente a los casos con incumplimiento.</i>	252
LIMITACIONES DEL PROGRAMA.	255
BENEFICIOS DEL PROGRAMA.	257
CONCLUSIONES.	259
CONSECUENCIAS DEL PROGRAMA.	260
ABREVIATURAS USADAS.	261
GLOSARIO DE TÉRMINOS.	264

Índice de tablas.

• Tabla 1. Indicadores de la calidad en la reserva y transfusión.	51
• <i>Tabla 2. Descripción de los pacientes por grupos.</i>	<i>56</i>
• Tabla 3. Riesgo y probabilidad de transfusión en el área de NC del HUC en el año 2018. ...	60
• Tabla 4. Índice de transfusión y unidades administradas por paciente transfundido	61
• Tabla 5. Media de Unidades de CH reservadas y relación C/T	63
• Tabla 6. Distribución temporal de las transfusiones perioperatorias.	65
• Tabla 7. Distribución de la anemia por grupos según el sexo del paciente.....	67
• Tabla 8. Gasto en la reserva y transfusión de Concentrado de Hematíes	68
• Tabla 9. Tratamiento de la anemia preoperatoria según el tipo de anemia.	77
• Tabla 10. Instrucciones para la correcta prescripción del tratamiento de la anemia preoperatoria.....	77
• Tabla 11. Tabla de dosificación de Fe carboximaltosa intravenoso.	78
• Tabla 12. Tratamiento de la anemia preoperatoria en el área de NC del HUC.....	79
• Tabla 13. Análisis cuantitativo de la reserva sanguínea en 2021.....	103
• Tabla 14. Distribución de las unidades transfundidas según sexo y grupo etario en 2021	105
• Tabla 15. Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria en 2021.....	105
• Tabla 16. Distribución temporal de las transfusiones en 2021.	106
• Tabla 17. Análisis cuantitativo de la transfusión en 2021.....	108
• Tabla 18. Parámetros de la reserva y transfusión por grupos patológicos en 2021.....	110
• Tabla 19. Parámetros para la evaluación de la eficacia del algoritmo por grupos en 2021	112
• Tabla 20. Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo.....	113
• Tabla 21. Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo.	114
• Tabla 22. Distribución de la anemia durante el proceso perioperatorio en 2021.	117
• Tabla 23. Incidencia de la anemia perioperatoria por grupos en 2021.....	117
• Tabla 24. Perfil férrico de los pacientes anémicos en el momento cero en 2021	118

• Tabla 25. Tiempo en minutos para el procesamiento de muestras en el laboratorio	119
• Tabla 26. Distribución del gasto en hemoterapia en 2021.	120
• Tabla 27. Análisis cuantitativo de la reserva de CH en 2024.	128
• Tabla 28. Distribución de los CH transfundidos según el sexo y la edad en 2024.....	129
• Tabla 29. Reserva y transfusión según los grupos de clasificación del algoritmo.....	132
• Tabla 30. Análisis cuantitativo de la transfusión en 2024	134
• Tabla 31. Reserva y transfusión por grupos patológicos en 2024.	137
• Tabla 32. Parámetros para la evaluación de la eficacia dl algoritmo por grupos en 2024.	139
• Tabla 33. Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024 ..	140
• Tabla 34. Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024.	141
• Tabla 35. Prevalencia de anemia en la VPA en 2024.....	144
• Tabla 36. Evolución de la anemia en el perioperatorio en 2024.	144
• Tabla 37. Clasificación etiológica de la anemia en la VPA en 2024.	145
• Tabla 38. Tratamiento de la anemia por déficit de Fe en 2024.	146
• Tabla 39. Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia preoperatoria.	147
• Tabla 40. Medidas estadísticas del gradiente entre hemoglobina basal y cero.	149
• Tabla 41. Distribución del gasto en hemoterapia en el año 2024	150
• Tabla 42. Tipos de peticiones al banco de sangre y sus tiempos de respuesta.	154
• Tabla 43. Cálculo de la volemia basado en la regla de los cinco.....	156
• Tabla 44. Población total acumulada en el proyecto.....	172
• Tabla 45. Distribución de la población por grupos a lo largo del proyecto	175
• Tabla 46. Pacientes anémicos en el área de NC del HUC en 2018	178
• Tabla 47. Gradiente entre los valores Hgb basal y Hgb cero en 2021.....	184
• Tabla 48. Comparación del gradiente basal cero entre los años 2021 y 2024.	187
• Tabla 49. Gradiente basal-cero superior o inferior a la media frente a las variables dicotómicas.	188
• Tabla 50. Gradiente basal- cero superior o inferior a la media frente a las variables continuas.	189

• Tabla 51. Test Chi-cuadrado para presentar un gradiente superior o inferior a la media frente a pertenecer a algún grupo patológico.	189
• Tabla 52. Existencia de un gradiente basal-cero frente a la variable dicotómica sexo.	192
• Tabla 53. Distribución por sexo en los distintos grupos patológicos del año 2024	193
• Tabla 54. Tratamiento de la anemia por déficit de Fe.	200
• Tabla 55. Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia no anémica	200
• Tabla 56. Evolución de la MURP por grupos a lo largo del programa.	211
• Tabla 57. TrM y RT por grupos de edad en 2021 y 2024.	216
• Tabla 58. Evolución de los parámetros de calidad en la reserva transfusional a lo largo del programa.....	234
• Tabla 59. Parámetros de calidad en la reserva y transfusión a partir del estudio de Oliveira.	235
• <i>Tabla 60. Evolución del algoritmo para identificar la necesidad de contacto con BS</i>	<i>238</i>
• Tabla 61. Evolución de la exactitud del algoritmo para identificar la necesidad de CR frente a GAI	241
• Tabla 62. Tabla de contingencia del hipotético algoritmo ideal.	242
• Tabla 63. Gasto en hemoterapia pormenorizado por conceptos y años.....	247
• Tabla 64 Gasto en hemoterapia en los años 2018 y 2021 actualizados a los precios de 2024.	247
• Tabla 65. Detalles de los incumplimientos del protocolo en 2024.	250
• Tabla 66. Pacientes transfundidos de aquellos en los que se incumplió el algoritmo.	251
• Tabla 67.Comparativa de la eficacia del algoritmo frente a los casos con incumplimiento	252
• Tabla 68. Comparativa del gasto en hemoterapia entre el algoritmo y los casos con incumplimiento.	253
• Tabla 69.Estimación de la volemia basada en la regla de los cinco.	270

• Índice de Gráficos.

• Gráfico 1. Distribución de los casos por grupos en 2018.	59
• Gráfico 2. Reserva y Transfusión por grupos.	64
• Gráfico 3. Distribución temporal de las transfusiones en el área de NC del HUC en el año 2018.....	66
• Gráfico 4. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia en el área de NC del HUC en el año 2018	68
• Gráfico 5. Distribución de los casos por grupos en el estudio de 2021.	100
• Gráfico 6. Distribución porcentual de los pacientes según el protocolo en 2021	100
• Gráfico 7 División por sexo de los grupos en base al algoritmo año 2021	101
• Gráfico 8. Porcentaje de pacientes transfundidos de cada grupo etario en 2021.	104
• Gráfico 9. Distribución porcentual de gasto en hemoterapia en 2021.....	121
• Gráfico 10. Distribución de los pacientes por sexo en 2024	123
• Gráfico 11. Distribución por grupos patológicos en 2024.....	123
• Gráfico 12. Distribución porcentual de los pacientes según el protocolo en 2024.....	124
• Gráfico 13. Clasificación inicial de los pacientes que llegaron a quirófano siendo CR en 2024.....	125
• Gráfico 14. Distribución de los pacientes por sexo y edad dentro de los grupos determinados por el protocolo en 2024.....	126
• Gráfico 15. Unidades de CH reservados según el grupo determinado por el protocolo en 2024.....	127
• Gráfico 16. Distribución porcentual por sexo y edad de los pacientes transfundidos en 2024	129
• Gráfico 17. Distribución porcentual de los CH transfundidos en 2024.....	130
• Gráfico 18. Distribución de la transfusión según la relación con el banco de sangre	131
• Gráfico 19. Distribución temporal perioperatoria de los pacientes que recibieron una transfusión en 2024	133

• Gráfico 20. Distribución perioperatoria de las unidades transfundidas en 2024.....	133
• Gráfico 21. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia en 2024.....	151
• Gráfico 22. Evolución de la clasificación por relación de los pacientes con el banco de sangre.	173
• Gráfico 23. Comparación evolutiva de los porcentajes por grupos patológicos	176
• Gráfico 24. Evaluación de la incidencia de la anemia perioperatoria por sexos en 2021.	180
• Gráfico 25. Evolución perioperatoria de la incidencia de la anemia en 2024.	182
• Gráfico 26. Distribución de los tipos de anemia en la analítica cero en 2021.	195
• Gráfico 27. Distribución de los tipos de anemia en la analítica basal en 2024.....	196
• Gráfico 28. Pacientes con déficit de Fe tratados y no tratados en 2024.	206
• Gráfico 29. N.º de unidades reservadas y estimación de las que hubieran sido reservadas con MURP anteriores.	209
• Gráfico 30. Evolución temporal de la MURP por grupos.	212
• Gráfico 31. N.º de unidades transfundidas y estimación de las que hubieran sido transfundidas.	214
• Gráfico 32. Unidades transfundidas según el periodo perioperatorio.	217
• Gráfico 33. Índices de adecuación de la cantidad transfundida.	219
• Gráfico 34. Evolución de la relación C/T en el área de NC del HUC	222
• Gráfico 35. Comparativa histórica y con la literatura de la relación C/T	226
• Gráfico 36. Evolución de la PT en el área de NC del HUC	227
• Gráfico 37. Comparación histórica y con la literatura de la PT.	228
• Gráfico 38. Evolución del IT en el área de NC del HUC	229
• Gráfico 39. Comparativa histórica y con la literatura de la IT.	230
• Gráfico 40. Evolución temporal de los días de inmovilización.	231
• Gráfico 41. Días de inmovilización por paciente al que se le reserva sangre.	231
• Gráfico 42. Comparación histórica del n.º de unidades desperdiciadas.....	232
• Gráfico 44. Evolución de la PT por grupos patológicos a lo largo del proyecto.	236

- Gráfico 43. Evolución de la relación C/T por grupos patológicos a lo largo del proyecto. 236
- Gráfico 45. Evolución del IT por grupos patológicos a lo largo del proyecto. 237
- Gráfico 46. Evolución de la exactitud para determinar la necesidad de consulta preoperatoria con el BS 239
- Gráfico 47. Evolución temporal para determinar la exactitud de CR frente a GAI. 241
- Gráfico 48. Gasto en hemoterapia por paciente intervenido con precios actualizados a 2024 245
- Gráfico 49. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia por años..... 246
- Gráfico 50. Distribución de los gastos en hemoterapia entre el algoritmo y los casos con incumplimiento. 253

Índice de imágenes.

• Imagen 1. Diagrama PRISMA de la revisión exploratoria 2025.....	28
• Imagen 2. Evolución temporal del índice de donación en España.....	36
• Imagen 3. Niveles de Reserva en los distintos grupos a finales de 2025 en Euskadi..	37
• <i>Imagen 4. Algoritmo de reserva y transfusión en el área de NC del HUC.</i>	<i>74</i>
• Imagen 5. Algoritmo diagnóstico de la anemia.	76
• Imagen 6. Algoritmo diagnóstico de la ferropenia.	80
• Imagen 7. Algoritmo de tratamiento de la ferropenia.	80
• Imagen 8. HEMOCUE Hb 201+	81
• Imagen 9. N.º de estancias hospitalarias y en UCI en el periodo 2020-2021.....	170
• Imagen 10 Restricciones a los tratamientos de la anemia según la anatomía patológica de presunción.	206
• Imagen 11. QR de la herramienta de Tunthanathip et al	224

Índice de ecuaciones.

• Ecuación 1.Ecuación de la capacidad de transporte de oxígeno de la Hgb.....	30
• Ecuación 2. Ecuación del contenido arterial de oxígeno.....	30
• Ecuación 3. Sensibilidad.....	93
• Ecuación 4. Especificidad	93
• Ecuación 5. Valor predictivo positivo	93
• Ecuación 6. Valor predictivo negativo.....	93
• Ecuación 7 .Máximo sangrado tolerable.....	156
• Ecuación 8.Porcentaje de pérdida hemática admisible.....	157

Presentación.

Título.

Programa de optimización de la reserva y transfusión sanguínea en neurocirugía.

Autor.

Fernando Iturri Clavero.

Universidad.

Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU).

Año.

2025.

Director de la tesis.

Dr. Prof. Ignacio García-Alonso Montoya.

Codirector

Dr. Prof. Iñigo C. Pomposo Gaztelu.

Dedicatoria.

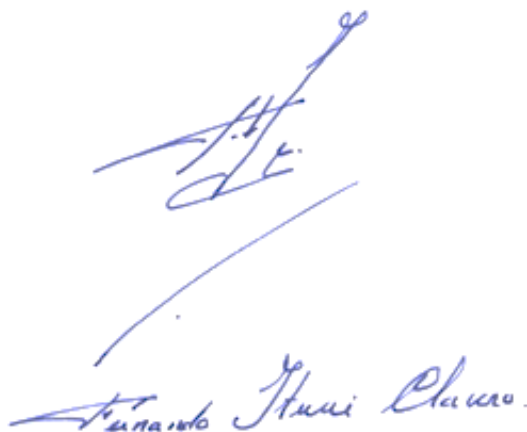
Solo nos es posible debatir sobre ciencia, jamás acerca de las creencias de un individuo. La ciencia es el mayor tesoro colectivo de la humanidad. Al haber eliminado el factor de la necesidad de la fe, imprescindible para profesar cualquier creencia, hace que ninguna verdad pueda considerarse inamovible o eterna. Por lo cual, nos exige estar dispuestos a evaluar cualquier concepto etiquetado como cierto. El eliminar la necesidad de creer sin ver nos convierte en dueños y responsables de nuestra vida individual, de la de nuestra especie y de la supervivencia de nuestro mundo. Nos destrona del derecho a aprovecharnos de este o de cualquier otro planeta, y nos hace únicos responsables de nuestros actos. La ciencia, si lo es de verdad, no niega la existencia de nada o de nadie; ya evaluará, ya analizará, ya establecerá su hipótesis, ya reevaluará...

La medicina es una ciencia construida, como todas, sobre la base de los conocimientos anteriores, pero evaluándolos y reafirmando o refutándolos. Nuestros conocimientos actuales se deben a cientos de generaciones de médicos científicos que, además de su amor por la vida humana y su sensibilidad con el sufrimiento, han sabido sobreponerse a las creencias de su entorno social o temporal. Gracias al esfuerzo y al sacrificio de muchos, se han establecido verdades, que han sido corroboradas y son comprobables, permitiendo a la más humana de las ciencias avanzar día a día. El precio pagado para ello ha sido muy alto; muchos perdieron la vida a manos de los que establecían sus creencias como verdades indiscutibles, aunque no fueran comprobables, o directamente fueran

mentiras demostrables. Otros muchos han entregado su vida, contagiados por aquellos a los que jamás dejaron de atender.

No recuerdo ni un solo día en mi vida que no haya deseado ser médico. Me siento orgulloso de serlo y de poder practicar día a día esta maravillosa profesión. Cada día me asombro con sus avances, y cada día admiro a quienes la ejercen con respeto al sufrimiento humano, cuyo alivio es la razón de existir de nuestra profesión. La medicina ha sido y es: mi vocación, mi profesión, mi afición, y el refugio que me permite olvidar, o por lo menos minimizar, mis propias angustias vitales.

Quiero dedicar mi tesis doctoral en medicina a: mis padres (Juan Antonio y Gloria) que me regalaron raíces y alas: las primeras para saber construir mi nido vital en una rama firme y las segundas para que me llevaran a donde yo quisiera ir; a Begoña Bello, por aceptar ser, y por ser mi compañera en la vida, “en lo bueno y en lo malo”; a Jon y Genar, mis hijos, la única obra que dejaré en esta tierra; también a todos aquellos que me enseñaron y me enseñan, con todo lo que implica la palabra; a los que me apoyaron y me apoyan; y por último, a los que me han hecho fácil el camino de la vida con su amistad.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized monogram 'F.I.C.' above a horizontal line, followed by the full name 'Fernando Iturri Clavero' written in a cursive script.

Agradecimientos.

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración desinteresada de muchas personas. Quiero plasmar por escrito mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Prof. Ignacio García-Alonso Montoya, por aceptar dirigir este trabajo y por estar siempre dispuesto y disponible.

A los jefes de los servicios de Anestesiología y Reanimación (Alberto Martínez), Neurocirugía (Íñigo Pomposo) y Hematología (Juan Carlos García) del HUC, por facilitar este trabajo.

A todos los médicos del Servicio de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor del Hospital Universitario Cruces, pero en especial a: Karmele de Orte, Julia Herrera, Andrea García, Gontzal Tamayo, Iñaki Bilbao, María Hernández y Covadonga Peralta, por todo el trabajo en la recogida de datos y por su apoyo constante a lo largo de los años de este proyecto. También, como no, a Natalia Lekerika por su inestimable ayuda con la estadística.

A todos los médicos del servicio de Neurocirugía de nuestro hospital: Alejandro Carrasco, Garazi Bermúdez, Javier Altamirano, Gaizka Bilbao, Gregorio Catalán, Edurne Ruiz de Gopegui, Lara Galbarriatu, Jone Iglesias, Guillermo Carbayo, Soraya González, Ana Tomás-Biosca, Carla Mora, Pablo de la Fuente, Iñigo Sistiaga, Marina Fidalgo y Leonel Soriano, por el trabajo realizado, adaptándose a cada cambio que el proyecto les ha impuesto.

A Amaia Uresandi, médico adjunto del Servicio de Hematología del HUC, por su gran colaboración.

Al Dr. José Ignacio Pijoan y a Amaia Martínez, que desde el comité de ética del HUC han mostrado siempre colaboración y paciencia en los distintos periodos de este estudio.

A todas las enfermeras y enfermeros que han realizado su trabajo en el quirófano de Neurocirugía en este largo periodo. Aunque en un periodo tan prolongando han trabajado en nuestra área muchos profesionales de la enfermería, no puedo dejar de mencionar, por su colaboración imprescindible para recoger los datos, a: Begoña Aguilar, Elena Omañas, Itziar García, Icíar Prellezo, Inmaculada Merino, Begoña Gracia, Natacha Belloso, Noemí Alaiz, Isabel Romera, David González, Ibai Ascacibar, Naiara Aguariste, Nere López, Aroa Sainz, Eva Aguirre, Eva Valcárcel, María José Lorenzo, María Díaz, Fernando Medina, Nieves Nieto, Patricia Pedrero e Irune Olabarrieta.

A las auxiliares de enfermería: Dorleta Irazu, Virginia Contreras, M.^a Jesús Hernando, porque siempre había todo lo que necesitábamos.

A los celadores, en especial a Javier Corres, Pedro Gómez y Amaia Vega, por tantos paseos adicionales.

A las secretarias del servicio de Neurocirugía: María Jesús (Txus) Iglesias, Ana Llamas y M.^a. Begoña de Antolín, por su disposición y por hacer fáciles los aspectos más farragosos, del día a día de este proyecto.

Al Dr. Antonio Martínez, un amigo del alma que me ha regalado la neuroanestesia, por su opinión. Gracias a ella, un proyecto que nació con el único fin de mejorar el proceso asistencial se ha convertido en mi tesis doctoral.

A Genar Iturri, estudiante del grado de Física en la EHU, además de mi hijo menor, por el desarrollo del programa informático que facilita la implementación de nuestro algoritmo.

A Jon Iturri, mi hijo mayor, por hacer del texto de esta tesis un documento más legible con su corrección de estilo.

Resumen.

A finales de 2018, teníamos la sospecha de que el sistema aplicado para la reserva de sangre preoperatoria en el área de neurocirugía del Hospital Universitario Cruces (HUC) era ineficaz, y que las tasas de transfusión perioperatoria eran excesivas. Por otro lado, en esa fecha, desconocíamos la prevalencia real de la anemia preoperatoria en nuestros pacientes. Con el fin de describir con precisión la situación real y poderla comparar con la literatura médica, realizamos un estudio retrospectivo. Este estudio incluyó a los pacientes intervenidos en nuestra área a lo largo de 2017, para los que se había hecho una reserva de sangre preoperatoria. Los resultados, como habíamos supuesto, demostraron una bajísima eficacia en la reserva de sangre y un elevado riesgo de recibir una transfusión. El estudio, aunque sin aclararnos la etiología, nos permitió conocer la incidencia de la anemia preoperatoria. Además, puso de manifiesto el elevado coste económico de la hemoterapia en el proceso asistencial de los pacientes intervenidos en el área de NC del HUC.

Una vez documentada nuestra situación de partida y con la hipótesis de que el desarrollo y establecimiento de un sistema racional para la reserva preoperatoria y la transfusión perioperatoria, junto con el tratamiento de la anemia preoperatoria mejoraría la eficacia en la reserva de sangre, reduciría el porcentaje de pacientes transfundidos y aminoraría los costes de la hemoterapia, confrontamos nuestros datos a la literatura médica e identificamos cuatro puntos de mejora en nuestra práctica clínica. Debíamos actualizar los umbrales transfusionales; crear un algoritmo de reserva eficaz de sangre y disponer de un sistema de control analítico

en el área quirúrgica. (POC¹) Por último, debíamos incorporar un programa de identificación y optimización de la anemia preoperatoria.

Elaboramos el algoritmo y establecimos los nuevos umbrales transfusionales, incorporando ambas medidas a nuestra práctica clínica a mediados de 2019. Las otras dos medidas tuvieron que ser diferidas. Una, debido a que queríamos conocer la etiología de la anemia preoperatoria en nuestros pacientes, para que el tratamiento se ajustara a nuestra situación. En relación con disponer de un POC, la dotación de material depende de la gerencia del centro. Evaluamos la eficacia de las dos medidas mediante un estudio prospectivo que realizamos a lo largo de 2021. En dicho estudio evaluamos adicionalmente la etiología de la anemia preoperatoria en nuestros pacientes. La revisión de los datos mostró una gran mejoría en la eficacia de la reserva, aunque sin alcanzar las cifras consideradas internacionalmente como óptimas. Se redujo drásticamente el riesgo de recibir una transfusión y se generó un notable beneficio económico. Además, se demostró la ineficacia de las analíticas centralizadas como guía para la transfusión durante una hemorragia quirúrgica. Esto reforzó nuestra demanda a la gerencia para disponer de un POC. Un dato inesperado de este estudio fue que la incidencia de anemia preoperatoria se duplicaba entre la visita preanestésica y el momento de la inducción anestésica, sin una razón aparente.

Con los datos del estudio prospectivo, incorporamos una serie de cambios en nuestra práctica: el primero fue redefinir el umbral para diagnosticar una anemia

¹ En el caso de los sistemas de analítica fuera del laboratorio (denominados en las publicaciones internacionales como Point of Care) he optado por este acrónimo.

perioperatoria en el grupo de pacientes del sexo femenino. Incorporamos algoritmos para la identificación y el tratamiento de la anemia y de la ferropenia preoperatoria. Por último, cambiamos la gestión de la reserva de sangre, que pasó a hacerse en el preoperatorio inmediato. Las mejoras descritas fueron aplicadas a mediados de 2023.

En diciembre de 2023 iniciamos un nuevo estudio prospectivo para analizar la eficacia de las medidas adoptadas y tratar de identificar la causa de la diferencia entre la incidencia de anemia en la visita preanestésica y el momento de la inducción. Los resultados del estudio muestran que hemos alcanzado los umbrales internacionalmente reconocidos para considerar que se realiza una reserva eficaz. Además, hemos reducido el riesgo de transfusión de nuestros pacientes. El proyecto ha generado un notable ahorro económico asociado a evitar gastos innecesarios. Por último, hemos elaborado un programa informático que simplifica el cumplimiento de los algoritmos, tanto el de reserva como el de identificación y tratamiento de la anemia.

Introducción.

Revisión exploratoria de la situación de la reserva y transfusión.

Realizamos una revisión sistemática exploratoria (*scoping review*) en PUBMED con el fin de identificar literatura médica publicada que pudiera estar relacionada con nuestra investigación. Para ello, buscamos artículos que incluyeran combinaciones de los términos "Neurosurgery" o "Neurosurgical procedures" con los términos: "*transfusion rate*", "*transfusion probability*", "*transfusion index*", "*crossmatch to transfusion rate*", "*preoperative overordering of blood*", "*preoperative surgical blood ordering*", "*Preoperative crossmatching*", "*surgical blood ordering*", "*Maximum surgical ordering*", "*Blood grouping*", "*crossmatching*", "*Efficiency of blood transfusion*", "*blood transfusion quality*". También hicimos búsquedas combinando los términos: "blood bank" "Blood utilization" "quality indicators" "Blood grouping and crossmatch", "Blood Requisition" Blood Utilization, "blood transfusion quality indicators". Las distintas búsquedas, veinte en total, fueron acotadas a la especie humana, a un intervalo de tiempo de 10 años, y al inglés, con la excepción de "Preoperative crossmatching AND neurosurgery" que no tuvo acotaciones temporales.

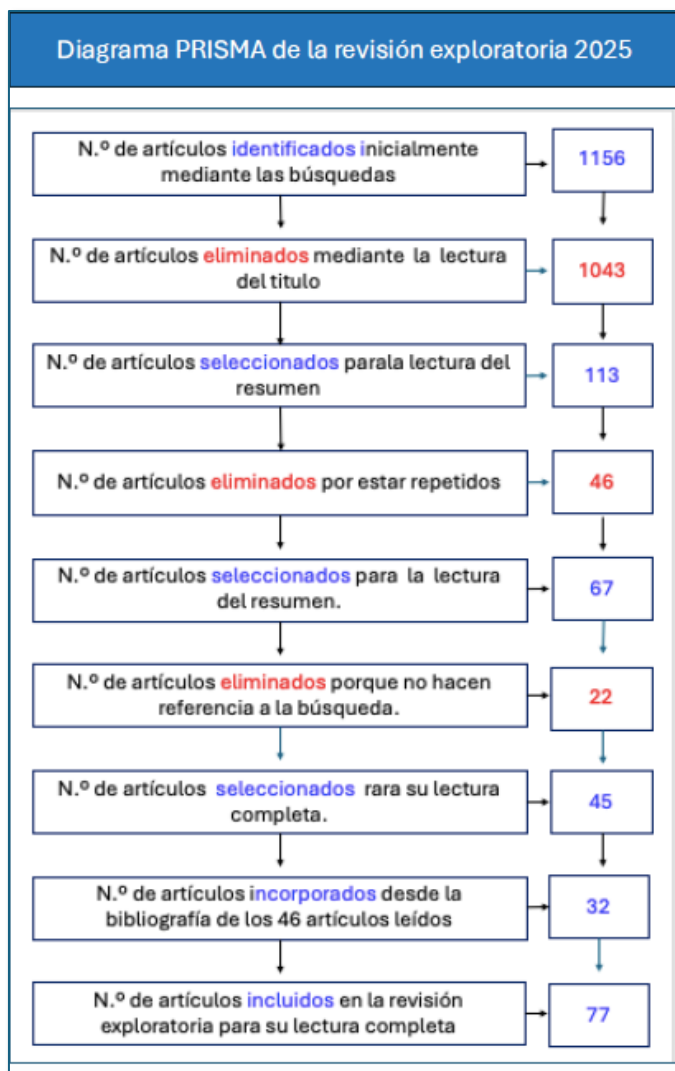


Imagen 1. Diagrama PRISMA de la revisión exploratoria 2025.

Inicialmente, como podemos ver en el diagrama Prisma de la imagen 1, fueron identificados 1156 artículos. La lectura de los títulos limitó la selección a 113, descartando los demás debido a que ya en el título no hacían referencia al objeto de la búsqueda. De los 113 artículos seleccionados, fueron descartados 46 por estar repetidos. Se procedió a la lectura de los resúmenes de

los 67 artículos restantes. Se descartaron 22 por no hacer referencia al objeto de la búsqueda. Finalmente, se procedió a la lectura de 45 artículos de forma completa. La lectura hizo que incorporáramos otros 32 artículos, que consideramos interesantes entre las referencias bibliográficas citadas en ellos. El total de artículos incluidos en esta revisión exploratoria fue 77⁽¹⁻⁷⁷⁾. Realizaremos un resumen de los conocimientos de cada área de interés por separado para facilitar la lectura y la comprensión.

La sangre como tejido y su capacidad de transporte de oxígeno.

La sangre es un tejido conectivo líquido que constituye, aproximadamente, el 8 por ciento del peso corporal de un adulto. Como el resto de los tejidos orgánicos, está formada por elementos celulares y una matriz extracelular. Los elementos celulares, o elementos formes, incluyen glóbulos rojos (células anucleadas y principales responsables del transporte de oxígeno), glóbulos blancos y fragmentos de células llamados plaquetas. La matriz extracelular, el plasma, que está constituido principalmente por agua, suspende a los elementos formes y les permite circular por todo el cuerpo a través del sistema cardiovascular. La función principal de la sangre, como tejido conectivo, es el transporte de sustancias. Entre ellas destaca el oxígeno (O_2), debido a la necesidad que tiene nuestro organismo, y en especial el sistema nervioso central, de un aporte continuo del mismo.

Según la ley de Henry², la concentración de un gas en solución depende de la presión y de la solubilidad. El oxígeno **no** se disuelve fácilmente en agua; así, a 37°C, cada ml de plasma es capaz de transportar 0,00003ml de O_2 por cada mm Hg de presión de arterial oxígeno (PaO_2). Con una PaO_2 de 100 mmHg³, por cada ml de sangre se transportan 0,003ml de O_2 disueltos. Si consideramos que aproximadamente el consumo de O_2 de un adulto en reposo es de 200-300 ml. minuto⁻¹. Con la cantidad de O_2 disuelto en plasma sería preciso un gasto cardiaco de entre 66,66 y 100 litros. minuto⁻¹ para poder satisfacer el consumo orgánico de una manera eficaz. Estas cifras evidencian la existencia en la sangre de un

² La Ley de Henry establece que, a temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido.

³ Una PaO_2 de 100 mm Hg es la presión arterial de oxígeno máxima, que en condiciones óptimas de intercambio y de relación ventilación perfusión, podemos tener respirando aire ambiente a la orilla del mar

transportador para el oxígeno muy eficaz. Este transportador no es otro que la hemoglobina (Hgb). La capacidad máxima de transportar oxígeno de cada gramo de Hgb es de 1,34 ml. Sin embargo, en condiciones fisiológicas la Hgb no se satura al 100 % de O₂, sino que lo hace en un porcentaje menor (97-99 %). La capacidad de transporte de O₂, expresada en ml unido a cada gramo de Hgb, se expresa por la ecuación 1, siendo VO₂ el volumen de oxígeno y SatO₂ el porcentaje de saturación de la Hgb.

$$VO_2 = 1,34 \times SatO_2$$

Ecuación 1. Ecuación de la capacidad de transporte de oxígeno de la Hgb

El contenido arterial de O₂ (CaO₂), es decir, los mililitros de oxígeno que cada ml de sangre es capaz de transportar, es el resultado del sumatorio del O₂ unido a la Hgb y del transportado disuelto en plasma arterial. El CaO₂ viene expresado en la ecuación 2, donde SatO₂ es el porcentaje de saturación de oxígeno de la Hgb, expresado en porcentaje; Hgb, los gramos de hemoglobina por ml de sangre; y PaO₂, la presión arterial de oxígeno expresada en mm Hg.

$$CaO_2 = (1,34 \times SatO_2 \cdot Hgb) + (0,003 \times PaO_2)$$

Ecuación 2. Ecuación del contenido arterial de oxígeno.

Si calculamos según la ecuación 2, la capacidad de transporte (DaO₂) para un paciente modelo (Hgb = 15 g.dl⁻¹, PaO₂ de 100 mmHg y SatO₂ del 97 %.)

$$DaO_2 = \left(\frac{1,34 \times 15 \times 97}{100} \right) + (0,003 \times 100)$$

DaO₂ = (19,497ml/dl) + (0,3ml/dl) = 19,797ml. dl⁻¹. Con ello, podemos concluir que tan solo el 1,5% del O₂ es transportado disuelto en plasma. En consecuencia,

una pérdida hemática (reducción de Hgb) de suficiente entidad supondrá una limitación fundamental para el transporte de oxígeno.

Transfusión.

La transfusión sanguínea es el procedimiento mediante el cual se administra sangre o componentes de esta directamente en el torrente sanguíneo de un paciente. Se puede administrar sangre donada por otro paciente (transfusión alogénica) o bien sangre del propio paciente extraída con anterioridad y almacenada (transfusión autóloga). En su forma más habitual, la transfusión alogénica, es una forma de trasplante, ya que transferimos este tejido conectivo o una parte de este, desde un donante a un paciente. De hecho, la transfusión sanguínea es el trasplante más frecuentemente realizado en el mundo.

Razones para una transfusión

La producción de un líquido que imite todas las funciones de la sangre sigue siendo hoy en día, un sueño maravilloso. La sangre humana es la única fuente de la que disponemos de eritrocitos, el principal transportador de O_2 ⁽⁷⁸⁾. Las transfusiones son, en consecuencia, un tratamiento insustituible para poder incrementar de un modo rápido la capacidad de transporte de oxígeno durante una hemorragia aguda o en casos de anemia grave⁽²¹⁾. De hecho, la transfusión es el tratamiento más rápido para la anemia⁽⁴⁵⁾. Antes de que se desarrollara la capacidad de transfundir sangre de forma segura a principios del siglo XX, la pérdida de sangre intraoperatoria era, como en otras cirugías, una de las principales causas de la morbilidad y la mortalidad perioperatorias en neurocirugía⁽⁷⁹⁾.

Efectos nocivos de una transfusión

La capacidad de transfundir hemoderivados hace posible la realización de múltiples intervenciones quirúrgicas. Sin embargo, como todo tratamiento, las transfusiones se asocian a numerosas complicaciones y efectos secundarios. Las transfusiones se han asociado, independientemente de la presencia de factores de confusión, como las características demográficas, el equipo de atención médica, la infraestructura hospitalaria y las condiciones del paciente⁽⁶⁸⁾, a un mayor riesgo de infección, a estancias hospitalarias más prolongadas y a mayores tasas de morbilidad y mortalidad. Entre las complicaciones que han sido relacionadas con una transfusión destacan:

Complicaciones infecciosas. La transfusión sanguínea es capaz de transmitir bacterias, virus y protozoos. Aunque las prácticas actuales de los bancos de sangre han reducido esta posibilidad hasta hacerla prácticamente anecdótica⁽⁷⁹⁻⁸¹⁾ todavía, ocasionalmente, son publicados casos de transmisión de patógenos por vía transfusional⁽⁸²⁾. Otro tipo de complicación infecciosa relacionada con la transfusión es la contaminación bacteriana de alguna unidad durante su procesamiento. El riesgo de sepsis asociada a la transfusión debido a la transmisión de bacterias es un problema persistente en el ámbito transfusional, aunque sobre todo relacionado con la transfusión de plaquetas. A pesar de las numerosas intervenciones para reducir el riesgo, se notifican repetidamente casos de sepsis bacteriana tras la transfusión⁽⁸¹⁾.

Reacción transfusional febril no hemolítica. Su incidencia ha sido cifrada en el 1%⁽⁷⁹⁾. Clínicamente, generan un aumento de, al menos, 1°C, pudiendo acompañarse de rigidez e hipertensión transitoria⁽⁷⁹⁾.

Reacciones transfusionales hemolíticas. Se han descrito dos formas: la aguda y la diferida. La primera, con una incidencia estimada del 0,003 %⁽⁷⁹⁾, está mayoritariamente en relación a errores en la compatibilidad de los grupos ABO. La forma diferida se produce por la reexposición a un antígeno eritrocítico al que el receptor ha estado previamente sensibilizado⁽⁷⁹⁾. Aunque minimizada por la determinación de anticuerpos irregulares por parte de los bancos de sangre, es, aun así, posible especialmente en procesos quirúrgicos que precisen múltiples transfusiones de sangre a lo largo del tiempo⁽⁷⁹⁾.

La lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (TRALI). Es la principal causa de mortalidad relacionada con transfusiones de sangre alogénica en Estados Unidos⁽⁷⁹⁾. Entre un 4 y un 34 % de las muertes relacionadas con transfusiones han sido atribuidas a TRALI⁽⁸³⁾.

Sobrecarga circulatoria asociada a la transfusión (TACO). Es la complicación pulmonar más frecuente de la transfusión. La frecuencia estimada de TACO varía desde 1% en los informes de hemovigilancia, pasando por un 8 % en pacientes ancianos posoperatorios, hasta 11% en pacientes críticos⁽⁸³⁾.

Aumento de la incidencia de trombosis venosas profundas. Así, en el estudio publicado por Yamal⁽⁶⁾ en pacientes con traumatismo craneoencefálico, se observó una mayor incidencia de eventos de trombosis venosa profunda usando un umbral de transfusión de 10 g. dl⁻¹ frente a aquellos cuyo umbral fue de 7 g. dl⁻¹. Del mismo

modo, ha sido descrita esta asociación entre transfusión y trombosis venosa profunda en cirugía vertebral⁽⁵⁸⁾.

Enfermedad de injerto contra huésped asociada a transfusiones. Es un efecto secundario, que aunque poco frecuente, puede ser mortal⁽⁷⁹⁾.

Reacción anafiláctica a la transfusión. Las reacciones anafilácticas a la transfusión tienen una incidencia estimada de 8 por cada 100.000 unidades de sangre transfundida⁽⁷⁹⁾.

Efectos inmunomoduladores La transfusión de glóbulos rojos puede causar inmunomodulación (denominamos así a una reducción de la efectividad de la inmunidad celular y de los sistemas de vigilancia inmunitaria del receptor inducida por la transfusión), lo que podría predisponer a la recurrencia del cáncer y a las infecciones^(18, 84-86). La evidencia disponible actualmente describe una asociación entre la transfusión perioperatoria de glóbulos rojos y la recurrencia del cáncer, pero en su mayoría, la evidencia es de baja o críticamente baja calidad, con un control mínimo de los factores de confusión residuales⁽⁸⁴⁾. Por otra parte, el efecto inmunomodulador puede incrementar el riesgo de infección; así, en el artículo de Falsetto et al⁽⁵²⁾ la transfusión en cirugía vertebral lumbar se asociaba a mayores tasas de complicaciones infecciosas.

Incremento del costo asistencial. Finalmente, la sobretransfusión quirúrgica también es motivo de preocupación para los gestores económicos de la atención médica. Esta preocupación deriva de la limitada disponibilidad de donantes, así como del elevado costo del procesamiento y conservación de la sangre. También, por último, del sobre costo provocado por los efectos secundarios de las transfusiones^(85, 87, 88).

A pesar de que los riesgos asociados a una transfusión son relativamente poco comunes, cuando se comparan con el riesgo de la isquemia de órgano diana con una transfusión insuficiente^(85, 89, 90), **debemos recordar que toda transfusión no indicada está realmente contraindicada.**

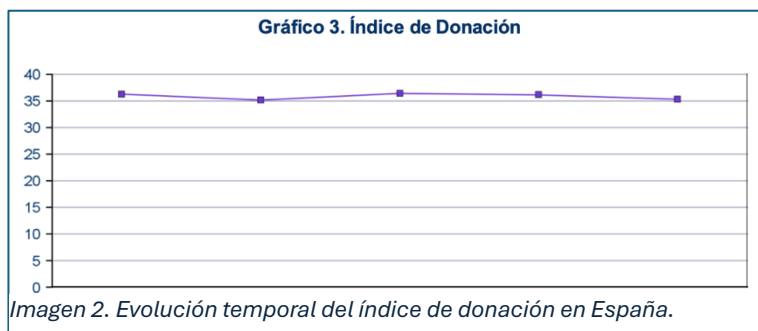
Transfusión y resultados

En cirugía craneal electiva, la administración de CH se asocia con una estancia hospitalaria más prolongada, una mayor tasa de complicaciones y una mayor tasa de mortalidad a los 30 días^(14, 68). Esto ha sido descrito en referencia a la cirugía para la exéresis de meningiomas, en los cuales el hecho de recibir una transfusión incrementaba la tasa de complicaciones posoperatorias y una mayor estancia hospitalaria⁽⁹¹⁾. Del mismo modo, en cirugía para exéresis de glioblastomas, la transfusión se asoció a mayor morbilidad postoperatoria^(64, 92). El impacto de la transfusión perioperatoria de glóbulos rojos en la supervivencia general en pacientes con glioblastoma fue analizado por Schneider et al⁽⁹²⁾. En un estudio retrospectivo en 240 pacientes sometidos a resección de glioblastoma multiforme, analizaron los resultados de administrar una transfusión de glóbulos rojos en el perioperatorio (5 días). En este estudio, la transfusión de glóbulos rojos perioperatoria afectó negativamente el resultado neurológico funcional y la supervivencia general en pacientes con glioblastoma⁽⁹²⁾. También se han descrito mayor tasa de infecciones y mayor morbilidad en los pacientes sometidos a cirugía lumbar que son transfundidos^(52, 58).

El precio de una transfusión.

El hecho de que en nuestro país la sangre sea donada de forma altruista empaña la realidad del gran costo económico de este trasplante. De hecho, la sangre es uno de los líquidos más caros del mundo⁽⁵⁴⁾. Los costos de la reserva y de la transfusión tienen una doble vertiente: por un lado, los costos económicos directamente monetizables, es decir, lo que cuesta su procesamiento, que fueron evaluados por Rinehart et al en 2016⁽⁸⁾. En 2025, Eyth ⁽⁷⁶⁾ ha cuantificado los gastos del proceso completo de transfundir una unidad de concentrado de glóbulos rojos en aproximadamente 1183 \$ en Estados Unidos y 435 € promedio en Europa. Pero, además, hay otros costos económicos difícilmente cuantificables. Aquí se incluirían gastos por la necesidad de acumular gran cantidad de unidades en cada hospital (espacio y personal que lo gestiona y manipula), gastos por traslado y devolución desde y hasta el centro de transfusiones, campañas de concienciación para la donación, tratamiento de las complicaciones inducidas por la transfusión, etc.

Por otro lado, el hecho de que sea una donación hace preciso que se produzca una suficiente cantidad de donaciones para mantener una reserva que satisfaga una necesidad que es progresivamente creciente^(70, 71, 75). Las tasas de recolección de sangre varían drásticamente en todo el mundo; se recolectan 117 millones de



unidades de sangre
anualmente, pero la
mitad de este volumen
proviene de solo cuatro

regiones, que representan solo el 20% de la población mundial⁽⁷⁶⁾. El desequilibrio entre donación y necesidad se pone de manifiesto en múltiples ocasiones (periodos vacacionales, epidemias de gripe, periodos de mal tiempo, etc.)⁽⁹³⁾. La reciente pandemia de COVID-19 ha puesto en serios aprietos a los bancos de sangre de todo el mundo ⁽⁹⁴⁻⁹⁷⁾. Tanto es así que, en enero de 2022, como consecuencia de la cepa ómicron, por primera vez en su historia, la Cruz Roja Estadounidense declaró una emergencia nacional de sangre^(76, 94). En España, como podemos observar en la imagen 2, publicada por el Ministerio de Sanidad, aunque la reducción en el índice de donación del año 2020, se recuperó en 2021, desde entonces ha sufrido una reducción progresiva⁽⁹⁸⁾.

En Euskadi, en el año 2024, se registraron un total de 79.032 donaciones por

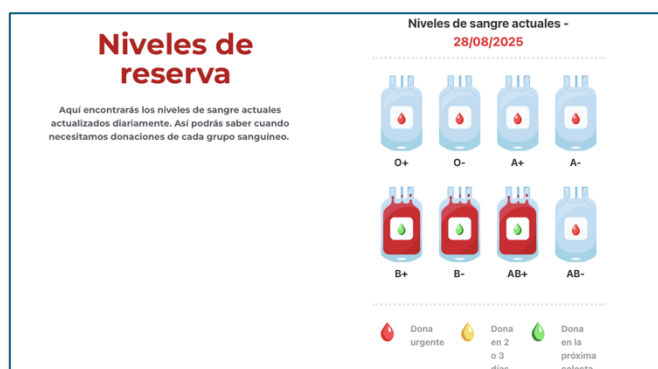


Imagen 3. Niveles de Reserva en los distintos grupos a finales de 2025 en Euskadi.

parte de 46.844 donantes⁽⁹³⁾.

Aun así, el sistema sanitario vasco necesita 8.000 donantes de sangre adicionales al año para consolidar 100.000

donaciones anuales. En la

página web de Euskadiko Odol

Emaileak-Donantes de Sangre de Euskadi, podemos observar la reserva diaria de cada tipo de sangre. En la imagen 3 podemos observar las necesidades a finales de agosto de 2025.

Anemia preoperatoria.

La fácil disponibilidad para realizar una transfusión sanguínea en los países desarrollados ha generado una sensación de aparente seguridad para programar y realizar cirugías en pacientes anémicos, asumiendo que un nivel de Hgb “demasiado bajo”, puede corregirse fácilmente con una transfusión de glóbulos rojos⁽⁹⁹⁾. Contrariamente a esta solución simplista, en el estudio retrospectivo multicéntrico realizado por Karkouti et al.⁽¹⁰⁰⁾ se demostró que la anemia preoperatoria se asoció con resultados adversos independientemente de si se llevaba a cabo transfusión o no.

La anemia preoperatoria se ha asociado, de forma independiente, con un incremento de la morbilidad postoperatoria^(101, 102), con mayor estancia hospitalaria, con peores resultados^(101, 103). Esto es especialmente dramático en pacientes con comorbilidad. Así, en pacientes con enfermedad renal crónica, se ha demostrado que, por cada disminución de 1 g.dl⁻¹ en la Hgb preoperatoria, se produce un aumento significativo en la mortalidad. También aumenta la incidencia de sepsis, de accidentes cerebrovasculares y con la necesidad de hemodiálisis posoperatoria⁽¹⁰⁴⁾.

Por último, la anemia preoperatoria ha sido identificada como uno de los factores de riesgo para recibir una transfusión^(45, 64, 105, 106).

Dado que la anemia representa un factor de riesgo independiente para los malos resultados, nunca debe considerarse aceptable o ignorarse como un "espectador inocente"⁽⁹⁹⁾. Como consecuencia, realizar una cirugía electiva en un paciente anémico debe considerarse una atención deficiente⁽¹⁰⁷⁾.

Incidencia publicada de anemia preoperatoria en neurocirugía.

Kisilevsky et al⁽²³⁾, en un artículo de revisión cifran la incidencia preoperatoria en cirugía craneal programada en un 2,7%. Sin embargo, los dos estudios en los que referencia esta afirmación son los de Cohen et al⁽¹⁴⁾ y el de Alan et al⁽¹⁰⁸⁾. En el primero, usando un umbral de un 38% de Hto, la anemia presenta una prevalencia de un 32,92 % en los pacientes sometidos a cirugía craneal, tanto programada como urgente.

En el estudio publicado por Alan et al⁽¹⁰⁸⁾, también en pacientes que se sometieron a cirugía craneal, pero en este caso solo electiva, la prevalencia de la anemia preoperatoria alcanzó un 31,1%. Liu et al⁽⁴⁵⁾ analizaron 11304 pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos; en ellos, la prevalencia de anemia preoperatoria fue de 20,05%.

En la serie de Xiao⁽¹⁰⁹⁾ de 12171 pacientes sometidos a cirugía tumoral craneal, la incidencia de anemia preoperatoria alcanzó un 37,24 %. Entre los 10525 pacientes mayores de 65 años sometidos a cirugía de resección de tumores cerebrales, la prevalencia de anemia publicada por Varela et al⁽¹¹⁰⁾ fue de un 17,6 %.

En craneotomías retrosigmoideas para micro descompresión neurovascular la prevalencia fue del 9,5 % en el artículo de Alford et al⁽¹¹¹⁾. Neef et al.⁽⁶⁴⁾ registraron un 8,86 % en paciente ingresados para resección primaria electiva de glioblastoma, mientras que el mismo grupo, en meningiomas, encontraron una incidencia de anemia de un 8 %⁽⁹¹⁾.

En un estudio retrospectivo de 24473 pacientes sometidos a cirugía espinal, Seicean et al⁽¹¹²⁾, publicaron una incidencia de anemia de un 24,02%. Kim et al⁽¹¹³⁾ informaron de una prevalencia de anemia preoperatoria de un 18,4 % para pacientes con fusión lumbar de un solo nivel.

En una serie de 1187 cirugías espinales Khanna et al⁽¹¹⁴⁾ publicaron una incidencia de anemia preoperatoria del 20,38 % en cirugía de columna cervical por radiculopatía o mielopatía 26 %⁽¹¹⁵⁾.

En cirugía de tumores extradurales en la región torácica Hersh⁽¹¹⁶⁾ publicó una incidencia de anemia preoperatoria especialmente alta, cifrándola en un 53,89%⁽¹¹⁶⁾. También, en tumores extradurales, pero a nivel lumbar, la incidencia de anemia preoperatoria fue de un 40% en la serie de 300 pacientes publicada por Sarkiss⁽¹¹⁷⁾.

Efecto de la anemia en pacientes neuroquirúrgicos.

La anemia preoperatoria debe ser identificada, y en la medida de lo posible, tratada. Esto es especialmente notable en los pacientes neuroquirúrgicos, ya que pueden ser particularmente intolerantes a la anemia⁽⁵⁰⁾.

Efecto de la anemia en cirugía craneal

En el estudio de Alan et al⁽¹⁰⁸⁾ que incluyó 6576 pacientes sometidos craneotomía, los pacientes con anemia presentaban mayores probabilidades de tener un ingreso más prolongado. Liu et al⁽⁴⁵⁾ asociaron la anemia preoperatoria con una mayor duración y un mayor coste de la hospitalización en patología neuroquirúrgicos.

Bydon et al.⁽¹¹⁸⁾ identifican la anemia como factor de riesgo independiente para el aumento de la mortalidad y morbilidad posoperatoria de los procedimientos neuroquirúrgicos electivos. Este estudio demostró que los pacientes anémicos tienen casi tres veces más probabilidades de mortalidad que los pacientes no anémicos y tienen casi el doble de complicaciones posoperatorias que estos últimos. Además, demostraron que un hematocrito por debajo de 33 % (Hgb 11 g/dl) se asoció con una mayor morbilidad.

Seicean et al.⁽¹¹⁹⁾, en un estudio retrospectivo de 668 casos de cirugía de aneurismas cerebrales, rotos o no, sometidos a cirugía de clipaje, la anemia se relacionó de forma independiente con la prolongación de la estancia hospitalaria, con las complicaciones perioperatorias, y con la posibilidad de reintervención

Efecto de la anemia en cirugía espinal.

En cuanto a la cirugía espinal, la presencia de anemia preoperatoria también se ha relacionado con el desarrollo de complicaciones^(120, 121) y de malos resultados⁽¹²²⁾. Chen et al.⁽¹²³⁾ relacionaron la anemia con un mayor riesgo de reingresos no planificados. Asimismo, la anemia se ha relacionado con la necesidad de reintervenciones no planificadas dentro de los 30 días posteriores a cirugías de columna en un estudio unicéntrico que incluyó 35246 pacientes publicado por Ouyang et al.⁽¹²⁴⁾.

En cirugía de columna cervical, la anemia preoperatoria ha sido relacionada con el desarrollo de complicaciones en los pacientes hospitalizados después de una discectomía y fijación de 1 y 2 niveles cervicales⁽¹²⁵⁾. La anemia fue uno de los factores predictivos del desarrollo de complicaciones pulmonares posoperatorias

a los 30 días tras reducción abierta y fijación interna de fracturas vertebrales⁽¹²⁶⁾. En cuanto a la cirugía para la exéresis de tumores extradurales torácicos la anemia en las pacientes de sexo femenino y la necesidad de transfusión se relacionaron con la morbilidad a los 30 días⁽¹¹⁶⁾. Se ha relacionado la anemia pre y postoperatoria con el desarrollo de delirio postoperatorio en pacientes ancianos sometidos a procedimientos de fusión lumbar⁽¹²⁷⁾. En niños sometidos a cirugía de columna, Fontanals et al.⁽¹²⁸⁾ demostraron que la anemia preoperatoria se asociaba con un mayor riesgo de transfusión de glóbulos rojos y una prolongación de la estancia hospitalaria. Por último, un déficit de vitamina B₁₂ puede simular una mielopatía cervical o agravar la sintomatología de una compresión de la médula a este nivel⁽¹²⁹⁻¹³¹⁾.

Ferropenia no anémica preoperatoria.

Desde 2004, la OMS ha identificado la ferropenia no anémica (FNA) como un problema de salud pública. Biológicamente, la FNA se define por un nivel de Hgb normal y una ferritina sérica <30 -50 µg. l⁻¹. A diferencia de la anemia ferropénica preoperatoria, los efectos de la FNA preoperatoria en los resultados quirúrgicos no han recibido suficiente atención⁽¹³²⁾.

Sin embargo, un consenso internacional sobre la deficiencia de hierro y la anemia perioperatorias enfatizó la importancia de la detección y su tratamiento de forma previa a la cirugía⁽¹³³⁾. La suplementación con hierro en los pacientes con FNA suele corregir la totalidad o gran parte de los síntomas generados por la deficiencia⁽¹³⁴⁾.

Reserva preoperatoria de sangre.

La reserva de sangre preoperatoria es un proceso encaminado a garantizar la disponibilidad inmediata de sangre compatible con el paciente. Disponer de sangre reservada evita demorar una transfusión los entre 50 y 60 minutos que son requeridos para realizar las pruebas cruzadas completas.

Cuando el banco de sangre (BS) recibe una solicitud de reserva de sangre preoperatoria, realiza un proceso encaminado a identificar unidades de CH totalmente compatibles con el paciente. Si el paciente es estudiado por primera vez en el BS, se determinará el grupo AB0, el Rh y se realizará un cribado de anticuerpos irregulares. La determinación de anticuerpos irregulares permite identificar la presencia de anticuerpos frente a la mayoría de los antígenos eritrocitarios diferentes del sistema AB0. El tiempo de realización de estas pruebas es de unos 5 minutos para la determinación del grupo y unos 40 minutos para el cribado de anticuerpos irregulares. Si el paciente ya ha tenido contacto con el BS, el grupo y el Rh, que estarán archivados, pueden utilizarse indefinidamente. Sin embargo, los resultados de los anticuerpos irregulares serán válidos solo si: desde que se estudió el paciente, éste no ha sido transfundido o, en caso de haber recibido una transfusión, han transcurrido menos de 48 h.

A continuación, se realiza una prueba cruzada completa, que consiste en determinación de si existe aglutinación al mezclar in vitro el suero del paciente con los hematíes del donante. La mezcla se estudia en diferentes medios físicos y químicos que, modificando las propiedades del suero y de los hematíes, favorecen la presencia de aglutinación. Cuando no hay aglutinación en ninguno de los medios

estudiados, la prueba es negativa para esa unidad específica y hay compatibilidad entre donante y receptor. El tiempo necesario para llevar a cabo este estudio es de alrededor de 60 minutos. Estas unidades, así identificadas, son reservadas para uso exclusivo de ese determinado paciente durante 48 horas. En consecuencia, esas unidades dejan de estar disponibles para otros pacientes que pudieran necesitarlas⁽³²⁾.

Frente a la indudable ventaja del acortamiento del tiempo para realizar una transfusión intraoperatoria, existen una serie de graves desventajas derivadas de realizar una reserva preoperatoria. La principal deriva de que los eritrocitos donados se pueden almacenar un máximo de 42 días entre 2º C y 6º C^(135, 136).

La reserva preoperatoria inmoviliza una gran cantidad de este limitado recurso, favoreciendo su envejecimiento y consumiendo una parte importante de su vida útil⁽⁴⁶⁾. Cada vez que nosotros reservamos una unidad de CH estamos consumiendo, prácticamente el 5% de su vida útil. Las unidades reservadas y no utilizadas en 48 horas vuelven a estar disponibles para su utilización por parte de otros pacientes. Sin embargo, la repetición de la secuencia “reserva-no utilización” condiciona la posibilidad de que una determinada unidad consuma su vida útil en inmovilizaciones sin que llegue a utilizarse⁽⁵³⁾.

El almacenamiento de los eritrocitos condiciona lo que se ha denominado “lesión por almacenamiento de los eritrocitos”. Bajo este término se describen todos los cambios bioquímicos y biomecánicos que se producen dentro del eritrocito y en el sobrenadante (plasma y el medio de almacenamiento) durante el almacenamiento de una unidad de CH en un banco de sangre convencional^(137, 138).

La lesión por almacenamiento abarca cambios metabólicos, enzimáticos, oxidativos, y con ello alteraciones en la fisiología eritrocitaria^(137, 138). Durante el almacenamiento, los eritrocitos pierden potasio, 2,3-difosfoglicerato, trifosfato de adenosina, y de lípidos de membranas, a la vez que se hacen más rígidos y muestran una reducción de la capacidad de liberar O₂. En conjunto, las unidades almacenadas se hacen más acidóticas, y el líquido sobrenadante tiene concentraciones mayores de hemoglobina libre y de lípidos biológicamente activos. Además, contiene mayores cantidades de microvesículas con carga negativa y marcada actividad proinflamatoria y procoagulante⁽¹³⁹⁾. Los cambios descritos dan lugar a alteraciones en el metabolismo, la forma, y la reología de los eritrocitos⁽¹³⁸⁾.

Se ha relacionado el envejecimiento de los CH que son transfundidos con el desarrollo de efectos perjudiciales, mediados por varias vías⁽¹⁴⁰⁾, frente a la transfusión de unidades con escaso tiempo de reserva.

Respecto a la transfusión de unidades de CH envejecidas frente a otras con menos tiempo de reserva, el metaanálisis realizado para la Colaboración Cochrane por Martí-Carvajal⁽¹⁴¹⁾ no encontró diferencias en la mortalidad entre los pacientes que son transfundidos con sangre “reciente” frente a los que lo son con sangre con un periodo largo de almacenamiento. Aunque este metaanálisis sólo incluyó tres estudios con un total de 120 pacientes, varios metaanálisis posteriores confirmaron la ausencia de relación entre mortalidad y el tiempo de almacenamiento de los CH transfundidos^(34, 142, 143). El último publicado⁽¹⁴⁴⁾, que

incluyó 26 estudios con un total de 53859 pacientes, confirma que la transfusión de CH más recientes no reduce la mortalidad.

En cuanto a otros resultados de interés, aparte de la mortalidad, existen estudios que han demostrado que la administración de CH almacenados un mayor tiempo puede ser perjudicial en distintos aspectos^(5, 145-147). Pero también los hay en sentido contrario, en los cuales no se ha encontrado beneficio de transfundir CH con menor tiempo de almacenamiento^(6, 148-155).

Por último, cruzar y reservar sangre es un proceso caro y lento. Cuando posteriormente no se transfunde, genera un desperdicio de recursos en términos de tiempo, dinero y personal⁽³²⁾.

Contrariamente, a lo que la lógica pudiera sugerir la praxis habitual en la mayoría de los centros es reservar un número demasiado elevado de unidades de CH, comparado con las que finalmente son transfundidas^(1, 2, 4, 11, 12, 16, 17, 37, 70, 71, 156-159). Esta práctica clínica tan generalizada se explica bien por la intención de disponer de medios para poder tratar el peor escenario intraoperatorio posible; o bien, en una sobreestimación de la pérdida de sangre intraoperatoria o postoperatoria⁽⁷¹⁾.

La petición excesiva de tiene un notable costo económico^(32, 56, 57, 63). Además, es contraía a la tendencia hacia modelos de atención médica que premian la calidad y la eficiencia⁽⁵⁴⁾. En concordancia, La Sociedad Americana de Anestesiólogos y el Colegio Americano de Medicina de Cuidados Críticos han enfatizado la necesidad de reducir la solicitud de unidades de glóbulos rojos⁽¹⁷⁾.

Creación de modelos para la reserva y la transfusión.

Antes de la década de los 70, la reserva preoperatoria de hemoderivados se basaba únicamente en la estimación que cada cirujano hacía sobre la necesidad de que el paciente precisara una transfusión durante la intervención quirúrgica⁽¹⁷⁾. En 1976, Friedman et al ⁽¹⁶⁰⁾ publicaron el primer programa de solicitud máxima de sangre quirúrgica, conocido en la literatura por su acrónimo en inglés MSBOS⁴.

Un MSBOS es, esencialmente, una tabla que sugiere la cantidad de unidades de CH que, como máximo, se deben solicitar según el procedimiento planificado y las tasas de transfusión históricas. Distintos estudios sugieren que la implantación de un MSBOS puede reducir sustancialmente el número de unidades que son cruzadas y reservadas, pero que no son utilizadas⁽¹⁶¹⁾.

En Estados Unidos, las recomendaciones del MSBOS no constituyen mandatos legales; sin embargo, la solicitud de sangre que excede las recomendaciones del MSBOS a menudo requiere justificación ante el banco de sangre⁽¹⁷⁾.

Paradójicamente, la adopción del MSBOS es desigual entre las instituciones⁽¹⁶²⁾. La mayor limitación de un MSBOS es que las necesidades de transfusión de diferentes pacientes sometidos al mismo procedimiento quirúrgico no son iguales, y el MSBOS no tiene en cuenta esta diferencia individual⁽¹⁶³⁾.

⁴ The maximum surgical blood ordering schedule.

Por último, aunque las instituciones diseñan su MSBOS basándose en datos transfusionales específicos de cada institución⁽¹⁷⁾, su cumplimiento es deficiente dentro de ellas^(161, 162).

Otra forma de enfrentarse al problema de la reserva preoperatoria de sangre es la elaboración de algoritmos, encaminados a ayudar en la selección entre las distintas formas de solicitud preoperatoria al BS. Estos algoritmos son capaces de reducir notablemente la inmovilización de unidades de CH⁽¹⁶³⁾, de reducir costos y cargas de trabajo, sin reducir la seguridad del paciente^(31, 164, 165). Los algoritmos individualizan el riesgo de sangrado de cada paciente⁽¹⁶⁶⁾.

Considerando que la necesidad de reserva de sangre puede variar según los procedimientos realizados, las técnicas quirúrgicas y hemostáticas usadas, el tipo de paciente y los umbrales locales de transfusión⁽¹⁶⁷⁾, las tasas de transfusión para un mismo procedimiento difieren significativamente entre distintos hospitales, incluso cuando se ajustan a los factores de riesgo del paciente⁽¹⁶⁸⁾. Por ello, se recomienda que cada centro desarrolle un programa de reserva de sangre específico⁽¹⁵⁸⁾. Ejemplos de este tipo de algoritmos son los propuestos Frankl⁽¹⁵⁸⁾, Saringcarinkul⁽¹⁶⁹⁾, Rinehart⁽⁸⁾ o Woodrum et al⁽¹⁷⁾.

Cuando se crea un algoritmo de este tipo, que va a modificar una práctica clínica establecida, es fundamental que los cambios no aumenten los riesgos de los pacientes. Barth et al⁽²²⁾ sugirieron que, antes de elaborar un algoritmo de reserva, deben cumplirse tres condiciones para que resulte seguro:

- a) Los pacientes deben ser intervenidos con un estudio de coagulación normal.

b) Cuando se solicite al banco de sangre desde quirófano un CH para a un paciente al que se le haya realizado, previamente a la intervención quirúrgica, una determinación del grupo y el escrutinio de anticuerpos irregulares sin reserva, la unidad de CH con pruebas cruzadas completas debe estar disponible en menos de 45 minutos.

c) Se debe disponer de un protocolo de transfusión masiva que asegure disponibilidad inmediata de sangre grupo cero y Rh negativo.

La tendencia más actual es la de desarrollar instrumentos más precisos para determinar el riesgo de precisar una transfusión de cada paciente determinado de un modo individual, ya sea mediante sistemas de “aprendizaje automático”, tal y como proponen Lou et al⁽¹⁷⁰⁾ o Zapf et al⁽¹⁷¹⁾.

La implementación de estas herramientas de aprendizaje automático precisa unos recursos tecnológicos que pueden no estar al alcance de todos los centros. Así, otros autores optan por la elaboración de sistemas de predicción que son aplicables a la práctica clínica en diversos entornos hospitalarios, como el de Eyth et al⁽⁷⁶⁾, o que se centran en un determinado proceso, como los de Tomas Biosca⁽⁵⁰⁾ y el de Contreras (pendiente de publicación).

Evaluación de la calidad de la reserva y transfusión.

La Asociación Americana de Bancos de Sangre define los indicadores de calidad como medidas específicas diseñadas para monitorizar uno o más procesos, que son útiles para evaluar la demanda de servicios, la producción, la idoneidad del personal, el control de inventario y la estabilidad de los procesos⁽⁷⁷⁾.

Los diversos indicadores de calidad de la reserva y transfusión reconocidos por la OMS son: la razón de transfusión de pruebas cruzadas, la probabilidad de transfusión y el índice de transfusión^(71, 77).

Razón de transfusión de pruebas cruzadas (Relación C/T).

Fue utilizada por primera vez por Boral Henry⁽¹⁷²⁾ y es el parámetro más usado para evaluar la idoneidad o eficiencia de las prácticas de solicitud de sangre en los servicios de transfusión de un hospital^(71, 173). Se define como el cociente entre el número de concentrados de glóbulos rojos sometidos a pruebas de compatibilidad y el número de concentrados de glóbulos rojos transfundidos. El valor de este parámetro se considera óptimo cuando es inferior a 2^(53, 71), y aceptable cuando es inferior a 2,5^(1, 16, 24, 37, 77, 172, 174).

Probabilidad de transfusión (PT).

Se calcula mediante el cociente, expresado en tanto por ciento, entre el número total de pacientes transfundidos y el número total de pacientes con pruebas cruzadas⁵. Un valor igual o superior al 30 % indica un uso eficaz de la reserva de sangre^(1, 24, 71, 77, 175). En la literatura, bajo este término de PT aparece otro concepto distinto, con el que no debe confundirse^(158, 169). En este caso, el término expresa la probabilidad de que un paciente reciba una transfusión al someterse a un determinado procedimiento quirúrgico. Se calcula como el cociente entre el número de total de pacientes transfundidos y el número total de pacientes

⁵ Aquí pacientes con pruebas cruzadas se refieren a los pacientes a los cuales se les ha solicitado al BS cruzar y reservar.

intervenidos. A este parámetro Barth⁽²²⁾ lo denominó riesgo de recibir una transfusión, mientras que otros autores lo han denominado tasa de transfusión⁽¹⁷⁶⁾.

Índice de transfusión (IT).

Se calcula mediante el cociente entre el número total de unidades transfundidas y el número de pacientes con pruebas cruzadas. Un valor igual o superior a 0,5 es indicativo de una utilización eficaz de la reserva de sangre^(32, 37, 53, 160, 175, 177).

Al igual que sucedía con el parámetro anterior, algunos autores utilizan el término IT para referirse a un concepto diferente. Así, Frank⁽¹⁵⁸⁾ o Saringcarinkul⁽¹⁶⁹⁾ lo emplean para definir el cociente entre el número de unidades transfundidas y el número de pacientes sometidos a un determinado procedimiento, independientemente de que se haya realizado o no una reserva preoperatoria de sangre. Este valor representaría la media de unidades administradas por paciente para un procedimiento concreto.

En la tabla 1 puede observarse los indicadores de calidad en la reserva y la transfusión, con sus valores de referencia.

Indicadores de calidad en la reserva y transfusión	
Parámetro	Valores de corte
Relación C/T	Óptima menor de 2 ^(53, 71) Admisible menor de 2,5 ^(1, 16, 24, 37, 77, 172, 174) .
Probabilidad de Transfusión	Mayor de 30% ^(1, 24, 71, 77, 175)
Índice de transfusión	Mayor a 0,5 ^(1, 24, 71, 77)

Tabla 1. Indicadores de la calidad en la reserva y transfusión.

En resumen

La función principal de la sangre como tejido conectivo es la de transportar sustancias. Entre ellas destaca el oxígeno (O_2), debido a la necesidad que tiene nuestro organismo, y en especial el sistema nervioso central, de un aporte continuo del mismo. El 88,5 % del transporte de O_2 se realiza ligado a la Hgb; siendo, por lo tanto, los eritrocitos los principales responsables de este transporte. La sangre humana es la única fuente de la que disponemos de eritrocitos. En consecuencia, las transfusiones son el único tratamiento capaz de incrementar, de un modo rápido, la capacidad de transporte de O_2 durante una hemorragia intraoperatoria aguda. Una transfusión sanguínea es un recurso terapéutico imposible de fabricar, insustituible, costoso y de disponibilidad muy limitada, que tiene indicaciones precisas y efectos secundarios graves a corto y largo plazo. Por todo ello, quien prescribe una transfusión debe tener claro que cualquier transfusión no indicada está, de hecho, contraindicada.

Dada la asociación bien definida entre la anemia preoperatoria y la morbilidad y mortalidad posoperatorias, nunca debe considerarse la anemia preoperatoria como aceptable ni ignorarse como un "espectador inocente"; además, realizar una cirugía electiva en un paciente anémico sin tratamiento debe considerarse una atención deficiente.

La reserva de sangre es un proceso encaminado a garantizar la disponibilidad inmediata de sangre compatible con el paciente. El hecho de reservar sangre, cuando posteriormente no se utiliza, inmoviliza una gran cantidad de este recurso, favoreciendo su envejecimiento y consumiendo una parte importante de su vida

útil, lo que genera un gran coste por el desperdicio de recursos económicos del banco de sangre en términos de material, tiempo y personal. Frente a ello, no aporta ninguna ventaja, más allá de un acortamiento en el tiempo necesario para disponer de CH con pruebas cruzadas completas. Los principales indicadores de calidad de la reserva y transfusión son: la relación C/T, la probabilidad de transfusión y el índice de transfusión.

Antecedentes.

En el año 2018, la solicitud de sangre preoperatoria al banco de sangre por parte del servicio de neurocirugía (NC) del HUC se basaba en modelos de actuación habituales en las últimas décadas del siglo pasado^(166, 178). Cuando un paciente era programado para un determinado procedimiento, cuyo riesgo estimado de presentar un sangrado quirúrgico superior a 500 cm³ era considerado alto, el neurocirujano solicitaba al banco de sangre cruzar y reservar un número variable de unidades de concentrado de hematíes. La cantidad de unidades que eran reservadas se basaba en la experiencia del equipo quirúrgico y en tablas de reserva máxima, como la publicada por Sarma⁽¹⁷⁸⁾ a mediados de la década de los años ochenta. El único tipo de solicitud que se hacía entonces al BS cuando un paciente era programado para una cirugía era la de cruzar y reservar (CR).

A finales del citado año 2018, realizamos un estudio retrospectivo, con el que evaluamos la eficacia del modelo de reserva y transfusión sanguínea del área de NC del HUC, con el propósito de disponer de datos objetivos sobre la eficacia de nuestra práctica clínica. El conocimiento real de nuestra situación nos permitiría compararla después con lo publicado en la literatura médica y, en consecuencia, evaluar la necesidad de optimizarla. Por último, nos serviría también como punto de partida para evaluar si las posibles medidas adoptadas aportaban beneficio.

La población de este estudio incluyó a todos los pacientes mayores de edad intervenidos de forma programada en el área de NC del HUC en 2017, que dispusieran de una reserva preoperatoria de CH para la intervención a la que fueron

sometidos. En total, se incluyeron 393 pacientes. De cada paciente se recogieron: edad, sexo, tipo de cirugía, valor de hematocrito (Hto) en la visita preanestésica, número de unidades de CH reservados y número de unidades transfundidas. Los pacientes fueron divididos en ocho grupos, en función del tipo de cirugía o de la patología que la indicó (tabla 2). Dos grupos corresponden a la cirugía de la columna; los seis restantes corresponden a cirugía craneal:

Cirugía columna cervical y cirugía de columna no cervical: cada uno de ellos, en su segmento espinal correspondiente, incluyen la cirugía vertebral o medular.

Cirugías de otras patologías benignas del cráneo: se incluyen las cirugías craneales realizadas como tratamiento de patologías no tumorales. La gran mayoría de este grupo son cirugías de la epilepsia, tratamiento quirúrgico de la malformación de Chiari y craneoplastias.

Cirugía para exéresis de metástasis o de gliomas: fueron agrupadas aquí las cirugías realizadas mediante craneotomía o craniectomía para exéresis de tumores supra o infratentoriales que no estuvieran situados en el ángulo pontocerebeloso o que, en el análisis anatomopatológico, no fueran meningiomas. Mayoritariamente, fueron gliomas o metástasis de tumores primarios extracraneales, aunque también hubo casos de meduloblastoma.

Meningiomas: fueron agrupadas aquí las craneotomías o craniectomías realizadas para exéresis de este tipo de tumores, siempre que no estuvieran situados en el ángulo pontocerebeloso.

Cirugías del ángulo pontocerebeloso: se incluyeron aquí todos los tumores cuya situación anatómica estuviera en esta área.

Cirugía neurovascular: se agruparon aquí cirugías de aneurismas cerebrales, malformaciones arteriovenosas, cavernomas etc.

Cirugía transesfenoidal: se incluyeron las cirugías realizadas por esta vía, mayoritariamente adenomas hipofisarios, aunque también craneofaringiomas, quistes de la bolsa de Rathke, etc.

Descripción de los grupos patológicos	
Grupo	Patología incluida en cada grupo
Cirugía de columna cervical	Cirugías del área de la columna cervical tanto medular como vertebral.
Cirugía de columna no cervical	Cirugías de los segmentos de la columna no cervical tanto medular como vertebral.
Cirugía de patologías benignas de cráneo	Craneotomías o craniectomías realizadas para tratamiento de patologías no tumorales (cirugía de la epilepsia, abscesos). Así mismo se incluyeron las craneoplastias
Metástasis gliomas	Craneotomías o craniectomías para exéresis de tumores infra o supratentoriales, cuya anatomía patológica no fuera la de meningioma, y que no se situaran en el ángulo pontocerebeloso
Meningiomas	Exéresis mediante craneotomías o craniectomías de meningiomas, no situados en el ángulo pontocerebeloso
Cirugía del ángulo pontocerebeloso	Exéresis de tumores situados en esta área.
Cirugía neurovascular	Craneotomías o craniectomías para tratamiento quirúrgico de patologías neurovasculares
Cirugía por vía transesfenoidal	Exéresis de lesiones por vía transesfenoidal

Tabla 2. Descripción de los pacientes por grupos.

En el caso de posible concordancia de un paciente en dos grupos (por ejemplo, meningioma intervenido por vía transesfenoidal) se ha optado por incluirlo en el grupo de la vía quirúrgica.

Analizamos distintos parámetros para evaluar la calidad de la reserva y transfusión, tanto de forma global de los 393 pacientes como en cada uno de los

grupos patológicos. Los parámetros utilizados⁶ para evaluar la calidad de la reserva, además de la relación C/T, PT e IT fueron:

1. **Número de días de inmovilización.** Este número se calcula multiplicando el número de concentrados de hematíes reservados y no transfundidos por 2 (dos son los días que se inmoviliza un concentrado de hematíes que es reservado para un paciente). Es el número de días que un teórico concentrado de hematíes estaría inmovilizado en el banco de sangre. Para poder comparar el dato con estudios posteriores, dividiremos los días de inmovilización por el número de pacientes intervenidos, expresándolo en días de inmovilización generados por paciente operado.
2. **Media de unidades reservadas por paciente sometido a un procedimiento (MURP):** se calcula dividiendo el número de unidades reservadas por el número de pacientes intervenidos por una patología.

Para evaluar la necesidad de transfundir se valoraron los siguientes parámetros:

1. **Riesgo de recibir una transfusión (RT):** Expresa la probabilidad que un paciente reciba una transfusión cuando se somete a un procedimiento. Se calcula dividiendo el número de total de pacientes transfundidos entre el número total de pacientes operados.
2. **Transfusión media (TrM):** Cantidad media de unidades que recibe cada paciente que es transfundido. Se calcula dividiendo el número de unidades transfundidas entre el número de pacientes que reciben una transfusión.

⁶ Todos los términos están explicados para su consulta de forma rápida en el glosario.

3. **Media de unidades administrada por procedimiento (MUAP):** Se calcula dividiendo el número de unidades transfundidas entre el número de pacientes sometidos a un tipo de procedimiento.

El diagnóstico de anemia se realizó en base al valor del Hto preoperatorio objetivado en la consulta preanestésica. Consideramos como niveles de anemia un Hto por debajo de 36 % en el caso de las mujeres y de 39 % en el caso de los hombres. También se calculó la anemia considerando un valor de Hto inferior a 39 % independientemente del sexo genético del paciente.

La evaluación del gasto generado por la hemoterapia. Se realizó incluyendo para cada paciente, el precio de las unidades transfundidas y los costos generados por la determinación del grupo sanguíneo, el escrutinio de anticuerpos irregulares y la realización de las pruebas cruzadas. Además, se calculó el porcentaje que representa cada uno de estos conceptos sobre el gasto total. El precio de cada uno de los conceptos se tomó del documento de acceso público “Libro Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza para el año 2017”⁽¹⁷⁹⁾.

La distribución de los 393 pacientes en los distintos grupos fue la siguiente: cirugía de columna cervical 82 casos (21%); cirugía de columna no cervical 65 casos (16%); cirugía de patologías benignas de cráneo 30 casos (8%); metástasis-gliomas 91 casos (23%); meningiomas 50 casos (13%); cirugía del ángulo pontocerebeloso 14 casos (3%); cirugía neurovascular 15 casos (4%); cirugía transesfenoidal 46 casos (12%). Puede observarse esta distribución en el gráfico 1.

Como se observa, cinco de los ocho grupos representan el 85% de los pacientes, mientras que los tres restantes no alcanzan cada uno de ellos el 10%. Por ello, debe tenerse en cuenta que se tratan de tipos de cirugía con una incidencia muy heterogénea.

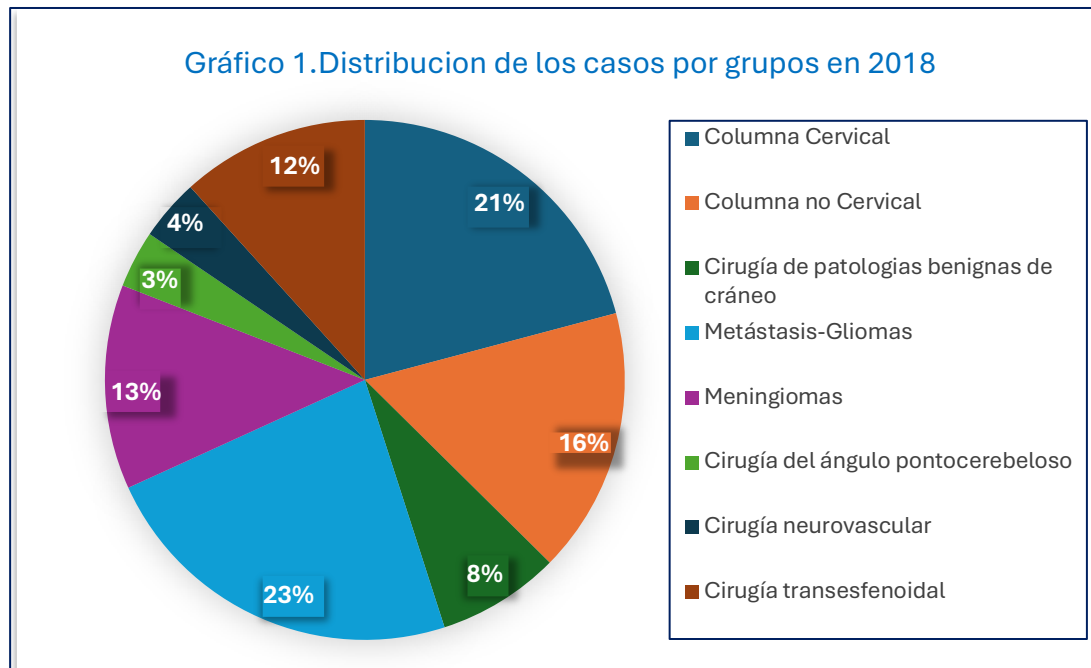


Gráfico 1. Distribución de los casos por grupos en 2018.

De los 393 pacientes incluidos en el estudio, tan solo fueron transfundidos 49, lo que se traduce en que el riesgo de recibir una transfusión fue de un 12,47%. En este estudio, coinciden el riesgo de recibir una transfusión con la probabilidad de transfusión, dado que solo se incorporaron al estudio pacientes para los cuales se había realizado una reserva de sangre. Por grupos, se transfundieron: 1 caso en el grupo de columna cervical (RT y TP de 2,43%); 2 casos de cirugía de columna no cervical (RT y TP de 3,08%); 10 casos de cirugía de patologías benignas de cráneo (RT y TP de 10%); 17 casos en el grupo de metástasis gliomas (RT y TP de 18,68%); 17 casos en el grupo de meningiomas (RT y TP de 34%); 5 casos en la cirugía del ángulo pontocerebeloso (RT y TP de 35,71%); 1 caso del grupo de cirugía

neurovascular (RT y PT de 6,67%), y 3 casos en el grupo de cirugía transefenoidal (RT y PT de 6,52%). Estos datos pueden verse resumidos en la tabla 3.

Riesgo y probabilidad de transfusión en el área de NC del HUC en 2018.				
Patología	Casos	N.º de pacientes Transfundidos	Riesgo de transfusión	Probabilidad de transfusión
Cirugía de columna cervical	82	1	1,22%	1,22%
Cirugía de columna no cervical	65	2	3,08%	3,08%
Cirugía de patologías benignas de cráneo	30	3	10%	10%
Metástasis-Gliomas.	91	17	18,68%	18,68%
Meningiomas	50	17	34%	34%
Cirugía del ángulo pontocerebeloso	14	5	35,71%	35,71%
Cirugía neurovascular	15	1	6,67%	6,67%
Cirugía transefenoidal	46	3	6,52%	6,52%
Total	393	49	12,47%	12,47%
Probabilidad de transfusión y Riesgo de transfusión coinciden puesto que a todos los pacientes se les reservó sangre				

Tabla 3. Riesgo y probabilidad de transfusión en el área de NC del HUC en el año 2018.

Durante el periodo de estudio se transfundieron un total de 77 unidades de CH. El índice de transfusión fue de 0,195. En este estudio coinciden los valores del IT con los de la MUAP, puesto que a todos los pacientes se les hizo reserva. La Transfusión Media (TrM) fue de 1,57 unidades; es decir, cada paciente que precisó una transfusión recibió, de media, 1,57 unidades. Analizando este dato por grupos: en el grupo de columna cervical se administraron 2 unidades (IT y MUAP de 0,02) a un solo paciente, y la TrM fue de 2; en el grupo de cirugía de columna no cervical se administraron 3 unidades (IT y MUAP de 0,04) entre los dos pacientes que recibieron una transfusión (TrM de 1,5); en el de patologías benignas de cráneo se administraron 5 unidades (IT y MUAP de 0,16) entre los tres pacientes que recibieron una transfusión (TrM 1,66); en el grupo de metástasis y gliomas se administraron 25 unidades (IT y MUAP de 0,27) entre los 17 pacientes transfundidos (TrM de 1,47); en el grupo de meningiomas se administraron 32 unidades (IT y MUAP

de 0,64) entre los 17 pacientes transfundidos (TrM de 1,88); en la cirugía del ángulo pontocerebeloso fueron administradas 5 unidades (IT y MUAP de 0,35), una por cada paciente transfundido (TrM de 1); en el grupo de cirugía neurovascular se transfundieron 2 unidades (IT y MUAP de 0,13) al único paciente transfundido (TrM de 2); y en el grupo de cirugía transesfenoidal se administraron 3 unidades (IT y MUAP de 0,06), una por cada paciente transfundido (TrM 1). Podemos ver estos datos resumidos en la tabla 4.

Índice de transfusión y unidades administradas por paciente transfundido en el área de NC del HUC en 2018.						
Patología	Casos	Pacientes Transfundidos	N.º de U. transfundidas	Índice de transfusión	TrM	MUAP
Cirugía de columna cervical	82	1	2	0,024	2	0,024
Cirugía de columna no cervical	65	2	3	0,046	1,5	0,046
Cirugía de patologías benignas de cráneo	30	3	5	0,166	1,66	0,166
Metástasis-Gliomas.	91	17	25	0,274	1,47	0,274
Meningiomas	50	17	32	0,64	1,88	0,64
Cirugía del ángulo pontocerebeloso	14	5	5	0,357	1	0,357
Cirugía neurovascular	15	1	2	0,133	2	0,133
Cirugía transesfenoidal	46	3	3	0,065	1	0,065
Total	393	49	77	0,195	1,57	0,195
Índice de transfusión y MUAP coinciden puesto que a todos los pacientes se les reservó sangre						

Tabla 4. Índice de transfusión y unidades administradas por paciente transfundido

Durante el periodo de estudio se reservaron un total de 1034 unidades de concentrados de hematíes, lo que supone una media de 2,61 unidades reservadas por paciente. La relación C/T fue, para este periodo, de 13,42. Por grupos: en el grupo de columna cervical se reservaron 177 unidades (media de reserva: 2,15 unidades por paciente; relación C/T 88,5); en el grupo de cirugía de columna no cervical se reservaron 139 unidades (media de reserva: 2,13; relación C/T 46,33); en el de patologías benignas de cráneo se reservaron 66 unidades (media de reserva: 2,2 unidades por paciente; relación C/T 13,2); en el grupo de metástasis y

gliomas se reservaron 268 unidades (media de reserva: 2,94 por paciente; relación C/T de 10,72); en el grupo de meningiomas se reservaron 164 unidades (media de reserva: 3,28 unidades por paciente; relación C/T de 5,12); en la cirugía del ángulo pontocerebeloso se reservaron 37 unidades (media de reserva: 2,64 unidades por paciente; relación C/T de 7,4); en el grupo de cirugía neurovascular se reservaron 46 unidades (media de reserva: 3,06 unidades por paciente; relación C/T de 7,40); y en el grupo de cirugía transesfenoidal se reservaron 137 unidades (reserva media de 2,97 unidades por paciente; relación C/T de 45,66).

El número de días de inmovilización. El número de unidades reservadas y no transfundidas fue, en este periodo de 957, cada una de ellas inmovilizada durante dos días, lo que supone, globalmente 1914 días de inmovilizado. Si lo referimos a los días de inmovilización del teórico concentrado de hematíes por cada paciente intervenido nos da 4,87 días. Los datos sobre la media de unidades reservadas y de la relación C/T se resumen en la tabla 5.

Media de unidades de CH reservadas y Relación C/T en el área de NC del HUC en 2018						
Patología	Casos	Unidades reservadas	N.º de días de inmovilización	Unidades transfundidas	Media de Unidades reservadas	Relación C/T
Cirugía de columna cervical	82	177	350	2	2,15	88,50
Cirugía de columna no cervical	65	139	270	3	2,13	46,33
Cirugía de patologías benignas de cráneo	30	66	122	5	2,20	13,2
Metástasis-Gliomas.	91	268	486	25	2,94	10,72
Meningiomas	50	164	264	32	3,28	5,12
Cirugía del ángulo pontocerebeloso	14	37	64	5	2,64	7,40
Cirugía neurovascular	15	46	88	2	3,06	23
Cirugía transesfenoidal	46	137	268	3	2,97	45,66
Total	393	1034	1914	77	2,63	13,42

Tabla 5. Media de Unidades de CH reservadas y relación C/T

En el gráfico 2 se expresan visualmente las unidades reservadas, las transfundidas y la relación C/T, tal y como eran en el año 2018. Se han excluido los datos globales, puesto que generarían dificultades para apreciar los detalles de los grupos, recordemos que el total de unidades de CH reservadas fue de 1034.

Gráfico 2. Reserva y transfusión por grupos en el área de NC del HUC en 2018.

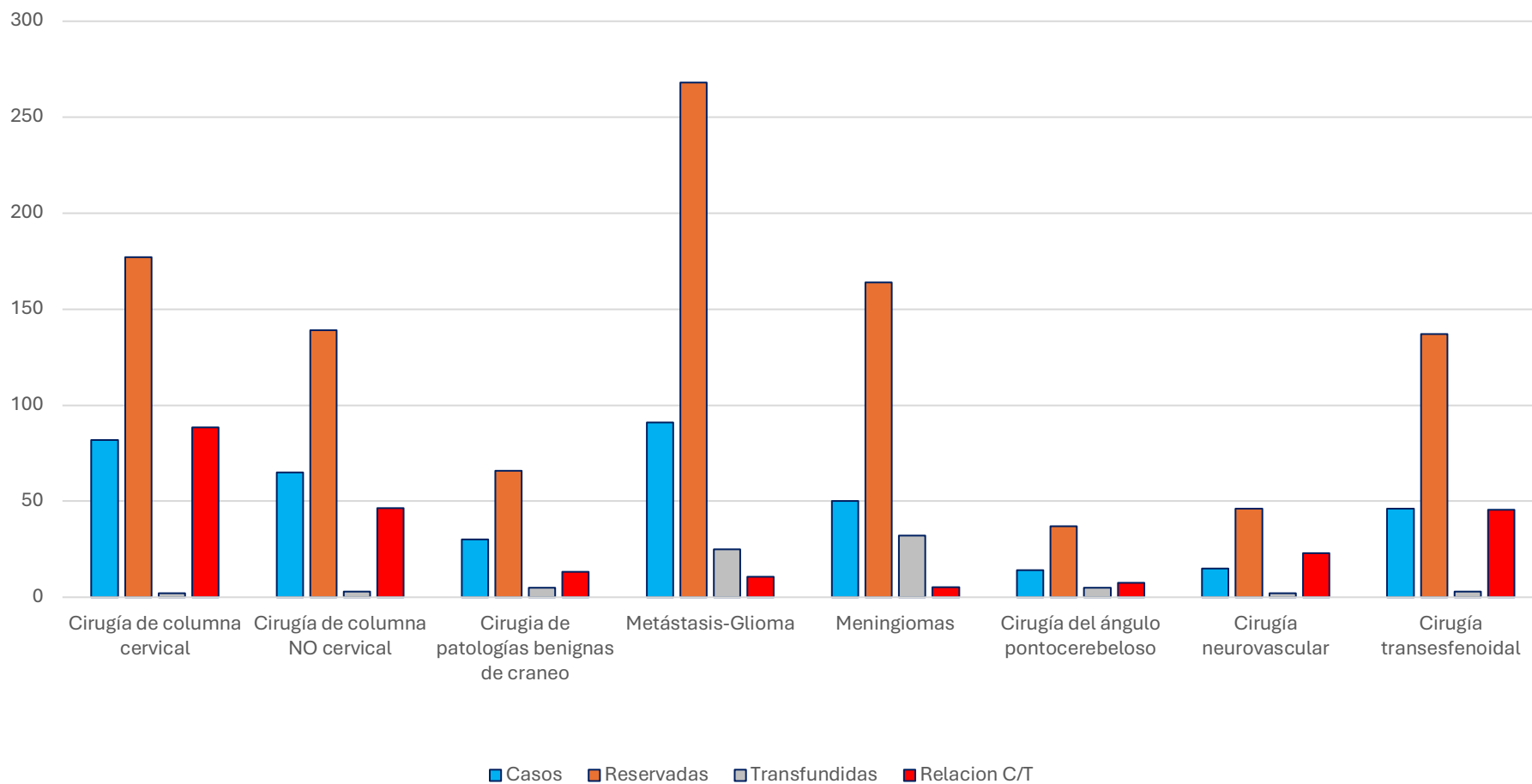


Gráfico 2. Reserva y Transfusión por grupos.

La distribución temporal de las transfusiones dentro del periodo perioperatorio fue la siguiente: se transfundieron exclusivamente en el periodo intraoperatorio a 45 pacientes (91,83 %), a 2 pacientes exclusivamente de forma postoperatoria (4,08 %) y, en 2 pacientes, se les transfundió tanto intra como postoperatoriamente (4,08 %). En cuanto al número de unidades, fueron transfundidas seis unidades exclusivamente en el periodo postoperatorio (7,79%) y 71 (92,20 %) se administraron de forma intraoperatoria. Los datos de la distribución temporal están resumidos en la tabla 6, mientras que el gráfico 3 representa de una forma visual esta distribución temporal.

Distribución temporal de las transfusiones perioperatorias							
Grupos	Casos	Transfundidos solo intraoperatoriamente		Transfundidos solo posoperatoriamente		Transfundidos intra y posoperatoriamente	
	Casos	N.º pacientes	N.º unidades	N.º pacientes	N.º unidades	N.º Pacientes	N.º unidades
Cirugía de columna cervical	82	1	2	0	0	0	0
C. de columna no cervical	65	2	3	0	0	0	0
C. de patologías benignas de cráneo	30	2	2	0	0	1	3 (1+2)
Metástasis- Gliomas.	91	15	21	1	2	1	2 (1+1)
Meningiomas	50	16	31	1	1	0	
C. del ángulo pontocerebeloso	14	5	5	0	0	0	0
C. Neurovascular	15	1	2	0	0	0	
Cirugía transesfenoidal	46	3	3	0	0	0	0
Total	393	45	69	2	3	2	5
En la columna de transfundidos intra y posoperatoriamente se expresa entre paréntesis y por este orden: primero el número de unidades administradas intraoperatoriamente seguido por las de las administradas postoperatoriamente.							

Tabla 6. Distribución temporal de las transfusiones perioperatorias.

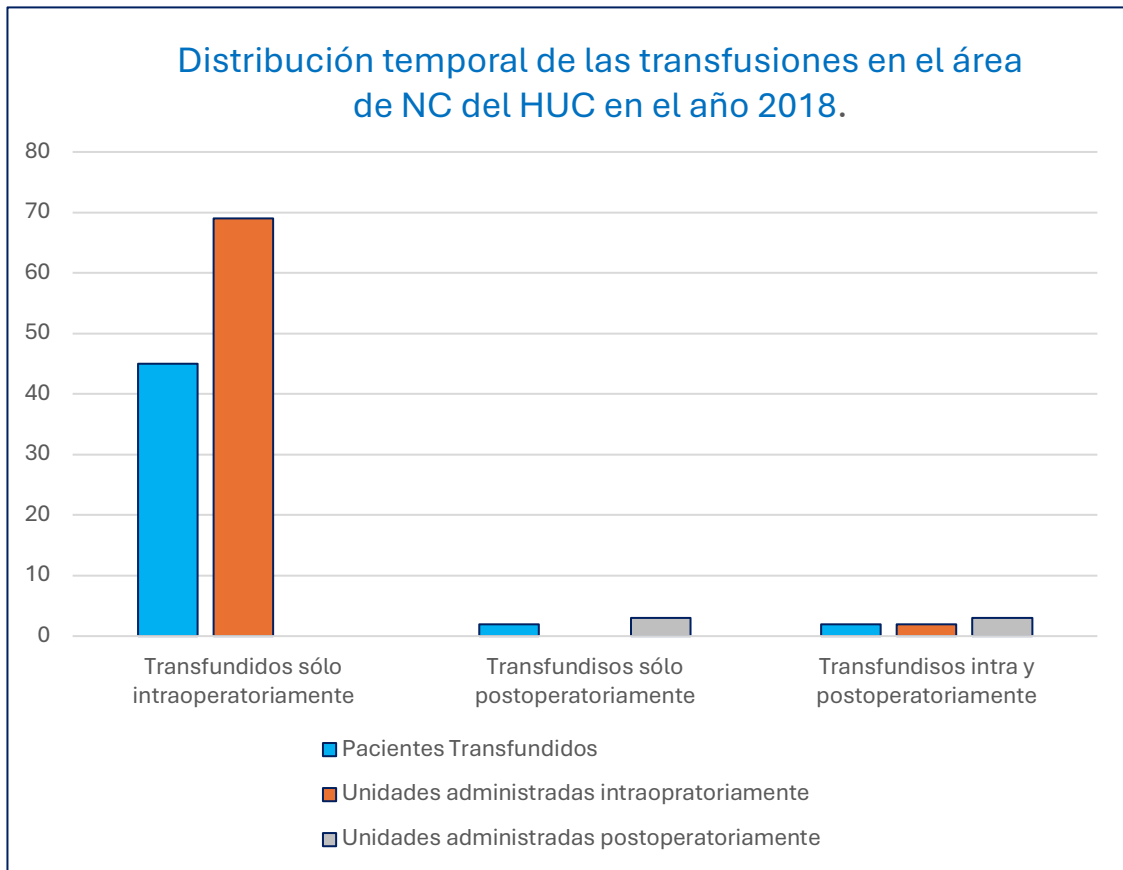


Gráfico 3. Distribución temporal de las transfusiones en el área de NC del HUC en el año 2018.

Usando umbrales diferentes para cada sexo –Hto de 39% en el caso de los hombres y de 36% en el de las mujeres– fueron identificados como anémicos 45 pacientes. Esto supone una incidencia de anemia del 11,45 % en la visita preanestésica. Sin embargo, cuando se consideraba como umbral diagnóstico un Hto inferior a 39%, de forma independiente del paciente, los pacientes anémicos fueron 82, lo que situaba la prevalencia de anemia en un 20,86%.

En cuanto a la distribución de la anemia por sexos, 29 hombres presentaron un Hto inferior a 39%. Cuando se usaba el umbral del 36% para las mujeres, tan solo 16 presentaban anemia, pero 37 mujeres presentaron un Hto entre 36 y 39%. Hemos tabulado estos datos en la tabla 7.

Distribución de la anemia por grupos y según sexo el sexo del paciente en el área de NC del HUC en 2018.						
Patología	Casos	Mujeres		Hombres	Total	Total Hto H<39% + M<36%
		Hto<36%	Hto>36% y <39%	Hto <39 %	Hto<39%	
		Casos	Casos	Casos	Casos	Casos
Cirugía de columna cervical	82	2	8	3	13	5
Cirugía de columna no cervical	65	4	2	6	12	10
Cirugía de patologías benignas de cráneo	30	3	4	3	10	6
Metástasis-Gliomas.	91	1	5	12	18	13
Meningiomas	50	3	8	0	11	3
Cirugía del ángulo pontocerebeloso	14	0	2	0	2	2
Cirugía neurovascular	15	1	2	1	4	4
Cirugía transesfenoidal	46	2	6	4	12	6
Total	393	16	37	29	82	45

Tabla 7. Distribución de la anemia por grupos según el sexo del paciente

El gasto ocasionado por la transfusión de 77 unidades de concentrado de hematíes, con un precio unitario de 142 €, fue de 10.934 €. La determinación de grupo y el escrutinio de anticuerpos irregulares se realizaron a todos los pacientes. Con un precio de 5 € por determinación del grupo y de 14€ por procedimiento de escrutinio de anticuerpos irregulares, supusieron 1.965 € y 5.502 € respectivamente. Por último, la realización de las pruebas cruzadas de 1.034 unidades supuso 29.986 €. El gasto final total en hemoterapia fue de 48.387 €, o lo que es lo mismo, 123 € por paciente. La mayor parte del gasto en hemoterapia se utilizó en las pruebas cruzadas, que supusieron un 62 % del mismo. Podemos ver los gastos y su distribución porcentual en la tabla 8 y en el gráfico 4.

Tabla 8. Gasto en reserva y transfusión de concentrado de Hematíes en el área de NC del HUC en 2018.			
Concepto	Precio unitario	Unidades	Total (€)
Concentrado de hematíes leucodeplecionados	142	77	10.934
Determinación de grupo ABO	5	393	1.965
Escrutinio de anticuerpos irregulares	14	393	5.502
Pruebas cruzadas	29	1.034	29.986
Gasto total anual			48.387€

Tabla 8. Gasto en la reserva y transfusión de Concentrado de Hematíes

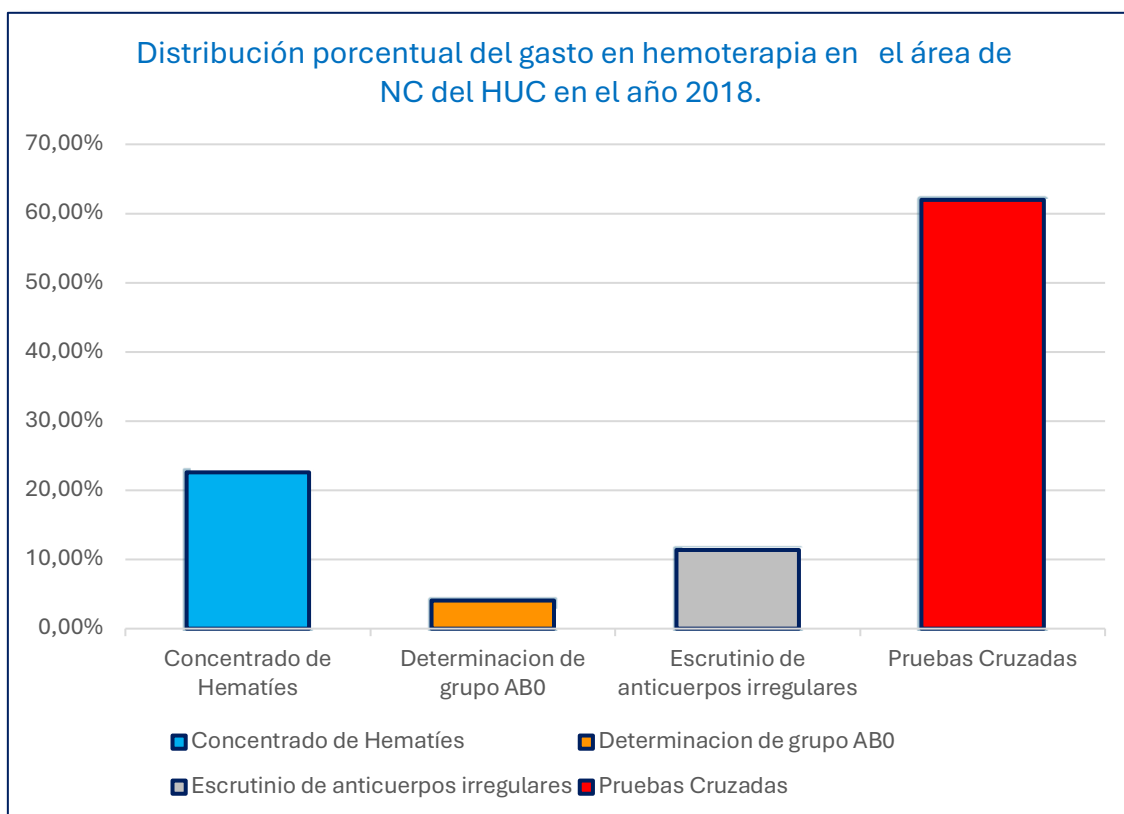


Gráfico 4. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia en el área de NC del HUC en el año 2018

Las conclusiones a las que llegamos de la situación de nuestra práctica transfusional en el año 2018 fueron:

- En cuanto a la eficacia de la reserva de sangre nuestros valores (Relación C/T de 13,42; PT de 12,47 % e IT de 0,19) estaban muy lejos de

presentar unas cifras próximas a las que indican un manejo eficaz, y eran, por lo tanto, susceptibles de mejora.

- El riesgo global de recibir una transfusión cuando un paciente era intervenido en el área de NC del HUC era de 12,47 %.
- La anemia en nuestra área oscilaba entre un 11,49% y un 20,05%, aunque la fiabilidad de los resultados de un estudio retrospectivo en el que solo se ha valorado el Hto es muy baja. Se precisa un estudio completo para poder identificar con precisión la anemia y poder clasificarla y tratarla.
- La gran mayoría de las transfusiones perioperatorias eran realizadas en el periodo intraoperatorio.
- Desconocemos la calidad de la transfusión en lo que respecta a la posibilidad de estar transfundiendo en exceso a nuestros pacientes.
- La reserva de sangre consume prácticamente el 62% del gasto en hemoterapia. Un sistema de reserva más ajustado a las necesidades reales generaría un notable ahorro económico.
- Es preciso elaborar un plan de mejora que nos permita reducir las transfusiones y realizar la reserva de un modo más eficaz.

Preguntas de investigación.

Ante los resultados, nos planteamos las siguientes preguntas:

- ¿Podemos elaborar un sistema racional de reserva y transfusión que minimice la transfusión y optimice la reserva de sangre, garantizando la seguridad de nuestros pacientes?
- ¿Son nuestros umbrales transfusionales los correctos?
- ¿Qué repercusión económica tendría la implantación de este sistema?

Hipótesis

El establecimiento de un programa individualizado para nuestra área y personalizado a las necesidades de cada paciente, para la reserva y transfusión de hemoderivados, junto con la identificación y tratamiento de la anemia perioperatoria, mejorará la eficacia en la reserva de sangre, reducirá la cantidad de pacientes transfundidos y generará un beneficio económico para nuestro hospital.

Objetivos.

Principales:

1. **Identificar** áreas de mejora en los criterios de reserva y transfusión.
2. **Desarrollar** una estrategia de reserva y transfusión individualizada para nuestro centro y adaptada a las necesidades del paciente.
3. **Identificar** la prevalencia de la anemia perioperatoria el área de neurocirugía del H.U. Cruces.
4. **Desarrollar** un sistema eficaz de tratamiento de la anemia y de la ferropenia preoperatoria

Objetivos secundarios.

- **Alcanzar** los estándares internacionales de una reserva de hemoderivados eficaz.
- **Evaluar** la repercusión económica de nuestras acciones.

Metodología.

Un programa tan ambicioso como lo es cambiar la forma de cruzar y reservar sangre para las intervenciones quirúrgicas en un área como NC precisa de un diagnóstico preciso, de la identificación de áreas de mejora, de la puesta en marcha de medidas correctoras y de la revaluación de la efectividad de estas. Dividiremos la descripción de la metodología por apartados

Identificación de las áreas de mejora.

Una vez conocida nuestra situación mediante el estudio retrospectivo, lo primero que hicimos fue, en base a los resultados y a la revisión bibliográfica, identificar las áreas de mejora que, en nuestra opinión, nos ayudarían a conseguir nuestros objetivos. De las cuatro áreas que identificamos, tres de ellas eran dependientes de los clínicos y la cuarta de nuestros gestores. Las medidas que propusimos son:

1. Elaborar y aplicar un algoritmo de reserva de sangre eficaz y eficiente.
2. Reducir el umbral transfusional de los pacientes neuroquirúrgicos y neurocríticos.
3. Identificar y establecer tratamiento para la anemia y la ferropenia preoperatorias.
4. Proveer de un sistema de analítica en el área quirúrgica de NC para disponer de los resultados analíticos en segundos a partir de su extracción.

Elaboración del algoritmo de reserva.

En la imagen 4 podemos ver el algoritmo que hemos elaborado. El proceso comienza evaluando el riesgo de recibir una transfusión (RT) y la media de unidades administradas por procedimiento (MUAP) asociadas a la patología por la que va a ser intervenido un determinado paciente. Estos datos fueron obtenidos del estudio retrospectivo (tablas 3 y 4).

Si el RT es menor del 5% y la MUAP es menor de 0,3, evaluamos la pérdida admisible del paciente. (ver ecuación 8 o bien el glosario). Si esta es superior al 20%, entonces no se hace solicitud alguna al banco de sangre. Si alguna de ellas supera los límites citados pasamos a un segundo estadio.

Si alguna de ellas supera los límites citados, pasamos a un segundo estadio. Si el RT es mayor del 5%, y menor del 25%, o la media de unidades administradas por procedimiento está entre 0,3 y 0,6, y/o el porcentaje de pérdida hemática está entre el 10 y 20% solicitamos al banco de sangre una determinación de grupo sanguíneo, y un escrutinio de anticuerpos irregulares (GAI).

Si el paciente excede en cualquiera de los valores límites preestablecidos, pasaremos al último estadio. En este, cuando el procedimiento presenta un riesgo de recibir una transfusión mayor del 25% y cuando la media de unidades administrada por procedimiento supera 0,6 o el porcentaje admisible de sangrado está por debajo del 10% se solicitará cruzar y reservar (CR).

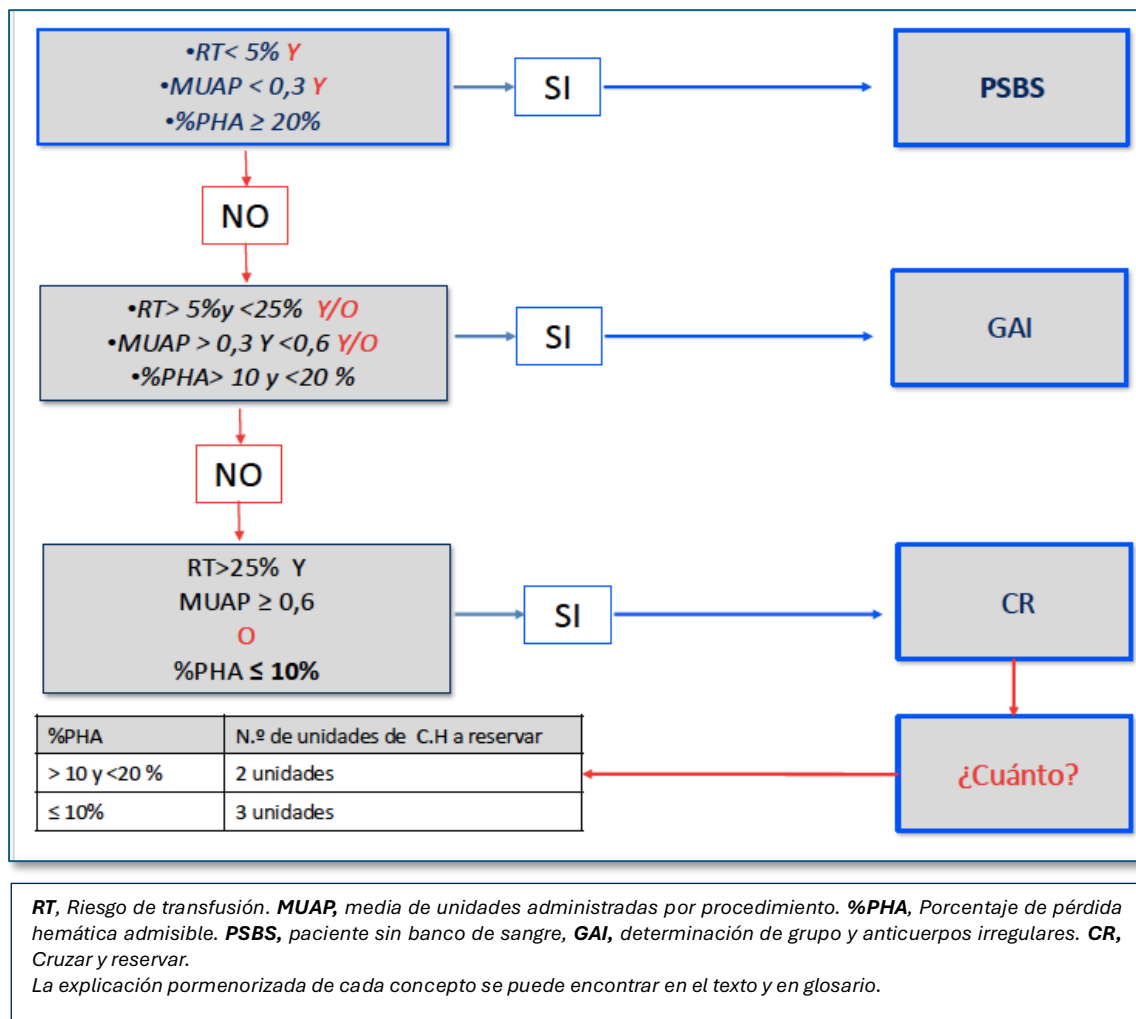


Imagen 4. Algoritmo de reserva y transfusión en el área de NC del HUC.

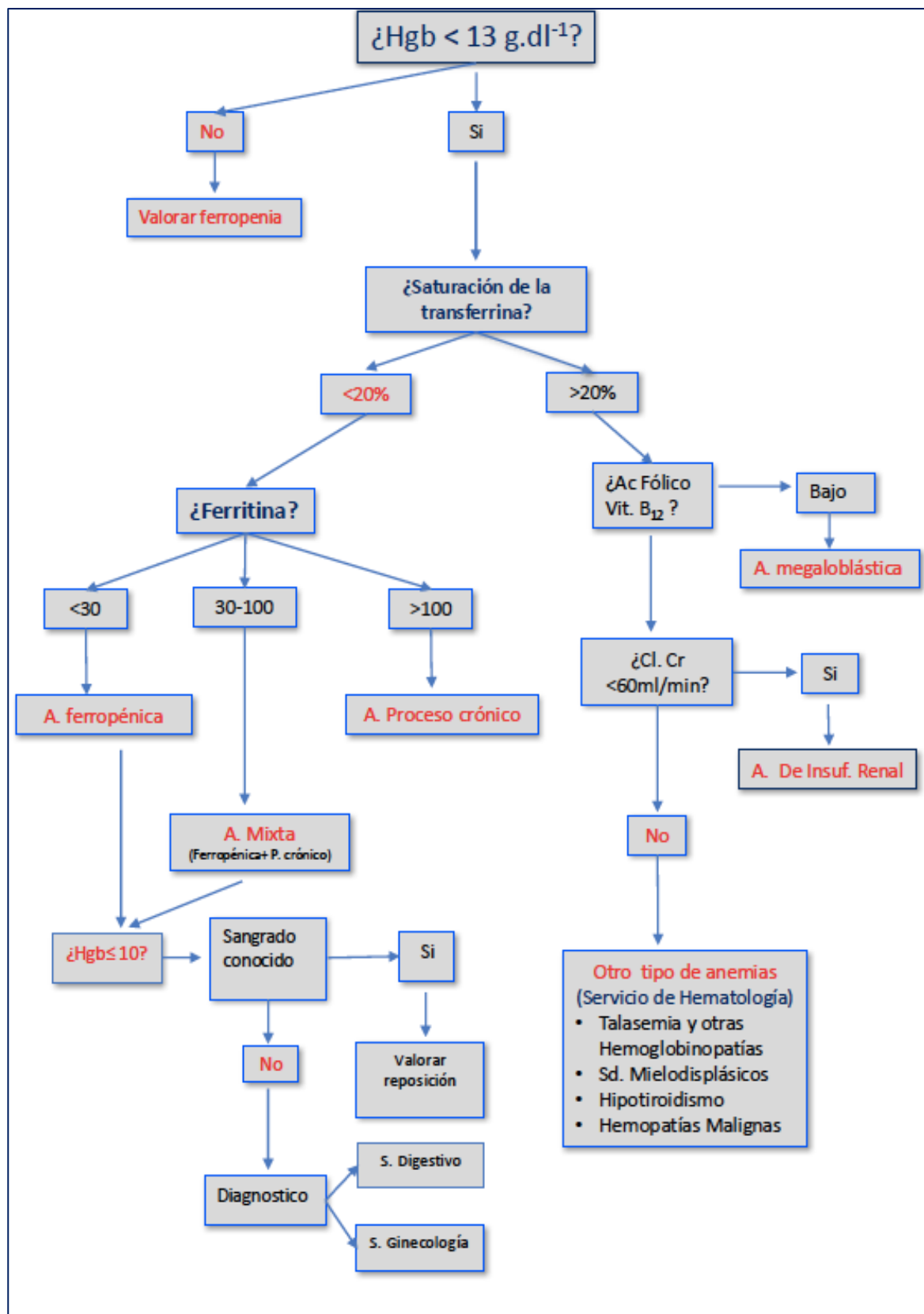
Actualización de los umbrales transfusionales.

De acuerdo con la literatura, decidimos reducir nuestro antiguo umbral transfusional de 10 g. dl⁻¹ y establecer un valor de Hgb < 9 g.dl⁻¹, como umbral transfusional para los pacientes neurocríticos y neuroquirúrgicos. No obstante, en los pacientes cuya hemorragia intraoperatoria esté en curso y genere inestabilidad hemodinámica se comenzará a transfundir cuando la Hgb descienda de 10 g. dl⁻¹.

También los datos de saturimetría en el golfo de la yugular, la presión tisular de oxígenos (PtiO₂) y los niveles de lactato sérico, pueden ser adyuvantes en las cirugías en las que se dispone de ellos o en la unidad de reanimación y orientarnos para realizar una transfusión a pesar de no haber alcanzado el umbral transfusional.

Identificar y establecer tratamiento para la anemia y la ferropenia preoperatoria.

Elaboramos nuestro algoritmo basándonos en los publicados por el grupo MAPBM⁽¹⁸⁰⁾ y el documento de consenso sobre el manejo preoperatorio de la anemia en España⁽¹⁸¹⁾. El algoritmo puede verse en la imagen 5. El tratamiento que aplicaremos a la anemia está esquematizado en las tablas 9-12.



Hgb: Concentración de Hemoglobina expresada en g. dl⁻¹. Cl. Cr. Aclaramiento de creatinina. Ferritina concentración de ferritina expresada en ng.ml⁻¹.

Imagen 5. Algoritmo diagnóstico de la anemia.

Tratamientos de la anemia preoperatoria según el tipo de anemia		
Tipo de anemia	Acción	Tratamiento
Anemia ferropénica	Identificación de posible sangrado	Hierro oral o intravenoso
Anemia mixta		Hierro intravenoso
Anemia inflamatoria o de proceso crónico		Hierro intravenoso valorar EPO
Anemia por déficit de Vit. B ₁₂ o Ac. Fólico		Fólico o vitamina B ₁₂
Anemia por insuficiencia renal	Consulta a S. Nefrología.	Decide Nefrología
Otras anemias	Consulta a S. Hematología	Decide hematología

Tabla 9. Tratamiento de la anemia preoperatoria según el tipo de anemia.

Instrucciones para la correcta prescripción del tratamiento de la anemia preoperatoria		
Ttos.	Fármacos y Dosis	Debemos tener en cuenta
Fe oral	Las sales de hierro oral deben ser administradas a dosis bajas (40-50 mg de hierro elemental) una vez al día, o a dosis moderadas (80-100 mg de hierro elemental) en días alternos. Preparados comerciales de elección según las recomendaciones ^(181, 182) : Ferroglucina sulfato (Glutaferro®) Hierro gluconato (Losferron®) Cromatonbic Ferro® Hierro sucrosomado (Fisiogen®)	Se recomienda evitar sales férricas, formas de liberación prolongada y las formas gastroresistentes ⁽¹⁸²⁾ . Consulta telefónica en 10 días tras prescripción para evaluar tolerancia. Si no tolera valorar cambio de preparado, administrar ablandador de heces. Si aun así no tolera valorar terapia intravenosa
Fe intravenoso	Hierro Carboximaltosa FERINJECT La dosis podemos verla en la tabla La dosis máxima de Fe es de 20mg/kg de peso corporal. Hasta un máximo de 1000mg No administrar más de 1000 mg por semana	La mayor eficacia se obtiene si se administra al menos 10 días antes de la cirugía. La duración mínima de la perfusión es de 15 minutos. Deben ser administradas en áreas con capacidad de RCP
Eritropoyetina	Pauta clásica de EPREX® en cirugía Se administran 600UI/kg semanales los días -21, -14, -7 y 0 (día de la intervención). Vía subcutánea. En pacientes de 60-80 kg de peso 1 vial de 40.000UI/semana	Hay que acompañar el tratamiento de la eritropoyetina con hierro oral o endovenoso (excepto en los casos de sobrecarga férrica), así como con vitamina B12 y/o ácido fólico, si se detecta su déficit.
Vitamina B12	1 mg/semana durante 4-6 semanas, posteriormente una pauta de mantenimiento de 1 mg/mes Optovite B12® Cromatonbic B12®	Preferentemente vía IM la vía oral está recomendada para pacientes vegetarianos estrictos, sin problemas de malabsorción (dosis: 500-1000 mg/día) o en pacientes con déficits subclínicos de vitamina B12 en los que vamos a tratar la anemia parenteralmente con Fe IV o EPO.
Ácido fólico.	5 mg/día durante 4 meses y un mantenimiento de 5 mg/semana	En los casos en los que haya un déficit concomitante de vitamina B12 y ácido fólico, hay que tratar primero el déficit de vitamina B12
Fisiogen y glutaferro no están financiados. Fe elemental en cada unidad de dosificación :Glutaferro 30 mg Fe ²⁺ /ml; Losferrón 80 mg Fe ²⁺ /80 mg Fe ²⁺ ; Cromatonbic – Ferro 37,5 mg Fe ²⁺ ; Fisiogen: 30 mg Fe ²⁺ Optovite puede administrarse la vía oral, intramuscular, o subcutánea Cromatonbic solo vía intramuscular		

Tabla 10. Instrucciones para la correcta prescripción del tratamiento de la anemia preoperatoria.

Tabla de dosificación de Fe intravenoso carboximaltosa (Ferinject®)				
Peso corporal	≥35 y ≤ 70 Kg		≥ 70 kg	
Hemoglobina	≥ 10g.dl ⁻¹	<10 g/dl	≥ 10 g/dl	<10 g/dl
Dosis total de Fe	1000mg	1500mg	1500mg	2000mg
Administrar 1 semana	1000	1000	1000	1000
Administrar la 2 semana	-	500mg	500mg	1000

Tabla 11. Tabla de dosificación de Fe carboximaltosa intravenoso.

Tratamiento de la anemia preoperatoria en el área de NC de HUC.			
Fármacos	Indicaciones	No prescribir	Limitaciones en neurocirugía
Hierro oral	Anemia ferropénica	No se comenzará si tiempo a IQ < 4 semanas No indicado por ineficaz en Hgb < 10mg/dl Sangrado activo Enfermedad inflamatoria intestinal Patología gástrica Intolerancia o alergia a preparados orales.	Gliomas.
Hierro intravenoso	Anemia ferropénica con limitaciones para terapia oral (tiempo < 4 semanas, Hgb>10, patología gástrica Anemia de proceso crónico Anemia mixta	Infección activa Historia de anafilaxia por fe IV	Gliomas Meningitis Absceso cerebral
Eritropoyetina	Anemia mixta Anemia de proceso crónico Anemia por insuficiencia renal (Prescribirá nefrología) Anemia refractaria a Fe IV (prescribirá hematología)	Arteriopatía: cardiopatía isquémica o arteriopatía periférica. Patología o antecedentes de riesgo tromboembólico (sin incluir ACxFA). HTA severa (>160/90) o refractaria (a más de dos fármaco antihipertensivos). Embarazo o lactancia.	Glioma Schwannoma Epilepsia o antecedentes de convulsiones o
Vit B ₁₂	Anemia megaloblástica por déficit de vitamina B12. Déficit de vitamina B12. (es decir, si se identifica el déficit asociado a otro tipo de anemia) Pacientes tratados con Fe IV o EPO y déficit subclínico.		Especialmente interesante corregir cualquier déficit de B ₁₂ en pacientes con mielopatía cervical.
A, Fólico	Anemia megaloblástica por déficit de ácido fólico. Déficit de ácido fólico. Pacientes tratados con Fe IV o EPO y déficit subclínico		

Tabla 12. Tratamiento de la anemia preoperatoria en el área de NC del HUC

Asimismo, basándonos en varios estudios^(132, 183-189), decidimos adaptar el algoritmo de diagnóstico de ferropenia sin anemia publicado por Al Nassem et al.⁽¹³²⁾, al ámbito preoperatorio. Podemos ver el algoritmo de diagnóstico y tratamiento en las imágenes 6 y 7, respectivamente.

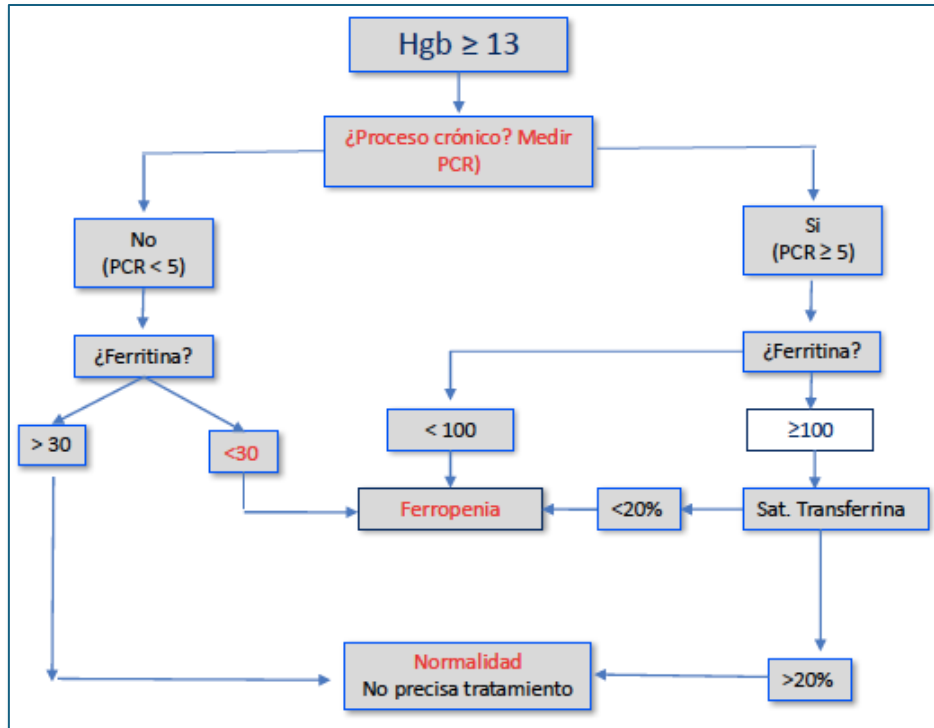


Imagen 6. Algoritmo diagnóstico de la ferropenia.

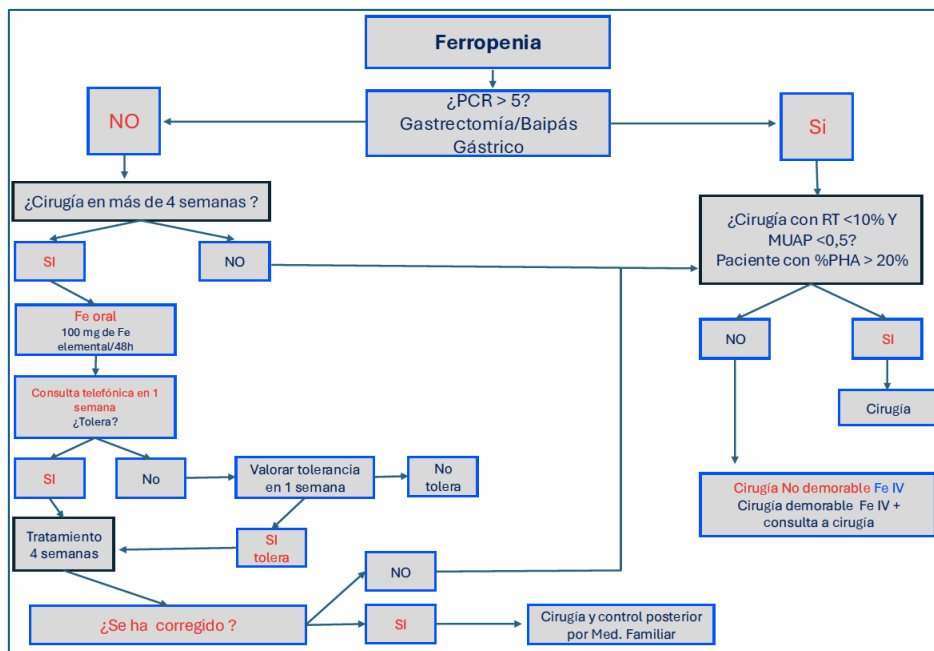


Imagen 7. Algoritmo de tratamiento de la ferropenia.

PCR, Proteína C Reactiva. Expresada en mg. l⁻¹

Concentración de ferritina expresada en ng.ml⁻¹

RT, Riesgo de transfusión.

MUAP, media de unidades administradas por procedimiento.
%PHA, Porcentaje de pérdida hemática admisible.

Disposición de un PoC.

En septiembre del año 2024, con el último estudio prospectivo en marcha, la dirección del centro dotó a nuestra área de un sistema HemoCue Hb 201® (imagen 8). El sistema tiene dos partes: una microcubeta desechable que contiene reactivo seco y un analizador calibrado en fábrica (no precisa calibración posterior).



Imagen 8. HEMOCUE Hb 201+

Para la medición, se carga por capilaridad un volumen de 10 μ l en la microcubeta, que contiene una mezcla de reactivos. En esta, la membrana de los eritrocitos es desintegrada por el desoxicolato de sodio, liberando la hemoglobina. El nitrito de sodio convierte el hierro de la hemoglobina del estado ferroso al estado férrico para formar metahemoglobina, la cual se combina con la azida de sodio (trinitruro de Na) para formar la

azidametahemoglobina. Luego, se produce la medición de la absorbancia a dos longitudes de onda: 570 nm para la medición de hemoglobina, y 880 nm para compensar la turbidez. El resultado se presenta en un lapso de 15 a 60 segundos^{(190,}

191).

Estudios.

Las medidas de mejora identificadas no fueron implantadas de una sola vez. La elaboración y aplicación del sistema de reserva individualizado para cada paciente y tipo de intervención, esquematizado en un algoritmo, así como la actualización de los umbrales transfusionales, se aplicaron a partir de mayo de 2019. La eficacia de estas medidas fue analizada mediante un estudio prospectivo, cuya recogida de datos se realizó entre enero y diciembre del año 2021.

A partir de junio de 2023, redefinimos a 13g.dl^{-1} el umbral para diagnosticar anemia a cualquier paciente que fuera a ser sometida a una intervención quirúrgica, independientemente de su sexo. Aplicamos los algoritmos de identificación y tratamiento de la anemia y de la ferropenia preoperatoria (tercera de las áreas de mejora). Además, gracias al análisis de los datos del estudio prospectivo, cambiamos la gestión de la reserva de sangre, que paso a hacerse en el preoperatorio inmediato. Las mejoras descritas fueron aplicadas desde mediados de 2023. El segundo estudio prospectivo se llevó a cabo desde diciembre de 2023 hasta noviembre de 2024. Durante la recogida de datos de este último estudio la dirección del centro dotó al área de NC del HUC de un POC para análisis fotométrico de la Hgb.

Los pacientes incluidos en cada uno de los estudios firmaron el correspondiente formulario de consentimiento informado, consensuado con el comité de ética de nuestra OSI⁷. Asimismo, ambos estudios contaron con la

⁷ OSI, Organización Sanitaria Integrada. Las OSI son estructuras que agrupan centros de atención primaria y hospitales de un área geográfica específica

aprobación por parte del Comité de ética de la investigación de la OSI Ezkerraldea-Enkarterri-Cruces. (CEI E19/·36, CEIE 23/ 25).

Primer estudio prospectivo.

Con este estudio, que realizamos a lo largo de 2021, evaluamos la eficacia de las dos medidas aplicadas inicialmente. Asimismo, en este estudio, evaluamos la distribución etiológica de la anemia preoperatoria en nuestros pacientes y la eficacia del laboratorio central para ofrecer resultados analíticos intraoperatorios. Por último, hicimos una estimación del ahorro económico generado por la aplicación de las dos primeras medidas correctoras.

Segundo estudio prospectivo.

Mediante este estudio evaluamos la eficacia de la modificación del algoritmo, así como la del diagnóstico y tratamiento de la anemia y la ferropenia. Tratamos de identificar la razón que genera una marcada diferencia entre los niveles de hemoglobina entre los momentos cero y basal, la cual fue identificada en el anterior estudio prospectivo. Además, también evaluamos la repercusión económica de las medidas implementadas.

Población

En ambos estudios prospectivos que llevamos a cabo, la población estuvo constituida por los pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos programados en el área de NC del HUC.

Criterios de inclusión.

Pacientes sometidos a cirugía programada cerebral o vertebromedular en nuestra área, que libres de criterios de exclusión, aceptaron ser incluidos en el estudio.

Criterios de exclusión.

Fueron excluidas:

- Las cirugías funcionales (trastornos del movimiento, implantaciones de estimuladores del nervio vago, implantación de bombas para el tratamiento de la espasticidad), las biopsias cerebrales, la cirugía del sistema nervioso periférico (trasposiciones cubitales, síndromes del túnel carpiano, etc.), las técnicas para el control del dolor (termocoagulación del V par, radiofrecuencia facetaria etc.), la colocación de válvulas de derivación ventrículo-peritoneal. Todos estos procedimientos, que suponen un número importante de intervenciones, se asocian una escasa pérdida sanguínea.
- Pacientes que no desearon participar en el estudio.
- Pacientes que, por su patología o por una barrera idiomática, fueron incapaces de comprender los beneficios y riesgos de participar en el

estudio, y en consecuencia, no pudieron firmar el consentimiento de participación.

- Pacientes que, por criterios religiosos, no pudieran recibir transfusiones sanguíneas. Estos pacientes, sea cual sea su situación, nunca serán transfundidos, por lo que su inclusión introduciría un sesgo.
- Pacientes menores de edad.
- Pacientes gestantes.

Parámetros que fueron recogidos:

Existen pequeñas variaciones entre un estudio y otro, dado que, alguno de los aspectos menores es diferente entre ellos. Los parámetros que fueron recogidos se citan y, si hubiera diferencias entre los estudios, se explican en qué consisten estas.

Antropométricos:

En ambos estudios se registraron el sexo, la edad, el peso, la talla y el índice de masa corporal de los pacientes.

Comorbilidad:

En ambos estudios se registró si los pacientes presentaban: hipertensión arterial, cardiopatías, diabetes, alteraciones respiratorias o discrasias sanguíneas. Además, en el segundo estudio registramos también si los pacientes padecían: enfermedad intestinal inflamatoria, antecedentes de baipás gástrico o de gastritis crónica.

Tratamientos crónicos:

En ambos estudios se registraron los tratamientos habituales, farmacológicos o no farmacológicos, así como el tiempo de interrupción hasta la cirugía, si esto hubiera sido necesario.

Perfil alimentario:

Solo fue recogido en el segundo estudio. Se registró si los pacientes fueron omnívoros, veganos o vegetarianos.

Características administrativas de la analítica:

Solo fueron registradas en el segundo estudio. Los parámetros que se registraron fueron: lugar de extracción de la muestra, fecha de extracción y laboratorio que realizó la analítica.

Determinaciones analíticas.

Preoperatorios.

A los valores analíticos solicitados para la valoración preanestésica se les denominó valores basales. En el primer estudio prospectivo (2021) se solicitó para la visita preanestésica: hematimetría, estudio de coagulación, determinaciones de glucosa, iones, urea y creatinina.

Antes de iniciar el segundo estudio, solicitamos al servicio de análisis clínicos que se introdujera una pestaña en el peticionario del sistema informático del hospital, denominada “preoperatorio de neurocirugía”. De este modo, con un solo clic se solicitaba: hematimetría, estudio de coagulación, y determinaciones de

glucosa, urea, creatinina e iones. Pero, además: sideremia, transferrina, ferritina, saturación de la transferrina, vitamina B₁₂, ácido fólico y proteína C reactiva.

Intraoperatorio.

Se realizó la extracción de muestras en el momento de la canalización de la vía venosa para la inducción del estado anestésico. A estos valores se les denominó momento cero, para distinguirlos de los niveles basales antes descritos. En el primer estudio se solicitó: una hematimetría y un perfil férrico (hematimetría sideremia, transferrina, ferritina y saturación de la transferrina). En el segundo estudio se solicitó una hematimetría en volante de urgencia y otra de rutina pre-transfusional.

En ambos estudios se realizó la extracción de una hematimetría inmediatamente antes del inicio de cualquier transfusión, y una hematimetría postransfusional. Esta última se extrajo transcurridas dos horas después de finalizar la transfusión.

Postoperatorios.

Se solicitó en ambos estudios, una hematimetría de ingreso en la unidad receptora, ya fuera la unidad de recuperación postanestésica (URPA⁸) o en la unidad de reanimación⁹. Por último, una nueva hematimetría a la mañana siguiente a la intervención. Además, al igual que en el quirófano, en el caso de que el paciente

⁸ La URPA, unidad de recuperación postanestésica. Se denominan así en el HUC a las unidades de cuidados intermedios postoperatorios.

⁹ Reanimación: Unidades de cuidados críticos perioperatorios Ver glosario.

precisara una transfusión se realizó una analítica preoperatoria, y otra dos horas después de finalizar la misma.

Motivo de la intervención.

Se registró el tipo de cirugía y fue agrupada en uno de los grupos establecidos en el estudio retrospectivo. (Ver tabla 2). Se registraron la anatomía patológica de la lesión, la extensión de la lesión (n.º de espacios vertebrales a intervenir, artrodesis vs discectomía y volumen tumoral).

Otros parámetros registrados.

- Uso de antifibrinolíticos (ácido tranexámico).
- Duración de la intervención (medido desde la incisión cutánea al cierre).
- N.º de unidades de concentrado de hematíes cruzadas y reservadas.
- N.º de concentrado de hematíes solicitados al banco de sangre.
Lógicamente, al conocer los concentrados transfundidos y los solicitados, se podrá determinar el número de los concentrados devueltos al banco de sangre, si esto sucediera.
- N.º de unidades de unidades de concentrado de hematíes reservadas que finalmente fueron transfundidos. Lógicamente, esto permite conocer el número de concentrado de hematíes reservados, pero no transfundidos.
- N.º de unidades de concentrado de hematíes transfundidos que no fueron reservados con anterioridad.
- Momento de la transfusión: se considerará como momento cero el inicio de la intervención; se registrará la transfusión perioperatoria hasta 24 horas previas a la intervención, indicándolas como tiempo negativo. La transfusión

a partir del inicio de la cirugía como tiempo positivo y se registrará hasta 48 horas después de la intervención.

- Se registró si hubo alguna activación del protocolo de transfusión masiva, así como el motivo de la activación de este.
- En el primer estudio, además, se registró el tiempo, que nuestro laboratorio central tarda en procesar una muestra solicitada desde el quirófano. Este tiempo se ofrece a través del programa Osabide Global.

Análisis de los datos.

Análisis de la reserva.

Evaluación cuantitativa de la reserva de sangre:

La evaluación se hará a través del cálculo por grupos de la media de unidades reservadas por paciente sometido a un procedimiento (MURP).

Análisis de la transfusión.

Análisis cuantitativo:

Para el análisis cuantitativo de la transfusión utilizaremos el riesgo de recibir una transfusión, la transfusión media analizando ambos parámetros globalmente y la media de unidades administrada por procedimiento El análisis se hará de forma global y por grupos patológicos.

Análisis cualitativo:

Idoneidad de la indicación de la transfusión intraoperatoria:

Usaremos para evaluar la idoneidad de la indicación intraoperatoria de transfundir a un paciente:

El Índice de sobretransfusión:

Este parámetro se calcula mediante el cociente de pacientes con Hgb de más de 10 g.dl^{-1} post-transfusional dividido entre el número de pacientes transfundidos. Este índice deriva de las recomendaciones de la ASA, que consideran que un paciente con Hgb superior a 10 g.dl^{-1} rara vez precisa transfusión⁽¹⁹²⁾.

La infratransfusión:

La infratransfusión se evaluó midiendo el porcentaje que presentaron niveles de Hgb inferiores a 9 g. dl^{-1} , en la analítica que se realizó al ingreso de los pacientes en la unidad receptora.

Calidad de la transfusión realizada:

Con el concepto de la calidad de la transfusión hacemos referencia a la compatibilidad de la sangre transfundida. La mayor calidad correspondería a las unidades transfundidas con pruebas cruzadas completas y la de menor calidad la sangre del grupo cero negativo transfundidas por activación del protocolo de transfusión masiva. Para juzgar este parámetro utilizaremos:

La relación de transfusión no prevista: Es la relación entre los casos en los que es necesario solicitar sangre isogrupo, es decir sangre no reservada, y el número total de pacientes transfundidos.

El registro de la activación del protocolo de transfusión masiva. Se registró su activación y la cantidad de CH del grupo cero negativo que se administró.

Evaluación del algoritmo de reserva.

Evaluación de la eficacia del algoritmo:

Para evaluar la eficacia del algoritmo calculamos y comparamos, de forma global (incluyendo a todos los pacientes) y dentro de los ocho grupos en los que dividimos a los pacientes los siguientes parámetros:

- Razón de transfusión de pruebas cruzadas (relación C/T).
- Probabilidad de transfusión (TP).
- Índice de transfusión (IT).
- Número de días de inmovilización.
- Número de unidades desperdiciadas.
- La probabilidad de no uso (PNU). Este parámetro fue incorporado solo en el segundo estudio. La PNU es el porcentaje de sangre que se solicita, pero no se utiliza⁽²⁴⁾ Se calcula mediante el cociente expresado en porcentaje del total de unidades no transfundidas entre el total de unidades solicitadas^(24, 193). Aunque no se ha determinado un punto de referencia establecido para este parámetro, una PNU elevada suele acompañarse de relaciones C/T, elevadas y de valores bajos de PT e IT, lo que indica un uso ineficiente de la reserva de sangre La PNU disminuye a medida que mejora la práctica de la solicitud de sangre^(24, 194)

Evaluación de la calidad del algoritmo:

Para esta evaluación se hicieron dos análisis. En el primero se evaluó la capacidad del algoritmo para distinguir aquellos pacientes que precisaban un contacto con el banco de sangre de los que la participación del banco de sangre no

fue precisa. En el segundo, valoraremos su calidad para distinguir aquellos pacientes que precisando un contacto con el banco de sangre, precisaron cruzar y reservar, de aquellos que solo precisaban una determinación de grupo y anticuerpos irregulares. Para cada uno de estos análisis se elaboró una tabla de contingencia y calcularemos la sensibilidad y la especificidad, así como los valores predictivos positivos y negativo.

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan un contacto preoperatorio con el banco de sangre.

Es evidente que un buen algoritmo será aquel que sea capaz de identificar tanto a aquellos que no se beneficien de una reserva de sangre (PSBS) y, gracias a ello, evitar gastar recursos innecesariamente; como a aquellos que precisarán la intervención del banco de sangre (CR y GAI). Para evaluar la calidad del algoritmo en este aspecto, consideraremos como verdaderos positivos aquellos pacientes a los que el algoritmo definió que precisaban contacto con el banco de sangre (GAI o CR) y finalmente fueron transfundidos. Por el contrario, serán considerados falsos positivos aquellos pacientes en los cuales el algoritmo determinó que precisaban contacto con el banco de sangre (GAI o CR) y no fueron finalmente transfundidos. Consideraremos verdaderos negativos a aquellos pacientes en los que el algoritmo consideró que no precisaban contacto con el banco de sangre, y finalmente, no fueron transfundidos. Por último, serán falsos negativos aquellos pacientes que el algoritmo determinó que no precisaban contacto con el banco de sangre y, finalmente, si precisaron transfusión.

Sensibilidad: aquí representará la probabilidad de que un paciente que es transfundido haya tenido contacto con banco de sangre previamente, por indicación del algoritmo.

$$S = \frac{\text{Verdaderos positivos}}{\text{Verdaderos positivos} + \text{Falsos negativos}}$$

Ecuación 3. Sensibilidad

Especificidad: En este análisis representará la probabilidad de que un paciente que no precisa ser transfundido no haya tenido contacto con banco de sangre previamente, por indicación del algoritmo.

$$E = \frac{\text{Verdaderos negativos}}{\text{Verdaderos negativos} + \text{Falsos positivos}}$$

Ecuación 4. Especificidad

El Valor predictivo positivo: representará la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina un contacto con banco de sangre.

$$VPP = \frac{\text{Verdaderos positivos}}{\text{Total de positivos}}$$

Ecuación 5. Valor predictivo positivo

El valor predictivo negativo: nos dirá la probabilidad de que, cuando el algoritmo nos indica que un paciente no precisa una comunicación con banco de sangre, finalmente no precisará una transfusión.

$$VPN = \frac{\text{Verdaderos negativos}}{\text{Total de negativos}}$$

Ecuación 6. Valor predictivo negativo.

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre reservada.

En este caso, analizamos específicamente la capacidad del algoritmo para distinguir a aquellos que precisan reserva de sangre (pruebas cruzadas completas e inmovilización de unidades de sangre) de aquellos que solo precisan determinar grupo y anticuerpos. Es decir, de aquellos en los que es menos probable recibir una transfusión. Serían verdaderos positivos aquellos pacientes que fueron transfundidos y que el algoritmo determinó que precisaban tener sangre reservada (CR), mientras que falsos positivos serían aquellos que el algoritmo determinó que precisaban reserva de sangre y, finalmente, no fueron transfundidos. Verdaderos negativos son aquellos pacientes a los que el algoritmo definió que tan solo precisaban GAI y, finalmente, no fueron transfundidos. Por último, serán falsos negativos aquellos pacientes que fueron clasificados como GAI y, finalmente, recibieron una transfusión.

Valoración de la eficacia de los nuevos umbrales transfusionales

Para poder estimar el ahorro en la cantidad de CH transfundidos que generó la reducción de los umbrales transfusionales en el quirófano, multiplicamos la media de unidades administradas por procedimiento, calculada en el estudio retrospectivo, por la población de los nuevos estudios. Gracias a ello, pudimos estimar a cuántos pacientes hubiéramos transfundido en base a los antiguos umbrales. La diferencia entre los CH que hubiéramos transfundido y los transfundidos realmente son los que se han denominado CH “ahorrados”.

Por el contrario, en reanimación, donde la transfusión es reactiva a una determinación analítica, fue más fácil calcular quién hubiera sido transfundido con los antiguos umbrales transfusionales. El ahorro de sangre se estimó identificando a los pacientes que presentaban un umbral inferior al antiguo, pero superior al umbral de transfusión actual. Se trata de una estimación de mínimos, dado que se estimó que a cada uno se le hubiera administrado una unidad, que es la mínima cantidad que se puede transfundir, una vez que se alcanzan los umbrales de transfusión.

Valoración de la anemia preoperatoria.

En el primer estudio prospectivo usamos para diagnosticar un estado de anemia preoperatoria la definición de la OMS, que establece distintos umbrales según el sexo. En el segundo estudio, como ya se ha comentado, fue considerado anémico, independientemente de su sexo genético, todo paciente, con una concentración de Hgb $<13\text{g.dl}^{-1}$.

En ambos estudios determinamos la prevalencia en el momento de la visita preanestésica y en el momento de la inducción anestésica. Asimismo, pormenorizaremos esta prevalencia por grupos patológicos y sexo. En el segundo estudio tipificamos las anemias preoperatorias según la etiología de estas (ferropénica, anemia de proceso crónico, anemia mixta, anemia por déficit de vitamina B₁₂ o ácido fólico, etc.). La tipificaremos de forma global y en cada uno de los ocho grupos en los que dividimos a los pacientes.

Estudio del gradiente de hemoglobina entre los momentos cero y basal

En el segundo estudio, a través del programa IBM-SPSS®, analizamos la relación de las distintas variables recogidas para tratar de identificar la causa de la diferencia notable e injustificada entre los valores de Hgb en la analítica basal (visita preanestésica) y la realizada en el momento del inicio de la intervención (cero), identificados en el primer estudio y confirmados en el segundo.

Las variables cuantitativas se describieron mediante media, mediana y desviación estándar, mientras que las variables cualitativas se expresaron como frecuencias absolutas y porcentajes. Se definió el gradiente basal-cero de hemoglobina (Hgb) como la diferencia entre los valores obtenidos en la visita preanestésica y los determinados en el momento de la inducción anestésica. Este gradiente se analizó tanto como variable continua como categórica. En el estudio de 2024, se clasificó como superior o inferior a la media aritmética y se analizó adicionalmente la presencia de un gradiente positivo, definido como el descenso de la Hgb entre ambas determinaciones.

La normalidad de las variables cuantitativas (edad, índice de masa corporal y días transcurridos entre las determinaciones analíticas) se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov, complementándose con la inspección visual de histogramas y gráficos Q-Q. Las variables con distribución normal se compararon mediante la prueba t de Student para muestras independientes, mientras que las no normales se analizaron mediante la prueba U de Mann–Whitney.

Las asociaciones entre variables cualitativas se estudiaron mediante tablas de contingencia, utilizando el test de Chi-cuadrado de Pearson cuando las frecuencias esperadas fueron suficientes y la prueba exacta de Fisher cuando estas fueron bajas.

La relación entre el gradiente basal–cero (superior o inferior a la media) y la pertenencia a los distintos grupos patológicos se evaluó mediante Chi-cuadrado, empleando los residuos tipificados ajustados para la identificación de diferencias específicas entre grupos.

En todos los análisis se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

Tiempo en disponer de una analítica.

Lo calculamos en el primer estudio. El tiempo para disponer de una analítica presenta dos componentes, siendo este tiempo la suma de ambos tiempos. El primero es el tiempo que se emplea en que la muestra llegue al laboratorio. Es, por lo tanto, el periodo de tiempo desde que hacemos una extracción hasta que esta se entrega en el laboratorio y este la activa. Este tiempo se cronometró en condiciones

ideales y fue de siete minutos. Nos referimos como condiciones ideales a que no se incluyó retraso alguno en la extracción, entrega al celador, traslado hasta el laboratorio y activación por parte de este.

El segundo componente es el tiempo de procesamiento. Este es el periodo entre el momento de la activación de una determinada analítica y su validación por parte del laboratorio. Este tiempo, que es medido por el propio laboratorio y publicado en el sistema informático del hospital, es el tiempo desde la activación de la muestra hasta la validación del resultado. Por ello, los investigadores no han medido o influido en este tiempo.

Precio de la hemoterapia.

Se calculó mediante la suma de los gastos monetizables del banco de sangre, que incluyen : costo de la unidad de concentrado de hematíes costo por la realización de pruebas cruzadas completas y precio por la determinación de grupo y anticuerpos irregulares. El precio de estos viene determinado por Osakidetza en su publicación anual: Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza⁽¹⁹⁵⁾.

Resultados.

Primer estudio prospectivo (año 2021).

Datos poblacionales.

Durante el periodo de recogida de datos de este estudio, que se extendió desde el dos de enero de 2021 hasta el treinta de diciembre de 2021, la población que cumplía con los criterios de inclusión fue de 312 pacientes. De ellos, dos fueron excluidos por cuestiones religiosas y otros 15 por no dar su consentimiento para participar en el estudio. Esto limitó a 295 los pacientes incluibles. Finalmente, fueron recogidos datos de un total de 249 personas (79,80% de los pacientes con criterios de inclusión y 84,40% de los incluibles).

La distribución por sexos fue: 129 hombres (51,80%), con una edad media de 56,76 años y 120 mujeres (44,19%), con una edad media de 55,33 años. El subgrupo femenino fue subdividido en el análisis en dos grupos etarios: a) mujeres por debajo de 42 años, 19 pacientes (7,63% del total) y b) 101 mujeres mayores o iguales de 42 años (40,56%).

La distribución dentro de los ocho grupos patológicos, que puede observarse en el gráfico 5, fue la siguiente: 62 casos de cirugía cervical, 39 de cirugía de columna no cervical, 16 patologías benignas de cráneo, 58 gliomas o metástasis, 24 meningiomas, 5 cirugías de ángulo pontocerebeloso, 14 cirugías vasculares y 31 cirugías por vía transesfenoidal.

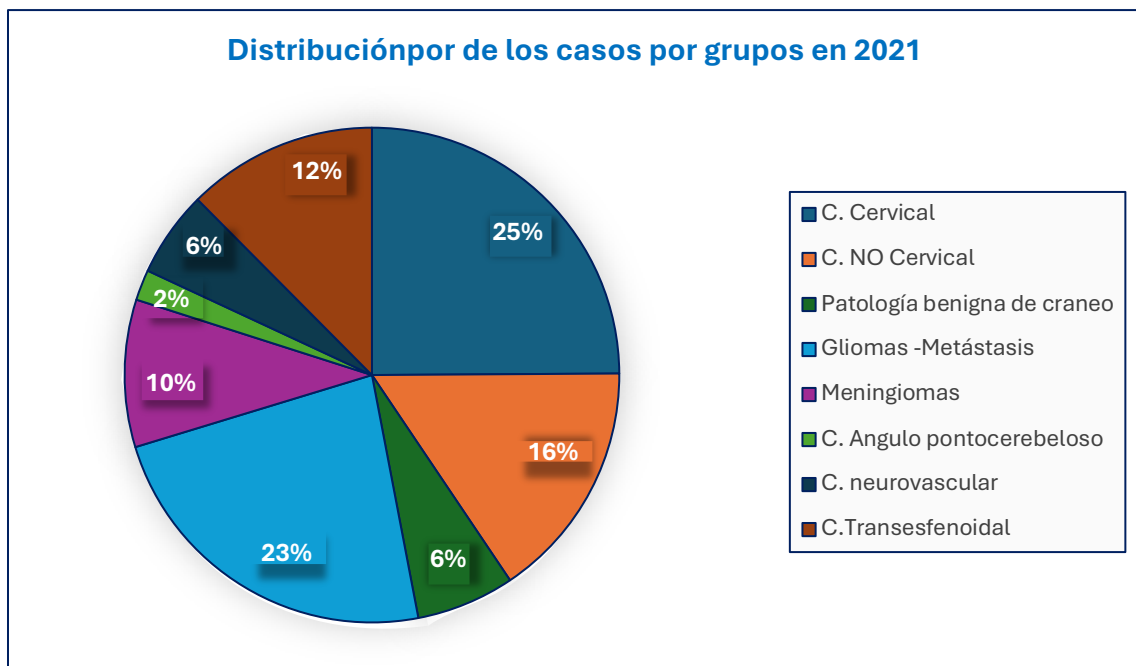


Gráfico 5. Distribución de los casos por grupos en el estudio de 2021.

Clasificación de los pacientes según el protocolo.

Con ayuda del protocolo, dividimos a los pacientes en tres grupos: el primero

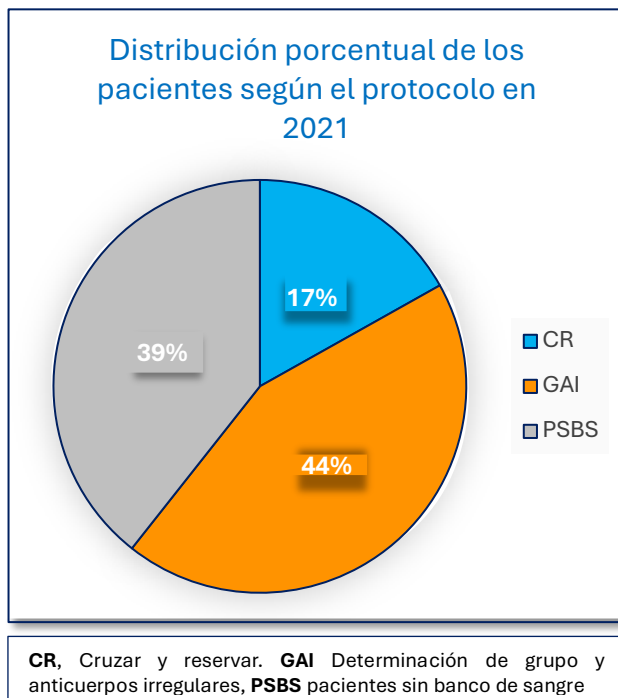


Gráfico 6. Distribución porcentual de los pacientes según el protocolo en 2021

fue el de aquellos pacientes que no precisaban ninguna solicitud al banco de sangre, abreviadamente los llamaremos “*Pacientes Sin Banco de Sangre*” (PSBS). El segundo grupo fue el de aquellos a los que se solicitaba determinación de grupo y escrutinio de anticuerpos irregulares (GAI). Por fin, el tercero, fue el de aquellos

pacientes a los que se les cruzaba y reservaba sangre (CR). La definición exacta de

cada grupo y sus particularidades pueden encontrarse en el glosario. Aunque inicialmente la distribución realizada por el algoritmo fue 41 pacientes en el grupo CR, 110 en el grupo GAI y 98 en el grupo PSBS. Tras La comprobación de la Hgb en la analítica cero (realizada tras la venoclisis para la inducción de la anestesia) uno de los pacientes etiquetados como GAI, paso al grupo CR, tras cruzar y reservar la sangre antes del comienzo de la cirugía. La distribución final fue 42 en el grupo CR, 109 en el grupo GAI y 98 en el grupo PSBS. La distribución porcentual de los pacientes según nuestro algoritmo fue la siguiente: un 16,86% fueron pacientes clasificados como CR, un 43,77% como GAI y el 39,35% como PSBS. Podemos

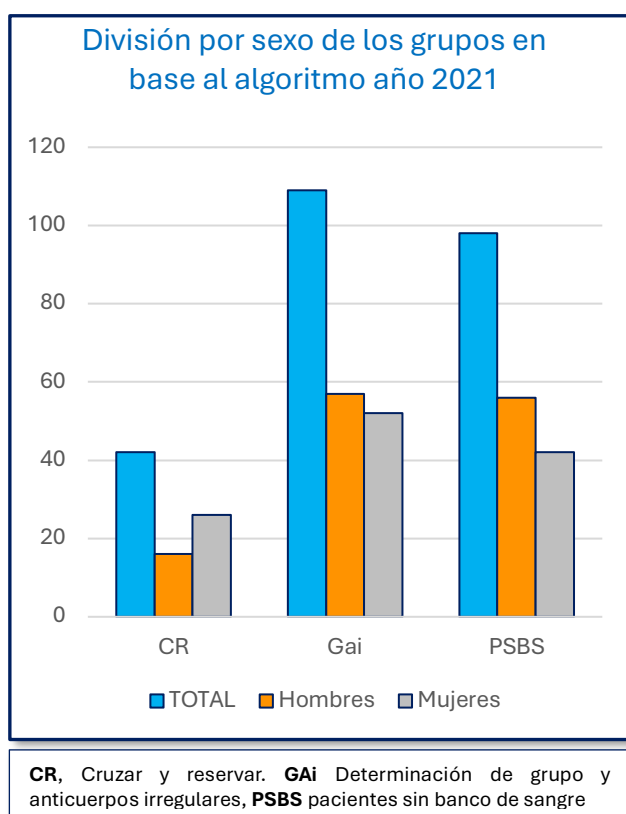


Gráfico 7 División por sexo de los grupos en base al algoritmo año 2021

observar esta distribución en el grafico 6.

En cuanto a la distribución por sexos De los 98 pacientes del grupo PSBS 42 eran mujeres (42,85% del grupo) y 56 hombres (57,14%). En el grupo de 109 pacientes a los que se les solicitó GAI 57 eran hombres (52,29%), y 52 mujeres (47,70%) Por último el, grupo CR, estuvo formado por 42 pacientes, lo que supone un

17,26% de los pacientes. La distribución por sexos en este último grupo fue 16 hombres (39,05%) y 26 mujeres (60,46%). Los datos se resumen en el gráfico 7.

Reserva de concentrado de hematíes.

Reserva de sangre preoperatoria.

El algoritmo determinó que se cruzaran y reservaran CH preoperatoriamente a 42 pacientes. Fueron reservadas para ellos 81 unidades.

Reserva de sangre intraoperatoria.

Intraoperatoriamente, ante la cuantía del sangrado se procedió a cruzar y reservar 18 concentrados de hematíes para 13 pacientes. De ellos, diez pacientes habían sido clasificados por el algoritmo como GAI, mientras que tres lo fueron como PSBS.

Análisis de la reserva.

Análisis global.

En el año 2021 reservamos 81 unidades preoperatoriamente, aunque la reserva final fue ampliada durante el periodo intraoperatorio en respuesta a la hemorragia en 18 unidades más. En consecuencia, nuestra MURP en el año 2021 fue de 0,39 (99 unidades reservadas dividido entre 249 pacientes sometidos a cirugía)

Análisis por grupos patológicos.

Los valores que adoptó la MURP en los grupos en los que fueron divididos los pacientes podemos verlos en la tabla 13.

Análisis cuantitativo de la reserva sanguínea en 2021			
Grupo patológico	N.º de pacientes	N.º de unidades reservadas	MURP
Cirugía de columna cervical	62	7	0,11
Cirugía de columna no cervical	39	9	0,23
C. de patología benigna de cráneo	16	3	0,18
Metástasis- Gliomas	58	14	0,24
Meningiomas	24	45	1,87
C. del ángulo pontocerebelosos	5	6	1,2
Cirugía neurovascular	14	6	0,14
Cirugía transesfenoidal	31	9	0,29
Global	249	99	0,39

Tabla 13 Análisis cuantitativo de la reserva sanguínea en 2021.

Transfusión.

Parámetros cuantitativos de la transfusión.

Fueron transfundidos 21 pacientes, de los cuales 6 eran hombres y 15 mujeres. La contribución porcentual de cada grupo al total de pacientes transfundidos se representa en el gráfico 8.

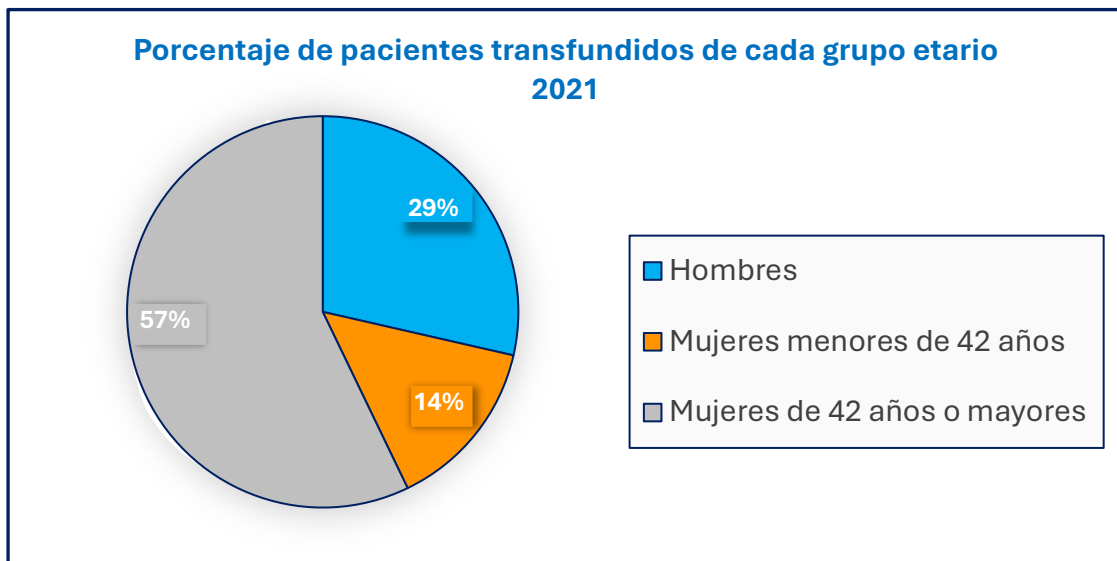


Gráfico 8. Porcentaje de pacientes transfundidos de cada grupo etario en 2021.

En este gráfico se observa que el grupo de mujeres de más de 42 años fue el que tuvo más pacientes transfundidos, suponiendo más de la mitad de los pacientes que recibieron una transfusión.

En cuanto a las unidades transfundidas. La distribución por grupos en función del sexo y de la edad puede verse en la tabla 14.

Distribución de las unidades transfundidas según sexo, y grupo etario en 2021				
Grupo	N.º de unidades transfundidas		N.º de pacientes transfundidos	Transfusión media
Global	25		21	1,19
Hombres	7		6	1,16
Mujeres	Global	18	15	1,20
	< 42 años	4	3	1,33
	≥ 42 años	14	12	1,16

Tabla 14. Distribución de las unidades transfundidas según sexo y grupo etario en 2021

Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria.

El grupo de clasificados como CR por el algoritmo fue de 42 pacientes. De ellos, fueron transfundidos 9, estos pacientes recibieron en total 12 unidades. De los 13 pacientes a los que se les cruzó sangre por sangrado intraoperatorio, finalmente fueron transfundidos 12 pacientes. De estos 12, a 10 el algoritmo los había clasificado en el grupo GAI. Estos 12 pacientes recibieron un total de 13 unidades. Podemos ver estos datos resumidos en la tabla 15.

Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria en 2021.				
Clasificación por parte del algoritmo	N.º de pacientes con reserva intraoperatoria	N.º de pacientes transfundidos	Unidades Reservadas	Unidades transfundidas
CR	0	9	81	12
GAI	10	10	13	10
PSBS	3	2	5	3

Tabla 15. Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria en 2021.

Relación entre transfusión y nivel de Hgb preoperatoria.

De los 21 pacientes que finalmente fueron transfundidos, 6 fueron hombres y 15 mujeres. Entre los varones, 5 presentaban valores de Hgb inferiores a 13 en el momento de la inducción. Entre las mujeres, 8 de las 15 que fueron transfundidas presentaban valores anémicos ($\text{Hgb} < 12 \text{ g.dl}^{-1}$) antes de la inducción. Una de las 3 pacientes menores de 42 años que fueron transfundidas presentaba anemia previa a la inducción.

Distribución temporal de la transfusión en el perioperatorio.

De los 21 pacientes que recibieron una transfusión en el periodo estudiado, en 19 (90,47% del total) ésta fue llevada a cabo exclusivamente durante el periodo intraoperatorio. Un paciente (4,76% del total) fue transfundido exclusivamente en el periodo postoperatorio. Por último, un solo paciente (4,76% del total) fue transfundido en ambos periodos, la trasfusión postoperatoria se hizo transcurridas 24 horas de la intervención quirúrgica, cuando los niveles de Hgb alcanzaron su nadir. Podemos ver estos datos resumidos en la tabla 16.

Distribución temporal de las transfusiones en 2021.				
periodo temporal	Total	Porcentaje de las transfusiones	Cantidad de unidades transfundidas	Porcentaje de las unidades
T. exclusivamente intraoperatoria	19	90,476%	22	92%
T. exclusivamente postoperatoria	1	4,761%	1	8%
Transfusión intra y postoperatoria	1	4,761	1 intraoperatoria. 1 postoperatoria	

Tabla 16. Distribución temporal de las transfusiones en 2021.

Análisis cuantitativo de la transfusión en 2021.

Valoramos primero, de una forma global, al total de los pacientes, y luego por grupo patológico, los siguientes parámetros: riesgo de transfusión, transfusión media y la media de unidades administradas por procedimiento.

Análisis global.

Como hemos visto, en 2021 fueron transfundidos 21 de los 249 pacientes que fueron estudiados. El RT para el año 2021 fue de un 8,43%. La transfusión media en este periodo fue de 1,19. Esto es, que cada paciente que era transfundido recibía

una media de 1,19 unidades. La media de unidades por procedimiento en el año 2021 en el área de NC fue de 0,1.

Análisis por grupos

Los datos de RT, TrM y MUAP de los distintos grupos en 2024 podemos verlos en la tabla 17.

Análisis cuantitativo de la transfusión en 2021						
	N.º de casos	N.º de pacientes transfundidos	N. de Unidades transfundidas	RT	TRM	MUAP
C de columna cervical	62	3	3	4,83	1	0,04
c. columna no cervical	39	1	1	2,56	1	0,02
C de patologías benignas de cráneo	16	0	0	0	∞	0
Gliomas-Metástasis	58	8	9	13,79	1,125	0,15
Meningiomas	24	5	8	20,83	1,6	0,33
C. del ángulo pontocerebeloso	5	0	0	0	∞	0
C. Neurovascular	14	2	2	14,28	1	0,14
C. vía transesfenoidal	31	2	2	6,45%	1	0,06
Global	249	21	25	8,43%	1,19	0,1

Tabla 17. Análisis cuantitativo de la transfusión en 2021.

Análisis cualitativo de la transfusión en 2021.

Idoneidad de la indicación de transfusión intraoperatoria :

El índice de sobretransfusión fue del 85%, puesto que, de los 20 pacientes transfundidos en el quirófano, 17 presentaron una hemoglobina mayor de 10 g.dl¹ en la analítica que se realizó al ingreso en la unidad postoperatoria receptora.

El índice de infratransfusión en este estudio fue cero; es decir, ningún paciente que precisó una transfusión no la recibió.

Calidad de la transfusión realizada:

La relación de transfusión no prevista fue cero, puesto que no hubo que solicitar sangre isogrupo. Tampoco se activó el protocolo de transfusión masiva. Es decir, el 100 % de los pacientes recibieron CH con pruebas cruzadas completas.

Reserva y transfusión pormenorizada por grupos patológicos en 2021.

Los datos de la transfusión y de la reserva para los distintos grupos patológicos los podemos ver en la tabla 18. La distribución dentro de los ocho grupos patológicos fue, como se ha citado fue la siguiente: 62 casos de cirugía cervical, 39 de cirugía de columna no cervical, 16 patologías benignas de cráneo, 58 gliomas o metástasis, 24 meningiomas, 5 cirugías de ángulo pontocerebeloso, 14 cirugías vasculares y 31 cirugías por vía transesfenoidal. En la tabla 18 podemos ver la distribución de los pacientes en cada grupo por parte del algoritmo, las unidades reservadas, las transfundidas, así como los parámetros de análisis de la calidad de reserva y transfusión.

Parámetros de la transfusión por grupos patológicos en 2021									
Parámetro	C. Cervical	C. No cervical	P. Benigna cráneo	Metástasis Gliomas	Meningiomas	C Ángulo Pontocerebeloso	C. neurovascular	C. Transesfenoidal	Total
N.º de casos	62	39	16	58	24	5	14	31	249
PSBS	58	34	2	1	0	0	0	3	98
GAi	2	2	12	55	1	2	12	23	109
CR	2	3	2	2	23	3	2	5	42
N.º unidades cruzadas Preoperatoriamente	4	6	3	4	45	6	4	9	81
N.º de pacientes a los que se les cruzo sangre intraoperatoriamente	2	2	0	7	0	0	2	0	13
N.º de unidades cruzadas intraoperatoriamente	3	3	0	10	0	0	2	0	18
N.º de unidades transfundidas con reserva preoperatoriamente	1	0	0	1	8	0	0	2	12
N.º de unidades transfundidas con reserva intraoperatoria	2	1	0	8	0	0	2	0	13
N.º de pacientes transfundidos SOLO intraoperatoriamente	3	0	0	7	5	0	2	2	19
N.º de pacientes transfundidos posoperatoriamente	0	1	0	0	0	0	0	0	1
N.º de pacientes transfundidos intra y posoperatoriamente	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Tabla 18. Parámetros de la reserva y transfusión por grupos patológicos en 2021

Evaluación del algoritmo de reserva.

Evaluación de la eficacia del algoritmo.

Los parámetros para evaluar la eficacia del algoritmo son: la relación C/T, la probabilidad de transfusión, el índice de transfusión, los días de inmovilización y el número de unidades desperdiciadas.

Datos globales.

Relación C/T. En este estudio, la CR global fue de 3,96. Si calculamos la relación C/T solo para aquellas unidades cruzadas preoperatoriamente, el valor es de 6,75. El cálculo para el grupo al que se le reserva sangre intraoperatoriamente, la relación C/T fue de 1,38.

Probabilidad de transfusión. La PT en 2021 alcanzó un 38,18 % de forma global. En el grupo CR, es decir, en aquellos que se les hace la reserva preoperatoriamente, la PT fue de 21,42%. Para el grupo que se hizo la reserva intraoperatoria alcanzó 92,30 %.

Índice de transfusión. En 2021, globalmente, esto es, con la totalidad de las unidades cruzadas y reservadas, fue de 0,45. Las cifras obtenidas según el momento de la reserva han sido 0,28 si analizamos solo a aquellos del grupo CR, y de 1 para aquellos a los que se solicitó cruzar y reservar sangre intraoperatoriamente.

N.º de días de inmovilización. En el año 2021 reservamos un total de 99 unidades, de las cuales fueron transfundidas 25. Por lo tanto, generamos 148 días de inmovilización. Expresado en relación con el número de pacientes a los que se

les reservó sangre en el periodo de estudio (55 pacientes) hemos generado 2,69 días de inmovilización por paciente al que se les reservó sangre.

Unidades desperdiciadas. En este caso, fueron 4 (3,52) las unidades desperdiciadas, que expresadas en relación con los pacientes a los que se les reservó sangre, fue de 0,07 unidades desperdiciadas por cada paciente al que se les reservó sangre.

Datos por grupos patológicos.

Los valores que adoptaron los distintos parámetros que evalúan la eficacia del algoritmo, pormenorizado por grupos patológicos, los podemos verlo en la tabla 19.

Parámetros para la evaluación de la eficacia del algoritmo por grupos en 2021				
Grupo patológico	C/T	PT	IT	Días de inmovilización por paciente
C. de columna cervical	2,33	75%	0,75	2
C de columna NO cervical	9	20%	0,20	3,2
C de patologías benignas de cráneo	∞	0%	0	3
Metástasis-gliomas	1,55	88,88%	1	1,1
Meningiomas	5,6	21,73%	0,39	3,13
C del ángulo pontocerebeloso	∞	0%	0	4
C. neurovascular	3	50%	0,5	2
C. transesfenoidal	4.5	40%	0,2	2,8
Global	3,96	38,18	0,45	2,69

Tabla 19. Parámetros para la evaluación de la eficacia del algoritmo por grupos en 2021

Evaluación de la calidad del algoritmo.

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisen un contacto preoperatorio con el banco de sangre.

Elaboramos, para evaluar la calidad del algoritmo en este aspecto, la tabla de contingencia (tabla 20).

Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo		
Categoría	Definición	N.º
Verdaderos positivos (VP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con el banco de sangre y fueron finalmente transfundidos	19
Falsos positivos (FP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con banco de sangre y no fueron finalmente transfundidos	132
Total de positivos (TP)	Suma de verdaderos positivos y falsos positivos	151
Verdaderos negativos (VN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente no precisaron una transfusión	96
Falsos negativos (FN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente fueron transfundidos	2
Total de negativos (TN)	Suma de verdaderos negativos y falsos negativos	98

Tabla 20. Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo.

A partir de la tabla de contingencia pudimos calcular:

La sensibilidad, la cual representa la probabilidad de que un paciente que fue transfundido hubiera tenido por indicación del algoritmo, contacto con banco de sangre de forma previa. Su valor fue 90,47 %.

La especificidad, que representa la probabilidad de que un paciente que no precisó ser transfundido no hubiera tenido contacto con banco de sangre previamente, por indicación del algoritmo. La especificidad fue del 42,10 %.

El valor predictivo positivo, que representa la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determinó un contacto con banco de sangre. El VPP fue del 12,67 %.

El valor predictivo negativo representa la probabilidad de que un paciente no sea transfundido cuando el algoritmo indica que no precisará una comunicación con banco de sangre. El VPN fue del 97,97 %.

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre cruzada y reservada.

A partir de la segunda tabla de contingencia (tabla 21), podemos calcular la calidad del algoritmo para distinguir entre los que precisarán reservar y los que solo precisarán GAI.

Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo		
Categoría	Definición	N.º
Verdaderos positivos (VP)	Pacientes transfundidos que el algoritmo determino que precisaban reservar sangre	9
Falsos positivos (FP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban reserva de sangre y no son transfundidos	33
Total de positivos (TP)	Suma de verdaderos positivos y falsos positivos	42
Verdaderos negativos (VN)	Aquellos que el algoritmo definió que precisaban GAI y no precisaron transfusión	99
Falsos negativos (FN)	Aquellos que el algoritmo definió que no reserva y finalmente fueron transfundidos	10
Total de negativos (TN)	Suma de verdaderos negativos y falsos negativos	109

Tabla 21. Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo.

Sensibilidad: en este caso, representa la probabilidad de que un paciente al que se ha reservado sangre sea transfundido La sensibilidad del algoritmo en este aspecto fue del 47,36 %.

Especificidad: en este caso, representa la probabilidad de que un paciente al que se le ha considerado GAI finalmente no precise una transfusión. La especificidad del algoritmo fue del 74,24 %.

Valor predictivo positivo: en este caso, representa la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina que se precisa reservar sangre. El VPP del algoritmo en este aspecto fue del 21,42 %.

Valor predictivo negativo: indica que, cuando el algoritmo indica que no es preciso reservar sangre, el paciente no recibirá una transfusión. El valor predictivo negativo fue del 90,82 %.

Anemia.

Los resultados de los estudios de la incidencia de anemia en los pacientes recogidos en el estudio están tabulados en las tablas 22 y 23. En la analítica basal¹⁰, 41 pacientes presentaban anemia (prevalencia de anemia del 16,46 %). La mayoría de los pacientes anémicos en la analítica basal, eran hombres (65,85 % de los anémicos). En la analítica cero, presentaron cifras de anemia 81 pacientes (la prevalencia de la anemia en este punto era 32,53 %). En este punto, los hombres supusieron el 49,38 % de los pacientes anémicos, frente al 50,61 % de las mujeres. La anemia a las 24 h del procedimiento afectaba a 161 pacientes (la prevalencia fue del 64,65%). Los hombres representaron el 46,58% de los anémicos en este punto, frente al 53,41% de las mujeres.

Es interesante desglosar la prevalencia de la anemia dentro de cada grupo. En el punto cero destacan los hombres, el porcentaje, prácticamente se iguala. En el momento cero, el porcentaje de anemias postoperatorias es más frecuente en las mujeres, y es especialmente frecuente en las mujeres por debajo de 42 años.

¹⁰ La **analítica basal** es la extraída para la visita preanestésica, **la analítica cero** es la que se realiza con sangre extraída al canalizar una vía para la inducción anestésica y por tanto refleja el estado al inicio de la intervención quirúrgica.

Distribución de la anemia durante el proceso perioperatorio en 2021.						
ESTADIOS	N.º Global	Porcentaje	Hombres	Porcentaje de los anémicos en este punto	Mujeres	Porcentaje de los anémicos en este punto
Anemia basal	41	16,46%	27	65,85%	14	34,14%
Anemia cero	81	32,53%	40	49,38%	41	50,61%
Anemia 24 horas	161	64,65%	75	46,58%	86	53,41%
Hombres 129, 101 mujeres iguales o mayores de 42 años, 19 menores de 42 años						

Tabla 22. Distribución de la anemia durante el proceso perioperatorio en 2021.

Incidencia de la anemia perioperatoria por grupos en 2021.								
Estadios	N.º Global	Porcentaje	Hombres	Incidencia de anemia dentro del grupo	Mujeres de 42 años y mayores	Incidencia de anemia dentro del grupo	Mujeres menores de 42 años	Incidencia de anemia dentro del grupo
Anemia basal	41	16,46%	27	20,93%	12	11,88%	2	10,52%
Anemia cero	81	32,53%	40	31%	34	33,66%	7	36,84
Anemia 24 horas	161	64,65%	75	58,13%	70	69,30%	16	84,21%
Hombres 129, mujeres 120, de las cuales iguales o mayores de 42 años 101, 19 menores de 42 años								

Tabla 23. Incidencia de la anemia perioperatoria por grupos en 2021.

Perfil férrico.

El perfil férrico en este estudio se determinó con una muestra de sangre que fue extraída junto a la hematimetría cero, esta determinación se realizó tras la venoclisis para la inducción de la anestesia. Los resultados se expresan en la tabla 10.

Tabla 24. Perfil férrico de los pacientes anémicos en el momento cero en 2021					
Grupos	Anémicos en cero	Sat.Tr < 30%	Sat.Tr <30% y Ferritina<30	Sat.Tr <30% y Ferritina 30-100	Sat.Tr. <30% y Ferritina >100
Hombres	40	31	7	6	18
Mujeres ≥ 42	34	29	10	10	9
Mujeres < 42	7	7	5	2	0
Sat.Tr; saturación de la transferrina					

Tabla 24. Perfil férrico de los pacientes anémicos en el momento cero en 2021

Demora en la obtención de las pruebas de laboratorio.

El tiempo que tarda en llegar la muestra al laboratorio ha sido considerado el mismo para todas las muestras (7 minutos). El tiempo medio de procesamiento de la muestra, esto es, el tiempo empleado por el laboratorio, fue de 34 minutos. Por ello, el tiempo medio para disponer de una hematimetría urgente fue de 41 minutos.

Tiempo (minutos) para el procesamiento de las muestras en el laboratorio.				
Tiempo de procesamiento	Media	Mediana	Moda	D estándar
	34,20	28,20	20	19,82

Tabla 25. Tiempo en minutos para el procesamiento de muestras en el laboratorio

Costo económico de la hemoterapia en 2021.

El cálculo del precio de la hemoterapia en el área de neurocirugía del HUC a lo largo del año 2021, de acuerdo con los precios establecidos en el libro “Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza para el año 2021”⁽¹⁹⁵⁾, podemos verlo en forma resumida en la tabla 26. El gasto ocasionado por la transfusión de 25 unidades de concentrado de hematíes, con un precio unitario de 153 € fue de 3825 €. La determinación de grupo y el escrutinio de anticuerpos irregulares se realizó inicialmente a 151 pacientes de forma preoperatoria (42 pertenecían al grupo CR y 109 al grupo GAI); además, intraoperatoriamente se les realizaron a 3 pacientes del grupo PSBS, lo que supone que finalmente se les realizó a 154 pacientes. Este concepto, con un precio unitario de 19 € por paciente, generó un gasto de 2926 €. En cuanto al gasto ocasionado por las pruebas cruzadas supuso 3069 €. En total, se cruzaron 99 unidades a lo largo del año 2021 con precio de 31€ por cada unidad cruzada. El gasto final total en hemoterapia fue de 9820 €, o lo que es lo mismo 39,43 € por paciente intervenido en el área de NC del HUC en el año 2021. La distribución porcentual del gasto en hemoterapia del año 2021 podemos verla en el gráfico 9.

Distribución del gasto en hemoterapia en el año 2021			
Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Concentrado de hematíes	153€	25	3825
Determinación de grupo y escrutinio de anticuerpos irregulares	19	154	2926
Pruebas cruzadas	31	99	3069
Gasto total en hemoterapia en el año 2021			9820

Tabla 26. Distribución del gasto en hemoterapia en 2021.

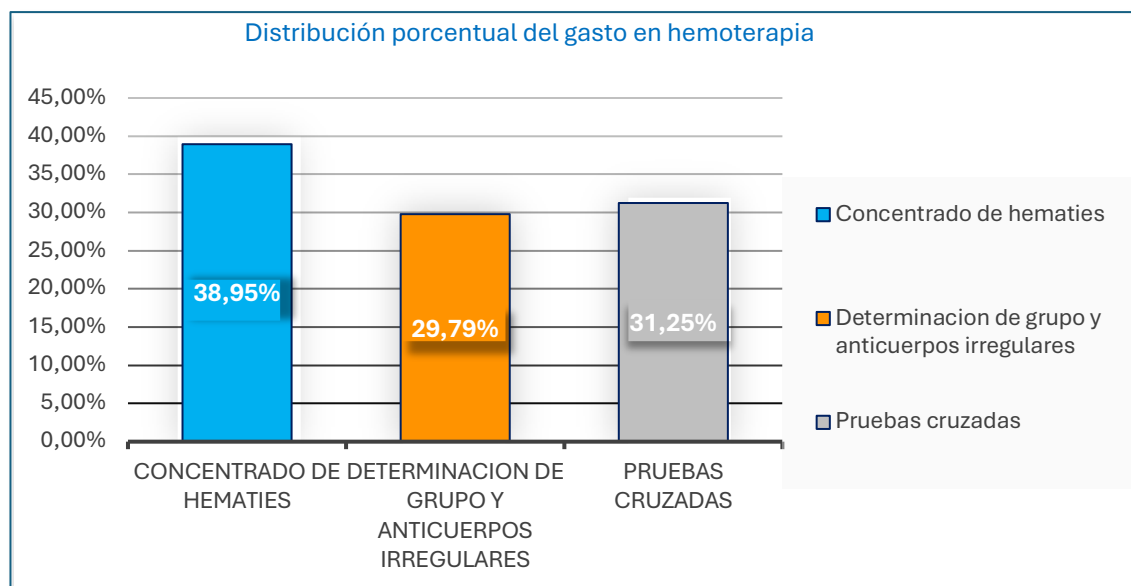


Gráfico 9. Distribución porcentual de gasto en hemoterapia en 2021

Segundo estudio prospectivo (año 2024).

Datos poblacionales.

En el periodo de recogida de datos de este estudio, que abarcó desde el 1 de diciembre de 2023 hasta el 1 de diciembre de 2024, el total de pacientes que cumplían los criterios de inclusión en el estudio fue de 356. De ellos, hay que excluir a trece: tres por expresar su voluntad de no recibir transfusiones o hemoderivados por motivos religiosos; cuatro por su voluntad de no participar en el estudio; y los seis restantes por la incapacidad de explicarles el estudio y conseguir su consentimiento expreso. La incapacidad de comunicación se debió a la existencia de una barrera idiomática (por afasia del paciente o por desconocimiento de nuestro idioma). Por lo tanto, los pacientes incluibles finalmente fueron 343. De ellos, incluimos en el estudio un total de 297 pacientes, lo que supone el 83,42 % de los pacientes que cumplían los criterios para ser incluidos y el 86,58 % de los pacientes realmente incluibles. Sin embargo, el análisis se llevará a cabo sobre 290 pacientes, puesto que 7 pacientes han sido excluidos porque sus datos estaban incompletos. Esto supone que el análisis se hará sobre un 84,54% del total de los pacientes incluibles.

La distribución por sexos fue de 148 pacientes de sexo femenino (51,03 %) con una edad media de 58,75 años y de 142 pacientes de sexo masculino (48,96 %) con una edad media de 58,59 años. El grupo de pacientes femenino fue subdividido para el análisis en dos grupos etarios: a) mujeres menores de 42 años (este

subgrupo comprendió 18 pacientes, 6,20 % del total de los pacientes y b) Mujeres con edad igual o superior a 42 años 130 (44,82 % del total de pacientes). Ver

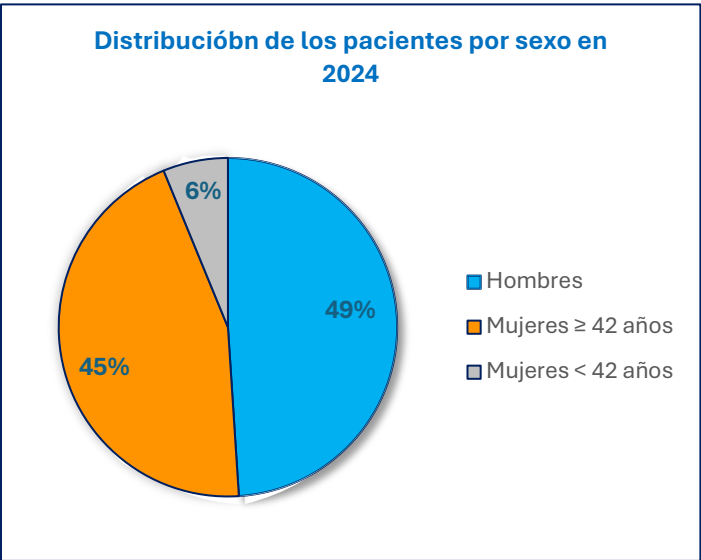


Gráfico 10. Distribución de los pacientes por sexo en 2024

resumen de estos datos en el gráfico 10.

La distribución dentro de los 8 grupos patológicos, que puede observarse en el gráfico 11, fue la siguiente: 76

pacientes fueron sometidos a

cirugía de columna cervical (26,20 %), 48 a cirugía de columna NO cervical (16,55 %), 11 a patologías benignas de cráneo (3,79 %), 65 pacientes a metástasis o gliomas (22,41 %); 40 meningiomas (13,79 %); 9 cirugías del ángulo pontocerebeloso. (3,10 %); 12 cirugías neurovasculares (4,13 %) y 29 cirugías por vía transesfenoidal (10 %).

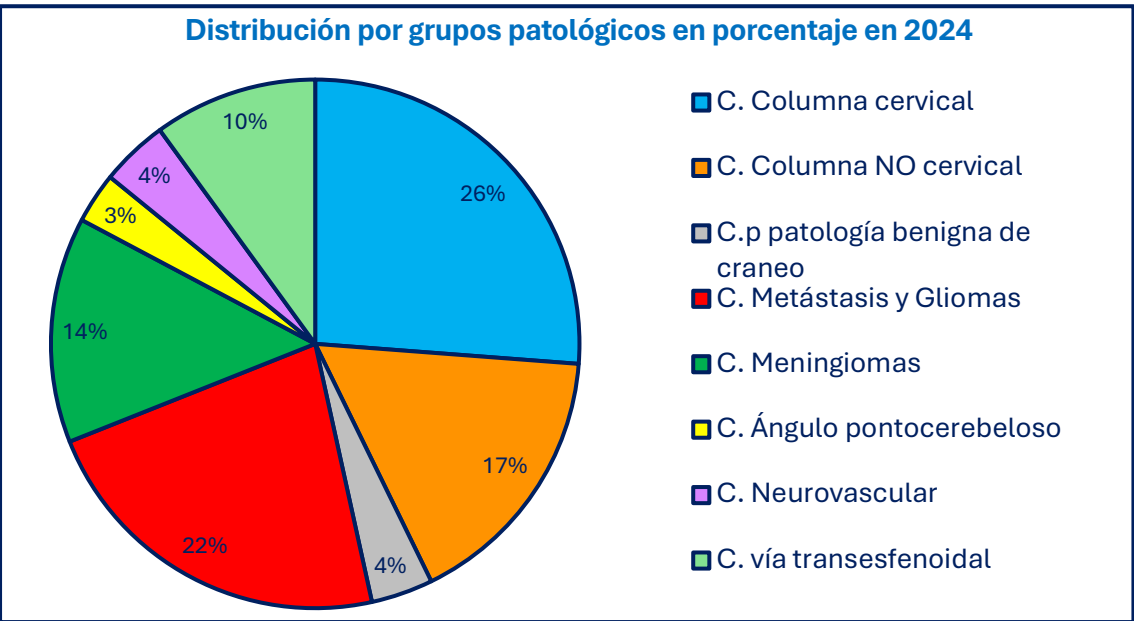
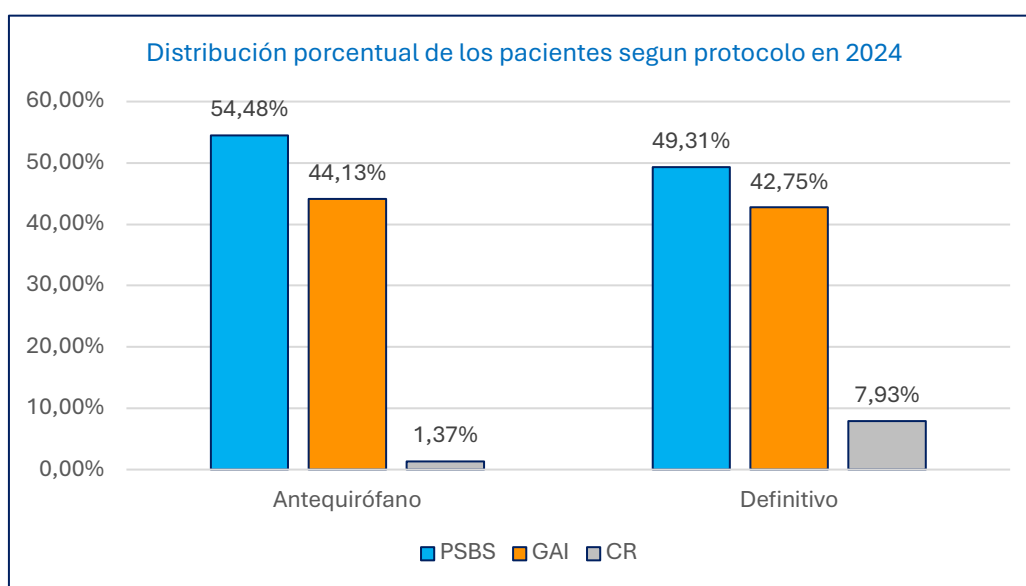


Gráfico 11. Distribución por grupos patológicos en 2024

Clasificación de los pacientes según el protocolo en 2024.

La clasificación de los pacientes a su llegada a quirófano según el algoritmo fue: 4 pacientes CR (1,37 %), 128 GAI (44,13 %) y 158 PSBS (54,48 %). No obstante, la clasificación final tras la analítica cero¹¹ mostró una distribución diferente, con 23 pacientes CR (7,93 %), 124 GAI (42,75 %) y 143 PSBS (49,31 %). Esta distribución se presenta en el gráfico 12.



CR, cruzar y reservar. **GAI**, Determinación de grupo y anticuerpos irregulares. **PSBS**, Pacientes sin banco de Sangre

Gráfico 12. Distribución porcentual de los pacientes según el protocolo en 2024

Los cuatro pacientes que llegaron a quirófano siendo CR¹² lo fueron tras aplicarles el algoritmo el día previo a la intervención, por estar ingresados. De los siete pacientes a los que les aplicamos el algoritmo el día previo, seis eran cirugías

¹¹ Analítica cero es aquella que se realiza con sangre extraída en el momento de canalizar la vía venosa para la inducción anestésica.

¹² A Los pacientes ingresados, se les aplicó el protocolo la víspera de la intervención dado que estos pacientes en muchos casos (traumáticos o reintervenidos) ya han presentado pérdidas hemáticas importantes y son los pacientes que mayor probabilidad presentan de precisar una transfusión.

consideradas PSBS y una GAI. Al aplicarles el protocolo, tres pacientes reclasificados como GAI y tres como CR.

En cuanto a los 19 restantes, antes de la realización de la analítica cero, 13

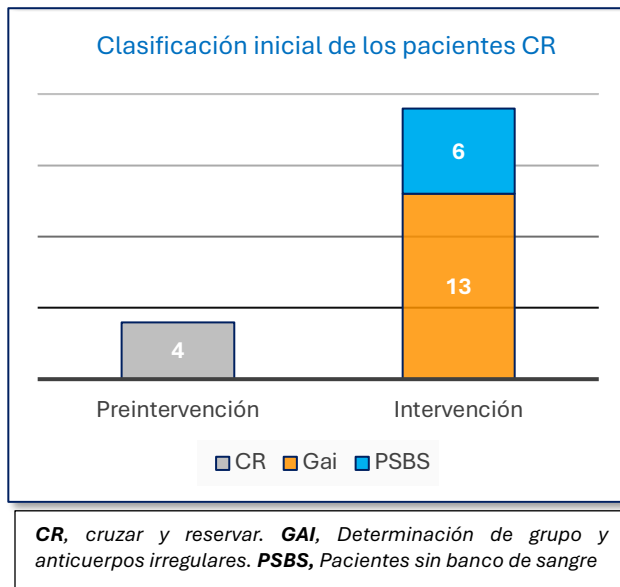


Gráfico 13. Clasificación inicial de los pacientes que llegaron a quirófano siendo CR en 2024.

correspondían al grupo GAI, mientras que los 6 restantes fueron inicialmente considerados PSBS (gráfico 13). La distribución por sexo, dentro de los distintos grupos en los que el algoritmo clasificó a los pacientes se resume en el gráfico 14 y fue la siguiente: de los 143 pacientes

que fueron considerados PSBS, 81 eran varones (56,64 %) y 62 mujeres (43,35 %).

La distribución por edad dentro del grupo femenino fue la siguiente: 56 pacientes tenían 42 años o más (39,16 % del total de pacientes y 90,32 % de las pacientes de sexo femenino) y 6 pacientes tenían menos de 42 años (4,19 % de los pacientes PSBS y un 9,67% de las pacientes femeninas del grupo PSBS).

De los 124 pacientes considerados GAI, 53 fueron hombres (42,74 %) y 71 mujeres (57,25 %). Entre estas últimas, 8 eran menores de 42 años (6,45 % de los pacientes clasificados como GAI y 11,11 % del subgrupo de sexo femenino), mientras que 63 tenían 42 años o más (50,80 % del total de pacientes considerados GAI por el algoritmo y 88,73 % de las pacientes de sexo femenino).

Por último, de los de los 23 incluidos finalmente en el grupo CR, 8 fueron varones (34,78 %) y 15 mujeres (65,21%). Dentro del grupo femenino, 4 eran menores de 42 años (17,39 % de los pacientes CR y un 26,66 % de las pacientes femeninas consideradas CR), mientras que 11 tenían 42 años o más (47,82 % del total de pacientes CR y un 73,33% de las pacientes CR femeninas).

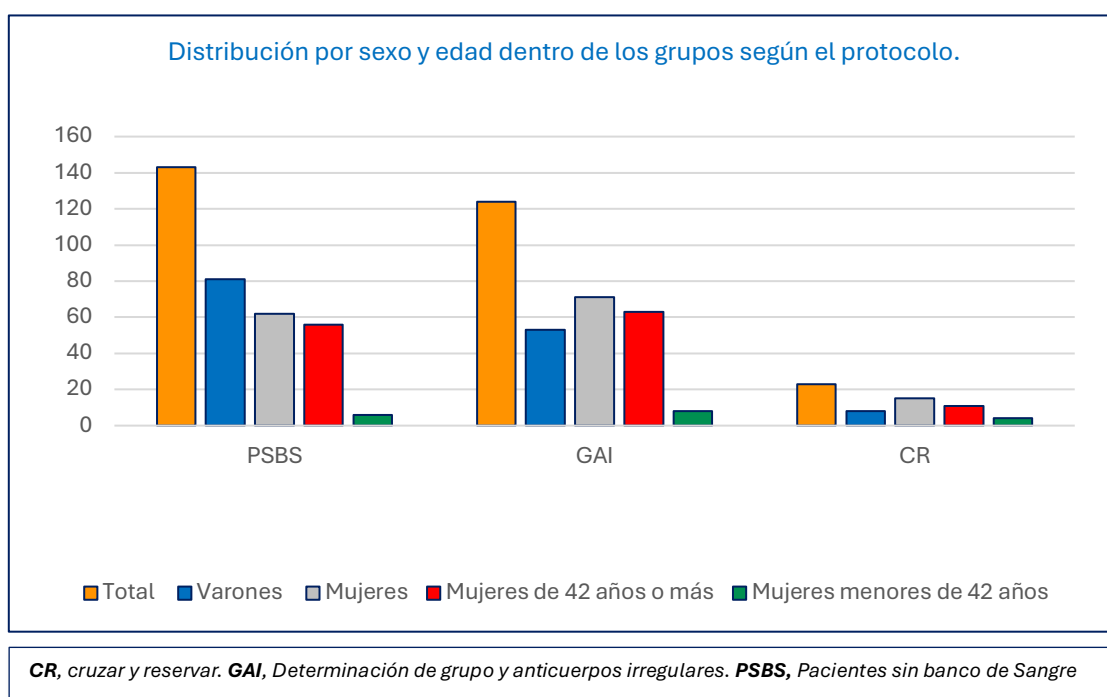


Gráfico 14. Distribución de los pacientes por sexo y edad dentro de los grupos determinados por el protocolo en 2024

Reserva de concentrado de hematíes.

El algoritmo determinó que se cruzaran preoperatoriamente 29 unidades para un total de 23 pacientes considerados CR. Intraoperatoriamente, ante el desarrollo de una hemorragia de suficiente entidad, fueron reservadas 20 unidades

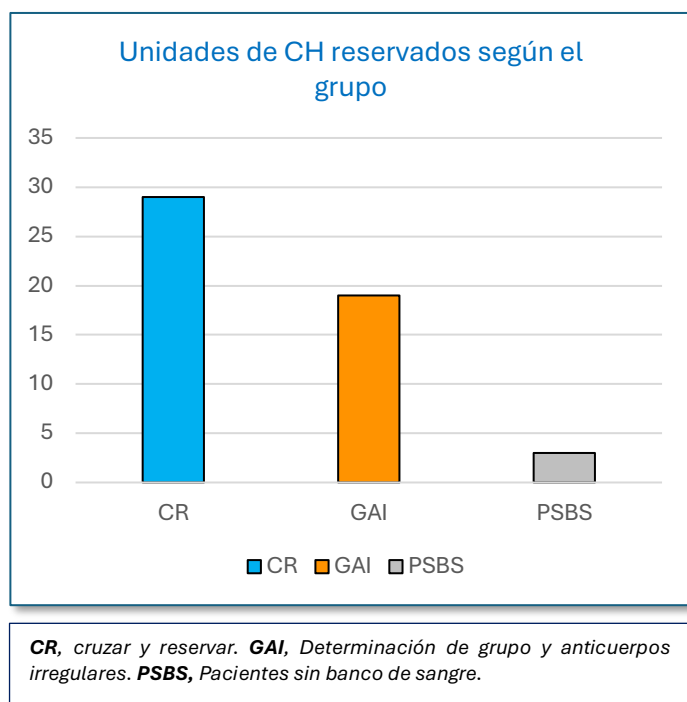


Gráfico 15. Unidades de CH reservados según el grupo determinado por el protocolo en 2024

para 9 pacientes, de los cuales 8 habían sido identificados previamente por el algoritmo como GAI y uno como PSBS.

Postoperatoriamente, se cruzaron 2 unidades durante la estancia en reanimación para un paciente considerado inicialmente PSBS por el algoritmo. En conclusión, se cruzaron 51 unidades para 33

pacientes. La distribución de los CH reservados según el grupo determinado por el algoritmo se presenta en el gráfico 15.

Análisis de la reserva.

Análisis Global.

En el año 2024 se reservaron 51 unidades para un total de 290 pacientes; esto supone una MURP de 0,17.

Análisis por grupos patológicos

Los valores que adoptó la MURP en los grupos en los que fueron divididos los pacientes se muestran en la tabla 27.

Análisis cuantitativo de la reserva de CH en 2024			
Grupo patológico	N.º de casos	N.º de unidades reservadas	MURP
C. Columna Cervical	76	7	0,09
Cirugía de columna no cervical	48	6	0,12
C. de patologías benignas de cráneo	11	2	0,18
Gliomas-Metástasis	65	16	0,24
Meningiomas	40	15	0,37
Cirugías del ángulo pontocerebeloso	9	1	0,11
Cirugía neurovascular	12	0	0
Cirugía por vía transesfenoidal	29	4	0,13
Global	290	51	0,17

Tabla 27. Análisis cuantitativo de la reserva de CH en 2024.

Transfusión.

Parámetros cuantitativos de la transfusión en 2024.

Durante el periodo de estudio fueron transfundidos 16 pacientes: 8 hombres

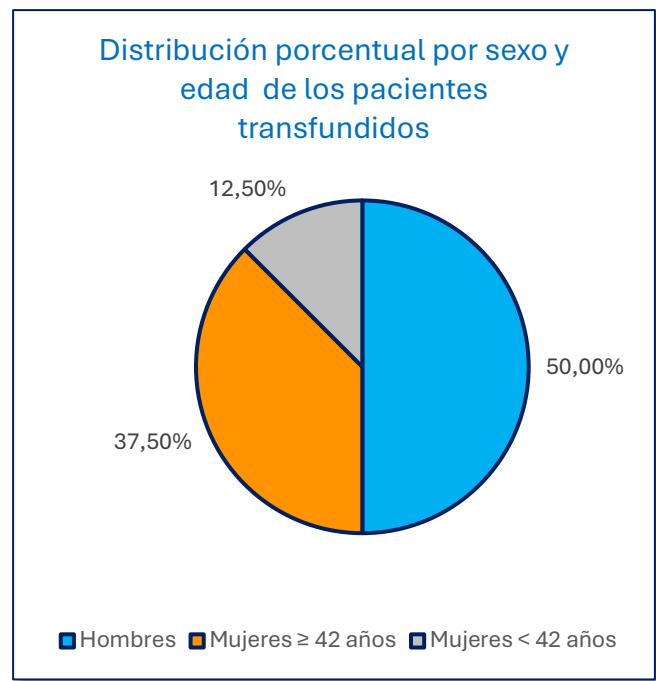


Gráfico 16. Distribución porcentual por sexo y edad de los pacientes transfundidos en 2024

(50 % del total de pacientes transfundidos) y 8 mujeres (50 % de los transfundidos). En la subdivisión etaria del grupo femenino, dos de las transfundidas eran menores de 42 años. Porcentualmente las mujeres menores de 42 años representaron el 12,5 % de los pacientes transfundidos. Por

último, el grupo de mujeres de 42 años o más, supusieron el 37,5 % del total de transfundidos (gráfico 16). La distribución de los concentrados de hematíes transfundidos según la edad y el sexo puede verse en la tabla 28 y en el gráfico 17.

Distribución de los CH transfundidos según el sexo y edad en 2024					
Grupo	N.º de unidades transfundidas		N.º de pacientes transfundidos	Riesgo de transfusión	Transfusión media
Global	25		16	5,51%	1,56
Hombres	9		8	5,63%	1,125
Mujeres	Global	16	8	5,40%	2
	<42 años	9	2	11,11%	4,5
	≥ 42	7	6	4,61%	1,16

Tabla 28. Distribución de los CH transfundidos según el sexo y la edad en 2024

Los pacientes varones recibieron un 36 % de las unidades transfundidas, mientras que el grupo femenino recibió en conjunto el 64 %. Dentro del grupo femenino, las pacientes de 42 años o más recibieron el 28% de las unidades, mientras que las menores de 42 años recibieron el 36% de las unidades transfundidas.

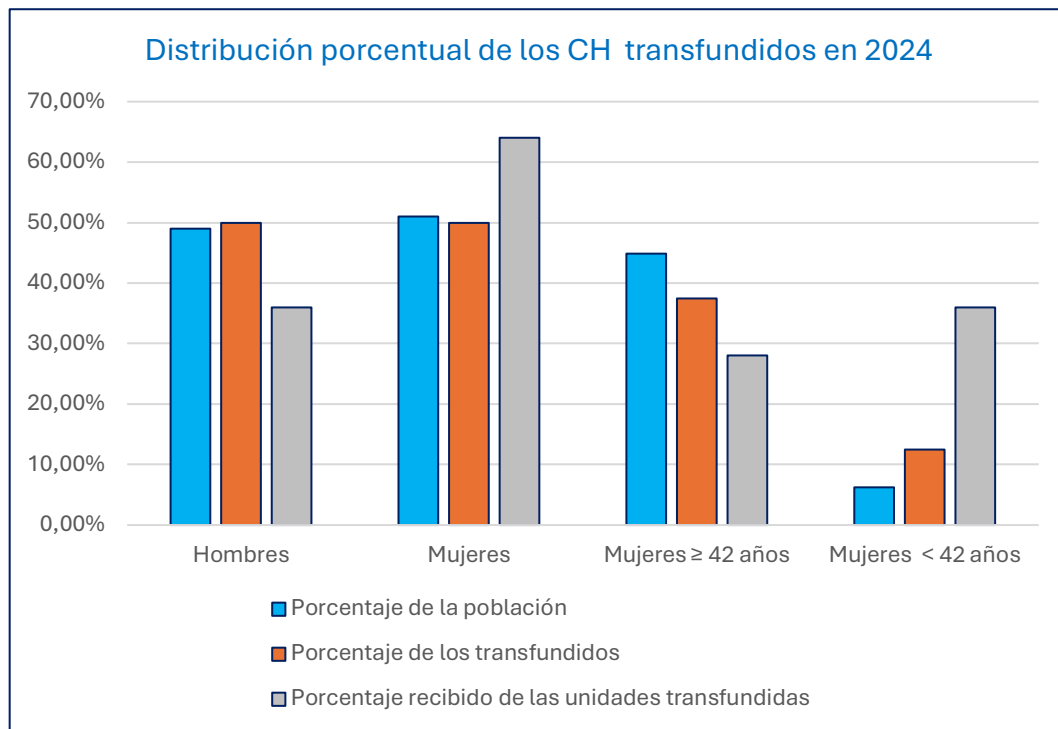


Gráfico 17. Distribución porcentual de los CH transfundidos en 2024

Pacientes transfundidos según su reserva preoperatoria.

Los pacientes clasificados como CR por el algoritmo fueron 23, de los cuales

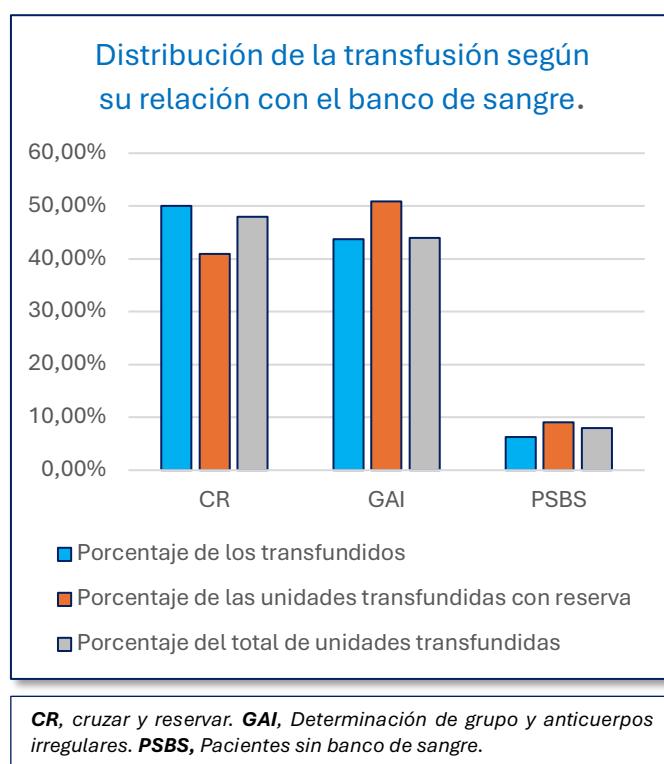


Gráfico 18. Distribución de la transfusión según la relación con el banco de sangre

solo 8 fueron transfundidos finalmente. Estos pacientes recibieron un total de 12 unidades, aunque 3 de ellas se administraron como parte de la activación de un protocolo de transfusión masiva. En consecuencia, de las 29 unidades reservadas, solo recibieron 9.

En el grupo de los pacientes considerados GAI, fueron transfundidos 7 pacientes, a los cuales se les administraron 11 unidades de CH. Para ello, se reservaron intraoperatoriamente 19 unidades.

En el grupo PSBS se reservó una unidad intraoperatoriamente, que no fue transfundida, y dos postoperatoriamente, que sí fueron transfundidas.

Estos datos están condensados en la tabla 29 y en el grafico 18.

Reserva y transfusión según los grupos del algoritmo 2024					
Grupo	N.º	Pacientes transfundidos	Unidades transfundidas	Unidades reservadas	Trasfusión No cruzada
PSBS	143	1	2	3	0
GAI	124	7	11	19	0
CR	23	8	12	29	3
Total	290	16	25	51	2

Tabla 29. Reserva y transfusión según los grupos de clasificación del algoritmo.

Distribución temporal de las transfusiones

Distribución temporal de los Pacientes que recibieron una transfusión en 2024.

Durante el periodo de estudio fueron transfundidos 16 pacientes. De ellos, 14 recibieron la transfusión intraoperatoriamente (87,5 %). En cuanto a los otros dos

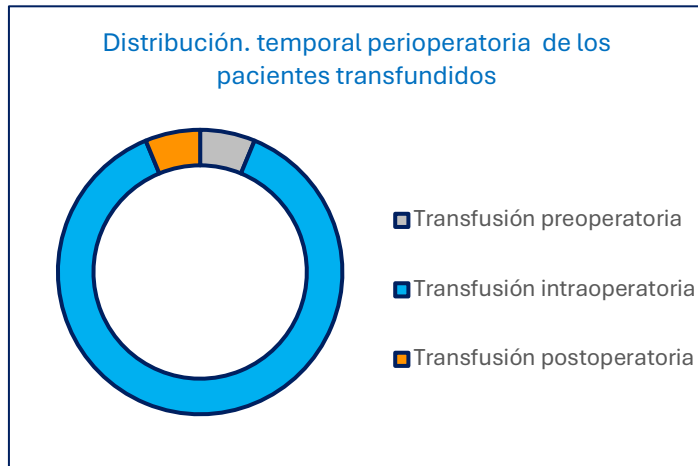


Gráfico 19. Distribución temporal perioperatoria de los pacientes que recibieron una transfusión en 2024

pacientes, uno recibió la transfusión antes de comenzar la intervención, mientras que el otro la recibió en el periodo postoperatorio. (ver gráfico

19)

Distribución temporal de las unidades transfundidas en 2024.

En cuanto a las unidades transfundidas, una se administró durante el

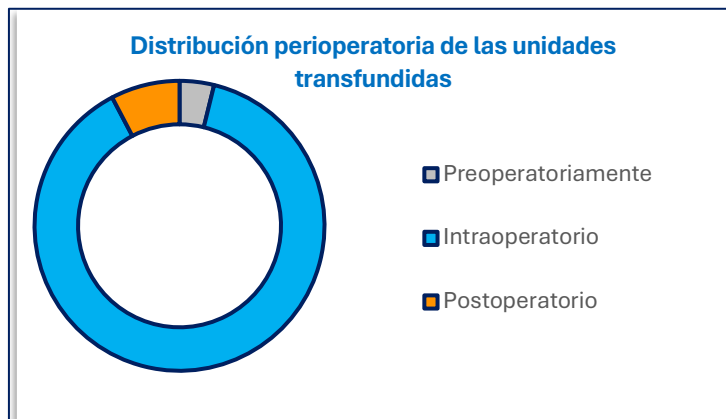


Gráfico 20. Distribución perioperatoria de las unidades transfundidas en 2024

periodo preoperatorio, otras dos en el postoperatorio, y veintidós (88%) intraoperatoriamente (ver gráfico 20).

Análisis cuantitativo de la transfusión en 2024.

Valoraremos, primero de una forma global y luego por grupo, los siguientes parámetros: riesgo de transfusión, transfusión media y la media de unidades administradas por procedimiento.

Análisis global.

Riesgo de transfusión. En 2024 fueron transfundidos 16 de los 290 pacientes que fueron estudiados. El RT para el año 2024 fue de un 5,51%.

La transfusión media en este periodo fue de 1,56, lo que significa que cada paciente transfundido recibía una media de 1,56 unidades.

La media de unidades por procedimiento en el año 2024 en el área de NC fue de 0,08

Análisis por grupos.

Los datos de RT, TrM y MUAP de los distintos grupos en 2024 podemos verlos en la tabla 30.

Análisis cuantitativo de la transfusión en 2024						
	N.º de casos	N.º de pacientes transfundidos	N. de Unidades transfundidas	RT	TRM	MUAP
C de columna cervical	76	3	7	3,9%	2,33	0,09
C. columna no cervical	48	3	4	6,2%	1,33	0,08
C de patologías benignas de cráneo	11	1	1	9%	1	0,09
Gliomas-Metástasis	65	3	6	4%	2	0,09
Meningiomas	40	5	6	12,5%	1,2	0,15
C. del ángulo pontocerebeloso	9	0	0	0%	0	0
C. Neurovascular	12	0	0	0%	0	0
C. vía transesfenoidal	29	1	1	3,4%	1	0,03
Global	290	16	15	5,5%	1,56	0,08

Tabla 30. Análisis cuantitativo de la transfusión en 2024

Análisis cualitativo de la transfusión en 2024.

Idoneidad de la indicación de la transfusión intraoperatoria.

El Índice de sobretransfusión fue, en 2024, del 53,33 %. De los 15 pacientes transfundidos en el quirófano, 8 presentaron una hemoglobina mayor de 10 g.dl⁻¹, en la analítica que se realizó al ingreso en la unidad postoperatoria receptora.

El Índice de infratransfusión fue del 1,03 %. Tres pacientes de los 290 mostraron una Hgb menor de 9 en el postoperatorio; de ellos, 2 habían recibido una transfusión.

Calidad de la transfusión realizada.

En este estudio se activó una vez el protocolo de transfusión masiva; al activarlo, nos enviaron las dos unidades de CH reservadas para el paciente y tres unidades isogrupo. Con ello, 22 unidades fueron transfundidas con unidades con pruebas cruzadas completas (88% de las unidades transfundidas) y tres con sangre isogrupo (12 %).

Reserva y transfusión pormenorizada por grupos patológicos en 2024.

Los datos de la transfusión y de la reserva para los distintos grupos patológicos pueden verse en la tabla 31. Además, en la tabla se pormenorizan la relación de los pacientes con el banco de sangre, el momento de la reserva, el número de pacientes y de unidades transfundidas, así como el tipo de sangre administrada.

Reserva y transfusión por grupos patológicos en 2024.									
Parámetro	C. Cervical	C. No cervical	P. Benigna cráneo	Metástasis Gliomas	Meningiomas	C Ángulo Pontocerebeloso	C. neurovascular	C. Transesfenoidal	Total
N.º de casos	76	48	11	65	40	9	12	29	290
PSBS	69	44	7	0	0	0	0	23	143
GAi	2	2	3	59	33	8	12	5	124
CR	5	2	1	6	7	1	0	1	23
N.º de pacientes a los que se les cruzo sangre intraoperatoriamente	0	1	0	3	4	0	0	1	9
N.º de pacientes a los que se les cruzo sangre postoperatoriamente	0	1	0	0	0	0	0	0	1
N.º unidades cruzadas Preoperatoriamente	7	3	2	7	7	1	0	2	29
N.º de unidades cruzadas intraoperatoriamente	0	1	0	9	8	0	0	2	20
N.º de unidades cruzadas postoperatoriamente	0	2	0	0	0	0	0	0	2
N.º de unidades transfundidas con reserva preoperatoria	4	2	1	0	1	0	0	0	8
N.º de unidades transfundidas con reserva intraoperatoria	0	0	0	6	5	0	0	1	12
N.º de unidades transfundidas con reserva postoperatoria	0	2	0	0	0	0	0	0	2
N.º de unidades transfundidas usando el protocolo de transfusión masiva	3	0	0	0	0	0	0	0	3
N.º de pacientes transfundidos SOLO intraoperatoriamente	2	2	1	3	5	0	0	1	14
N.º de pacientes transfundidos SOLO posoperatoriamente	0	1	0	0	0	0	0	0	1
N.º de pacientes transfundidos SOLO preoperatoriamente	1	0	0	0	0	0	0	0	1
N.º de pacientes que precisaron la activación del protocolo de transfusión masiva	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla 31. Reserva y transfusión por grupos patológicos en 2024.

Evaluación del algoritmo de reserva.

Evaluación de la eficacia del algoritmo.

Los parámetros para evaluar la eficacia del algoritmo son: la relación C/T, la probabilidad de transfusión, el Índice de transfusión, los días de inmovilización y el número de unidades desperdiciadas.

Datos globales.

Relación C/T. En nuestro estudio del 2024 hemos reservado 51 unidades, y aunque hemos transfundido 25, 3 de ellas correspondieron a una activación del protocolo de transfusión masiva; estas tres unidades deben ser excluidas de este análisis, puesto que no fueron reservadas. Nuestra relación C/T en el año 2024 ha sido de 2,31.

Probabilidad de transfusión. La PT en el estudio realizado en 2024 ha sido 48,48 %, dado que se reservó sangre para 33 pacientes, y se transfundió a 16.

Índice de transfusión. Para su cálculo en este estudio se excluyeron las unidades administradas como consecuencia de la activación del protocolo de transfusión masiva. Por lo tanto, se transfundieron 22 unidades a los 33 pacientes a los que se había reservado sangre, de modo que el IT fue de 0,66.

N.º de días de inmovilización. En este estudio se reservaron 51 unidades, de las cuales se transfundieron 22, excluyendo las tres unidades administradas dentro del protocolo de transfusión masiva. El número de días de inmovilización en este año fue de 58. Expresado en días de inmovilización por cada paciente al que se le reserva sangre, supone 1,75 días por cada paciente al que reservamos sangre.

Unidades desperdiciadas. El número de unidades desperdiciadas en 2024 fue de 2 (1,38), dado que el número de días de inmovilización fue de 58 y la vida máxima de un CH es de 42 días.

Datos por grupos patológicos.

Los valores que adoptaron los distintos parámetros que evalúan la eficacia del algoritmo, pormenorizados por grupos patológicos, pueden verse en la tabla 32.

Parámetros para la evaluación de la eficacia del algoritmo por grupos en 2024.				
Grupo patológico	C/T	PT	IT	Días de inmovilización por paciente
C. de columna cervical	1,75	60%	0,8	1,2
C. de columna no cervical	1,5	75%	1	1
C. de patologías benignas de cráneo	2	100%	1	1
Gliomas-Metástasis	2,66	33,33%	0,66	2,22
Meningiomas	2,5	45,45%	0,54	1,63
C. del ángulo pontocerebeloso	∞	0	0	2
C. neurovascular	∞	∞	∞	0
C. por vía transesfenoidal	4	50%	0,5	3
Global	2,31	48,48%	0,66	1,75

Tabla 32. Parámetros para la evaluación de la eficacia dl algoritmo por grupos en 2024.

Evaluación de la calidad del algoritmo.

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisen un contacto preoperatorio con el banco de sangre.

Elaboramos la primera tabla de contingencia (tabla 33) y, a partir de ella calculamos:

Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024		
Categoría	Definición	N.º
Verdaderos positivos (VP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con el banco de sangre y fueron finalmente transfundidos	15
Falsos positivos (FP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con banco de sangre y no fueron finalmente transfundidos	132
Total de positivos (TP)	Suma de verdaderos positivos y falsos positivos	147
Verdaderos negativos (VN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente no precisaron una transfusión	142
Falsos negativos (FN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente fueron transfundidos	1
Total de negativos (TN)	Suma de verdaderos negativos y falsos negativos	143

Tabla 33. Primera tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024

La sensibilidad, que representa la probabilidad de que un paciente transfundido haya tenido contacto previo con el banco de sangre por indicación del algoritmo, fue de 93,75 %.

La especificidad, que representa la probabilidad de que un paciente que no requiere ser transfundido no haya tenido, por indicación del algoritmo, contacto previo con el banco de sangre, fue del 51,82 %.

El valor predictivo positivo, que representa la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina un contacto con el banco de sangre, fue del 10,20 %.

El valor predictivo negativo indica que, cuando el algoritmo señala que un paciente no precisará una comunicación con el banco de sangre, finalmente no requerirá una transfusión. El valor predictivo negativo fue del 99,33 %

Calidad del algoritmo para identificar a aquellos pacientes que precisan disponer de sangre cruzada y reservada.

Elaboramos una segunda tabla de contingencia (tabla 34) y, a partir de ella, calculamos:

Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024		
Categoría	Definición	N.º
Verdaderos positivos (VP)	Pacientes transfundidos que el algoritmo determinó que precisaban reservar sangre	8
Falsos positivos (FP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban reserva de sangre y no son transfundidos	15
Total de positivos (TP)	Suma de verdaderos positivos y falsos positivos	23
Verdaderos negativos (VN)	Aquellos que el algoritmo definió que precisaban GAI y no precisaron transfusión	117
Falsos negativos (FN)	Aquellos que el algoritmo definió que no reserva y finalmente fueron transfundidos	7
Total de negativos (TN)	Suma de verdaderos negativos y falsos negativos	124

Tabla 34. Segunda tabla de contingencia para evaluar la calidad del algoritmo en 2024.

Sensibilidad: en este caso, representa la probabilidad de que un paciente al que se le haya reservado sangre sea transfundido. La sensibilidad del algoritmo en este aspecto fue del 53,33 %.

Especificidad: representa la probabilidad de que un paciente considerado GAI, finalmente no precise una transfusión. La especificidad del algoritmo fue del 88,63 %.

Valor predictivo positivo: representa la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina que se precisa reservar sangre. El VPP fue del 34,78%.

Valor predictivo negativo: indica la probabilidad de que, cuando el algoritmo nos dice que no es preciso reservar sangre para un paciente, este no reciba una transfusión. El VPN fue del 94,35 %.

Anemia en 2024.

Los resultados de los estudios de la prevalencia de anemia en los pacientes recogidos en el estudio están tabulados en las tablas 35 y 36. En el momento de la visita preanestésica, presentaban anemia 54 pacientes, lo que supone una prevalencia de un 18,62 %. De estos 54, veinte eran hombres (37,03 %) y 34 mujeres (62,96 %).

Al subdividir el grupo femenino en grupos etarios, 23 tenían 42 años o más (42,59 % del total de pacientes anémicos y 67,64 % de las mujeres anémicas) y 11 estaban por debajo de esa edad (20,37% del total de los pacientes anémicos y 32,35 % de las mujeres anémicas). En ese momento, el 14,08 % de los hombres estaban anémicos frente al 22,97 % de las mujeres. Dentro del grupo femenino, la prevalencia en las pacientes de 42 años o más fue del 17,69 %, y en las menores de 42 del 61,11 %.

En el momento de la inducción (Hgb cero) 148 pacientes presentaron cifras de Hgb menor a 13 g.dl^{-1} , de ellos, 49 ya la presentaban en la consulta preanestésica. De los 148, cincuenta y seis eran hombres (37,83%) y 92 mujeres (62,16%) mujeres. Las mujeres menores de 42 años fueron 16 y 76 tenían 42 años o más.

En la analítica postoperatoria las cifras de hemoglobina estuvieron por debajo de 13 g.dl^{-1} en 198 pacientes (68,27 %). De estos, 81 fueron hombres (40,90 %) y 117 mujeres (59,09 %).

Prevalencia de la anemia en la VPA en 2024.								
	N.º global	Hombres	Mujeres			Mujeres con Hgb >12 y <13		
			Global	≥ 42 años	< 42 años	Global	≥ 42 años	< 42 años
Número	54	20	34	23	11	11	5	6
Prevalencia global	18,62%	6,89%	11,72%	7,93%	3,79	3,79	1,72	2,06
Porcentaje de los anémicos	100%	37,03%	62,96%	42,59%	20,37	20,37	9,25	11,11
Prevalencia dentro de los grupos por edad y sexo		14,08%	22,97%	17,69%	61,11%	7,43%	45,45%	54,54%
N.º de pacientes 290, hombres 142, mujeres 148. Mujeres < 42 años 18, mujeres ≥ 42 años 130								

Tabla 35. Prevalencia de anemia en la VPA en 2024

Evolución de la anemia en el perioperatorio en 2024.										
	Número global	Prevalencia	Hombres	Prevalencia Hombres	Mujeres	Prevalencia mujeres	Mujeres ≥ 42 años	Incidencia en mujeres ≥ 42 años	Mujeres < 42 años	Incidencia en mujeres < 42 años
Anemia basal	54	18,62%	20	14,08%	34	22,97%	23	17,69	11	61,11%
Anemia cero	148	51,10%	56	39,43%	92	62,16%	76	58,46%	16	88,88%
Anemia 24 horas	198	68,27%	81	54,72%	117	79,05%	101	77,69	16	88,88%

Tabla 36. Evolución de la anemia en el perioperatorio en 2024.

Clasificación de la anemia preoperatoria.

De los 54 pacientes anémicos, 26 presentaban una anemia que no asociaba déficit real o funcional de Fe, mientras que 28 presentaban anemia por déficit de Fe, ya fuera real (anemia ferropénica) o funcional (anemia de proceso crónico o anemia mixta). Ver tabla 37.

Tabla 37. Clasificación etiológica de la anemia en la VPA en 2024.						
Pacientes anémico	N.º	Sin déficit de Fe	Déficit de Fe			
			Total	Ferropénica	Mixta	Proceso crónico
Global	54	26	28	17	6	5
Hombres	20	11		3	3	3
Mujeres	Global	34	15	14	3	2
	≥42 años	23	11	6	3	2
	<42 años	11	8	8	0	0

Tabla 37. Clasificación etiológica de la anemia en la VPA en 2024.

Los pacientes con anemia no ferropénica, no megaloblástica y no asociada a insuficiencia renal, que fueron derivados mediante hoja de consulta no presencial al servicio de hematología, no ameritaron un estudio más profundo ni tratamiento por parte de este servicio.

En cuanto a otros déficits, identificamos a un paciente con anemia ferropénica, y déficit de vitamina B₁₂.

Tratamiento de la anemia por déficit de Fe.

En la tabla 38 se describen los pacientes a los cuales se les diagnosticó anemia asociada a déficit de Fe en la consulta preanestésica. De los 28 pacientes con anemia por déficit de Fe, 16 recibieron tratamiento (57,14 %). De los 12 que no recibieron tratamiento, la causa más importante fue la falta de tiempo (66,66 %), seguida de la anatomía patológica de presunción.

Tratamiento de la anemia por déficit de Fe						
Pacientes con anemia por déficit de Fe		Fe Oral	Fe IV	Causa de no tratamiento		
				Falta de tiempo	Gliomas	Otros
Global	28	14	2	8	4	0
A. ferropénica	17	12	0	4	1	0
A. mixta	6	1	2	2	1	0
A. Proceso crónico	5	1	0	2	2	0
Hombres	9	3	2	3	1	0
A. ferropénica	3	2	0	1	0	0
A. mixta	3	0	2	1	0	0
A. Proceso crónico	3	1	0	1	1	0
Mujeres	Global	19	11	0	5	3
	A. ferropénica	14	10	0	3	1
	A. mixta	3	1	0	1	1
	A. Proceso crónico	2	0	0	1	1
	≥42 años	11	5	0	3	3
	A. ferropénica	6	4	0	1	1
	A. mixta	3	1	0	1	1
	A. Proceso crónico	2	0	0	1	1
	<42 años	8	6	0	2	0
	A. ferropénica	8	6	0	2	0
	A. mixta	0	0	0	0	0
	A. Proceso crónico	0	0	0	0	0

Tabla 38. Tratamiento de la anemia por déficit de Fe en 2024.

Ferropenia no anémica.

Entre los pacientes no anémicos en la analítica basal, 46 presentaron ferropenia, 26 de los cuales recibieron tratamiento con Fe oral. Las causas por las que no se administró Fe fueron: falta de tiempo en un 75%, sospecha de glioma en un 20% y otras causas en un 5% (hemoglobina S en tratamiento por hematología).

El resumen del tratamiento recibido por los pacientes con anemia ferropénica podemos verlo en la tabla 39.

Tabla 39. Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia preoperatoria.						
Pacientes ferropénicos			Fe Oral	Causa de no tratamiento		
				Falta de tiempo	Gliomas	Otros
Global		46	26	15	4	1
Hombres		20	8	9	2	1
Mujeres	Global	26	18	6	2	0
	≥42 años	23	16	6	1	0
	<42 años	3	2		1	0

Tabla 39. Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia preoperatoria.

Diferencias (gradiente) entre la hemoglobina basal y cero

Mediante este gradiente se define la diferencia entre los niveles de Hgb cuando vemos al paciente en la visita preanestésica y la que se obtiene con la sangre extraída cuando se realiza la venoclisis para la inducción anestésica. La media aritmética de las diferencias ha sido de 1,26 g/dl, con una mediana de (1,3), una moda de 1,9 y una desviación estándar de 1,06.

Tan solo se produjo un gradiente positivo en 26 casos, esto es, solo 26 pacientes presentaron unos niveles de hemoglobina superiores en el momento de inducción de la anestesia que en la VPA.

Los gradientes varían según se evalúen en pacientes sin patología con anemia, o con ferropenia. Por último, también si en estos últimos grupos los pacientes han sido tratados o no. Los datos pormenorizados podemos verlos en la tabla 40.

Medidas estadísticas de gradiente entre la hemoglobina basal y cero.								
	Global	Ni anémicos Ni ferropénicos	Anémicos global	Anémicos no tratados	Anémicos tratados	Ferropénicos global	Ferropénicos tratados	Ferropénicos No tratados
N.º de casos	290	190	54	37	17	46	24	22
Incremento de Hgb	26	17	8	0	8	1	0	1
Media	1,26	1,37	0,90	0,83	1,05	1,19	1,2	1,18
Mediana	1,3	1,3	0,85	0,83	1,1	1,15	1,1	1,2
Moda	1,9	1,2	0,4	2,1	1,4	0	0	1,7
Desviación estándar	1,06	1,09	1,00	1,10	0,74	0,86	0,97	0,73
Desviación Prom.	0,83	0,85	0,80	0,86	0,64	0,71	0,96	0,61

Tabla 40. Medidas estadísticas del gradiente entre hemoglobina basal y cero.

Costo económico de la hemoterapia en 2024.

El cálculo del precio de la hemoterapia en el área de NC del HUC (en base solo a los conceptos monetizables) a lo largo del año 2024, de acuerdo con los precios establecidos en el libro “Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza”⁽¹⁹⁵⁾ para el año 2024.

El gasto ocasionado por la transfusión de 25 unidades de concentrado de hematíes, con un precio unitario de 169 €, ha sido de 4225 €. La determinación de grupo y el escrutinio de anticuerpos irregulares se ha realizado a un total de 149. (23 CR, 124 GAI y 2 pacientes PSBS) Este concepto, con un precio unitario de 21€ por paciente generó un gasto de 3129 €. En cuanto al gasto ocasionado por las pruebas cruzadas, se han cruzado 51 unidades, con un precio unitario de 34 €, esto supone un gasto de 1734 €.

Por lo tanto, el gasto total en los tres apartados monetizables de la transfusión de concentrados de hematíes ha sido de 9088 €, o lo que es lo mismo, 31,33 € por paciente intervenido en el área de NC del HUC en el año 2024. Podemos observar los gastos y su distribución porcentual en la tabla 41 y en el gráfico 21.

Distribución del gasto en hemoterapia en el año 2024			
Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Concentrado de hematíes	169	25	4225
Determinación de grupo y escrutinio de anticuerpos irregulares	21	149	3129
Pruebas cruzadas	34	51	1734
Gasto total en hemoterapia en el año 2024			9088

Tabla 41. Distribución del gasto en hemoterapia en el año 2024

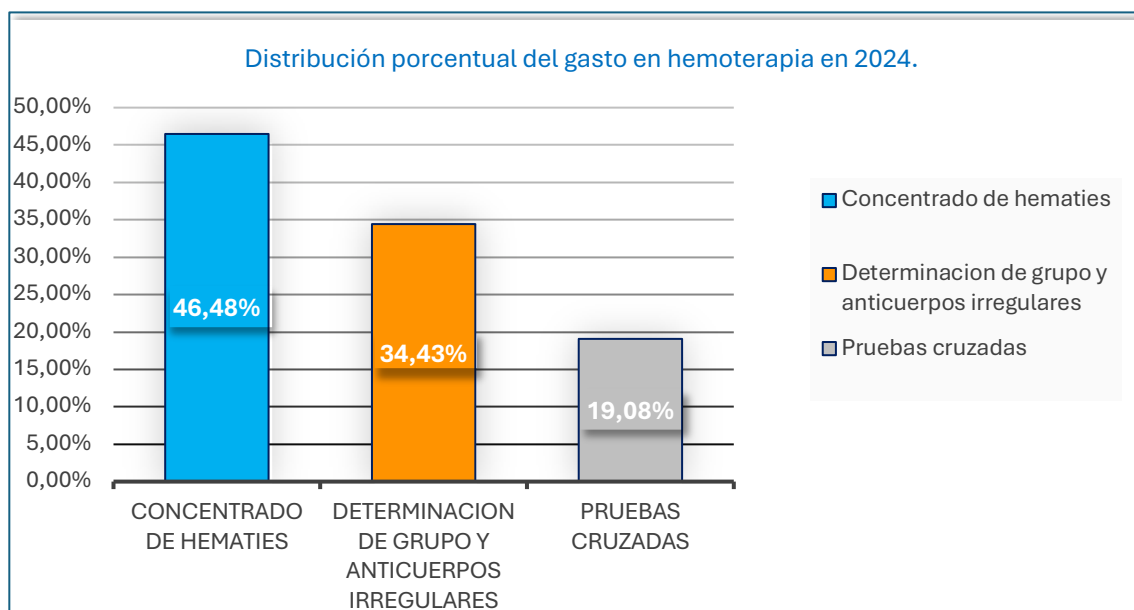


Gráfico 21. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia en 2024.

Discusión.

A la hora de llevar a cabo la discusión de un proyecto tan largo, lo haré por partes de una forma ordenada. En primer lugar, abordaremos las razones de las cuatro medidas adoptadas, y posteriormente, los distintos aspectos de los resultados de los estudios.

Elaboración de un algoritmo de reserva.

Objetivo del algoritmo de reserva.

Un algoritmo para una reserva óptima debe permitirnos diferenciar a los pacientes en tres grupos según el tipo de petición preoperatoria que precisa cada individuo, al banco de sangre. Clasificar a los pacientes para un tipo u otro de relación con el banco de sangre es una decisión fundamental. Cada uno de los tipos se asocia a una demora para disponer de sangre con la que poder realizar una transfusión, si esta fuera necesaria, durante el periodo perioperatorio (ver tabla 42). Los tres tipos de relación de un paciente con el banco de sangre son:

Pacientes sin solicitud al banco de sangre (PSBS). A este grupo de pacientes no se les solicita preoperatoriamente ninguna medida por parte del banco de sangre. Si durante la intervención se hiciera necesaria una transfusión, y se quisiera transfundir sangre con pruebas cruzadas completas, se precisaría un tiempo superior a una hora para disponer de los CH. Este tiempo podría verse aumentado notablemente en el caso de que el paciente presentara anticuerpos irregulares. Si no dispusiéramos, por las características de la hemorragia intraoperatoria, de ese

tiempo; las opciones de disponer de sangre de una forma más urgente: son transfundir sangre isogrupo, que se demoraría un mínimo de 20 minutos en determinar el grupo y Rh del paciente; o solicitar sangre de grupo cero y Rh negativo.

Determinación de grupo y el escrutinio de anticuerpos irregulares (GAI).

Cuando hacemos este tipo de petición al banco de sangre, este determina el grupo AB0 y el Rh del receptor. Además, mediante el escrutinio de anticuerpos irregulares, detecta la presencia de anticuerpos no AB0 que circulan en el plasma del receptor. En el caso de identificar, en un paciente determinado, anticuerpos irregulares el banco cruza y reserva la sangre, aunque no se le haya solicitado. Disponer de este tipo de petición asegura la disposición inmediata de sangre isogrupo y reduce a 45 minutos la disposición de sangre con pruebas cruzadas completas. Las ventajas de este tipo de petición son: por una parte, que no genera inmovilización de las unidades de concentrado de hematíes; y por otra, que es mucho más barata. En el estudio de 2024, nuestro banco de sangre identificó a 6 pacientes con anticuerpos irregulares.

Pruebas cruzadas y reserva. (CR). Cuando solicitamos cruzar y reservar un determinado número de unidades. El banco de sangre realiza, al igual que cuando se solicita GAI, la determinación del grupo AB0 y el Rh del receptor y la presencia de anticuerpos irregulares en el plasma del receptor. Pero, además, en este tipo de petición, el plasma receptor y los glóbulos rojos del donante se mezclan para confirmar serológicamente la compatibilidad entre el donante y el receptor (a este procedimiento es al que se denomina “prueba cruzada”). Cuando se han identificado las unidades compatibles, estas se reservan en el banco de sangre

para ese paciente concreto durante 48 h. Este tipo de petición asegura la disponibilidad inmediata de sangre cruzada; esto es, totalmente compatible.

Tipo de peticiones al banco de sangre y sus tiempos de respuesta		
Tipo de prueba	Tipo de sangre suministrada	Tiempo de demora
PSBS Pacientes sin solicitud al banco de sangre.	Sangre cruzada	Superior a una hora
	Sangre isogrupo	Alrededor de 20 minutos
GAI Determinación de grupo y anticuerpos irregulares.	Sangre isogrupo	Disposición inmediata
	Sangre cruzada	45 minutos
CR Pruebas cruzadas y reserva.	Sangre cruzada	Disposición inmediata
Protocolo de transfusión masiva. Activación telefónica.	Sangre del grupo cero en primera entrega	Disposición inmediata
	Isogrupo	Disposición inmediata

Tabla 42. Tipos de peticiones al banco de sangre y sus tiempos de respuesta.

Condiciones mínimas de seguridad para la elaboración de un algoritmo.

Un aspecto fundamental a la hora de modificar una práctica clínica es que dicha modificación no aumente los riesgos de nuestros pacientes. Barth et al.⁽²²⁾ sugieren que, antes de elaborar un algoritmo de reserva, deben cumplirse tres condiciones para que resulte seguro:

a) Los pacientes deben ser intervenidos con un estudio de coagulación normal. Este aspecto es la norma y no la excepción en neuroanestesia, donde la hemostasia es una parte fundamental de cualquier intervención.

b) Cuando se solicite al banco de sangre un CH desde quirófano para un paciente al que se le haya realizado previamente a la intervención quirúrgica una solicitud de GAI, la unidad de CH con pruebas cruzadas completas debe estar

disponible en menos de 45 minutos. Este aspecto fue hablado y confirmado con el servicio de Hematología del HUC.

c) Se debe disponer de un protocolo de transfusión masiva que asegure disponibilidad inmediata de sangre grupo cero y Rh negativo. Desde el año 2017, existe en el HUC un protocolo de transfusión masiva. Este protocolo se activa mediante una llamada telefónica con atención 24 horas, que asegura una disposición inmediata de sangre del grupo cero y posteriormente de sangre isogrupo.

Algoritmo de reserva para el área de NC del HUC.

Usando como modelo los algoritmos publicados por Frank et al.⁽¹⁵⁸⁾ y por Saringcarinkul et al.⁽¹⁶⁹⁾, generamos un algoritmo propio para la reserva de sangre (ver imagen 4). Entre los algoritmos propuestos por estos autores y el que nosotros elaboramos, existen algunas diferencias que conviene aclarar. Dos de ellas son tan solo semánticas: la primera es que estos autores denominan “probabilidad de transfusión” al cociente del número de pacientes que reciben una transfusión de CH entre el número total de pacientes operados. En nuestro proyecto, al igual que Barth et al.⁽²²⁾, a este parámetro lo denominamos Riesgo de transfusión (RT). Decidimos reservar el término probabilidad de transfusión (PT) como parámetro para evaluar la calidad de la reserva, como hacen la mayoría de los autores^(1, 24, 71, 77, 175).

La segunda diferencia semántica entre los algoritmos citados^(158, 169) y el nuestro es que ambos denominan índice de transfusión (IT) al cociente entre el número de unidades transfundidas en un tipo de procedimiento y el número de pacientes

intervenidos de ese procedimiento. En nuestro proyecto, a este cociente lo denominamos media de unidades administradas por procedimiento (MUAP). Al igual que sucede con el término PT, reservamos el término IT como parámetro de calidad de la reserva, quedando como el cociente entre número de unidades transfundidas y el número de pacientes con pruebas cruzadas y reserva^(32, 37, 53, 160, 175, 177).

La diferencia fundamental entre los protocolos propuestos por Frankl⁽¹⁵⁸⁾ y Saringcarinkul⁽¹⁶⁹⁾ y el nuestro es que nosotros decidimos sustituir la pérdida media de sangre por un parámetro dependiente de la analítica preoperatoria del paciente. A este parámetro lo denominamos porcentaje de pérdida hemática admisible (%PHA). Para el cálculo del %PHA, lo primero que debemos calcular es la volemia, para ello, aunque existen distintas fórmulas, como la de Nadler⁽¹⁹⁶⁾, la de Lemmens-Bernstein-Brodsky⁽¹⁹⁷⁾, la del International Council for Standardization in Hematology⁽¹⁹⁸⁾, el procedimiento más usado en la clínica es la estimación derivada de la regla de los cinco de Gilcher⁽¹⁹⁹⁾. Podemos ver un resumen de la regla de los cinco en tabla 43.

Cálculo de la volemia basado en la regla de los cinco.				
Sexo	Complexión			
	Musculoso	Normal	Delgado	Obeso
Hombre	75 ml. Kg ⁻¹	70 ml. Kg ⁻¹	65 ml. Kg ⁻¹	60 ml. Kg ⁻¹
Mujer	70 ml. Kg ⁻¹	65 ml. Kg ⁻¹	60 ml. Kg ⁻¹	55 ml. Kg ⁻¹

Tabla 43. Cálculo de la volemia basado en la regla de los cinco.

Una vez que disponemos de la volemia, calculamos el máximo sangrado tolerable (MST). El cálculo se lleva a cabo mediante la siguiente fórmula:

$$MST = volemia \times \frac{(Hto\ inicial - Hto\ umbral\ transfusional)}{Hto\ inicial}$$

Ecuación 7. Máximo sangrado tolerable

El %PHA se calcula dividiendo el MST entre la volemia, simplificando la expresión anterior el porcentaje de sangrado admisible será

$$\%PHA = \frac{\text{Maximo sangrado tolerable}}{\text{volemia}} \times 100$$

Simplificando:

$$\%PHA = \frac{(\text{Hto inicial} - \text{Hto umbral transfusional}) \times 100}{\text{Hto inicial}}$$

Ecuación 8. Porcentaje de pérdida hemática admisible.

Este parámetro nos parece más adecuado que el de volumen de sangrado medio por varios motivos. En primer lugar, porque los métodos de estimación del sangrado intraoperatorio son imprecisos o no aplicables a la práctica clínica diaria⁽²⁰⁰⁻²⁰³⁾. Además, son necesarias una cantidad enorme de cada tipo de procedimiento para que esta media sea fiable; esto haría preciso la utilización de estudios multicéntricos, lo cual contradice la recomendación mencionada de que cada hospital desarrolle un programa de reserva de sangre específico⁽¹⁵⁸⁾. Por otra parte, otros autores también han usado una estimación de la pérdida hemática para guiar las decisiones de transfusión^(204, 205).

Optimización de los umbrales de transfusión.

La importancia de mantener un nivel “adecuado” de Hgb deriva de que la mayoría de la capacidad de transporte de O₂ por parte de la sangre se debe a la unión este a la Hgb. En condiciones basales, tan solo el 1,15% del O₂ es transportado disuelto en plasma. Esto convierte a la concentración de Hgb en el factor limitante de la capacidad de transporte.

Una definición aceptable de un umbral transfusional basado en el Hto o en la Hgb, es el nivel de estos parámetros en la sangre de un paciente por debajo de la cual se indica la transfusión. El umbral transfusional óptimo debería: evitar tanto la transfusión excesiva, como la insuficiente, y debe poder determinarse de forma continua y presentar una alta sensibilidad y especificidad⁽²⁰⁶⁾.

¿Cuál es el umbral de transfusión óptimo?

Basándose en estudios en perros⁽²⁰⁷⁾, se situó en valores de Hto de 30% el punto de equilibrio donde se producía un transporte de oxígeno máximo sin que el aumento de viscosidad, asociado a un mayor Hto redujese la oferta de oxígeno⁽²⁰⁸⁾. En consecuencia, durante décadas, una Hgb menor de 10 g.dl¹ o un Hto inferior al 30%, fueron los umbrales transfusionales en los pacientes neuroquirúrgicos y neurocríticos. Por otro lado, basándose en ensayos aleatorizados de pacientes principalmente críticos (no durante una intervención quirúrgica) y no neuroquirúrgicos⁽²⁰⁹⁾ la Asociación Estadounidense de Bancos de Sangre recomendó el uso de un umbral restrictivo de Hgb de 7 g. dl¹ para indicar una transfusión en adultos hospitalizados y de 8 g.dl¹ para pacientes sometidos a cirugía o aquellos con enfermedad cardiovascular preexistente.

La pregunta inmediata que nos surgía es si estos umbrales eran aplicables al paciente sometido a procedimientos neuroquirúrgicos. Como en todo paciente quirúrgico, el paciente sometido a un procedimiento neuroquirúrgico corre el riesgo de una pérdida de sangre aguda y rápida, por lo que es posible que no siempre sean aplicables los umbrales de transfusión o las concentraciones de Hgb a las que se

indica una transfusión en la mayoría de las guías clínicas. La razón es que la mayoría de estas guías han sido elaboradas para pacientes no quirúrgicos ^(85, 89, 210).

Nuestra preocupación deriva de que el sistema nervioso central (SNC) presenta unas altísimas demandas metabólicas, con el metabolismo oxidativo como su principal medio de producción de energía. Paradójicamente, a pesar de sus necesidades, el SNC tiene una capacidad prácticamente nula de almacenamiento de O₂. El alto consumo y la falta de reserva le hacen dependiente de un aporte de gran magnitud y continuo. Cuando se produce una anemia aguda de suficiente magnitud para generar una reducción de la capacidad de transporte de O₂, para compensarla y que no se genere una reducción de la oferta de oxígeno (DO₂), un tejido podría producir un aumento del flujo sanguíneo o un incremento de la extracción tisular de oxígeno. La capacidad de incrementar la extracción de O₂ por parte del SNC es muy limitada, por su ya altísima extracción basal. Durante la anemia se ha observado un aumento del flujo sanguíneo cerebral (FSC)⁽²¹¹⁾. El incremento del FSC ante la anemia es inducido por varios mecanismos, entre ellos mediante la reducción de las resistencias vasculares cerebrales, mediante la disminución de la viscosidad sanguínea como consecuencia de la reducción del Hto⁽²⁰⁷⁾, y, sobre todo, a un efecto vasodilatador directo⁽²¹²⁾ asociado a la producción de óxido nítrico por parte de las neuronas perivasculares y de las células endoteliales^(207, 211). Cuando estos mecanismos compensatorios fallan o son desbordados, la anemia genera una disminución de la DO₂ cerebral. Si la utilización de O₂ por parte del encéfalo se vuelve dependiente del suministro, la anemia puede contribuir al desarrollo de hipoxia cerebral⁽²⁰⁷⁾ y a generar una lesión hipóxica secundaria en un cerebro lesionado⁽²¹³⁾.

Para seleccionar un umbral u otro, es importante conocer cuál es el nivel crítico de Hgb por debajo del cual los niveles de esta se convierten en el factor limitante para la DO_2 . A nivel experimental, se ha descrito que son precisos niveles de Hgb de $3,5 \text{ g.dl}^{-1}$ para que el consumo de oxígeno sea dependiente de la DO_2 y se pueda asociar hipoxia cerebral tisular⁽²¹¹⁾. Sin embargo, los niveles en los cuales se ha descrito alteración en la función cerebral in vivo son más elevados.

En pacientes sanos sometidos a una hemodilución normovolémica, se observó que la reducción aguda de la concentración de hemoglobina hasta 7 g. dl^{-1} no generaba cambios detectables en la función cognitiva, pero una reducción adicional del nivel de Hgb hasta los 6 g.dl^{-1} producía aumentos sutiles y reversibles en el tiempo de reacción y un deterioro de la memoria inmediata y tardía. Estos déficits se revertían por la transfusión de eritrocitos autólogos⁽²¹³⁾ o tras aumentar la PaO_2 ⁽²¹⁴⁾.

Asimismo, se han descrito alteraciones cognitivas asociadas a la anemia en pacientes sometidos a circulación extracorpórea y en pacientes con anemia crónica secundaria a insuficiencia renal⁽²¹¹⁾. En un estudio de cohortes retrospectivo en pacientes con lesión cerebral traumática severa, la cantidad de tiempo que el paciente presentó una concentración de $Hb \geq 9.0 \text{ g dl}^{-1}$ se asoció con un mejor resultado neurológico a los 6 meses⁽²¹⁵⁾. De manera similar, en una cohorte previa de en pacientes con TCE grave, la asociación de anemia $Hgb < 9,0 \text{ g dl}^{-1}$ con baja tensión de oxígeno en el tejido cerebral ($PTiO_2 < 20 \text{ mm Hg}$) fue un factor de riesgo para un mal resultado neurológico⁽²¹⁶⁾.

En cuanto a los pacientes neurocríticos en quienes los mecanismos compensadores están alterados o están antagonizados por otras respuestas fisiopatológicas, los niveles de Hgb aceptables en pacientes sanos pueden no ser extrapolables, pudiendo desarrollarse una disminución de la DO_2 cerebral con niveles de Hgb por debajo de 8-9 g/dl⁽²⁰⁷⁾. Zulfikr et al ⁽²¹⁷⁾, en un extenso artículo de revisión, concluyen que existen distintos umbrales descritos para las distintas patologías, pero que un nivel de Hgb de $<7 \text{ g.dl}^{-1}$ puede ser perjudicial para la población neuroquirúrgica y que una Hgb objetivo entre 8-9 g dl^{-1} puede ser deseable intraoperatoriamente.

Por otro lado, se recomienda evitar el empleo de un valor de Hgb o Hto como único umbral por encima del cual debe ser transfundido un paciente (trigger transfusional)⁽²¹⁸⁾. En los últimos años, se ha producido un interés creciente en el empleo de los denominados umbrales fisiológicos para mejorar las indicaciones de transfusión de CH y su eficacia, así como para adecuar el momento óptimo de su realización⁽²¹⁹⁻²²¹⁾, como son el lactato sérico, la saturación venosa central de oxígeno ($SvcO_2$) o las alteraciones en el segmento ST del electrocardiograma. De entre estos parámetros, la $SvcO_2$ ha sido la más ampliamente empleada (límite de 70 % como indicador fisiológico de déficit de aporte tisular de oxígeno).

Hoy en día, la alteración de dichos valores sigue siendo un dato orientativo, puesto que no hay umbrales definitivos ⁽²⁰⁶⁾. Para complicarlo aún más, es probable que estos valores varíen sustancialmente entre los pacientes⁽²⁰⁹⁾. Los criterios recomendados en las guías para prescribir una transfusión en pacientes no quirúrgicos, basados en la inestabilidad hemodinámica como reflejo de la anemia,

pueden ser de poca o de nula utilidad en el paciente con una hemorragia quirúrgica. Esto se debe a que, durante un proceso quirúrgico, las variaciones en los parámetros hemodinámicos pueden producirse por varios factores concurrentes y competitivos, que se solapan con la pérdida de sangre asociada a la cirugía. Algunos de estos factores son la administración de determinados fármacos, la posición del paciente, la ventilación mecánica, el uso de analgesia neuroaxial, o la propia manipulación quirúrgica. Por último, bajo anestesia general, se pierde la capacidad de evaluar los síntomas de una perfusión disminuida de órganos diana, tales como son la disminución del nivel de consciencia, el dolor torácico o abdominal ^(205, 222).

En respuesta a nuestra pregunta, en pacientes sometidos a cirugía craneal programada, el umbral transfusional puede ser más alto que los sugeridos por la Asociación Estadounidense de Bancos de Sangre ^(89, 209). En la literatura se han propuesto umbrales transfusionales entre 8 y 10 g.dl⁻¹ como apropiados en situaciones como la anemia sintomática o el sangrado continuo ^(209, 223, 224).

¿Cuál es nuestro umbral transfusional?

En nuestro centro, hasta la implantación de los nuevos umbrales en 2019, el umbral transfusional era un Hto de 30% o una Hgb de 10g.dl⁻¹. De acuerdo con lo expuesto, decidimos reducir nuestro antiguo umbral transfusional de 10g.dl⁻¹ y establecer un valor Hgb <9 g.dl⁻¹, como umbral transfusional para los pacientes neurocríticos y neuroquirúrgicos. Sin embargo, en los pacientes cuya hemorragia intraoperatoria esté en curso y genere inestabilidad hemodinámica, se comenzará a transfundir cuando la Hgb descienda de 10 g.dl⁻¹.

Asimismo, los datos de saturimetría en el golfo de la yugular, la oximetría cerebral mediante espectrometría de infrarrojo cercano o la presión tisular de oxígenos P_{tiO_2} pueden ser adyuvantes, en las cirugías en las que disponemos de ellos o en la unidad de reanimación, orientando la indicación de transfusión a pesar de no haber alcanzado el umbral transfusional de 9 g.dl^{-1} .

Identificar y establecer tratamiento para la anemia y la ferropenia preoperatoria.

El manejo adecuado de la anemia varía según la causa. La Sociedad Europea de Anestesiología ha insistido en la necesidad de su diagnóstico y tratamiento preoperatorio⁽²²⁵⁾. Asimismo, otras guías⁽²²⁶⁻²²⁸⁾ hacen hincapié en la realización de un diagnóstico diferencial del tipo de anemia una vez que esta ha sido identificada. De este modo, puede aplicarse un tratamiento diferencial a cada tipo de anemia. Esta recomendación también ha sido hecha de modo específico en los pacientes neuroquirúrgicos⁽²³⁾.

Umbral de Hgb para el diagnóstico de anemia.

En nuestro estudio retrospectivo y en el primer estudio prospectivo, utilizamos como umbral diagnóstico de anemia el establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1968, que es el más utilizado en la literatura⁽²²⁹⁾. La OMS estableció unos umbrales en adultos de 12 g. dl⁻¹ en el caso de las mujeres no gestantes, y de 13 g. dl⁻¹ en los varones. Sin embargo, las mujeres tienen volúmenes de sangre circulante más bajos que los hombres, pero los mismos procedimientos realizados en ambos sexos a menudo resultan en cantidades comparables de pérdida hemática. Por lo tanto, cuando se mide como una proporción del volumen de sangre circulante, las pérdidas de sangre son más altas en las mujeres, lo que puede resultar en tasas de transfusión más altas^(133, 230, 231).

Debido a ello, y basándonos en los múltiples estudios que postulan un umbral de 13 g. dl⁻¹ como criterio de anemia para las mujeres que van a ser

sometidas a un procedimiento quirúrgico^(99, 102, 133, 232-237), a partir de 2023 establecimos 13g.dl⁻¹ como valor umbral de Hgb, independientemente del sexo del paciente, para establecer el diagnóstico de anemia en pacientes que van a ser sometidos a una intervención quirúrgica.

Además en concordancia con la recomendación del *International Consensus Statement on the Peri-operative Management of Anaemia and Iron Deficiency*, cuando se trata la anemia preoperatoria, la concentración de Hgb objetivo debe ser ≥ 13 g.dl⁻¹ en ambos sexos⁽¹³³⁾.

Disponer de un POC.

Durante una intervención quirúrgica, los anestesiólogos debemos valorar la cuantía de la hemorragia asociada a la cirugía y decidir si el paciente precisa o no una transfusión. En la actualidad, no existe un método estandarizado para medir de manera objetiva la pérdida de sangre intraoperatoria que sea preciso, económicamente asumible y capaz de completarse en tiempo real. Por otro lado, se recomienda evitar el empleo de un valor de Hgb o Hto como único umbral por debajo del cual debe ser transfundido un paciente (umbral transfusional)⁽²¹⁸⁾. Si bien, como hemos comentado, los umbrales propuestos en la mayoría de las guías de práctica clínica son cifras de Hgb⁽⁸⁵⁾.

Por lo tanto, es de vital importancia la determinación de forma precisa y rápida de los valores de Hgb, así como la evaluación de los factores relacionados con la afectación sistémica de la anemia, que podrían determinar la necesidad de transfusión incluso por encima de los niveles umbral.

Una forma clásica de estimar la Hgb de un paciente durante una intervención quirúrgica, cuando se conocen los niveles previos a la intervención, es cuantificar la pérdida sanguínea que está presentando el paciente. Aunque gran parte de la sangre se recolecta intraoperatoriamente mediante gasas o compresas quirúrgicas y sistemas de aspiración, la cuantificación real de la pérdida se ve dificultada por distintos factores, tales como la irrigación del campo con solución salina o la salida al campo quirúrgico de líquidos corporales, como el líquido cefalorraquídeo. Asimismo, resulta compleja la cuantificación de la cantidad real de sangre que es acumulada por los fómites o que cae al suelo, entre otros aspectos.

De forma habitual, se emplean tres estrategias para cuantificar la pérdida de sangre quirúrgica: La evaluación subjetiva por parte de los médicos, el análisis gravimétrico, o el análisis fotométrico.

La evaluación subjetiva por parte de los médicos. Se basa principalmente en la estimación del anestesiólogo de la pérdida sanguínea. Teniendo en cuenta las variables citadas anteriormente, puede ser extremadamente difícil y probablemente sea la razón por la cual la evaluación subjetiva resulta inexacta y poco fiable⁽²⁰⁰⁾. La experiencia quirúrgica del profesional no parece mejorar la precisión en la estimación de la pérdida de sangre^(201, 202). A pesar del conocimiento de la inexactitud de la estimación visual por parte de los médicos, este método sigue siendo el método más utilizado, dada su sencillez y bajo coste⁽²³⁸⁾.

El análisis gravimétrico parte de la premisa de que un mililitro de sangre equivale a un gramo, y los pesos secos de las gasas y de las compresas quirúrgicas

se restan de los pesos húmedos de las esponjas empapadas en sangre. A este volumen hay que sumarle la estimación de sangre en los aspiradores. Este método tampoco está exento de variables de confusión, como la irrigación con solución salina, la presencia de otros fluidos y de fragmentos de tejidos corporales sólidos que pueden ser capturados por esponjas quirúrgicas y pesados junto con ellas. Por todo ello, el análisis gravimétrico es un método poco confiable⁽²⁰⁰⁾

El análisis fotométrico y las pruebas de laboratorio han demostrado ser técnicas confiables para medir la pérdida de sangre en el ámbito de la investigación y actualmente se analizan como el "estándar de oro" para cuantificar con precisión la pérdida de sangre^(200, 203). El proceso consiste en determinar la concentración de Hgb a través de espectrofotometría de los productos empapados en sangre, así como de muestras de los sistemas de succión y de muestras de sangre del paciente. Estos procesos son laboriosos y consumen mucho tiempo, lo que los convierte en ineficaces para cuantificar la hemorragia quirúrgica; además, son costosos. En consecuencia, rara vez se utilizan en la práctica clínica habitual⁽²⁰⁰⁾.

La actual estructura y organización en muchos hospitales, incluido el HUC, basadas en laboratorios centralizados, proporciona resultados fiables y de alta calidad, pero tienen como punto débil el tiempo de respuesta⁽²³⁹⁾. En la actualidad, se recomienda el uso sistemático de algoritmos transfusionales, basados preferentemente en la denominada "monitorización a pie de cama" (*point of care*, en inglés)^(218, 240)

Aunque la definición de un POC¹³ puede cambiar en función del contexto, pueden definirse como sistemas que determinan magnitudes biológicas fuera del laboratorio y en un entorno próximo al lugar de asistencia al paciente, ya sea mediante procedimientos manuales, automáticos o semiautomáticos, realizados por personal ajeno al laboratorio. Los POC presentan una resolución temporal inmediata; sin embargo, su punto débil más importante es el mayor coste por resultado analítico.

Aunque suponen un mayor coste directo en comparación con las mismas pruebas realizadas en el laboratorio convencional, es necesario tener en cuenta no solo los costes directos de la determinación. El uso de POC puede generar ahorro económico mediante la reducción de la transfusión de hemoderivados o un mejor aprovechamiento del tiempo del personal. Así, una determinación intraoperatoria puede evitar el costo de una unidad innecesaria de concentrado de hematíes.

En este punto, cabe recordar que la transfusión perioperatoria de tan solo una unidad de concentrado de hematíes se ha asociado con una mayor morbilidad (lesión renal aguda, infecciones del sitio quirúrgico), una estancia hospitalaria más prolongada, más días de permanencia en las unidades de cuidados críticos y un mayor coste de la atención médica, además de un aumento de la mortalidad⁽²⁴¹⁾.

El procedimiento que llevamos a cabo en nuestra área quirúrgica consiste en una combinación de estimación directa, junto con un cálculo de la reducción de masa hemática, partiendo de la premisa de mantener la volemia constante

¹³ Para hacer referencia a los sistemas de monitorización a pie de cama usaremos el acrónimo inglés

mediante monitorización hemodinámica dinámica. Además, se monitorizan los niveles de lactato y, en muchas cirugías, la saturación venosa central y la saturación en el golfo de la yugular.

Este sistema tampoco está exento de errores, dado que la determinación de la estabilidad de la volemia puede verse influida por el uso de vasopresores; asimismo, la administración de coloides puede generar hemodilución, y el uso de diuréticos puede generar hemoconcentración. Además, son necesarias determinaciones analíticas en intervalos de tiempo mínimos para que este modo de actuar sea viable.

Hasta septiembre de 2024 no hemos dispuesto de un POC, ver el epígrafe de gradiente de Hgb basal cero más adelante.

Análisis de los datos poblacionales.

El programa ha contado, como ya hemos explicado, con tres estudios realizados a lo largo de 6 años. El punto de partida, en el año 2018, fue un estudio retrospectivo. Este estudio incluyó a aquellos pacientes intervenidos en el año 2017 que cumplían dos criterios: haber sido intervenidos de forma programada en nuestra área en 2017 y haber dispuesto de una reserva preoperatoria de CH para la

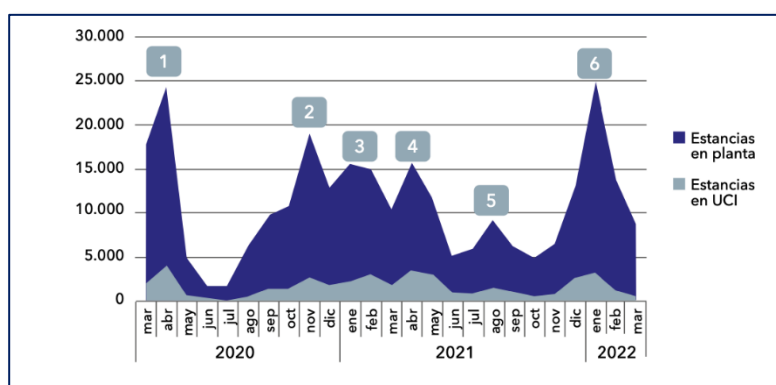


Imagen 9. N.º de estancias hospitalarias y en UCI en el periodo 2020-2021.

intervención a la que fueron sometidos. De los 404 pacientes que cumplían ambas condiciones, se incluyeron 393. Se

descartaron 11 casos por no poder identificar alguno de los datos o porque el paciente era menor de edad.

En el primer estudio prospectivo, los pacientes que cumplían los criterios de inclusión fueron 312. De ellos, dos pacientes fueron excluidos por cuestiones religiosas y otros 15 por no dar su consentimiento para participar en el estudio. Esto limitó a 295 los pacientes incluibles. De estos, se recogieron un total de 249 (79,80% de los pacientes con criterios de inclusión y 84,40 % de los pacientes incluibles).

La reducción del 36,64 % de los pacientes incluidos en el estudio retrospectivo y el realizado depende, en primer lugar, del tipo de estudio. Además, un factor fundamental fue la pandemia de Covid-19. En la imagen 9, tomada de la memoria

de Osakidetza 2020-2021⁽²⁴²⁾ , se observa el número de estancias hospitalarias tanto en planta de hospitalización como en unidades de cuidados críticos.

Durante el periodo de recogida de los datos (año 2021), nuestro hospital, como otros muchos, sufrió los impactos sucesivos de la tercera a la sexta ola de la pandemia de COVID-19. La demanda asistencial que ello ocasionó condicionó la reducción de la posibilidad de realizar intervenciones quirúrgicas, debido a la escasez de camas, tanto de hospitalización como de cuidados críticos.

También hemos atribuido al miedo generado por la pandemia en nuestra sociedad el rechazo a participar en un estudio observacional: fueron 15 pacientes (4,8 % de los pacientes potencialmente incluibles) los que rechazaron participar.

Por último, los datos fueron recogidos de forma exclusiva por los dos neuroanestesistas habituales del área. Todo ello explica el número de casos que se incluyeron.

En el periodo de recogida de datos del segundo estudio prospectivo, un total de 356 pacientes cumplían los criterios de inclusión. De ellos, hubo que excluir a 13 pacientes: 3 por expresar su voluntad de no recibir transfusiones o hemoderivados por motivos religiosos; 4 por su decisión de no participar en el estudio; y a los 6 restantes por la incapacidad de explicarles el estudio y obtener su consentimiento expreso. Esto se debió a la existencia de una barrera idiomática, ya fuera por afasia del paciente o por desconocimiento de nuestro idioma.

Por lo tanto, los pacientes incluibles finalmente fueron 343. De estos, se incluyeron en el estudio un total de 297 pacientes, aunque se analizaron finalmente

290, debido a que los datos de 7 pacientes estaban incompletos. Esto supone el 83,42 % de los pacientes potencialmente incluibles y el 84,54 % de los pacientes realmente incluibles, lo que representa un aumento del 19,27 % respecto a los pacientes incluidos en el estudio de 2021. La tabla 44 resume estos datos.

Descripción evolutiva de las muestras.				
Año	N.º de pacientes Incluibles	N.º de pacientes incluidos	Porcentaje de incluidos	“n” calculado para que la muestra sea representativa
2018	404	393	97,27%	253
2021	295	249	84,40%	206
2024	343	290	84,54%	228
Total acumulado	1042	932	89,44%	407
Calculamos la n con un nivel de confianza del 99% y con un margen de error del 5%				

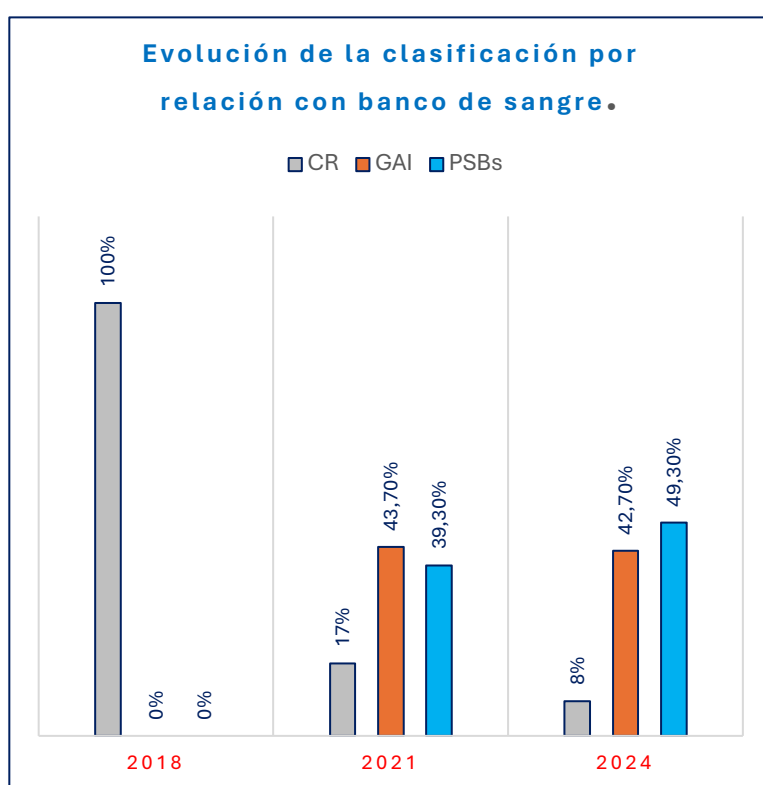
Tabla 44. Población total acumulada en el proyecto.

Se calculó la n para que la muestra se considere representativa, considerando el número de pacientes incluibles (1042), un nivel de confianza del 99 % y un margen de error del 5 %, a través de una calculadora de las múltiples disponibles en internet⁽²⁴³⁾. La n necesaria puede observarse para cada estudio y para la totalidad del programa en la tabla 44. Cada estudio, de forma independiente, superó con creces la cifra precisa para poder considerarse representativo de la población.

Evolución de la clasificación en grupos según el algoritmo.

A lo largo del proyecto, hemos modificado sustancialmente la relación preoperatoria de nuestros pacientes con el banco de sangre. En el gráfico 22, podemos observar el efecto del programa en la distribución de las consultas al mismo. La evolución ha significado una notable reducción de la carga de trabajo de este departamento del servicio de hematología, así como menos visitas de los pacientes al hospital.

En 2018, se solicitaba cruzar y reservar sangre para la totalidad de los pacientes que



CR, cruzar y reservar. **GAI**, Determinación de grupo y anticuerpos irregulares.
PSBs, Pacientes sin banco de sangre.

Gráfico 22. Evolución de la clasificación por relación de los pacientes con el banco de sangre.

pertenecían a los ocho grupos en los que dividimos la patología. La reducción de los pacientes a los que solicitamos CR ha sido del 92 %, y el aumento de los pacientes que no precisan contacto preoperatorio con el banco de sangre ha sido del 50 %.

Las primeras cirugías en las que se consideró que, debido al procedimiento que se iba a realizar, no era preciso que todos los pacientes tuvieran contacto con el banco de sangre fueron las cirugías de columna, las cuales, ya en el estudio de 2021, fueron consideradas como procedimiento PSBS.

Con los datos acumulados de los estudios de 2018 y 2021, los pacientes que pertenecían a las cirugías por vía transesfenoidal pasaron a ser considerados también como cirugía PSBS en el estudio de 2024. En estos tres grupos, son las características individuales del paciente las que determinan la necesidad de contacto con el banco de sangre.

Distribución por grupos.

La distribución en los distintos grupos patológicos a lo largo del proyecto (tabla 45 y gráfico 23) refleja la contribución de cada patología. Además, su distribución porcentual se ha mantenido, prácticamente constante a lo largo del proyecto. Este es un aspecto fundamental, ya que debemos recordar que cinco de los grupos patológicos acaparan el 85 % de los pacientes; un cambio en su proporción podría suponer un sesgo. Sin embargo, a lo largo de todo el proyecto, la estabilidad de la distribución de los grupos garantiza que los resultados reflejen la influencia real del programa de mejora.

Distribución de la población por grupos a lo largo del proyecto					
Grupo patológico	2018	2021	2024	Total acumulado	Porcentaje
C. Cervical	82	62	76	220	23,6%
C no cervical	65	39	48	152	16,3%
C. Patología benigna de cráneo	30	16	11	57	6,11%
Metástasis gliomas	91	58	65	214	22,96%
Meningiomas	50	24	40	114	12,23%
C. ángulo pontocerebeloso	14	5	9	28	3%
C neurovascular	15	14	12	41	4,39%
C. Transesfenoidal	46	31	29	106	11,37%
Global	393	249	290	932	

Tabla 45. Distribución de la población por grupos a lo largo del proyecto

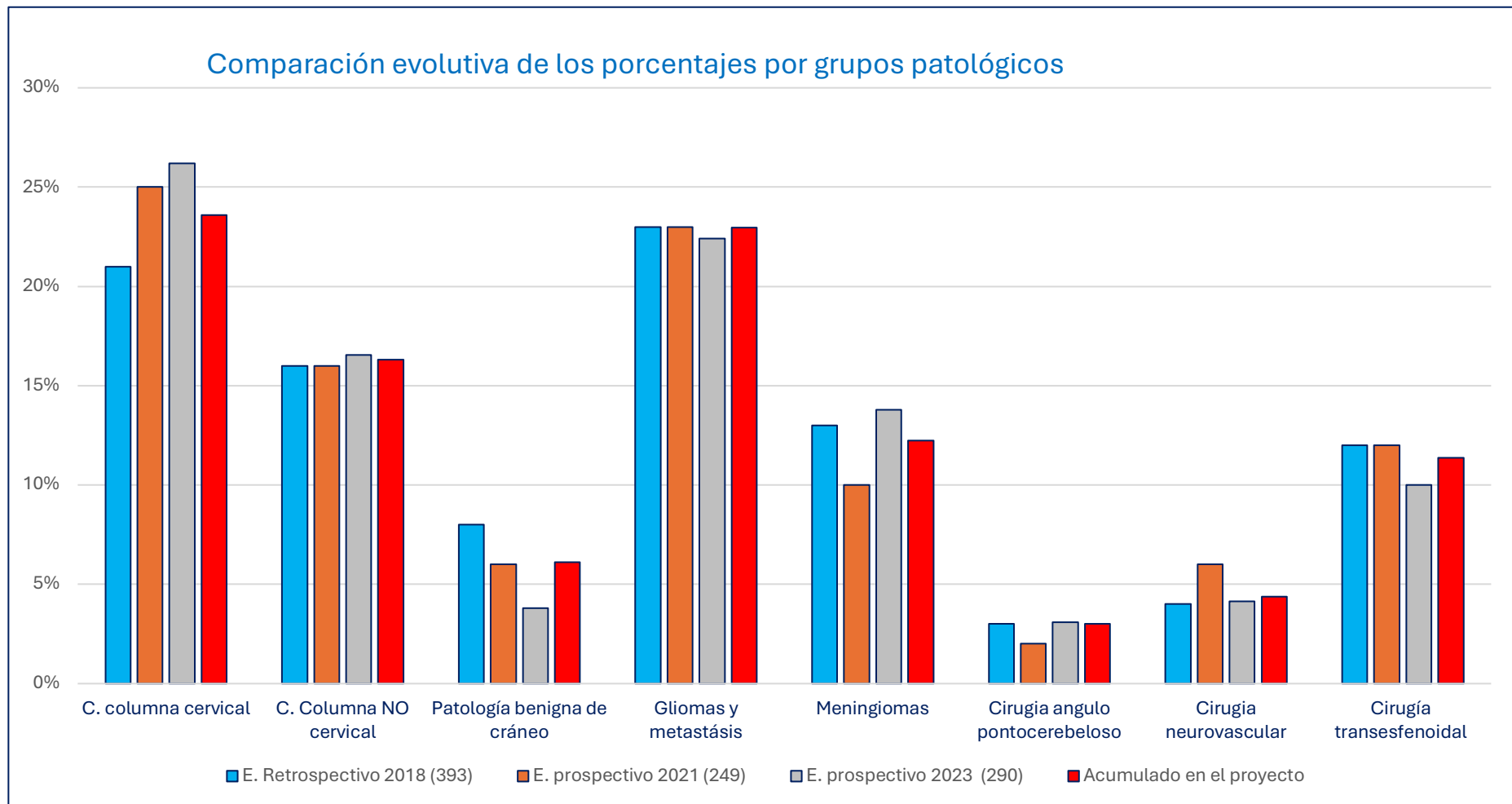


Gráfico 23. Comparación evolutiva de los porcentajes por grupos patológicos

Anemia.

La deficiencia de hierro es la carencia de nutrientes más común en todo el mundo⁽²⁴⁴⁾. De hecho, una quinta parte de la población mundial presenta deficiencia de hierro, y cerca del 12,5 % de la población mundial presenta una carencia grave que conlleva anemia ferropénica⁽²⁴⁴⁾. Otros autores ofrecen cifras mucho más elevadas, cifrando en un 30 % la prevalencia de la anemia a nivel mundial, que alcanza hasta el 50 % en pacientes quirúrgicos⁽²⁴⁵⁾.

En 2018, el estudio de la prevalencia de la anemia se basó en los valores de Hto en la visita preanestésica. La elección del valor de Hto para evaluar la presencia de anemia preoperatoria fue consecuencia del uso habitual de este parámetro para calcular el máximo sangrado tolerable para un determinado paciente y, por tanto, su presencia es constante en el informe de la valoración preanestésica. Aunque sabemos lo inexacto de este parámetro para evaluar la anemia, especialmente en pacientes que pueden recibir tratamiento con diuréticos, se utilizó por la razón comentada. Otros autores también han usado este parámetro para evaluar la anemia en pacientes neuroquirúrgicos^{(118) (23)}.

La prevalencia de la anemia en nuestro estudio retrospectivo, usando valores diferenciados por sexo para su diagnóstico, fue del 11,45 % (45 pacientes). La mayor proporción de pacientes anémicos correspondía a los pacientes varones, representando un 64,44 % de los pacientes anémicos. Sin embargo, cuando se consideraba anémico a cualquier paciente con un Hto inferior a 39% (aproximadamente Hgb <13 g.dl⁻¹), la prevalencia de anemia preoperatoria ascendía al 20,86%. En este caso, las mujeres suponían una ligera mayoría (52,4

%). Considerando anémico a cualquier paciente que, independientemente del sexo, presentará un Hto menor de 39, los pacientes que presentaron anemia fueron 82 (ver tabla 46)

Pacientes anémicos en el área de NC del HUC en 2018.					
	Mujeres		Hombres	Anémicos según OMS	Pacientes con Hto<39%
	Hto <36%	Hto>36 y <39%	Hto < 39%	Mujeres Hto <36% + Hombres Hto < 39%	
N.º pacientes	16	37	29	45	82
Incidencia				11,45%	20,86%
N.º total de pacientes 393, hombres 202;191 mujeres					

Tabla 46. Pacientes anémicos en el área de NC del HUC en 2018

En el estudio prospectivo de 2021, utilizamos para el diagnóstico de anemia los umbrales de concentración de Hgb establecidos por la OMS para adultos. Definimos como anémicos a aquellos pacientes adultos con una concentración de Hgb menor de 12 g.dl⁻¹ en el caso de las mujeres y de 13 g.dl⁻¹ en los varones⁽²⁴⁶⁾. En la analítica basal presentaban anemia 41 pacientes, lo que representa una prevalencia del 16,46%. Los varones suponían un 65,85 % de los pacientes anémicos.

En la analítica cero, presentaron anemia 81 pacientes (32,53 % del total), por lo que la anemia, a efectos prácticos, se duplicó entre el momento basal y el cero. Los hombres supusieron el 49,38% de los pacientes anémicos, frente al 50,61 % de las mujeres. La anemia postoperatoria, identificada en la analítica realizada a las 24 h del procedimiento, afectó a 161 pacientes (64,65 % del total). Los hombres

representaron el 46,58% de los anémicos en este punto, frente al 53,41% de las mujeres.

Es interesante estudiar la prevalencia de la anemia en cada grupo por sexo a lo largo del perioperatorio. Así, en los hombres, la anemia basal era del 20,93 %, pasó a ser de un 31 % en la analítica cero y alcanzó el 58,13 % en el postoperatorio.

Las mujeres con una edad de 42 años o mayores pasaron de un 11,88 % en la analítica basal a 33,66 % en el momento de la inducción, hasta alcanzar el 69,30 % en el postoperatorio.

Por último, el grupo de mujeres de menores de 42 años pasó de del 10,52 % a un 36,64 % y alcanzó el 84,21 % en el postoperatorio.

En cuanto a la notable diferencia en el aumento de la incidencia de la anemia postoperatoria por sexo, la explicación que nos parece más coherente es que las mujeres tienen volúmenes de sangre circulante más bajos que los hombres, pero un mismo procedimiento realizado en ambos sexos a menudo resulta en cantidades comparables de pérdida de sangre^(133, 230, 231).

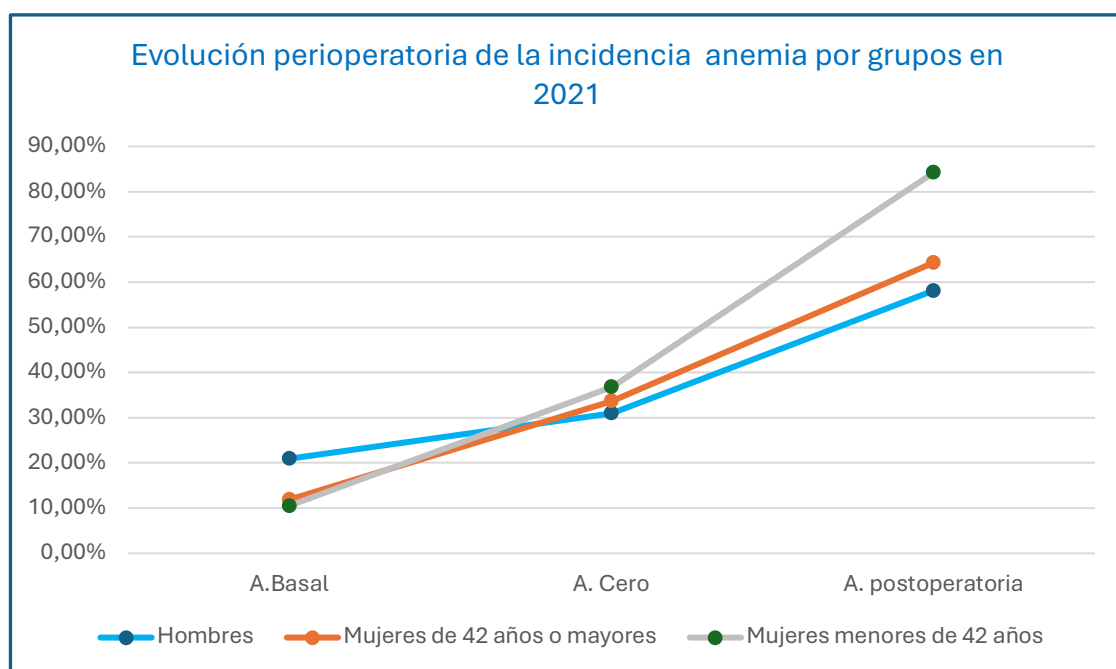


Gráfico 24. Evaluación de la incidencia de la anemia perioperatoria por sexos en 2021.

En el estudio prospectivo de 2024, en el momento de la visita preanestésica, presentaban anemia el 18,62 % de los pacientes. En este estudio, a diferencia del anterior, la mayoría de los pacientes anémicos eran mujeres (62,96 %). Este cambio es fácilmente comprensible, dado que el umbral para considerar a una mujer anémica en el estudio actual es de 13 g. dl⁻¹, frente a los 12 g. dl⁻¹ utilizados en los estudios previos.

Fueron 12 las mujeres que estaban entre los límites del umbral de anemia de 12 y 13 g. dl⁻¹. Si se realizara el análisis excluyendo a estas pacientes del grupo de anémicos, el número de casos con anemia sería 42, lo que supone una prevalencia del 14,48 %. En cuanto al análisis por sexos, los 20 casos del grupo masculino representarían una prevalencia del 47,61 %, mientras que los 22 del grupo femenino corresponderían al 52,38 %.

En la analítica realizada en el momento de la venoclisis para la inducción de la anestesia, presentaron cifras de anemia 148 pacientes, lo que supone una prevalencia del 51,10 %. Las 92 mujeres con Hgb < 13 g. dl⁻¹ representaron el 62,16 % de los pacientes anémicos en este punto, frente al 37,83 % correspondiente a los varones. Las pacientes que presentaban cifras de Hgb entre 12 y 13 fueron 27. En este momento esperábamos una reducción de la diferencia debida al tratamiento preoperatorio de la anemia.

La anemia postoperatoria, identificada en la analítica realizada a las 24 h del procedimiento, afectó a 198 pacientes (68,27 %). Los hombres anémicos en el postoperatorio fueron 81, frente a 117 mujeres. En el grupo femenino, 41 pacientes estuvieron entre 12 y 13 g. dl⁻¹, lo que implica que, en otros estudios previos, no habrían sido consideradas anémicas. Asimismo, se aprecia un aumento de la incidencia global de la anemia en el periodo postoperatorio.

En este estudio presentaron anemia el 64,65 % de todos los pacientes. Los hombres representaron el 46,58% de los anémicos en este punto, frente al 53,41 % correspondiente a las mujeres.

Por grupos de sexo y edad, la incidencia de anemia perioperatoria (esto es, anemia basal, en el momento cero y postoperatoria) fue la siguiente: en los hombres, 14,08 %, 39,43 % y 54,72 %, respectivamente. En las mujeres de 42 años o más, la evolución fue 17,69 %, 58,46 % y 77,69 %. Por último, en el grupo de mujeres menores de 42 años, la anemia presentó un valor basal del 61,11 %, que pasó al 88,88 % en el momento de la inducción, manteniéndose este valor en el postoperatorio. En el gráfico 25 puede observarse la evolución de la prevalencia de la anemia a lo largo del periodo perioperatorio en el año 2024.

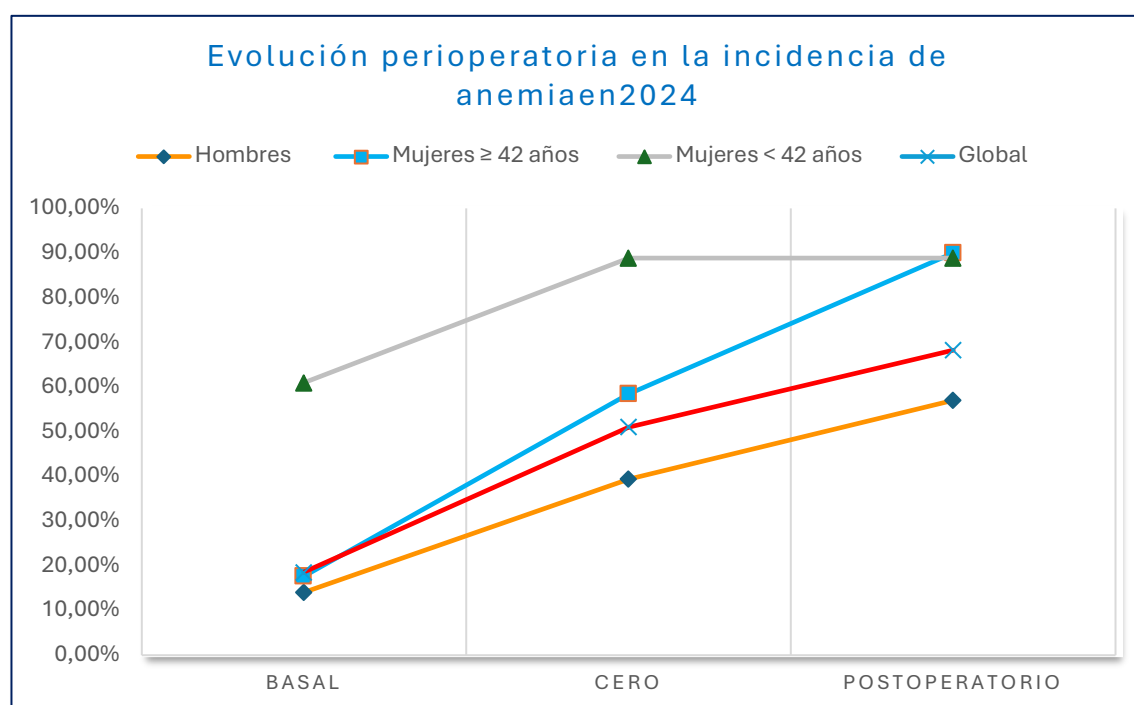


Gráfico 25. Evolución perioperatoria de la incidencia de la anemia en 2024.

La prevalencia de anemia preoperatoria se ha cifrado alrededor de un 30 % de los pacientes que se programan para cirugía cardíaca y no cardíaca ^(100, 103, 232, 247-249). La anemia preoperatoria varía con la edad⁽⁹⁹⁾ y con la patología que motiva la intervención⁽²⁵⁰⁾. Asimismo, varía con el área geográfica: la prevalencia de anemia en pacientes sometidos a cirugía en Estados Unidos fue del 30,4 %⁽¹⁰³⁾, mientras que en Europa se encontró que era del 28,7 %⁽²⁵¹⁾.

En neurocirugía, si consideramos nuestro proyecto como un único grupo de 932 pacientes y definimos como anémicos a aquellos que presentaron una concentración de Hgb menor de 13g.dl^{-1} en los estudios de 2021 y 2024, y un Hto inferior a 39 % en el estudio de 2018, el total de pacientes anémicos en la visita preanestésica sería de 195, lo que supone una prevalencia de anemia de 20,92 %. Este dato es concordante con el de Liu et al.⁽⁴⁵⁾, quienes la cifran en un 20,05 % en una cohorte de 11304 pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos.

Asimismo, en un estudio retrospectivo de 24473 pacientes, Seicean et al.⁽¹¹²⁾ publicaron una prevalencia de anemia del 24,02% en pacientes sometidos a cirugía espinal electiva.

Gradiente de Hgb basal-cero.

Un dato sorprendente, por lo inesperado, en el análisis de la anemia durante el estudio de 2021 fue que la prevalencia de esta era muy superior en la analítica cero que en la analítica basal. A la diferencia entre ambos valores lo denominamos “gradiente de Hgb cero-basal”. Aunque en la mayoría de los casos este gradiente era positivo, esto significa que la Hgb había descendido entre la visita preanestésica y la inducción anestésica, también encontramos casos en el sentido contrario.

Estudiamos la magnitud estadística de la diferencia en los valores de Hgb y observamos que la diferencia media de los valores absolutos de Hgb fue de 1,07 g.dl⁻¹ con una mediana de 1, una moda de 1,5 (tabla 47).

Diferencia en valores absolutos entre la analítica basal y en cero				
Parámetro	Media	Mediana	Moda	D. Estándar
Hematocrito	3,78	3,5	5,4	2,558
Hemoglobina	1,0706	1	1,5	0,755

Tabla 47. Gradiente entre los valores Hgb basal y Hgb cero en 2021

Lógicamente, la primera causa para explicar esta diferencia es suponer que hubo una pérdida hemática entre una determinación y otra. Sin embargo, en aquellos pacientes que presentaron una causa identificada de pérdida hemática (traumatismo, hemorragias de causa médica o quirúrgica), la evaluación preanestésica fue revisada con una analítica repetida tras el incidente, la cual pasó a ser la nueva Hgb basal.

Las consecuencias del hallazgo fueron dos: la primera consistió en planificar la búsqueda de las posibles causas, recogiendo los datos que pudieran explicar este fenómeno en un próximo estudio. Las causas consideradas fueron las siguientes:

Dependientes del paciente: sexo, edad, IMC, presencia de factores que pudieran alterar la absorción de hierro, tales como el perfil alimentario (vegano, vegetariano), tratamientos farmacológicos (toma de antiácidos, tratamiento preestablecido en la VPA frente a la anemia) o presencia de comorbilidad (cirugías gástricas, como baipás gástrico o gastrectomías, o presencia de enfermedad inflamatoria intestinal); y la presencia de anemia o ferropenia en la VPA.

Dependientes de los propios análisis: tiempo transcurrido entre una determinación y otra, cambio del analizador utilizado.

Dependientes del procedimiento al que serán sometidos los pacientes: en concreto, analizaremos si alguno de los grupos con mayor frecuencia esta relación que en otros.

La segunda reviste una mayor importancia, puesto que modifica el momento en que se solicitará al banco de sangre cruzar y reservar CH para un paciente. En el protocolo del año 2021, la reserva la realizaba el neurocirujano basándose en la aplicación del algoritmo con los datos de la visita preanestésica. En el estudio de 2024, la reserva la hizo el anestesiólogo mediante la aplicación del algoritmo en el momento de canalizar la vía para dar comienzo a la intervención.

Aquí conviene diferenciar entre los pacientes que provienen de la lista de espera, por corta que sea esta, y aquellos pacientes ingresados pendientes de una intervención de urgencia diferida (por ejemplo, fracturas vertebrales secundarias a un politraumatismo o pacientes pendientes de una reintervención), para los cuales disponemos de una analítica el día previo a la intervención. En estos pacientes, la reserva se hará 24 h antes de la intervención, dado que con mayor frecuencia

presentan una anemia secundaria al proceso y, en ocasiones, no hay tiempo alguno para su corrección. A estos pacientes se les aplicará el mismo algoritmo, pero 24 h antes de la intervención.

En el área de NC confluyen una serie de circunstancias que permiten la solicitud de reserva en el momento de iniciar la cirugía. Nuestro riesgo global de transfusión era, en 2021, bajo (8,43 %). Durante todo el año 2021 se transfundieron un total de 25 unidades, es decir, aproximadamente una unidad cada dos semanas. Además, se suponía que este riesgo se redujese con las medidas de corrección de la anemia preoperatoria.

Por otra parte, el protocolo propio de actuación del banco de sangre de cruzar y reservar sangre en aquellos pacientes que presentan anticuerpos irregulares garantiza la disponibilidad de sangre con pruebas completas en dichos pacientes.

Por último, el tiempo consumido en nuestra área de neurocirugía desde que se induce la anestesia hasta acceder al campo quirúrgico es muy largo. Este tiempo se emplea en establecer la monitorización adecuada, colocar al paciente, calibrar los sistemas de neuronavegación y acceder al campo quirúrgico.

En el estudio de 2024 se observó el mismo fenómeno de aparición de un gradiente de Hgb cero-basal, algo esperable, puesto que no se identificó causa alguna que pudiera justificarlo. En este estudio, la media aritmética de las diferencias fue de 1,26 g. dl⁻¹, con una mediana de 1,3, una moda de 1,9 y una desviación estándar de 1,06. Los datos comparativos con los del estudio de 2021 pueden consultarse en la tabla 48.

Comparación del gradiente basal cero entre los años 2021 y 2024.				
Variación del gradiente basal cero	Media	Mediana	Moda	D. estándar
Año 2021	1,07	1	1,5	0,75
Año 2024	1,26	1,3	1,9	1,06

Tabla 48. Comparación del gradiente basal cero entre los años 2021 y 2024.

Análisis estadístico de las causas de la presencia del gradiente basal cero.

Para tratar de identificar los factores implicados en la presencia de este gradiente, realizamos dos análisis estadísticos:

Presencia de un gradiente superior o inferior a la media.

Consideramos como variable la presentación de un gradiente superior o inferior a la media (1,26 g. dl⁻¹). En base a ello, separamos a los pacientes en dos grupos. El primero estuvo formado por aquellos pacientes con un gradiente inferior a la media (139 pacientes). El segundo incluyó a los pacientes con un gradiente superior al valor medio (151 pacientes).

Se evaluó la relación entre tener un gradiente superior o inferior a la media y las variables dicotómicas postuladas como posibles causas, mediante tablas cruzadas. Se aplicó la prueba de chi-cuadrado de Pearson sin corrección cuando las frecuencias esperadas eran suficientes, y la prueba exacta de Fisher cuando eran bajas. No se encontró relación entre ninguna de las variables dicotómicas analizadas y la presencia de un gradiente mayor o menor que la media.

Las variables dicotómicas relacionadas con el tipo de alimentación no pudieron analizarse, dado que no hubo veganos o vegetarianos en la serie. Ver tabla 49.

. Gradiente basal-cero superior o inferior a la media frente a variables dicotómicas			
Variables	Test	P	¿Relación?
Sexo	Chi-cuadrado	0,82	No
Enfermedad inflamatoria intestinal	Prueba Fisher	0,48	No
Baipás gástrico	Prueba Fisher	0,50	No
Toma antiácidos	Chi-cuadrado	0,66	No
Determinación analítica en distintos laboratorios	Chi-cuadrado	0,49	No
Presencia de anemia en VPA	Chi-cuadrado	0,08	No
Presencia de ferropenia en VPA	Chi-cuadrado	0,58	No
Tratamiento de la anemia identificada en VPA	Chi-cuadrado	0,59	No
<i>Es precisa una $P < 0,05$ para considerar que existe relación.</i> <i>Chi cuadrado Chi cuadrado de Pearson</i> <i>Prueba de Fisher: prueba exacta de Fisher</i>			

Tabla 49. Gradiente basal-cero superior o inferior a la media frente a las variables dicotómicas.

En conclusión, el desarrollo de un gradiente de Hgb basal-cero superior a la media no se relacionó con el sexo, la presencia de enfermedad inflamatoria intestinal, la existencia de baipás gástrico, la toma de antiácidos, la determinación de la Hgb en distintos laboratorios, ni con la presencia de anemia o ferropenia en la VPA, ni tampoco con el tratamiento de estas condiciones iniciado durante dicha valoración.

Para evaluar si las variables continuas (edad, días entre analíticas e IMC) presentaban una distribución paramétrica o no, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Dicho test arrojó unos valores de p de: 0,003 para la edad, 0,029 para el IMC, y $<0,001$ para los días transcurridos entre una analítica y otra. Al ser $p < 0,05$, según esta prueba, ninguna de las variables presentó una distribución normal.

No obstante, mediante el análisis gráfico con histogramas y gráficos Q-Q, se observó una distribución compatible con la normalidad para la edad y el IMC. En consecuencia, se aplicó la prueba t de Student al análisis de estas dos variables,

mientras que para los días entre una analítica y otra se empleó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Gradiente basal cero- superior o inferior a la media frente a variables continuas				
Variables		Test	p	Relación
Normal	Edad	T de Student	0,058	no
	IMC		0,44	no
No Normales	Días ente ambas analíticas	U de Mann-Whitney	0,70	no
<i>Es precisa una $P < 0,05$ para considerar que existe relación.</i>				

Tabla 50. Gradiente basal- cero superior o inferior a la media frente a las variables continuas.

Con base en los resultados observados en la tabla 50, el gradiente superior o inferior a la media **no** se relacionó con la edad, el IMC o los días transcurridos entre una analítica y otra.

Presencia de un gradiente superior o inferior a la media según el grupo patológico.

Se analizó la asociación entre presentar un gradiente superior o inferior a la media y pertenecer a alguno de los ocho grupos patológicos. Para ello, se realizó un test de chi cuadrado, cuyos resultados pueden observarse en la Tabla 51.

Test chi-cuadrado para presentar un gradiente superior o inferior a la media frente a pertenecer a algún grupo patológico	
	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	<,001
N de casos válidos	290

Tabla 51. Test Chi-cuadrado para presentar un gradiente superior o inferior a la media frente a pertenecer a algún grupo patológico.

El valor de 0,001 indica que la probabilidad de que las diferencias observadas se deban al azar es muy baja. Por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre tener un gradiente mayor o menor que la media y la variable "grupo". Para realizar la interpretación en cada uno de los grupos, se utilizó el residuo tipificado ajustado.

El análisis de los residuos tipificados ajustados mostró un exceso significativo de casos sin gradiente mayor que la media en el grupo 1 (cirugía de columna cervical) y un exceso de casos con un gradiente mayor que la media en el grupo 5 (residuo = 3,2; $p < 0,01$) y en el grupo 7 (residuo 2,3). Estos resultados indican que la frecuencia de gradiente mayor que la media fue especialmente alta en el grupo de los meningiomas (grupo 5) y en la cirugía neurovascular (grupo 7).

Tabla cruzada gradiente mayor media* por grupo patológicos											
			grupo								Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Gradiente mayor media	NO	Recuento	54	24	5	32	10	2	2	12	141
		% dentro de grupo	71,1%	50,0%	45,5%	49,2%	25,0%	22,2%	16,7%	41,4%	48,6%
		Residuo corregido	4,6	,2	-,2	,1	-3,2	-1,6	-2,3	-,8	
	SI	Recuento	22	24	6	33	30	7	10	17	149
		% dentro de grupo	28,9%	50,0%	54,5%	50,8%	75,0%	77,8%	83,3%	58,6%	51,4%
		Residuo corregido	-4,6	-,2	,2	-,1	3,2	1,6	2,3	,8	
Total		Recuento	76	48	11	65	40	9	12	29	290
		% dentro de grupo	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Existencia de un gradiente basal-cero positivo.

En el segundo análisis se consideró presentar o no un gradiente positivo, es decir, que la concentración de Hgb descendiera entre la analítica basal y la cero. Se relacionó con las mismas variables dicotómicas que el gradiente mayor o menor a la media, aplicando la misma metodología estadística. La única variable que se relacionó con la presencia de un gradiente basal-cero positivo fue la variable “sexo” (véase tabla 52).

Existencia de Gradiente basal-cero positivo frente a la variable dicotómica sexo			
	Test	p	¿Relación?
Sexo femenino	Chi cuadrado	0,005	SI
<i>Es precisa una $P < 0,05$ para considerar que existe relación.</i>			
<i>Chi cuadrado Chi cuadrado de Pearson</i>			

Tabla 52. Existencia de un gradiente basal-cero frente a la variable dicotómica sexo.

Se encontró que pertenecer al sexo femenino está relacionado con presentar un gradiente basal cero positivo; es decir, ser mujer se asocia de manera estadísticamente significativa con un descenso de la hemoglobina desde la visita preanestésica hasta el momento de la inducción.

Al relacionar que, en dos patologías (meningiomas y cirugía neurovascular), se observa un gradiente superior al promedio y consistentemente positivo, y considerando que el sexo femenino se asocia al desarrollo de gradientes positivos, se plantea la posibilidad de que, en estos dos grupos (donde predomina el sexo femenino), dicha predominancia explique el gradiente observado.

Como se observa en la tabla 53, los tres grupos en los que el sexo femenino es claramente mayoritario son: los meningiomas la cirugía del ángulo pontocerebeloso, y la cirugía neurovascular.

Distribución por sexo en los distintos grupos patológicos del año 2024					
Grupos patológicos	Casos	Hombres		Mujeres	
		N.º	Porcentaje	N.º	Porcentaje
C. Columna cervical	76	44	58%	32	42%
C. Columna NO cervical	48	26	54%	22	46%
C. Patología benigna de cráneo	11	7	64%	4	36%
C. de gliomas metástasis	65	32	49%	33	51%
C. de Meningiomas	40	12	30%	28	70%
C. del A. pontocerebeloso	9	3	33%	6	67%
C. neurovascular	12	4	33%	8	67%
C. transesfenoidal	29	14	48%	15	52%
Global	290	142		148	

Tabla 53. Distribución por sexo en los distintos grupos patológicos del año 2024

Tipos de anemia.

En el año 2021 se realizó un perfil férrico (sideremia, saturación de la transferrina y cuantificación de transferrina, y ferritina) en el momento de la inducción anestésica, no con fines terapéuticos, sino para determinar los tipos de anemia. La distribución de los tipos de anemia en nuestros pacientes según los grupos de sexo y edad fue la siguiente:

De los 40 hombres anémicos en la analítica cero, se diagnosticó anemia ferropénica (SatTr. < 30 % y ferritina inferior a 30 ng.ml⁻¹) en 7 pacientes; 6 pacientes presentaron anemia mixta (SatTr < 30 % y ferritina entre 30 y 100 ng.ml⁻¹) y 18 pacientes presentaron anemia de proceso crónico (SatTr < 30 % y ferritina >100 ng.ml⁻¹), siendo esta la causa más frecuente (45 %). En los otros 9 pacientes no se logró determinar la causa de la anemia.

Entre las mujeres de 42 años o más, 34 pacientes presentaron anemia en la analítica cero. En 5 de ellas no se pudo establecer la causa de la anemia; 10 pacientes presentaron anemia ferropénica, otras 10 anemia mixta y 9 anemia de proceso crónico.

Entre las 7 mujeres anémicas menores de 42 años, 5 presentaron anemia ferropénica y 2 anemia mixta (28,57 %).

Estos datos se reflejan en el gráfico. 26.

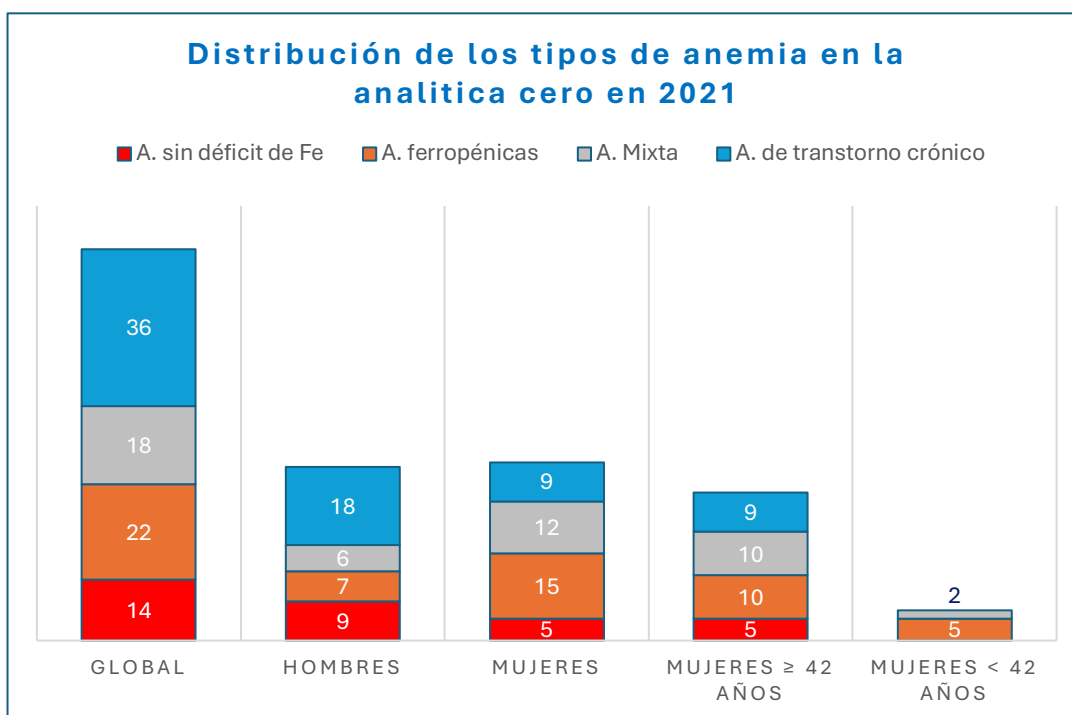


Gráfico 26. Distribución de los tipos de anemia en la analítica cero en 2021.

En 2024 se incluyó en la VPA, además del preoperatorio habitual, el perfil férrico, y las determinaciones analíticas de vitamina B₁₂, de ácido fólico y proteína C reactiva. Esto nos permitió diagnosticar de acuerdo con nuestros algoritmos (véanse las imágenes 5 y 6), tanto la anemia como la ferropenia no anémica.

La distribución etiológica de la anemia correspondiente a 2024 es la más fidedigna, dada la ampliación del estudio. La clasificación de nuestros pacientes fue la siguiente, según los grupos de edad y sexo. De los 290 pacientes, 54 presentaron anemia. En cuanto a la clasificación, el 48,14 % no presentaban déficit de Fe. Dentro de las anemias por déficit de Fe, la mayoría fueron ferropénicas (60,71%). La anemia mixta supuso un 21,42 %, y las anemias de proceso crónico, un 17,85 %.

Desglosando los resultados por sexos y grupos etarios, en el caso del grupo masculino, 20 pacientes presentaron anemia. De ellos, 11 no presentaban déficit

de Fe, mientras que 9 presentaban déficit de Fe (45 %). En cuanto a la distribución de estas últimas: 3 eran ferropénicas, 3 eran anemias de proceso crónico y 3 eran anemias mixtas. En el grupo de sexo femenino, se identificaron 34 pacientes anémicas. La anemia no asociaba déficit de Fe en 15 casos (44,11 %). De las 19 pacientes con déficit de Fe, 14 presentaron anemia ferropénica, 3 anemia mixta y 2 anemia de proceso crónico.

En el subgrupo de pacientes del grupo femenino con edad igual o superior a 42 años, se identificaron 23 casos de anemia, de los cuales 12 no se asociaban a déficit de Fe. Entre las anemias por déficit de Fe 6 fueron ferropénicas, 3 mixtas, y 2 eran de proceso crónico.

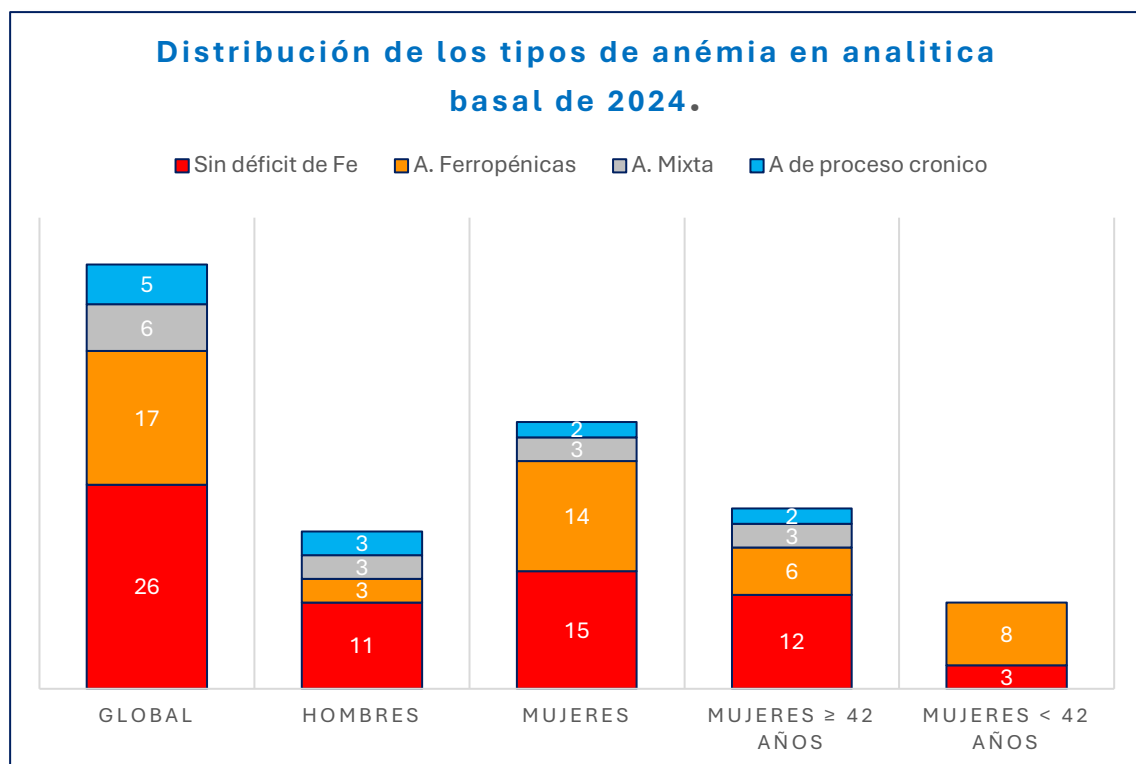


Gráfico 27. Distribución de los tipos de anemia en la analítica basal en 2024.

Por último, en el subgrupo de mujeres menores de 42 años, 11 pacientes presentaron anemia. Solo 3 de ellas no presentaban déficit de Fe. Entre las anemias que si asociaban déficit de Fe, todas fueron ferropénicas en este grupo.

Las anemias no ferropénicas han supuesto un 48 % de las anemias preoperatorias. Los pacientes con anemia no ferropénica, no megaloblástica y no asociada a insuficiencia renal, que fueron derivados a lo largo de 2024 mediante hoja de consulta no presencial al servicio de hematología, no ameritaron un estudio más profundo ni tratamiento por parte del citado servicio. Las anemias asociadas a déficit de Fe son mayoritariamente ferropénicas.

Anemia postoperatoria.

La anemia postoperatoria nos da una idea de la cantidad de sangre que perdemos durante la cirugía. Este dato no fue recogido durante el estudio de 2018. En el estudio de 2021, en el momento cero, la anemia presentaba una prevalencia del 32,53 %, que pasó a ser del 64,65 %; esto es, prácticamente duplicó su prevalencia. En 2024, la prevalencia en el momento cero fue de un 51,10 %, lo cual supone un incremento del 57% con respecto a la registrada en 2021. Esto se debe, en gran medida, a la consideración de cualquier paciente con Hgb menor a 13 g.dl¹ como anémico. La prevalencia de anemia postoperatoria fue de un 62,27%, esto es un incremento del 17,9 % respecto a la registrada en la analítica cero.

En neurocirugía, son escasas las publicaciones centradas en la anemia postoperatoria. Giribabu et al.⁽²⁵²⁾ presentaron una serie de 1032 pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos variados, de un modo similar a nuestra serie. Sorprende la incidencia publicada por estos autores, dado que fue de

un 11,3 %. Además del dato global, nos muestran la incidencia por patologías; así, entre los pacientes sometidos a procedimientos de exéresis tumoral, la anemia postoperatoria se produjo, en esta serie, en el 7,09 % de los gliomas, en el 7,75 % de los meningiomas, en el 1,28 % de los schwannomas y en el 9,30 % de otros tumores, tales como adenoma hipofisario, quiste coloide, epidermoide, lesiones de la fosa posterior, etc.

En cirugía de columna, estos autores publican una incidencia del 10,87 %, de un 21,96 % tras cirugía neurovascular y, en un grupo de patologías similares a nuestro grupo de patologías benignas de cráneo, de un 25,31 % (cirugía de la bóveda craneal, estudio, epilepsia o cirugía funcional). La anemia postoperatoria fue mayor en pacientes sometidos a cirugías craneales (11,8 %,) que en pacientes sometidos a neurocirugías no craneales (10,1 %).

Estos datos sorprendentes se aclaran al revisar los materiales y métodos, puesto que estos autores consideran pacientes anémicos en el periodo postoperatorio a aquellos cuya Hgb postoperatoria está por debajo de 10 g.dl⁻¹. Usando este mismo umbral, en 2021 la incidencia de anemia en nuestra serie hubiera sido del 13,25 % y del 5,17 % en 2024. Si consideramos los dos estudios como una única serie, la incidencia hubiera sido del 8,90%. Además, su RT fue del 26,45%, frente al 6,86% de nuestra serie.

La anemia postoperatoria no solo se debe a la pérdida sanguínea, sino que ha sido relacionada con otras causas, tales como la presencia de anemia preoperatoria, procesos inflamatorios, vasodilatación y una fluidoterapia intravenosa excesiva para las necesidades del paciente ⁽²⁵³⁾. En la citada serie de

Girababu et al.⁽²⁵²⁾ realizaron un análisis univariante para tratar de identificar los factores asociados al desarrollo de anemia postoperatoria. La duración de la cirugía, el sexo, el grado ASA, el tipo de cirugía y la experiencia del cirujano se asociaron con la anemia posoperatoria. Tan solo una hemoglobina preoperatoria más baja y que la cirugía fuera no tumoral ($p < 0,001$) fueron predictivas de anemia postoperatoria en el análisis multivariante.

La anemia postoperatoria ha sido considerada una consecuencia lógica de la cirugía, y la transfusión es, en los casos más graves, su único tratamiento. Sin embargo, se cree que la anemia postoperatoria tiene efectos perjudiciales en los resultados del paciente, incluyendo una estancia hospitalaria prolongada, un aumento de las complicaciones postoperatorias y, posiblemente, una menor supervivencia; sin embargo, existen pocos datos que respalden esta creencia^(185, 253-255). En la serie de Girababu⁽²⁵²⁾ la anemia postoperatoria se asoció de manera significativa con un incremento de las transfusiones y a una menor puntuación en la escala de Glasgow.

Tratamiento de la anemia y de la ferropenia preoperatorias.

Tratamiento de la anemia con déficit de Fe.

En la tabla 54 se describen los 28 pacientes a los cuales se les diagnosticó anemia asociada a déficit de Fe en la VPA. De los 28, 16 recibieron tratamiento (57,14 %). De los 12 que no recibieron tratamiento, la causa más importante fue la falta de tiempo (66,66 %), seguida de la anatomía patológica de presunción.

Tratamiento de la anemia por déficit de Fe						
Pacientes con anemia por déficit de Fe		Fe Oral	Fe IV	Causa de no tratamiento		
				Falta de tiempo	Gliomas	Otros
Global	28	14	2	8	4	0
A. ferropénica	17	12	0	4	1	0
A. mixta	6	1	2	2	1	0
A. Proceso crónico	5	1	0	2	2	0

Tabla 54. Tratamiento de la anemia por déficit de Fe.

Tratamiento de la ferropenia no anémica.

Entre los pacientes no anémicos en la analítica basal, 46 pacientes presentaron ferropenia, de los cuales 26 recibieron tratamiento con Fe oral. Las causas por las que no se administró Fe fueron: falta de tiempo (75 %), sospecha de glioma (20 %) y otras causas (5 %), como presencia de hemoglobina S en tratamiento por hematología.

Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia no anémica preoperatoria					
Pacientes ferropénicos		Fe Oral	Causa de no tratamiento		
			Falta de tiempo	Gliomas	Otros
Global	46	26	15	4	1

Tabla 55. Tratamiento recibido por los pacientes con ferropenia no anémica

Globalmente, los pacientes candidatos a tratamiento con Fe preoperatorio fueron 74. De ellos, 32 no recibieron ferroterapia, lo que supone que un 43,2 % de

los pacientes no fueron tratados. Las causas por las que no se administró tratamiento fueron, mayoritariamente, falta de tiempo desde la visita preanestésica hasta la intervención quirúrgica (71,87 %), seguida de la anatomía patológica de presunción (25 %). Ver tabla 55.

Condicionantes en los pacientes neuroquirúrgicos para el tratamiento preoperatorio de la anemia.

En NC, el tratamiento de las anemias viene condicionado por la anatomía de presunción de algunas lesiones. **Empezando por el hierro** en el glioma, el metabolismo del hierro se considera un factor central en la génesis tumoral, la progresión y el microambiente tumoral⁽²⁵⁶⁻²⁵⁸⁾. Una evidencia cada vez mayor sugiere que los procesos relacionados con el metabolismo del hierro en las células de glioma contribuyen a la progresión del tumor. Las denominadas “células cancerosas similares a las células madre (CSC)” de los glioblastomas, por tener propiedades similares a estas, tienden a prosperar en ambientes pobres en nutrientes y privados de O₂, y son particularmente resistentes a la quimioterapia⁽²⁵⁹⁾. Schönberg et al.⁽²⁶⁰⁾ encontraron que las CSC de glioblastoma exhibían un mecanismo de captación de hierro típicamente observado para las células hepáticas, y que esta captación de hierro promovía su proliferación. Los pacientes con glioblastoma multiforme presentan niveles elevados de ferritina sérica, probablemente debido al estado inflamatorio, y estos niveles altos de ferritina sérica se asocian con un mal pronóstico^(257, 261). En el glioma, la alta expresión del receptor de transferrina (TfR) media la acumulación de hierro intracelular y la formación de ROS, y promueve la proliferación tumoral. También promueve una

disminución del número de neuronas mediada por el receptor NMDA^(257, 262). La eliminación de neuronas es necesaria para que las células de glioma adquieran espacio para crecer. Además, la ferritin light chain se sobreexpresa en el glioma^(257, 263). El efecto oncogénico de esta proteína está mediado por la regulación de la señalización de AKT/GSK3b/b-catenina. Está comprobado que la ferritin light chain promueve la migración, la invasión y la quimiorresistencia en el glioma⁽²⁶³⁾.

La eritropoyetina (EPO) puede desempeñar efectos en el sistema nervioso central, ya que la expresión tanto de la EPO como de su receptor, EpoR, está muy extendida en el cerebro^(264, 265). Aunque el peso molecular de la EPO es mayor que el umbral molecular de la BBB, se ha encontrado EPO exógena en el parénquima cerebral, donde se le ha atribuido un papel neuroprotector después de una lesión cerebral⁽²⁶⁶⁾. Son varios los estudios que han demostrado efectos inhibidores de la citotoxicidad, antioxidantes y antiinflamatorios en el TCE por parte de la EPO⁽²⁶⁷⁻²⁷²⁾. La lesión cerebral provoca una regulación positiva de la expresión de EpoR⁽²⁶⁵⁾. La expresión de los receptores de EPO aumenta significativamente en las neuronas, la glía y las células endoteliales después de una lesión cerebral traumática⁽²⁷³⁾. La EPO parece promover la neuroprotección al unirse a EpoR y activar la vía de señalización JAK-2/NF-kB y PI3K^(273, 274). Además, la fosforilación de JAK-2 activa las vías PI3K/AKT y Ras/MAPK y promueve la homodimerización de STAT-5, que ha demostrado tener efectos antiapoptóticos y neurotróficos^(275, 276). Sin embargo, un ensayo clínico controlado, aleatorio y doble ciego se observó que La EPO no reduce el número de pacientes con disfunción neurológica grave, y el efecto de la EPO sobre la mortalidad sigue siendo incierto en TCE moderada o grave⁽²⁷⁶⁾.

El receptor de eritropoyetina (EpoR) está presente en varios tejidos en condiciones fisiológicas, como el SNC, incluidos los astrocitos, las subpoblaciones de neuronas, la microglía y en los plexos coroideos⁽²⁷⁷⁾. Asimismo, se ha notificado la expresión de EpoR en tumores intracraneales, incluidos los schwannomas vestibulares, meningiomas, astrocitomas, endimomas y meduloblastomas⁽²⁷⁷⁾. La presencia de EpoR se ha relacionado con una mayor proliferación y angiogénesis, así como con la progresión e invasión tumoral y el desarrollo de metástasis, así como con la resistencia a la quimioterapia (cisplatino) y a la radiación ionizante⁽²⁷⁷⁾.

La eritropoyetina se encuentra entre los muchos genes regulados por la hipoxia que se considera que desempeñan un posible papel en la carcinogénesis y la progresión tumoral⁽²⁷⁸⁾. Se ha demostrado que la EPO puede acelerar significativamente la proliferación del glioma a través de la vía de la Akt (proteína quinasa B)^(278, 279) y que una mayor expresión de EpoR se asocia con peores resultados para los pacientes con GBM^(278, 280). En un artículo publicado por Yin et al.⁽²⁸¹⁾, se encontró que el receptor de la eritropoyetina se expresaba en tumores cerebrales, líneas celulares de glioma y explantes, así como en cerebro normal. La EPO estimuló ligeramente el crecimiento de las células de glioma privadas de suero. Además, la EPO aumentó la fosforilación de AKT a través de la vía PI3K en las células de glioma. También aumentó la fosforilación de ERK, c-jun y JNK, así como la expresión de BCL-2 y BCL-xl en estas células. Estos resultados sugieren que la vía EPO-EpoR puede promover la supervivencia de las células de glioma.

En el estudio publicado por Torregrossa et al.⁽²⁷⁸⁾, usando western blot y análisis inmunohistoquímico, se examinó la expresión de EPO, EpoR, molécula de adhesión de células endoteliales de plaquetas y Ki-67 en muestras de glioma humano y glioma inducido experimentalmente en ratas. En el entorno experimental, se administró una dosis diaria de rHuEPO o solución salina durante 21 días en ratas Fischer sometidas a implantación de línea celular. Tanto en especímenes humanos como animales, se observó un aumento en la expresión de EpoR siempre que la lesión se presentara con un patrón maligno creciente. Se encontró una correlación directa significativa entre la expresión de EpoR y Ki-67, así como entre EpoR y la molécula de adhesión de células endoteliales plaquetarias, en gliomas de bajo y alto grado. Las ratas tratadas con rHuEPO presentaron una diseminación tumoral significativamente mayor en comparación con las ratas tratadas con solución salina. Los autores concluyen que el complejo EPO/EpoR podría desempeñar un papel importante en el comportamiento agresivo de los gliomas de alto grado. La mayor diseminación tumoral en ratas tratadas con rHuEPO sugiere un papel factible para la EPO en la agresividad y progresión del glioma maligno.

En un estudio, publicado por: Küswter et al.⁽²⁸²⁾, se examinaron 131 muestras de meningioma de todos los grados de la OMS, procedentes de 116 pacientes mediante inmunohistoquímica para EpoR. De estas, 25 meningiomas mostraron invasión cerebral y 29 pacientes tuvieron una recurrencia tumoral adicional. Un grupo de 20 pacientes sin recurrencia tumoral sirvió como control. En 12 casos, los autores pudieron comparar tanto el tumor primario como los siguientes tumores recurrentes. La presencia de EpoR en los meningiomas fue confirmada por RT-PCR y western blot, aunque el EpoR se expresó en todos los meningiomas. El análisis

estadístico reveló que los niveles medios de expresión de EpoR fueron significativamente más bajos en los tumores primarios con recurrencia conocida, en comparación con un grupo de control sin recurrencia. No se detectó una correlación significativa entre la expresión de EpoR y el grado de la OMS, la edad, el sexo o la invasión cerebral. Los autores concluyen que el complejo EPO/EpoR está presente en todos los meningiomas, y que los niveles medios más bajos de EpoR podrían ser un marcador útil para un mayor riesgo de recurrencia.

En un artículo publicado por Falcioni et al.⁽²⁸³⁾ se describe el crecimiento rápido de un schwannoma vestibular en una paciente que estaba en tratamiento con eritropoyetina. Posteriormente Dillard et al.⁽²⁸⁴⁾ plantearon un estudio en 14 pacientes que presentaban Schwannoma, con el objetivo de evaluar la presencia y el patrón de expresión de EPO y EpoR en los schwannoma vestibulares. Mediante inmunohistoquímica, demostraron que tanto la EPO como la EpoR se expresan en la mayoría de estos tumores. Estos autores sugieren que la administración de EPO puede estar contraindicada en los pacientes con schwannomas vestibulares.

Además, en la ficha técnica de la epoetina alfa se advierte que debe utilizarse con precaución en pacientes con epilepsia, antecedentes de convulsiones o trastornos médicos asociados a actividad convulsiva, como infecciones del SNC y metástasis cerebrales.

En consecuencia, como puede observarse en la imagen 10, las restricciones para el tratamiento de la anemia que aplicamos a nuestros pacientes sobre la base

Grupos patológicos	Hierro	Eritropoyetina
Cirugía de columna cervical	✓	✓
Cirugía de columna NO cervical	✓	✓
Cirugía de patologías benignas de cráneo	✓	✓ ?
Metástasis- gliomas	✓ ✗	? ✗
Meningiomas	✓	✓ ?
Cirugías del ángulo pontocerebeloso	✓	✓ ✗
Cirugía neurovascular	✓	✓ ?
Cirugía por vía transesfenoidal	✓	✓

Imagen 10 Restricciones a los tratamientos de la anemia según la anatomía patológica de presunción.

de lo expuesto son las marcadas en rojo. Esto es: en el caso de sospecha de glioma de alto grado, no se administra ni hierro ni

eritropoyetina; y en los

casos de schwannoma no se administra eritropoyetina. En los apartados marcados con un símbolo de interrogación naranja se refieren a las restricciones mencionadas sobre eritropoyetina y actividad convulsiva.

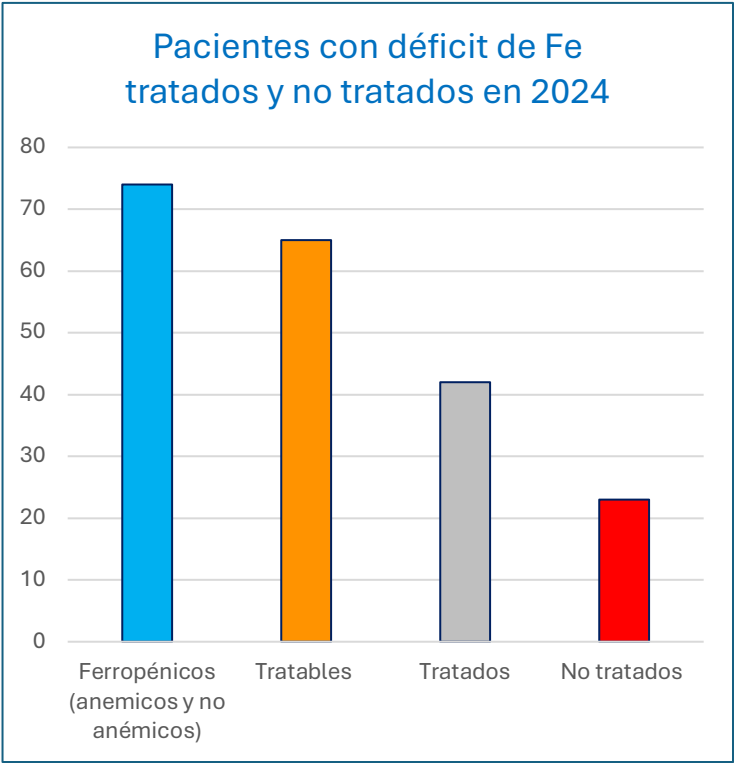


Gráfico 28. Pacientes con déficit de Fe tratados y no tratados en 2024.

Si excluimos a los pacientes con diagnóstico presuntivo de glioma en la VPA, y al paciente con anemia falciforme que estaba bajo control de hematología, realmente fueron 65 los pacientes candidatos a tratamiento

con Fe, entre anémicos

y ferropénicos, de los cuales fueron tratados 42 (el 64,61 %). Véase gráfico 28.

Aquellos en los que no se instauró el tratamiento fue debido a falta de tiempo. La falta del tiempo necesario para tratar se justifica en parte por la programación con carácter de urgencia diferida de muchos de nuestros pacientes, especialmente los oncológicos. Además, la revisión de los casos, la comunicación telefónica y la prescripción y seguimiento del tratamiento frente a la anemia han sido realizadas únicamente por parte del investigador. Este último aspecto va a cambiar a partir de 2026, cuando, como servicio, hemos asumido la coordinación del programa Patient Blood Management (PBM) para el HUC.

Reserva de CH.

De forma anterior a la aplicación de nuestro algoritmo para inducir una reserva racional, la reserva se realizaba de acuerdo con la estimación del equipo quirúrgico, basándose en tablas de reserva máxima y siempre solicitando una reserva suficiente para enfrentarse al peor escenario posible^(71, 166, 178). Con el fin de evaluar cuantitativamente la cantidad de concentrado de hematíes que hemos reservado, usaré la media de unidades reservadas por paciente (MURP). La reserva solo puede valorarse cuantitativamente, puesto que el análisis cualitativo debe incluir el análisis conjunto de la transfusión. Haré un análisis global y por grupos.

Análisis global.

En el estudio de 2018, reservamos 1034 unidades de CH para 393 pacientes, lo que supone una MURP de 2,63. En 2021, una vez aplicado nuestro algoritmo, reservamos 99 unidades para 249 pacientes. Por tanto, la MURP se redujo con la aplicación del algoritmo hasta 0,39; esto supone una reducción del 85,1 %. Para calcular el RT y la MUAP y aplicar el algoritmo en 2024, sumamos los pacientes de los estudios de 2018 y 2019 para obtener una “n” mayor. Aunque este modo de proceder incluye un sesgo derivado de las diferencias de umbrales de transfusión, aceptamos el citado error, puesto que, al introducirlo, no aumentamos el riesgo de una transfusión sin pruebas cruzadas completas. La mayor “n” de cada grupo para realizar los cálculos del RT y de la MUAP produjo modificaciones a la hora de asignar a los pacientes a uno de los grupos del algoritmo. Los nuevos datos de RT y MUAP, junto con el cambio del momento de realizar la reserva de los CH que introdujimos en el protocolo de 2024, redujeron la MURP hasta 0,17. Esto supone una reducción

del 56,4 % con respecto a 2021 y de un 93,5 % con respecto al 2018. Es evidente que la MURP ha ido descendiendo progresivamente a lo largo del periodo temporal de la introducción del proyecto de mejora (2018-2024). Pero la manera más fácil de comprender la eficacia de la estrategia aplicada es mediante el gráfico 29. En este gráfico hemos representado las unidades realmente reservadas en cada periodo (columna azul), y la estimación de las unidades que hubiéramos reservado de mantenerse la MURP del año 2018 (columna naranja) y la del año 2021 (columna gris). En el año 2024, de mantenerse la MURP del año 2021, hubiéramos reservado 113 unidades, pero de haberse mantenido la MURP del año 2018, hubiéramos reservado 763 unidades. Este cálculo nos servirá posteriormente para estimar el ahorro inducido por la introducción del protocolo en nuestra práctica clínica.

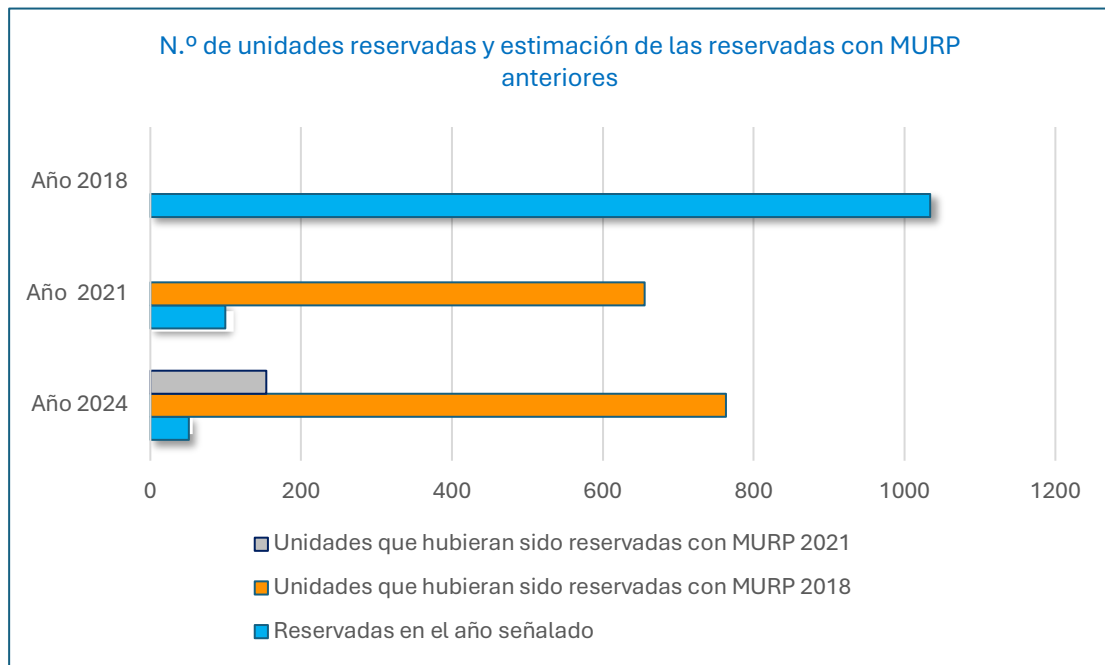


Gráfico 29. N.º de unidades reservadas y estimación de las que hubieran sido reservadas con MURP anteriores.

Análisis por grupos.

En 2021, dejamos de reservar CH sistemáticamente para todas las cirugías electivas, al incluir el algoritmo en la práctica clínica. Apoyándonos en los resultados del estudio de 2018, ambos grupos de cirugía de columna, que habían presentado RT menores al 5 % y MUAP por debajo de 0,3, pasaron a ser PSBS como grupos. Individualmente, a los pacientes de estos dos grupos se les cruzó y reservó CH dependiendo de su %PHA. De hecho, solo los meningiomas cumplían criterios de reserva de CH por el hecho de pertenecer a un grupo patológico. Los pacientes con tumores del ángulo pontocerebeloso presentaron un RT del 35 %, por lo tanto mayor que el 25 %, pero el MUAP fue de 0,35; a aquellos con %PHA mayor del 20 % se les realizó GAI. Se mantuvieron como GAI inicialmente los grupos de patología benigna de cráneo, el de metástasis y gliomas, la cirugía neurovascular y la transesfenoidal. En 2024 la disposición de más datos de los distintos grupos condicionó que la cirugía transesfenoidal pasara a ser, como grupo, clasificada como PSBS, junto a las cirugías vertebrales. El resto de los grupos pasó a ser GAI hasta disponer de la analítica cero.

Como podemos ver en la tabla 56, la introducción del algoritmo redujo drásticamente la cantidad de unidades reservadas en el año 2021. Los grupos en los que se produjo una menor reducción fueron el de cirugía de los meningiomas, en el que solo se redujo, prácticamente, un 43 %, y en el grupo de cirugías del ángulo pontocerebeloso, que se redujo un 54,5 %. En el año 2024, estos dos grupos mostraron una reducción del 80,2 y del 90,8 % respectivamente respecto al año 2021.

En conjunto, a lo largo del programa, la reducción de la MURP ha sido enorme.

El grupo en el que menor ha sido la reducción es el de los meningiomas, que, aun así, se ha reducido un 88,71 %. Por otra parte, la reducción máxima la ha mostrado el grupo de la cirugía neurovascular, que ha presentado una reducción del 100 %.

Evolución de la MURP por grupos a lo largo del programa					
Grupo patológico	Estudio	MURP	Reducción porcentual 2018-2021	Reducción porcentual 2021-2024	Reducción porcentual 2018-2024
C. de columna cervical	2018	2,33	95,2%	18%	96,13%
	2021	0,11			
	2024	0,09			
C. de columna no cervical	2018	2,13	89,2%	47,82%	94,36%
	2021	0,23			
	2024	0,12			
C. de patologías benignas de cráneo	2018	2,94	93,87%	0%	93,87%
	2021	0,18			
	2024	0,18			
Gliomas-Metástasis	2018	2,94	91,83%	0%	91,83%
	2021	0,24			
	2024	0,24			
Meningiomas	2018	3,28	42,98%	80,21%	88,71%
	2021	1,87			
	2024	0,37			
C. del ángulo pontocerebeloso	2018	2,64	54,54%	90,83%	95,83%
	2021	1,2			
	2024	0,11			
C. neurovascular	2018	3,06	95,42%	100%	100%
	2021	0,14			
	2024	0			
C. por vía transesfenoidal	2018	2,97	90,23%	55,17%	95,62%
	2021	0,29			
	2024	0,13			

Tabla 56. Evolución de la MURP por grupos a lo largo del programa.

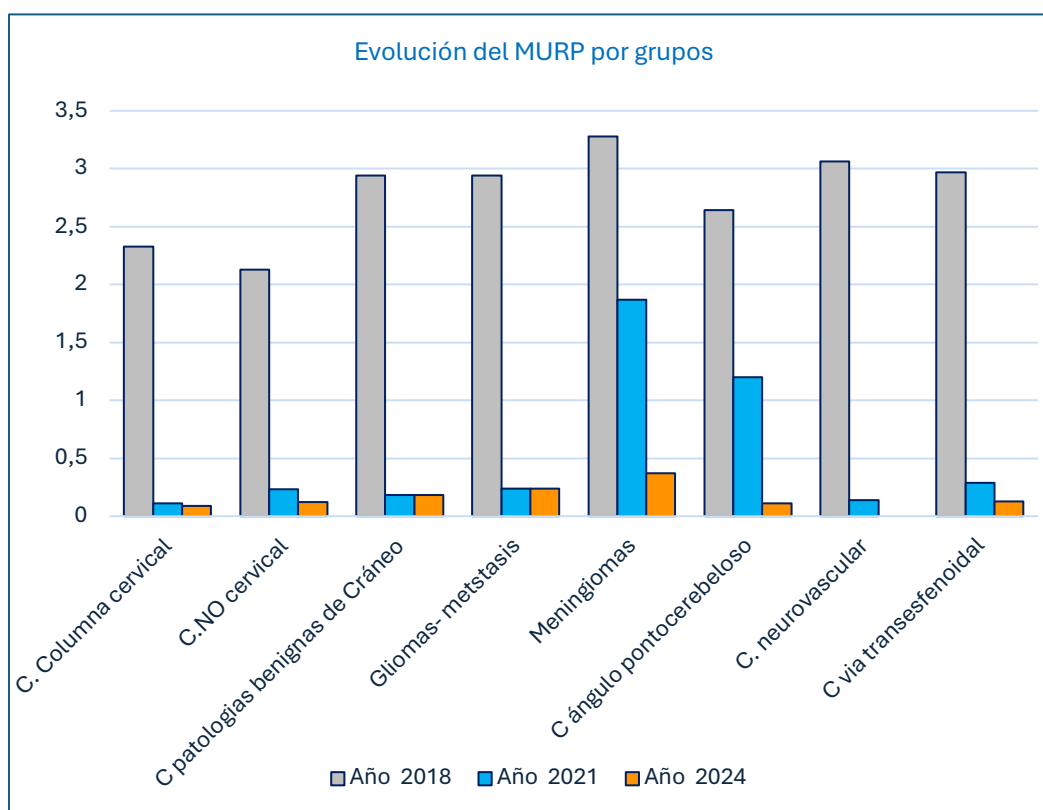


Gráfico 30. Evolución temporal de la MURP por grupos.

En el gráfico 30 se representa la evolución de la media de unidades reservadas por procedimiento a lo largo del programa. Podemos observar la marcada reducción, de reservar como media más de dos unidades en todas las categorías para cada paciente en 2018, a reservar un máximo de 0,37 unidades por paciente en uno de los grupos en el año 2024.

Transfusión.

Análisis cuantitativo.

Para el análisis cuantitativo de la transfusión a lo largo del programa usaremos dos parámetros: el RT y la MUAP (ver glosario). Usaremos el RT para evaluar la repercusión porcentual que han tenido las dos medidas aplicadas para reducir la administración de CH durante el perioperatorio. La primera fue la reducción de los umbrales transfusionales, aplicada en 2019, y, por lo tanto, sus efectos podrán ser analizados en el estudio de 2021. La segunda medida fue la optimización de la anemia preoperatoria, que fue incorporada a mediados de 2023 y cuyos resultados serán evaluados al comparar el estudio de 2021 y el de 2024.

El RT que un paciente presentaba al ser intervenido en el área de NC del HUC en 2018, de forma previa a la puesta en marcha del programa, era del 12,46 %. Es decir, transfundíamos aproximadamente a 13 pacientes de cada 100 a los que sometíamos a una intervención neuroquirúrgica. En 2021, el RT fue del 8,43 %. La reducción entre un estudio y otro fue del 32,3 %; gran parte de esta reducción es directamente atribuible a la disminución de los umbrales de transfusión, aunque sin poder descartar la aportación de otros factores. En el año 2024, el RT fue del 5,51 %; en este caso, la reducción ha sido del 34,6 %. Entre un estudio y otro, el único factor controlado que se ha introducido ha sido el tratamiento de la anemia preoperatoria. En conclusión, la aplicación de nuestro programa ha reducido el riesgo de que un paciente operado en nuestra área reciba una transfusión en un 57,7 %; es decir, ahora su riesgo es un poco menos de la mitad.

La MUAP nos ofrece información de cuánto transfundimos en un grupo o procedimiento determinado. Además, gracias a ella, podremos hacer una estimación de la cantidad de la cantidad de CH, que el programa ha evitado transfundir. La MUAP en 2018 fue de 0,195, es decir, que transfundíamos una unidad por cada 5 pacientes que interveníamos. En el estudio de 2021, la MUAP fue de 0,10. En este periodo administrábamos una unidad por cada 10 pacientes intervenidos. En 2024 la MUAP fue de 0,08; eran necesarios 12,5 pacientes para transfundir una unidad. Concluyendo, no solo nuestros pacientes tienen menos riesgo de ser transfundidos, sino que la cantidad de CH transfundidos de media se ha reducido un 58,9 %.

¿Cuánto hubiéramos transfundido sin este programa?

La segunda utilidad de la MUAP es permitirnos estimar parte de la cantidad de CH que hubiéramos transfundido sin este programa. Para calcularlo, aplicaremos la MUAP del estudio de 2018 a los posteriores, y la MUAP de 2021 al de 2024. Como

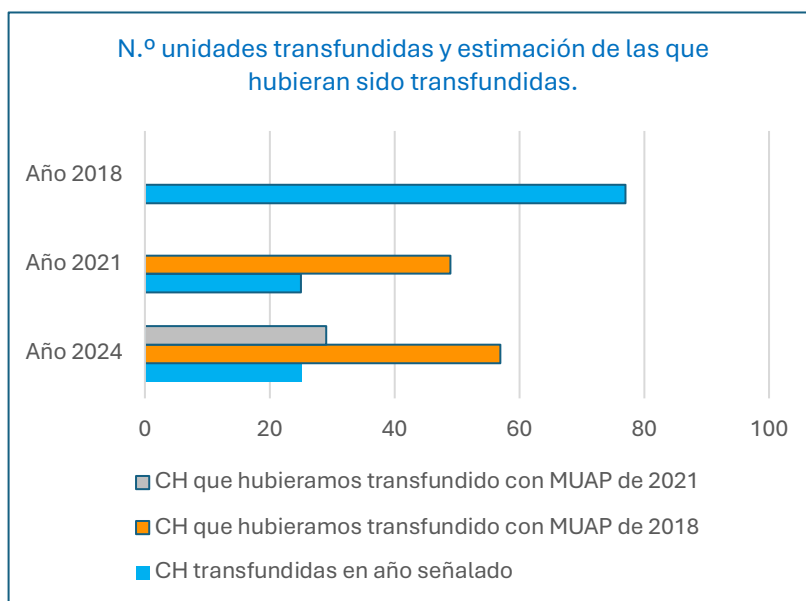


Gráfico 31. N.º de unidades transfundidas y estimación de las que hubieran sido transfundidas.

podemos ver en el gráfico 31, con la MUAP de 2018, en 2021 hubiéramos transfundido 49 unidades en lugar de las 25 que finalmente transfundimos. Es edecir, evitamos

transfundir 24 unidades. Aplicando la MUAP del 2021 a los 290 pacientes de 2021, hubiéramos transfundido 29 unidades, en lugar de las 25 administradas. En conjunto, el programa ha ahorrado 28 unidades.

A esas 28 unidades debemos añadir los CH que hubiéramos transfundido en el postoperatorio si no hubiéramos modificado nuestra práctica clínica. Lo estimaremos identificando a aquellos pacientes que, en el año 2021, presentaron un valor de Hto inferior a 30 % (antiguo umbral de transfusión) y 27 % (actual umbral de transfusión) en el postoperatorio. Los pacientes que estuvieron entre ambos valores fueron 40. Además, en 2024, los pacientes que mostraban valores de Hgb menor de 10 y mayor de 9 fueron 12. Estos 52 pacientes hubieran recibido un mínimo de 1 unidad por paciente.

En conclusión, la cantidad mínima de CH que no hemos transfundido en los dos años estudiados ha sido de 80 unidades; luego, teniendo en cuenta que las primeras medidas del programa fueron instituidas en 2019, en los cinco años la cantidad de CH ahorrados podría estar en el entorno de las 200.

¿Cuánto transfundimos a los que transfundimos?

Usaremos el parámetro de transfusión media (TrM), que expresa la cantidad media de unidades que recibe cada paciente que es transfundido. En el año 2018 nuestra TrM fue de 1,57; en 2021 de 1,19; y en 2024 1,56. Si bien, en 2024 un solo paciente recibió 5 unidades, si sacamos a este paciente, en el que hubo que activar el protocolo de transfusión masiva, la TM en año 2024 quedaría en 1,3.

¿Quién recibe más transfusiones?

Cuando hacemos un análisis conjunto del riesgo de transfusión con la transfusión media por grupos de edad y sexo en los años 2021 y 2024, tanto en 2021 como en 2024, como podemos ver en la tabla 57, el RT de las mujeres menores de 42 años fue el más elevado.

TrM y RT por grupos de sexo y edad en 2021 y 2024										
	2021					2024				
	Global	Hombres	Mujeres	Mujeres ≥ 42	Mujeres <42	Global	Hombres	Mujeres	Mujeres ≥ 42	Mujeres <42
RT	8,43%	4,65%	12,5%	11,88%	15,78%	5,51%	5,63	5,4	4,61	11,11%
TrM	1,19	1,16	1,20	1,16	1,33	1,56	1,12	2	1,161	4,5

Tabla 57. TrM y RT por grupos de edad en 2021 y 2024.

En 2021, fue 3,4 veces mayor que el de los pacientes varones y 1,3 veces que el del resto de las mujeres. En 2024, los niveles para considerar un individuo anémico cambiaron siendo de 13g.dl⁻¹ independientemente del sexo genético. En este año, el RT de las mujeres mayores de 42 años fue inferior al de los varones. Sin embargo, las mujeres menores de 42 años presentaron un RT 1,63 veces mayor que el de los varones y 2,4 veces mayor que el de las mujeres de más de 42 años.

En consecuencia, con lo expuesto, las mujeres menores de 42 años son el grupo con mayor riesgo de precisar una transfusión. Además, si no fijamos en la TrM en el año 2021, la TrM en mujeres menores de 42 años fue 1,15 veces mayor que la de los varones o que la de las mujeres de mayor edad. En 2024, la TrM de las mujeres menores de 42 años fue 3,9 veces mayor que la de las mujeres de mayor edad y 4 veces mayor que la de los varones. La conclusión es que las mujeres menores de 42 años son el grupo que recibe con mayor frecuencia una trasfusión, siendo además la transfusión de mayor cuantía que en el resto de los grupos.

Análisis temporal de la transfusión.

Cuando se va a realizar una reserva de CH, un aspecto que merece la pena conocer es el momento del perioperatorio en el que se produce mayor cantidad de

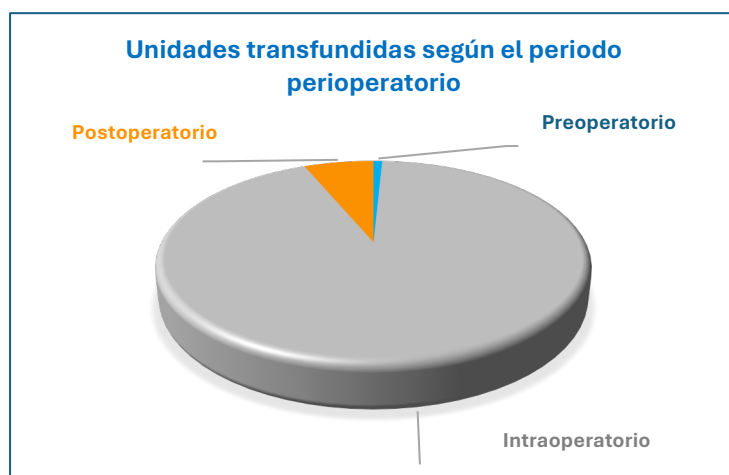


Gráfico 32. Unidades transfundidas según el periodo perioperatorio.

transfusiones, dado que el banco de sangre mantiene la inmovilización de las unidades de CH durante 48 horas. Si el sangrado máximo se produce por las características de la

intervención de forma intraoperatoria, la reserva, en caso de ser precisa, debe hacerse antes de la intervención. Sin embargo, si la cirugía presenta un sangrado postoperatorio, principalmente, la reserva debe hacerse durante o al finalizar la intervención. Uniendo todos los estudios, hemos transfundido el 92,9% de las unidades durante el periodo intraoperatorio. La unidad transfundida preoperatoriamente (0,78%) se explica por los cambios introducidos a raíz del estudio de 2021. Véase gráfico 32. A partir del 2023, a los pacientes ingresados se les aplica el algoritmo el día previo. En este caso, en la analítica cero realizada el día previo a la intervención se detectó un nivel de anemia por debajo del umbral transfusional. En los estudios anteriores, hubiera sido transfundido en el momento de iniciar la intervención. Este resultado era previsible, puesto que la hemostasia es uno de los factores fundamentales en neurocirugía.

¿Cuánto transfundimos según el grupo en el que clasifica el algoritmo a los pacientes?

Entre los pacientes de los dos estudios prospectivos, el algoritmo clasificó en el grupo CR a 65 pacientes de los cuales recibieron una transfusión 17. Los pacientes de este grupo recibieron en total 21 unidades de las 47 transfundidas, sin tener en cuenta las tres transfundidas como parte del protocolo de transfusión masiva (44,6 % de las unidades transfundidas). El algoritmo determinó que 233 eran GAI; se transfundió finalmente a 17 (7,29 %) y recibieron en total de 21 unidades de las 47 transfundidas (44,6 %). Los pacientes considerados PSBS han sido finalmente 241 y fueron transfundidos 3, recibiendo 5 unidades (10,56% de las transfundidas). EL RT por grupos ha sido 26,15 % para el grupo CR; 7,29 % para el grupo GAI y 1,2% en de los PSBS. La MUAP calculada para cada grupo fue 0,32 para el grupo CR, 0,09 en el grupo GAI, y de 0,02 en el grupo PSBS.

Así, un paciente clasificado como CR presenta un riesgo de recibir una transfusión 3,6 veces mayor que un paciente clasificado como GAI y, aproximadamente, 22 veces mayor que otro clasificado como PSBS. Un paciente CR, de media, recibe 3,5 veces más unidades de CH que un paciente GAI, y 6 veces más que un paciente clasificado como PSBS.

Análisis cualitativo de la transfusión.

Adecuación de la transfusión a los umbrales.

En 2021, de los 20 pacientes transfundidos en el quirófano, 17 presentaron una concentración de Hgb mayor de 10 g.dl⁻¹ en la analítica que se realizó al ingreso en la unidad postoperatoria receptora, lo que supone un índice de sobretransfusión del 85 %. Ninguno de los pacientes, en la analítica de ingreso en las citadas unidades, mostró una Hgb menor de 9 g.dl⁻¹. En consecuencia, el índice de infratransfusión fue cero.

En 2024. De los 14 pacientes transfundidos intraoperatoriamente, 8 presentaron una hemoglobina mayor de 10 g.dl⁻¹ en la analítica que se realizó al ingreso en la unidad postoperatoria receptora, lo que supone un índice de sobretransfusión del 57,14 %. Entre todos los pacientes operados en este periodo, tan solo tres llegaron a la unidad receptora con niveles de Hgb menores de 9 (índice

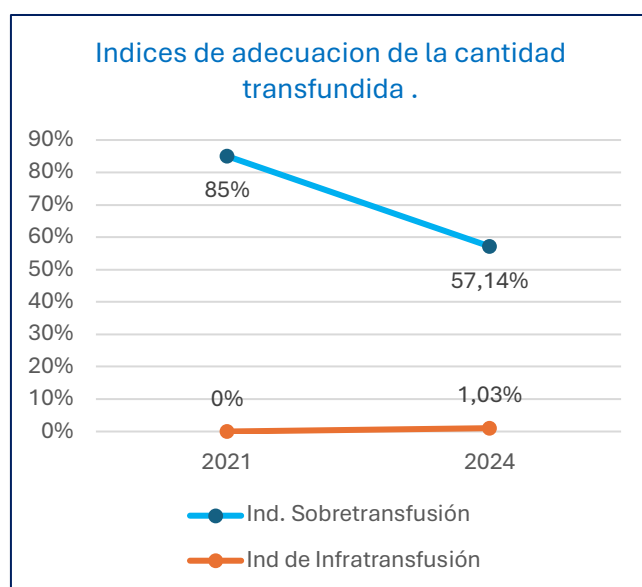


Gráfico 33. Índices de adecuación de la cantidad transfundida.

de infratransfusión de 1,03 %).

Los tres pacientes presentaban Hgb entre 8,5 y 8,9 g.dl⁻¹ a su llegada; dos de ellos habían recibido una transfusión intraoperatoria y uno de ellos la administración de Fe intravenoso preoperatorio.

Finalmente, ninguno de los 3

pacientes precisó una transfusión.

En el gráfico 33, se puede observar cómo, entre un estudio y otro, hemos reducido el porcentaje de pacientes sobretransfundidos, a costa de un ligero aumento de los pacientes que fueron infratransfundidos.

La razón de la sobretransfusión la atribuimos, principalmente, a la dificultad para calcular con precisión la pérdida de sangre. (*ver el epígrafe “Disponer de un POC”*.) Al carecer de un POC -la gerencia de nuestro hospital nos dotó con un analizador fotolorimétrico de Hgb en septiembre de 2024 y sus determinaciones no se han incluido en este estudio-, las decisiones se basan en la estimación de sangrado y en control analítico de la concentración de Hgb realizadas por los laboratorios centrales del HUC. En el estudio de 2021, el tiempo medio para disponer de una analítica fue de 41 minutos. Es decir, nos vemos obligados a estimar la pérdida y a realizar transfusiones con información que de media presenta un retraso de 41 minutos. Teniendo en cuenta este tiempo durante una hemorragia quirúrgica en curso esos 41 minutos con una pérdida de tan solo $20 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, supone de una pérdida hemática de 820 mL. Expresado para un paciente de 70 Kg en el tiempo en disponer de una analítica nuestro paciente puede perder un 17 % de su volemia.

Calidad de las unidades transfundidas.

Con el concepto de la calidad de la transfusión hacemos referencia a la compatibilidad de la sangre transfundida. La mayor calidad correspondería a las unidades transfundidas con pruebas cruzadas completas, y la de menor calidad, la sangre del grupo cero negativo transfundida por activación del protocolo de transfusión masiva. En el estudio de 2021, todas las unidades transfundidas lo

fueron con pruebas cruzadas completas. En el estudio de 2024 se activó una vez el protocolo de transfusión masiva. La paciente en la cual se activó fue clasificada por el algoritmo como CR y para la cual se habían reservado 2 unidades de CH. La intervención fue compartida con cirugía torácica, que fue el cirujano principal; por lo tanto, se modificó la práctica quirúrgica habitual. En esta intervención se rompieron accidentalmente la vena y la arteria humeral, la arteria tiroidea y la vena yugular externa. En respuesta a la activación de protocolo de transfusión masiva, nos fueron enviadas las unidades reservadas para el paciente y tres unidades isogrupo, dado que el BS conocía de antemano el grupo y había descartado la presencia de anticuerpos irregulares.

Considerando ambos estudios en conjunto, la relación de transfusión no prevista ha sido entre los dos estudios de un 6 %, puesto que de las cincuenta unidades transfundidas 47 unidades lo fueron con CH con pruebas cruzadas completas y tres con sangre isogrupo.

Análisis del algoritmo para la reserva eficaz.

Análisis de la eficacia del algoritmo.

Análisis global.

El objetivo del algoritmo es ajustar la reserva a la transfusión. Los parámetros que han sido utilizados en la literatura médica para evaluar la calidad de la reserva y transfusión son: la relación de compatibilidad de sangre cruzada a sangre transfundida (relación C/T), la probabilidad de transfusión (PT), y el índice de transfusión (IT). Además, nosotros añadimos: el número de días de inmovilización, el número de unidades desperdiciadas, y la probabilidad de no uso.

Razón de transfusión de pruebas cruzadas (relación C/T).

La relación C/T se considera un indicador de calidad esencial que permite

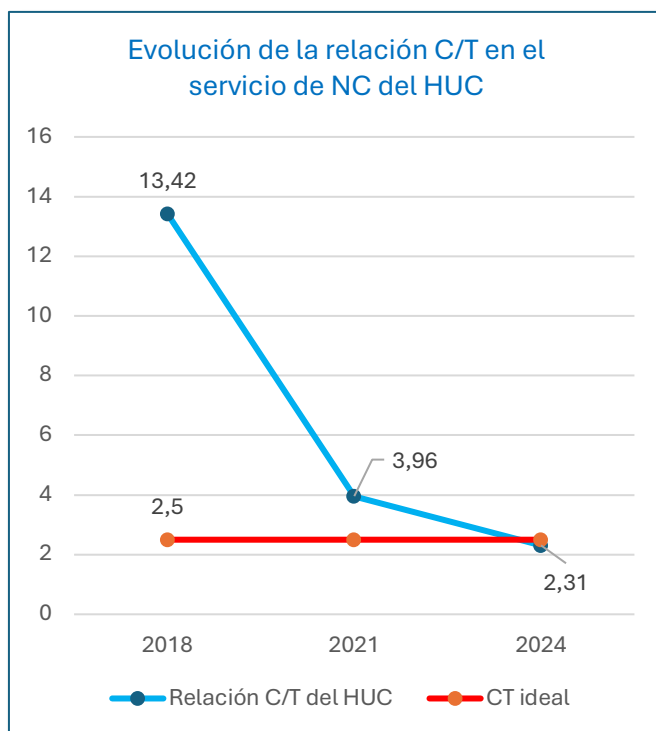


Gráfico 34. Evolución de la relación C/T en el área de NC del HUC

medir la idoneidad o eficiencia de las prácticas de solicitud de sangre en los servicios de transfusión sanguínea de un hospital⁽⁷¹⁾. Fue utilizada por primera vez por Boral Henry en 1975⁽¹⁷²⁾ para analizar las prácticas de transfusión sanguínea. La relación C/T establecida como ideal es de 1,0 (esto

significa que toda la sangre cruzada y reservada se transfunde)^(169, 172). Según la Association for the Advancement of Blood and Biotherapies⁽⁷¹⁾, considera un valor superior de relación C/T superior a 2 como indicativo de una reserva excesiva. Otros autores han propuesto que un valor de 2,5 o inferior se considere como un indicativo más realista de un uso eficaz de la reserva de sangre^(1, 9, 12, 37, 172). Una relación C/T mayor de 2,5 significa que se transfunden menos del 40 % de las pruebas de compatibilidad cruzada.

En el área de neurocirugía del HUC, la relación C/T era, en el año 2018, de 13,42; este valor es aproximadamente 5,3 veces el establecido como admisible para considerar un manejo eficiente de la reserva⁽¹⁷²⁾. En el estudio de 202, la relación C/T global fue de 3,96. En 2024 se reservaron 51 unidades y, aunque se transfundieron 25, tres de ellas fueron administradas dentro de una activación del protocolo de transfusión masiva; estas tres unidades deben ser excluidas de este análisis, puesto que no habían sido reservadas. Nuestra relación C/T en el año 2024 fue de 2,31. Esta cifra nos sitúa dentro de los valores que se consideran indicativos de un uso admisible y eficaz de la reserva de sangre^(37, 172). Con la aplicación del algoritmo, hemos reducido la relación C/T desde 2018 en un 82,78% y un 41,66% con respecto al estudio de 2021.

La literatura médica acerca de la relación C/T en neurocirugía es muy heterogénea: Linsler et al⁽³⁾, que incluyeron todo tipo de procedimientos, comunicaron una relación C/T de 15,37. Crawford-Sykes et al⁽¹⁷⁶⁾ en un estudio prospectivo que incluyó 152 pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos, presentaron una relación C/T de 6. **Barth et al⁽²²⁾**, en un estudio

retrospectivo que incluyó 4812 pacientes sometidos a intervenciones quirúrgicas espinales o craneales, presentaron una relación C/T de 10,7. Rinehart⁽⁸⁾ publicó una relación C/T inferior a 2 para NC en un estudio realizado durante 3 años en el Centro Médico Irvine de la Universidad de California, aunque no incluyó, desafortunadamente, el tipo de intervenciones neuroquirúrgicas. Asimismo, publicó una relación mayor de 3 para la relación entre transfundidos y pacientes a los que se les realizó GAI. En el artículo publicado por Joon et al⁽⁷¹⁾, en el que se estudió retrospectivamente la relación C/T en un periodo de 3 meses de un hospital, se presentó de forma global para el hospital una cifra de 2,3 y para el servicio de NC de 1,59, con 43 unidades reservadas y 27 transfundidas. Tripathi⁽¹⁾



Imagen 11. QR de la herramienta de Tunthanathip et al

publicó una relación C/T de 5 en cirugía espinal y de 3 para neurocirugía. Son sorprendentes los datos de Kumari⁽¹⁶⁾; aunque su serie es muy pequeña publica una relación C/T de 1,2 en pacientes neuroquirúrgicos. Zewdi⁽³⁷⁾ publicó una relación C/T de 4,87 en NC. Haghpanah⁽⁴⁶⁾, en población neuroquirúrgica pediátrica, presentó una relación C/T de 3,26. Yang et al⁽⁴⁾ publicaron una relación C/T de 16. En un interesante artículo, Tunthanathip et al⁽⁵⁵⁾ desarrollaron una herramienta diseñada para realizar la reserva de sangre en pacientes sometidos a cirugía programada para exéresis tumoral. La herramienta es sencilla, basta con escanear el código QR (imagen 11). Los autores comparan la eficacia en la reserva y transfusión entre la forma tradicional y la reserva indicada por la herramienta. La estrategia tradicional presentó una relación C/T de 4,67, frente a una relación C/T de 1,10 para el programa desarrollado por estos autores. Kaur et al.⁽⁷⁰⁾, en un estudio retrospectivo unicéntrico del servicio de trasfusiones,

cifraron la relación C/T para 199 casos de neurocirugía en 3,4. En otra serie muy pequeña (18 casos) Mohammadtaghi Kashi et al. ⁽⁷⁵⁾ publicaron una relación C/T de 1,4. Por último, en un estudio multicéntrico realizado en 15 hospitales españoles y publicado por Contreras et al. ⁽²⁸⁵⁾, la relación C/T en cirugía para exéresis de tumores craneales fue de 14.85. Podemos observar la nuestra evolución histórica con respecto a la publicada en el gráfico 35.

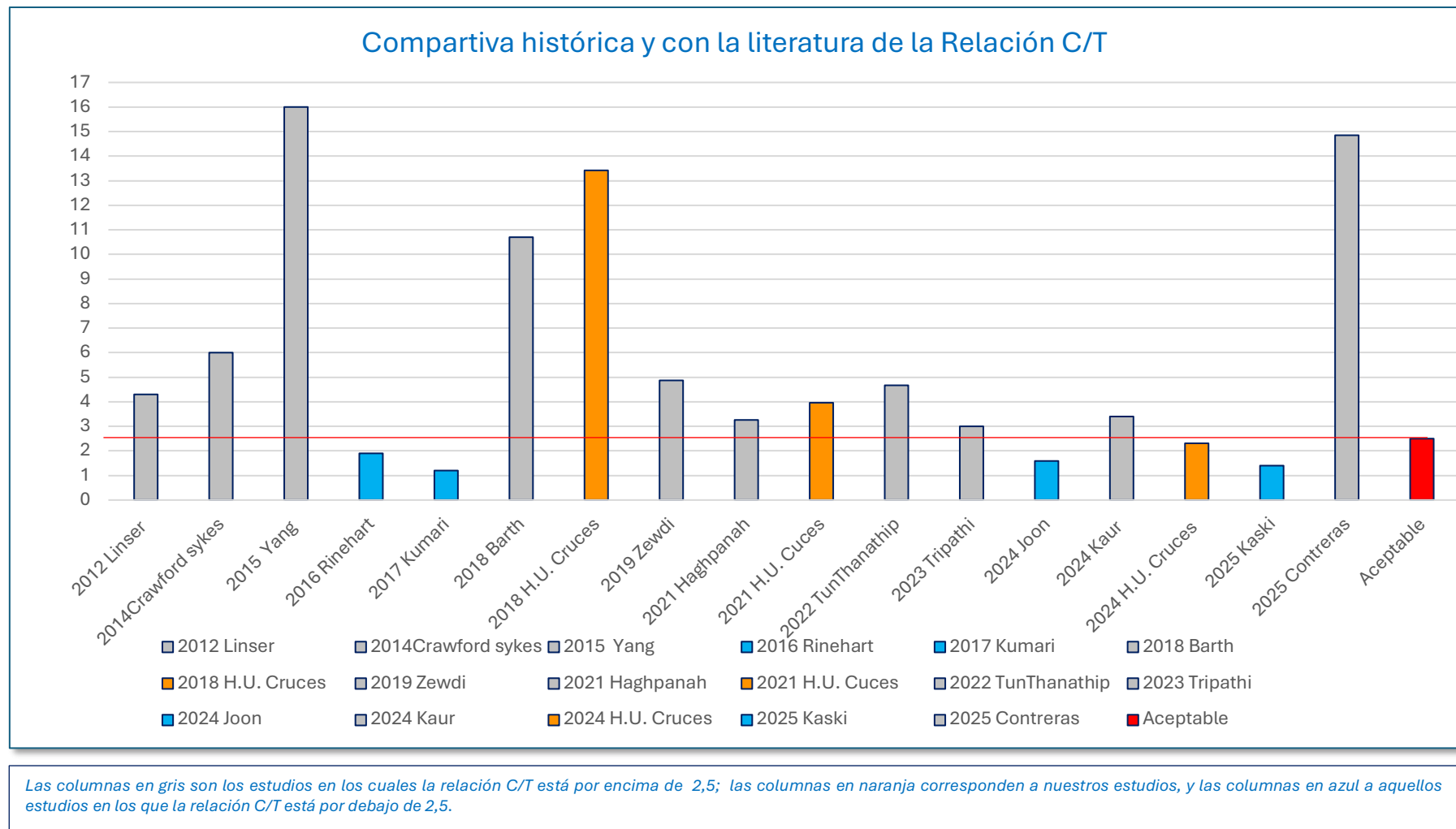


Gráfico 35. Comparativa histórica y con la literatura de la relación C/T

Probabilidad de transfusión.

Se considera una PT igual o superior al 30% como indicativo de un sistema de solicitud y de uso de sangre adecuados ^(32, 37, 53, 175, 177). La PT en nuestro estudio retrospectivo de 2018 fue de 12,27%. En el año 2021, alcanzó un 38,18%. En 2024

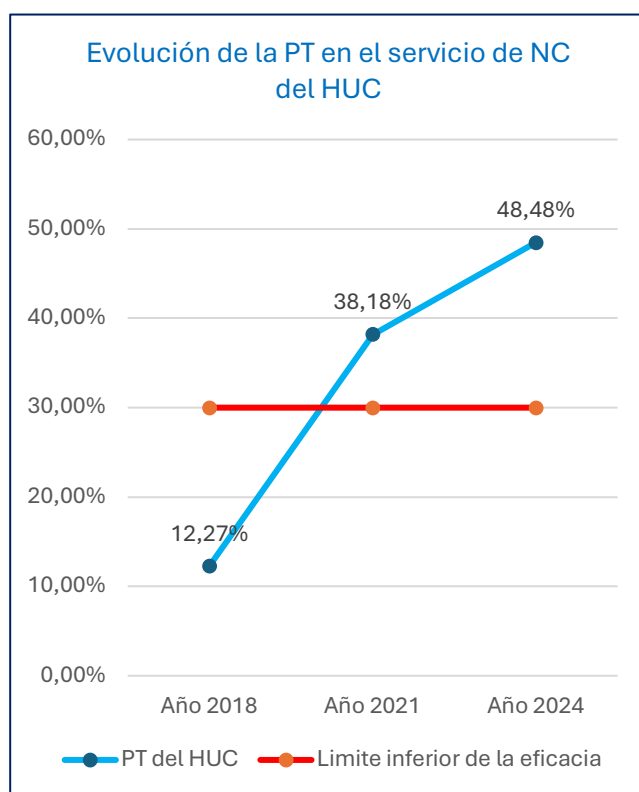


Gráfico 36. Evolución de la PT en el área de NC del HUC

fue del 48,48%. Con respecto al año 2021, hemos incrementado este indicador de la reserva y transfusión en un 26,97% y en un 295% a lo largo de todo el proyecto. véase el gráfico 36.

Comparándonos la literatura Linsler et al.⁽³⁾ comunicaron una PT de 1,7 %. Zewdi⁽³⁷⁾ publicó en su serie una PT de 24,39%.

Haghpanah⁽⁴⁶⁾ reportó una de 35,3%. En el estudio de

Tunthanathip⁽⁵⁵⁾, la forma tradicional presentó una PT de 27,9% frente al 57% usando el programa diseñado con estrategia de inteligencia artificial. En la serie de 199 pacientes de Kaur et al.⁽⁷⁰⁾, la PT fue de 30,1%. En la serie de 18 casos de Mohammadtaghi Kashi et al.⁽⁷⁵⁾ publicaron una PT de 57,9%. En el multicéntrico que incluyó 1384 pacientes, publicado por Contreras et al.⁽²⁸⁵⁾, y analizando cirugía de tumores cerebrales, la PT fue de 7,9%. En el gráfico 37 podemos observar la comparación de la evolución temporal de la PT a lo largo del tiempo y con respecto a la publicada en la bibliografía.

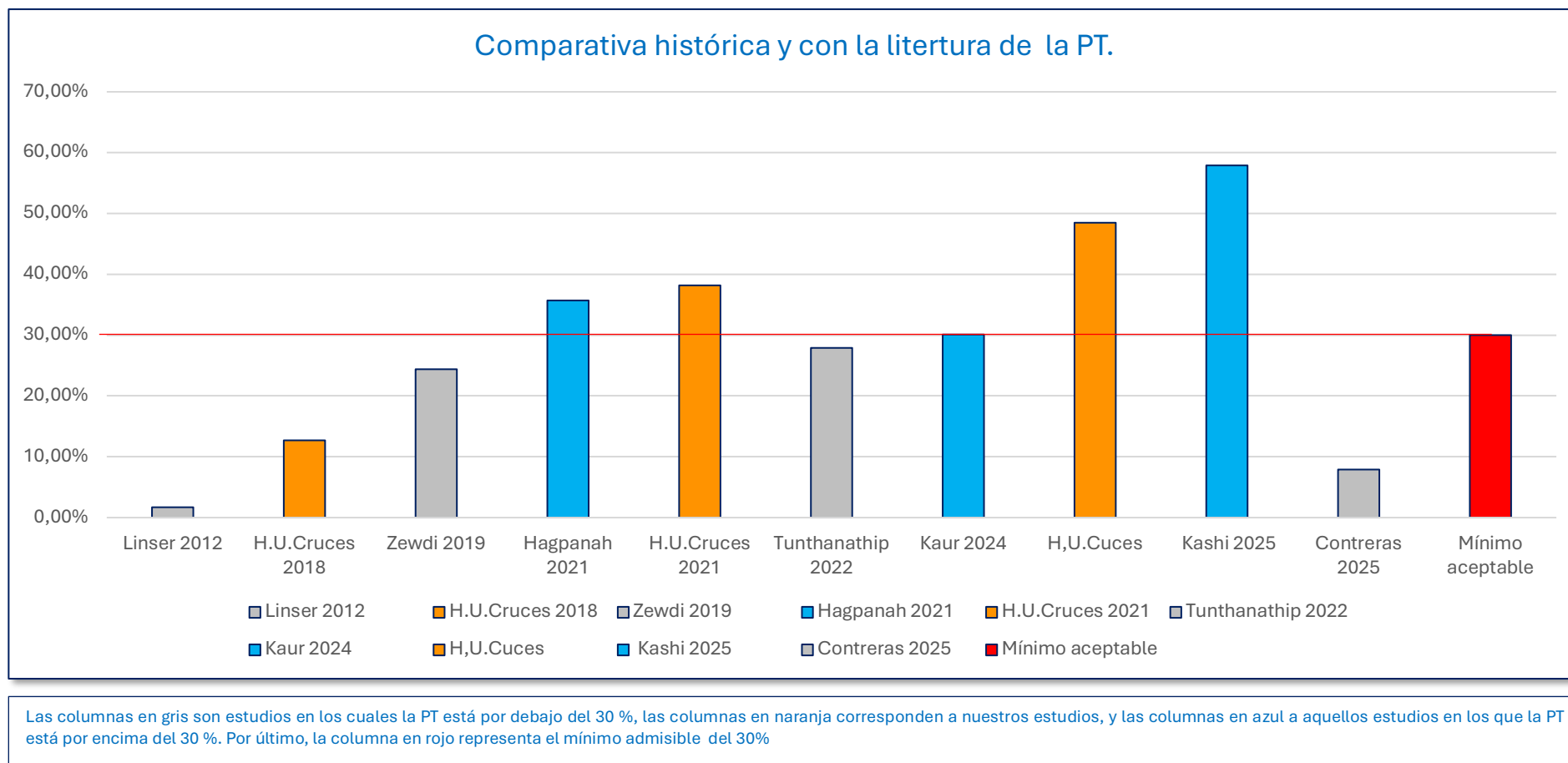


Gráfico 37. Comparación histórica y con la literatura de la PT.

Índice de transfusión.

El tercer parámetro usado en la literatura para evaluar la calidad de la reserva es el índice de transfusión (IT). Un valor de 0,5 o más es indicativo de una utilización

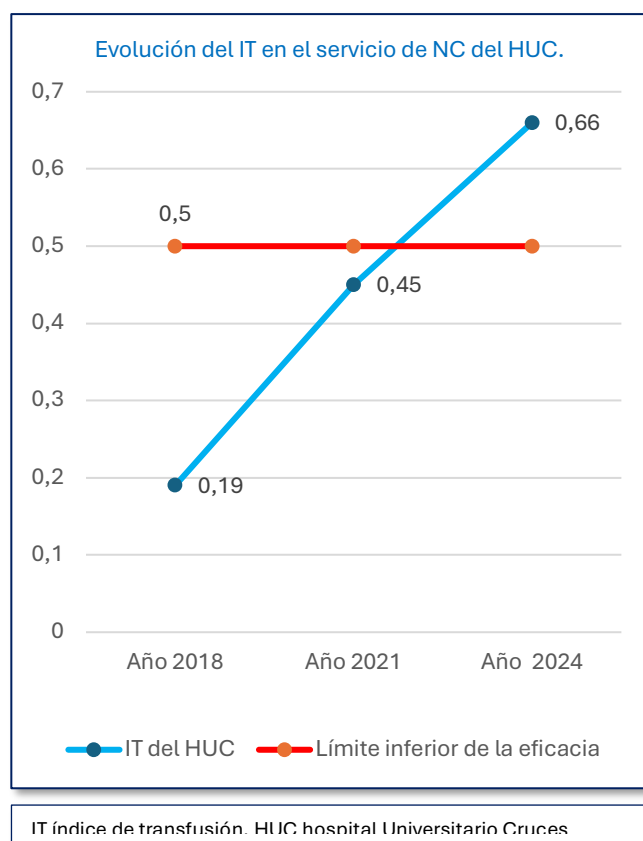


Gráfico 38. Evolución del IT en el área de NC del HUC

del plan de mejora ha aumentado este parámetro en un 247% con respecto a las cifras de 2018 y en un 46,66% respecto a 2021. Véase el gráfico 38.

Con respecto a la literatura, Tripathi ⁽¹⁾ publicó un IT para pacientes neuroquirúrgicos de 0,4. Zewdi ⁽³⁷⁾ reportó 0,32 y Haghpanah ⁽⁴⁶⁾ 0,45. En el estudio de Tunthanathip ⁽⁵⁵⁾, la forma tradicional presentó un IT de 0,79 frente a 1,62 usando el programa diseñado con estrategia de inteligencia artificial. En la serie de 199 pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos, Kaur et al. ⁽⁷⁰⁾ publicaron un IT de 0,40. Contreras et al ⁽²⁸⁵⁾ reportaron un IT de 0,14. La comparación histórica y con la literatura podemos verla en el gráfico 39.

eficaz de la reserva de sangre^{(32,}

37, 53, 160, 175, 177). En el estudio

retrospectivo de 2018, el IT fue

de 0,195 y en nuestro estudio

de 2021, de 0,45. Para el

cálculo en el estudio de 2024,

hemos excluido las unidades

administradas como

consecuencia de la activación

del protocolo de transfusión

masiva. Así calculado, el IT en

2024 fue de 0,66. La aplicación

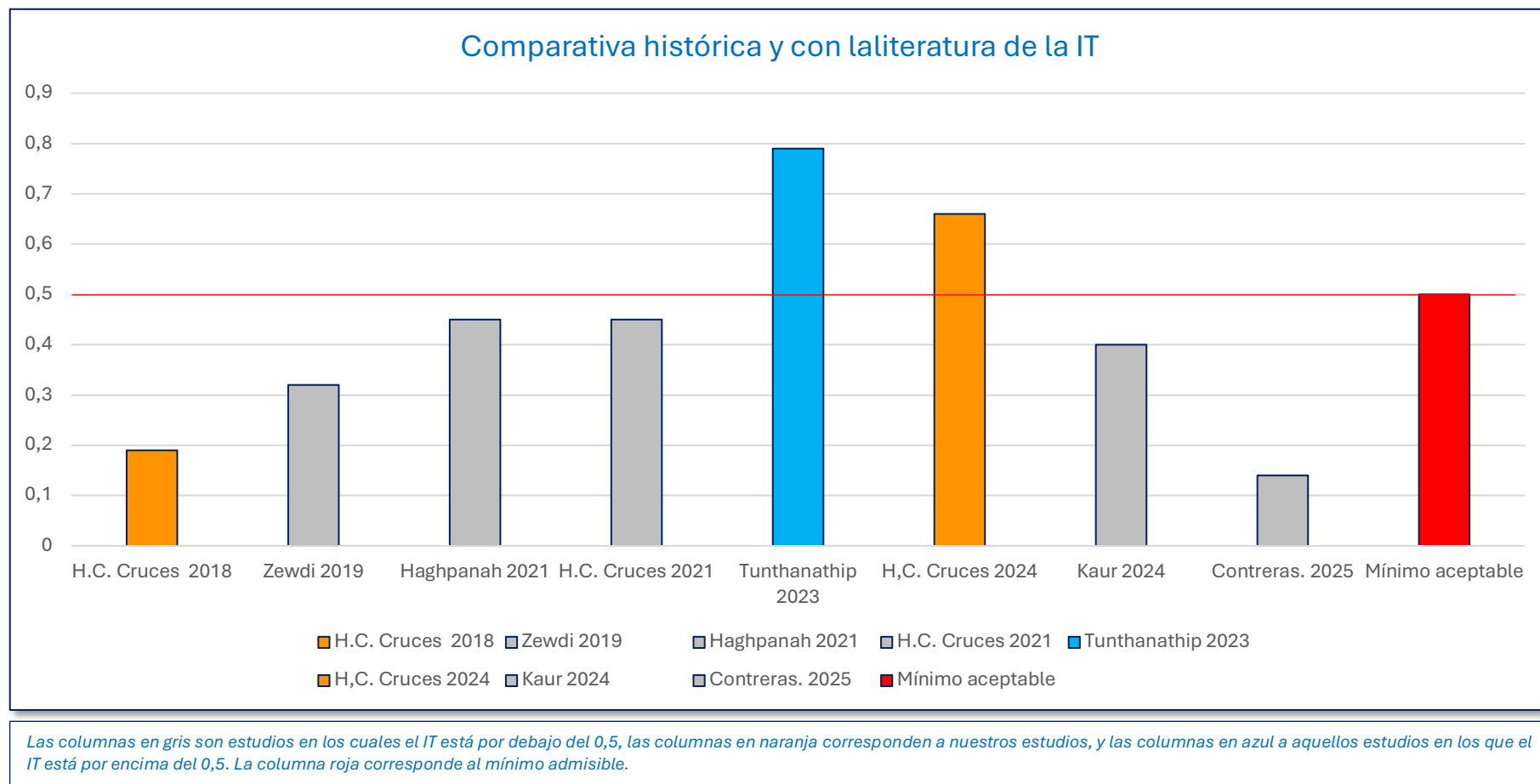


Gráfico 39. Comparativa histórica y con la literatura de la IT.

Días de inmovilización.

En el estudio de 2018, los días de inmovilización fueron 1914; en 2021 fueron

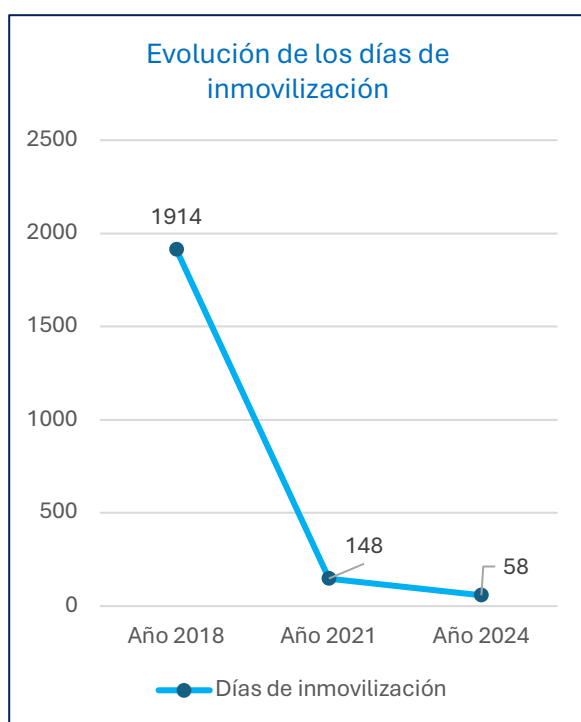


Gráfico 40. Evolución temporal de los días de inmovilización.

148, reduciéndose a 58 en nuestro estudio de 2024. La reducción desde el inicio de la implantación de medidas ha sido del 96,96 %; la reducción entre el año 2021 y el 2024 ha sido de un 60,81 %. (véase el gráfico 40).

Para poder hacer comparaciones,

independientemente del tamaño muestral, podemos expresar los días

de inmovilización por cada paciente al que se le reserva sangre. En 2018, los días de inmovilización por cada paciente al que se le reservó sangre fue de 4,87; en 2021, de 2,69 y en 2024 de 1,75. Nuestras cifras de 2024 son un 64,06% menores a las de 2018 y un 34,94% menores que las de 2021. Los datos expuestos se

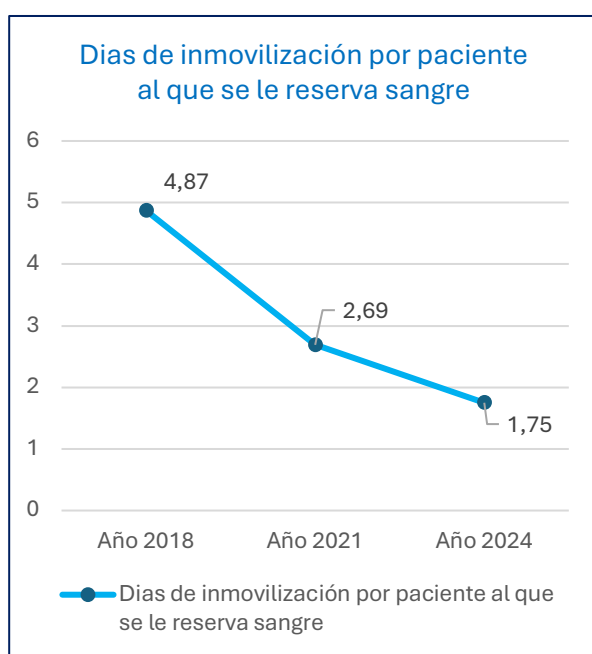


Gráfico 41. Días de inmovilización por paciente al que se le reserva sangre.

resumen en el gráfico 41.

Unidades desperdiciadas.

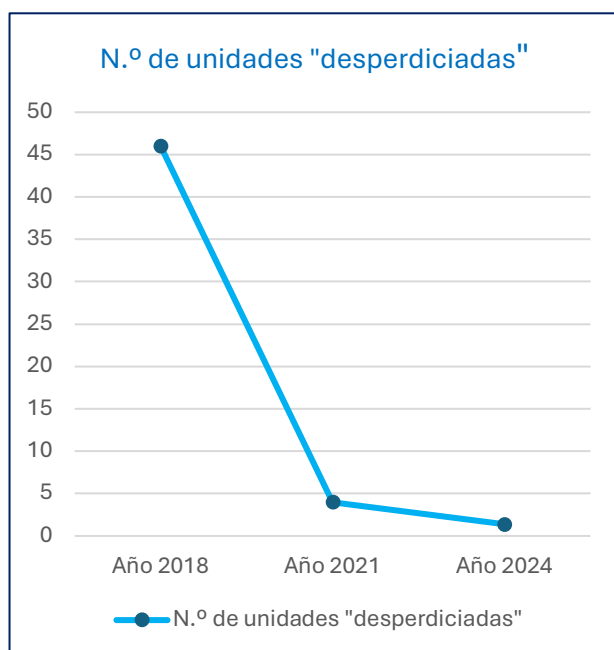


Gráfico 42. Comparación histórica del n.º de unidades desperdiciadas.

Por último, una forma más de expresar los días de inmovilización es como “unidades desperdiciadas”. Este concepto remarca, aún más si cabe, la importancia de un sistema de reserva adecuada. El número de unidades desperdiciadas en 2024 ha sido

de 2 (1,38). Comparado con las 46

(45,57) unidades desperdiciadas en 2018, esto supone una reducción del 95,65 %.

En el estudio de 2021, las unidades desperdiciadas fueron 4 (3,52); esto supone que hemos reducido el desperdicio en 2024 un 50% con respecto a 2021.

Visualmente, podemos observar estos datos en el gráfico 42.

Probabilidad de no uso.

La probabilidad de no uso (PNU) es el porcentaje de sangre que se solicita, pero no se utiliza⁽²⁴⁾. La probabilidad de no uso (PNU) es el cociente entre el total de unidades no transfundidas y el total de unidades solicitadas^(24, 193). Aunque no se ha determinado un punto de referencia establecido para este parámetro, una PNU elevada suele acompañarse de ratios C/T elevados y bajos PT e IT, lo que indica un uso ineficiente de la reserva de sangre. La PNU disminuye a medida que mejora la práctica de la solicitud de sangre^(24, 194).

Este parámetro solo se ha registrado en el estudio de 2024. En el análisis de este índice, descartaremos las dos unidades transfundidas como consecuencia de la activación del protocolo de transfusión masiva, así como las solicitadas desde reanimación o la transfundida el día anterior. Se han solicitado desde quirófano 25 unidades de las cuales finalmente se han transfundido 19. La probabilidad de no uso ha sido del 24%. Esto es, casi una de cada cuatro unidades que solicitamos es devuelta al banco de sangre. Esta cifra se explica sobre la base de la información con la que se solicita la sangre al banco de sangre durante una hemorragia en curso, como ya se ha explicado.

Análisis por grupos patológicos.

En la tabla 58 podemos observar la evolución de los principales criterios para evaluar la eficacia del algoritmo en cada grupo. En los gráficos 43 al 45 vemos la evolución de los tres parámetros principales por grupos.

Evolución de los parámetros de calidad en la reserva transfusional a lo largo del programa					
Grupo patológico	Estudio	C/T	PT	IT	Días de inmovilización. por paciente
Cirugía de columna cervical	2018	88,50	1,22%	0,024	4,2
	2021	2,33	75%	0,75	2
	2024	1,75	60%	0,8	1,2
Cirugía de columna no cervical	2018	46,33	3,08%	0,046	4,1
	2021	9	20%	0,20	3,2
	2024	1,5	75%	1	1
C. de patologías benignas de cráneo	2018	13,2	10%	0,166	4
	2021	∞	0%	0	3
	2024	2	100%	1	1
Gliomas-Metástasis	2018	10,72	18,68%	0,274	5,3
	2021	1,55	88,88%	1	1,1
	2024	2,66	33,33%	0,66	2,22
Meningiomas	2018	5,12	34%	0,64	5,2
	2021	5,6	21,73%	0,39	3,13
	2024	2,5	45,45%	0,54	1,63
Cirugías del ángulo pontocerebeloso	2018	7,40	35,71%	0,357	4,5
	2021	∞	0%	0	4
	2024	∞	0	0	2
Cirugía neurovascular	2018	23	6,67%	0,133	5,8
	2021	3	50%	0,5	2
	2024	∞	∞	∞	0
Cirugía por vía transesfenoidal	2018	45,66	6,52%	0,065	5,8
	2021	4,5	40%	0,2	2,8
	2024	4	50%	0,5	3

Tabla 58. Evolución de los parámetros de calidad en la reserva transfusional a lo largo del programa.

En la cirugía de columna hemos conseguido estar por debajo de 2 en la relación C/T. En la de patologías benignas de cráneo estamos en 2. En cambio, las cirugías neurovasculares y las del ángulo pontocerebeloso no son valorables. Las cirugías de gliomas y de meningiomas están en el entorno de lo aceptable. El peor resultado está en la cirugía transesfenoidal, que, aunque se ha reducido un 91,2% sigue por encima de 2,5.

En la literatura es escasa la referencia a los índices de calidad de transfusión por grupos patológicos. Chotisukarat et al.⁽²⁸⁶⁾ informaron de una relación C/T para intervenciones de tumores cerebrales de 5, mientras que Saringcarinkul et al.⁽¹⁶⁹⁾ reportaron relaciones C/T para intervenciones de meningioma, tumores supraselares y tumores del ángulo pontocerebeloso de 4,0, 4,2 y 8,7, respectivamente. En una serie de 1162 pacientes sometidos a cirugía espinal cervical, Russell et al.⁽⁶³⁾ publican una C/T de 659, aunque, a diferencia con nosotros, asumen como transfusión las unidades de plaquetas que transfunden. Couture et al.⁽²⁾, en 301 pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico de patologías exclusivamente neurovasculares presentaron una relación C/T de 41,4. A partir de los datos publicados por Oliveira⁽⁵⁹⁾, calculamos los parámetros y los tabulamos para poder comparar su estudio con el nuestro. (véase tabla 59) La mayor limitación para esta comparación, es que el citado artículo fue publicado en 2006.

Tabla 59. Parámetros de calidad en la reserva y transfusión a partir del estudio de Oliveira.

Parámetros de calidad en la reserva y transfusión a partir del estudio de Oliveira ⁽⁵⁹⁾							
Grupos patológicos	C/T	PT	IT	MUAP	MURP	Días de inmovilización.	Días de inmovilización por procedimiento.
Global	9,25	10%	0,14	0,14	1,37	334	2,43
Hernia discal	13,33	7,5%	0,08	0,08	1,11	74	2,05
Estenosis de canal	∞	0	0	0	1,2	12	2,4
Luxación C1-C2	∞	0	0	0	2	8	4
Tumor medular	∞	0	0	0	1,25	10	2,5
Gliomas	∞	0	0	0	1,4	28	2,8
Metástasis	13	9,09%	0,09	0,09	1,18	24	2,18
Tumores cerebrales	17	8,3%	0,08	0	1,41	32	2,6
Meningiomas	4,14	25%	0,38	0,38	1,6	88	2,44
Neurinoma	∞	0	0	0	1,44	26	2,88
aneurismas	12	12,5%	0,12	0,12	1,5	22	2,75
Adenomas hipofisarios	∞	0	0	0	1,25	10	2,5

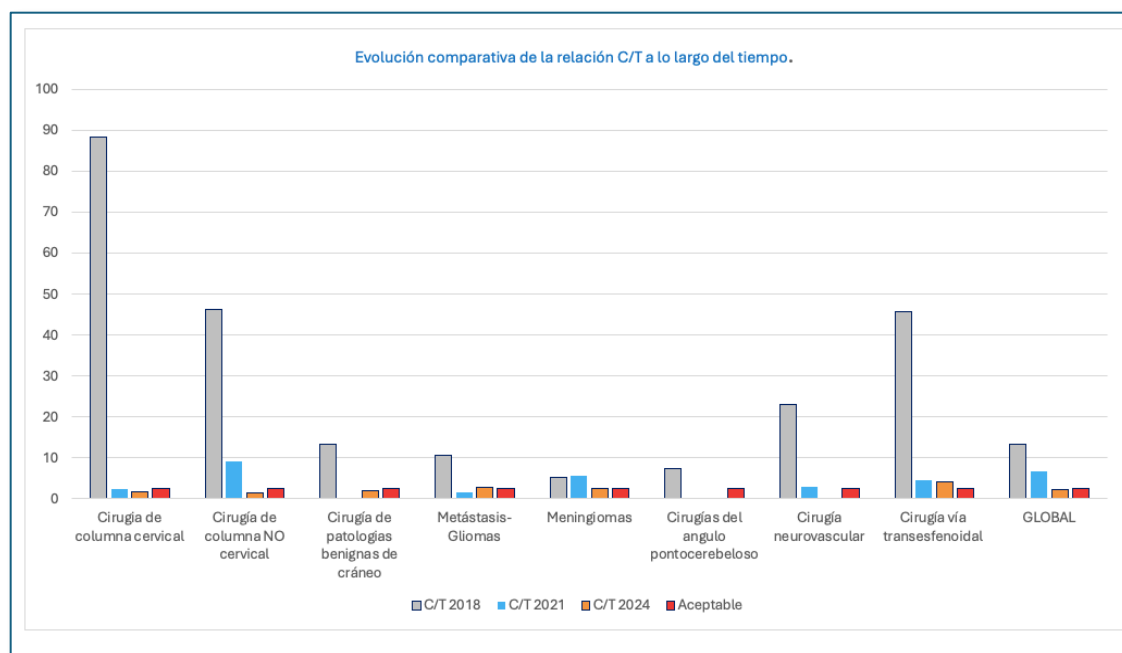


Gráfico 44. Evolución de la relación C/T por grupos patológicos a lo largo del proyecto.

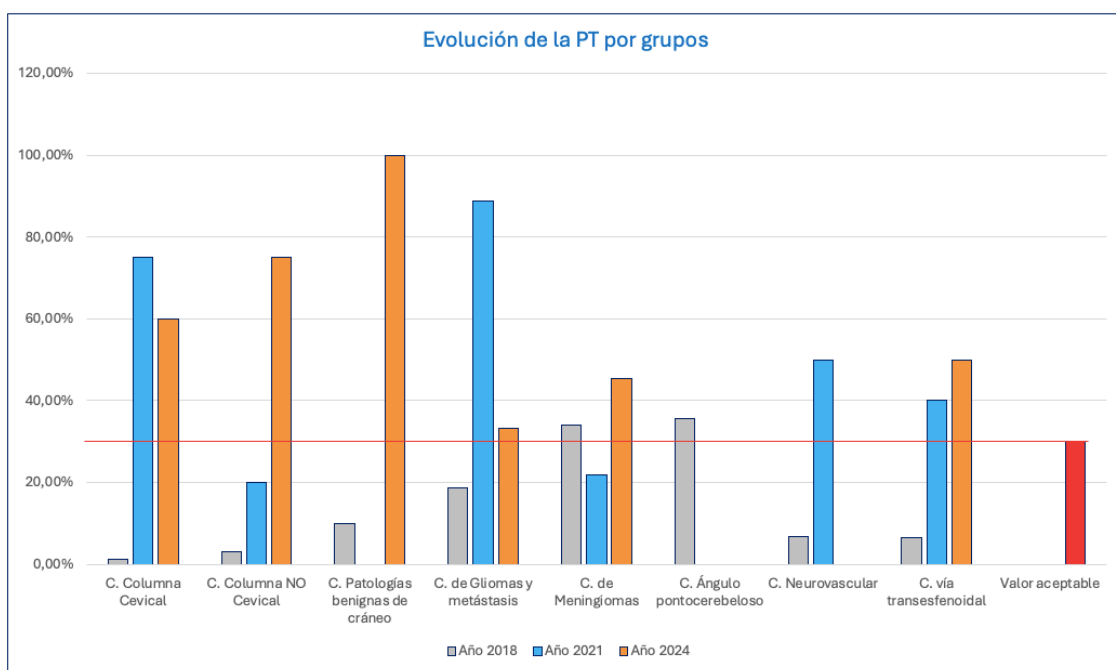


Gráfico 43. Evolución de la PT por grupos patológicos a lo largo del proyecto.

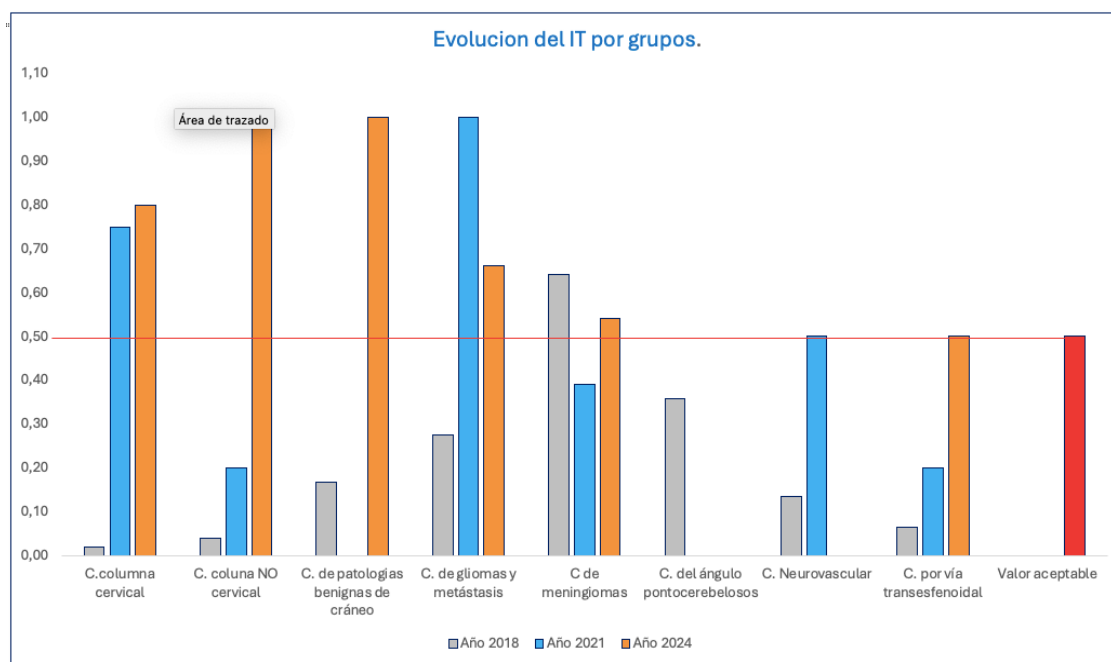


Gráfico 45. Evolución del IT por grupos patológicos a lo largo del proyecto.

Exactitud del algoritmo.

El algoritmo fue diseñado con el fin de diferenciar de un modo eficaz a aquellos pacientes que no precisaban una reserva, de aquellos en que esta estrategia era precisa. Vamos a estudiar, a través del análisis de la sensibilidad y especificidad del algoritmo, su exactitud en la tarea para la que fue diseñado.

Exactitud para determinar si un paciente precisa contacto con el BS.

Es evidente que un buen algoritmo será aquel que sea capaz de identificar tanto a aquellos que no se beneficien de una reserva de sangre (PSBS) –por tanto, evitaría gastar recursos en esta estrategia– como a aquellos que precisarán una reserva en el banco de sangre (CR y GAI) y se beneficiarían de estas medidas, acortando el tiempo hasta disponer de una transfusión con las máximas garantías de seguridad.

En este primer análisis de la exactitud del algoritmo, se evalúa su capacidad de identificar a los pacientes que precisan contacto con el servicio de transfusiones (banco de sangre). La sensibilidad representará la probabilidad de que un paciente que es transfundido haya tenido contacto con el banco de sangre. La especificidad indica la probabilidad de que un paciente que no precisa ser transfundido no haya tenido contacto con el banco de sangre previamente. El valor predictivo positivo (VPP) es la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina un contacto con el banco de sangre. Por último, el valor predictivo negativo (VPN) indica la probabilidad de que, cuando el algoritmo señala que un paciente no precisa comunicación con el banco de sangre, finalmente no precisará una transfusión.

Evolución de la exactitud del algoritmo para identificar la necesidad de contacto con BS		
Parámetro	2021	2024
Sensibilidad	90,47%	93,75%
Especificidad	42,10%	51,82%
VPP	12,66%	10,20%
VPN	97,98%	99,33%

Tabla 60. Evolución del algoritmo para identificar la necesidad de contacto con BS

La alta sensibilidad, que además ha ido elevándose hasta el 93,75% indica que el algoritmo identifica correctamente a la gran mayoría de los pacientes que finalmente requieren transfusión. Es decir, en casi todos los casos en los que un paciente es transfundido, el algoritmo había indicado previamente el contacto con el banco de sangre. Esto refleja una buena capacidad del algoritmo para no pasar por alto pacientes que sí precisan transfusión, lo cual es clínicamente relevante desde el punto de vista de la seguridad del paciente. De esta forma, es muy difícil que tengamos que transfundir a algún paciente con sangre isogrupo o cero negativo

La baja especificidad muestra que el algoritmo tiene una capacidad limitada para identificar a los pacientes que no necesitan transfusión. Esto es generamos un contacto excesivo de nuestros pacientes con el banco de sangre. El VPP bajo nos dice que la gran mayoría de las consultas preoperatorias al banco de sangre no terminan en transfusión Podemos ver en el gráfico 46 la evolución histórica de los parámetros que analizan la eficacia de nuestro algoritmo para identificar quién precisa una consulta preoperatoria con el banco de sangre.

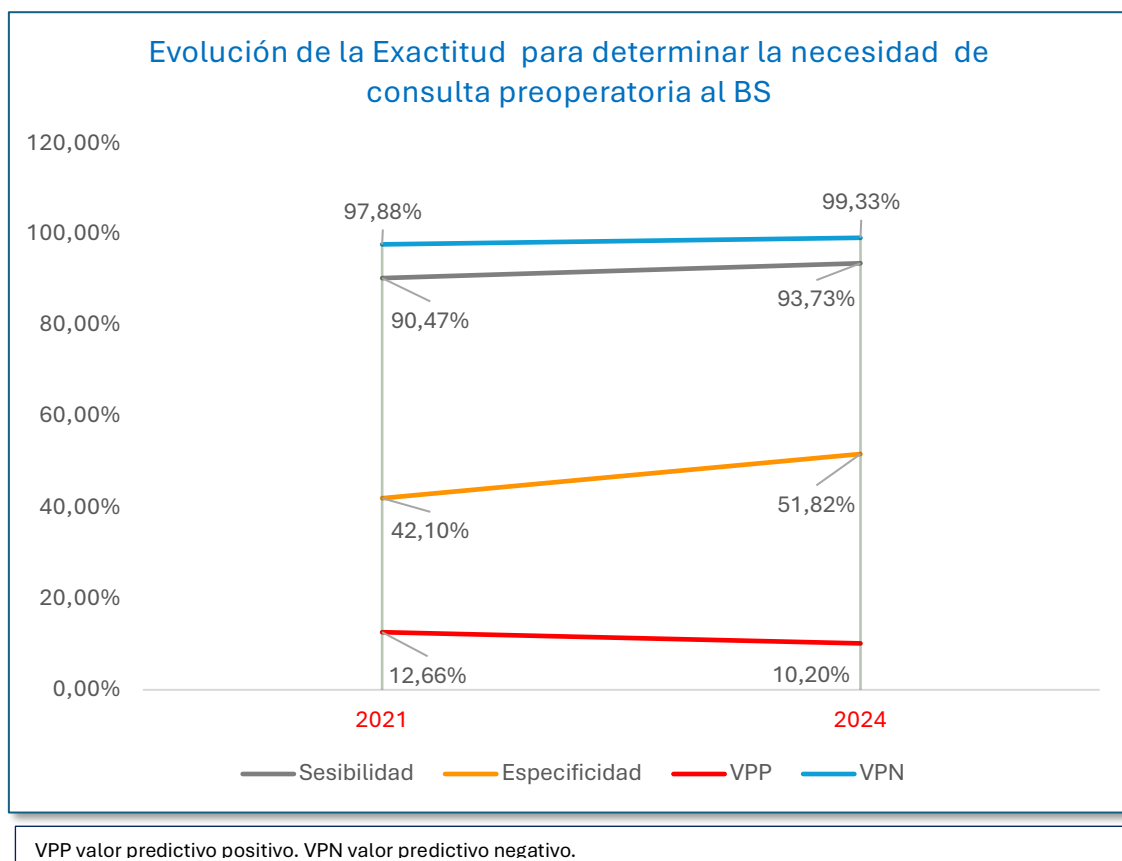


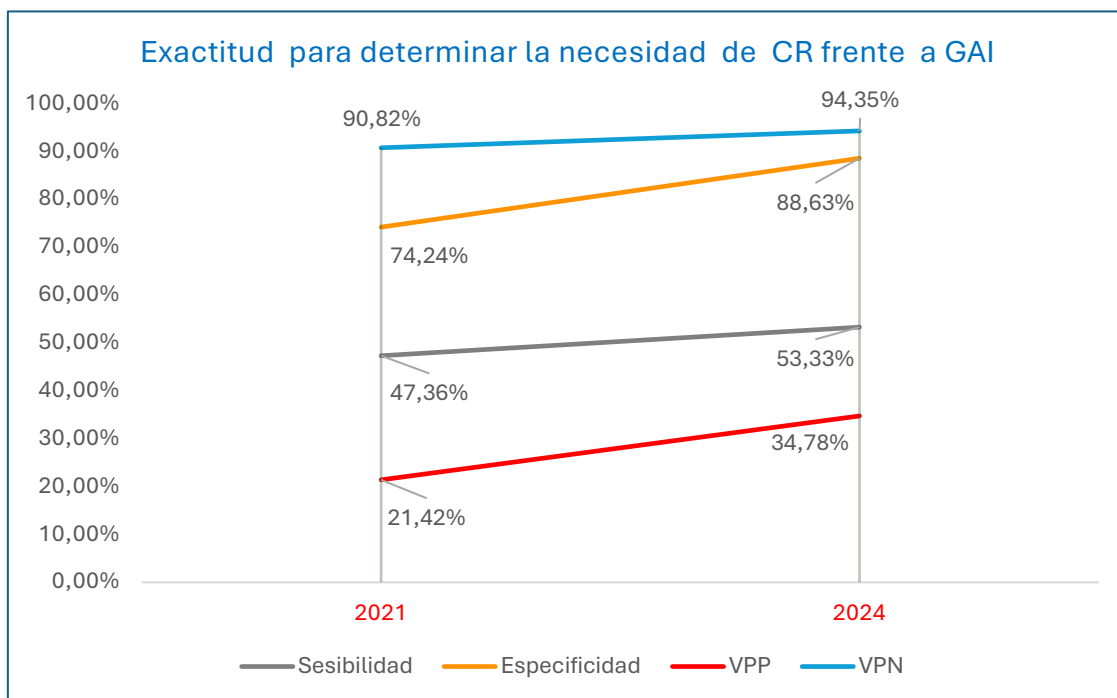
Gráfico 46. Evolución de la exactitud para determinar la necesidad de consulta preoperatoria con el BS

Exactitud del algoritmo para clasificar a los pacientes en CR y GAI.

En este caso, evaluamos, específicamente, la capacidad del algoritmo para distinguir a aquellos que precisan reserva de sangre (pruebas cruzadas completas e inmovilización de CH) de aquellos que solo precisan determinar grupo y anticuerpos. Es decir, de aquellos en los que es menos probable recibir una transfusión. En esta valoración, la sensibilidad representa la probabilidad de que un paciente al que se ha reservado sangre (CR) sea, finalmente, transfundido. La especificidad es la probabilidad de que un paciente al que se le ha considerado GAI, finalmente no precise una transfusión. El VPP es la probabilidad de ser transfundido cuando el algoritmo determina que se precisa reservar sangre. Por último, el VPN es la probabilidad de que, cuando el algoritmo nos dice que no es preciso reservar sangre, el paciente no precisará una transfusión. Los valores bajos de sensibilidad y el VPP, nos indican que muchos pacientes que sí precisan transfusión finalmente son clasificados como GAI y no como CR. La alta especificidad y valor predictivo negativo nos indican que es muy eficaz para evitar una inmovilización de los CH en los pacientes que se ha considerado que precisan contacto con el banco de sangre. Podemos ver la evolución de la exactitud del algoritmo en este aspecto en cifras en la tabla 61 y visualmente en el gráfico 47.

Evolución de la exactitud del algoritmo para identificar la necesidad de CR frente a GAI		
Parámetro	2021	2024
Sensibilidad	47,36%	53,33%
Especificidad	74,24%	88,63%
VPP	21,42%	34,78%
VPN	90,82%	94,35%

Tabla 61. Evolución de la exactitud del algoritmo para identificar la necesidad de CR frente a GAI



VPP, valor predictivo positivo. VPN, valor predictivo negativo.

Gráfico 47. Evolución temporal para determinar la exactitud de CR frente a GAI.

Una forma de evaluar los datos expuestos es analizar una serie teórica de 500 pacientes, de modo que su C/T sea de 2,5; la PT, del 50%, y el IT, de 0,5. Si las unidades reservadas fueran 250, las unidades transfundidas serían 100. A partir de estas, los pacientes a los que se les reservó sangre serían 200 y, suponiendo una unidad por paciente transfundido, se habrían transfundido a 100 pacientes. Con estos datos, que cumplen con todos los estándares expuestos sobre la eficacia de la reserva y la transfusión, podemos hacer una tabla de contingencia de esta serie ideal. Si admitimos un error de dos por mil en el algoritmo, habríamos transfundido a un paciente al que no se le había reservado. La tabla de contingencia de este estudio es la tabla 62.

Tabla de contingencia ideal con error del algoritmo de 1‰		
Categoría	Definición	N.º
Verdaderos positivos (VP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con el banco de sangre y fueron finalmente transfundidos	99
Falsos positivos (FP)	Pacientes que el algoritmo definió que precisaban contacto con banco de sangre y no fueron finalmente transfundidos	101
N.º Total de positivos (TP)	Suma de verdaderos positivos y falsos positivos	200
Verdaderos negativos (VN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente no precisaron una transfusión	299
Falsos negativos (FN)	Aquellos que el algoritmo definió que no precisaban contacto con banco de sangre, y finalmente fueron transfundidos	1
N.º Total de negativos (TN)	Suma de verdaderos negativos y falsos negativos	300

Tabla 62. Tabla de contingencia del hipotético algoritmo ideal.

A partir de la tabla de contingencia para esta serie ideal, podemos calcular la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos positivo y negativo para comparar este algoritmo teórico ideal con el nuestro.

La sensibilidad de nuestro algoritmo, (93,75%), aunque elevada, es inferior a la del algoritmo ideal (99%), lo que indica que, en comparación con el modelo teórico,

existe una ligera mayor probabilidad de que algún paciente que finalmente requiera transfusión no haya tenido contacto previo con el banco de sangre. No obstante, el valor sigue siendo alto y sugiere que el algoritmo mantiene una buena capacidad de detección de los pacientes que pueden precisar una transfusión.

Sin embargo, la especificidad de nuestro algoritmo es claramente inferior a la del algoritmo ideal, lo que, dicho de otra manera, identifica peor a los pacientes que no precisan una transfusión. El VPP en el nuestro (10,20%) es muy inferior al teórico (49,5%). En este último, la mitad de los pacientes con indicación de contacto con el banco acaban por recibir una transfusión, mientras que con nuestra herramienta solo uno de cada diez lo es. Los valores predictivos negativos son muy similares (99,3 % frente a 99,6 %). Esto indica que cuando el algoritmo es muy fiable para descartar la necesidad de transfusión.

Podríamos concluir que, frente a un algoritmo teórico ideal, nuestro algoritmo mantiene un rendimiento ideal en los parámetros relacionados con la seguridad, minimizando el riesgo de no identificar a aquellos pacientes que realmente pueden precisar una transfusión.

Pero por el contrario, muestra una baja eficiencia; es decir, lo hace a costa de un número elevado de los contactos innecesarios con el banco de sangre.

Análisis del efecto económico del programa.

Los conceptos “monetizables” de la hemoterapia que hemos considerado han sido: a) Gasto ocasionado por cada unidad de CH transfundido; b) Gasto ocasionado por la determinación de grupo sanguíneo y la presencia de anticuerpos irregulares, que se calcula por cada paciente al que se le realiza; c) El gasto generado por las pruebas cruzadas, que se calcula para cada unidad a la que se le realiza.

Además, debemos añadir el ahorro generado por las unidades no transfundidas. Los datos de precios se han obtenido de los libros de Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza⁽¹⁹⁵⁾, que se publica anualmente.

En datos crudos, en el año 2017 (recogido en el estudio de 2018) gastamos en hemoterapia 48.387 €, lo cual supuso un gasto por paciente intervenido de 123,1€. En el año 2021, el gasto total fue 9.820 €, con un gasto por paciente de 39,4 €. Por último, en el año 2024 gastamos 9.088 € en total, con un gasto por paciente de 31,33€ (ver tabla 63).

Hemos actualizado a las tarifas de 2024 el gasto de los estudios anteriores, como puede verse en la tabla 64. El gasto por paciente en el estudio de 2018, con los datos económicos actualizados, hubiera sido de 143,5 €, y el de 2021, 43,87 €. Así podemos evaluar el ahorro que ha supuesto La implantación del programa.

En 2024 hemos ahorrado 112,1€ por paciente, con respecto al año 2018, y 12,54 € con respecto al año 2021 (ver gráfico 48).

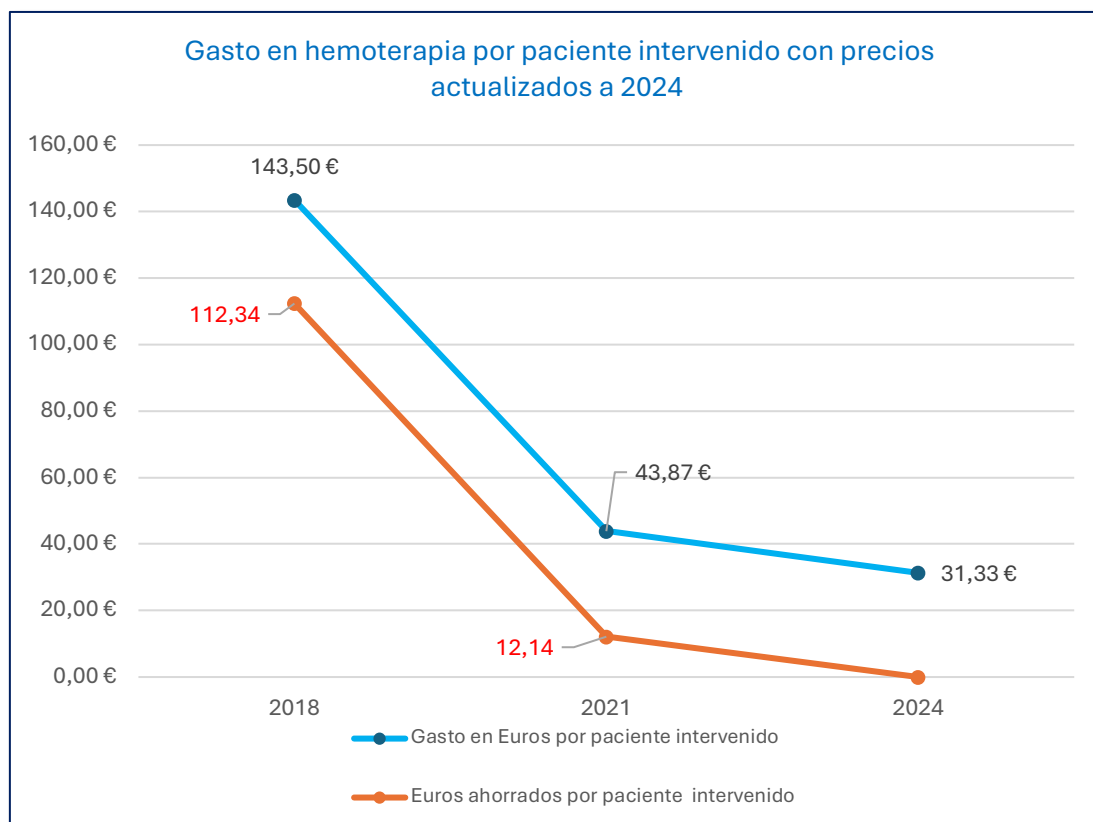


Gráfico 48. Gasto en hemoterapia por paciente intervenido con precios actualizados a 2024

Un aspecto importante, mencionado en el análisis de la eficacia del cambio de los umbrales transfusionales, es estimar el ahorro ocasionado al no transfundir un número de concentrados. El cálculo estimativo que hicimos fue de 80 unidades, que al precio de 2024 suponen 13520 €, lo que representa un ahorro adicional de 25,08 € por cada uno de los 539 pacientes intervenidos entre el 2021 y el 2024.

Así que con precios actualizados a 2024, en el escenario más conservador el programa ha supuesto un ahorro de 137,08 euros por paciente intervenido.

Además del aspecto cuantitativo, el programa también ha variado la distribución porcentual del gasto en los distintos aspectos valorados. En 2018, el 62% del gasto era empleado en las pruebas cruzadas, mientras que en 2024 este porcentaje solo suponía un 15,75%. En cuanto al gasto en CH, en 2018 era del 22,5%, mientras que en 2024 era del 46,4%. (Ver gráfico 49).

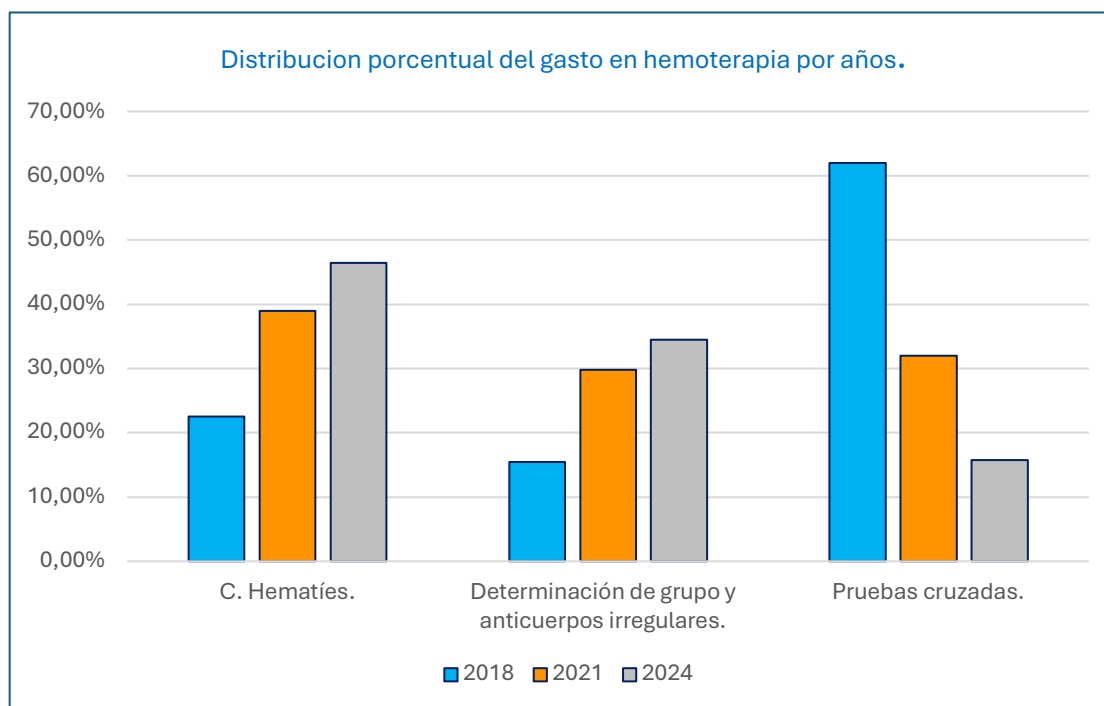


Gráfico 49. Distribución porcentual del gasto en hemoterapia por años

Gasto en hemoterapia pormenorizado por conceptos y por años											
Años	C hematíes			Determinación de grupo y anticuerpos irregulares			Pruebas cruzadas			Gasto total	
	N.º trasfundidos	Precio unidad	Gasto	N.º	Precio unidad	gasto	N.º	Precio unidad	Gasto	Gasto	Gasto por paciente
2018	77	142€	10934	393	19€	7467	1034	29€	29986	48387	123,1
2021	25	153 €	3825	154	19€	2926	99	31 €	3069	9820	39,4
2024	25	169 €	4225	149	21 €	3129	51	34€	1734	9088	31,33

Tabla 63. Gasto en hemoterapia pormenorizado por conceptos y años

Gasto en hemoterapia en los años 2018 y 2021 actualizados a los precios de 2024											
Años	C hematíes			Determinación de grupo y anticuerpos irregulares			Pruebas cruzadas			Gasto total	
	N.º trasfundidos	Precio unidad	Gasto	N.º	Precio unidad	gasto	N.º	Precio unidad	Gasto	Gasto	Gasto por paciente
2018	77	169€	13013	393	21€	8253	1034	34€	35156	56422	143,5
2021	25	169 €	4225	154	21€	3234	99	34 €	3366	10825	43,47

Tabla 64 Gasto en hemoterapia en los años 2018 y 2021 actualizados a los precios de 2024.

En la literatura algunos autores han estudiado la repercusión económica de distintas estrategias encaminadas a incrementar la eficacia en la reserva y la transfusión. Así, en el artículo de Tunthanathip⁽⁵⁵⁾ comunican un ahorro del 67.88% al implementar la estrategia basada en inteligencia artificial, frente a su estrategia rutinaria.

Rinehart et al⁽⁸⁾ analizaron el ahorro teórico de instaurar un sistema basado en la creación de un programa de solicitudes máximas para cirugía (MSBOS) creado siguiendo, al igual que nosotros, el modelo de Frank et al⁽¹⁵⁸⁾. En su análisis se demostró una reducción anual en los costes hospitalarios reales de 57,335. \$ en 19138 pacientes (aproximadamente 3 dólares por paciente) con el MSBOS, en comparación con sus prácticas históricas de solicitud de sangre.

En pacientes neuroquirúrgicos, estos autores⁽⁸⁾ publican una relación entre las unidades transfundidas y aquellos pacientes a los que se les solicita GAI, prácticamente, de cuatro. Nuestro valor para ese cociente, considerando en conjunto los estudios de 2021 y 2024 es de 11,09; esto es, 2,7 veces mayor. Esta es otra área de mejora, teniendo en cuenta que realizar la determinación de grupo y de anticuerpos irregulares tiene un precio de 21 €.

En el año 2025, Eyth ⁽⁷⁶⁾ cuantifica los gastos del proceso completo de transfundir una unidad de concentrado de glóbulos rojos en aproximadamente 1183 \$ en Estados Unidos, y en 435 € promedio en Europa. Lógicamente, el ahorro que hemos calculado no ha incluido muchos aspectos de una transfusión que son difícilmente monetizables.

Incumplimientos del protocolo en 2024 (El ejército de Pancho Villa).

Hasta ahora hemos contado cómo funciona el protocolo, los datos expuestos son el resultado teórico de aplicar el algoritmo. Sería un sesgo juzgar un algoritmo imputándole los errores por incumplimiento. Por otro lado, sería una falta de integridad científica no describir, contabilizar y analizar estos incumplimientos.

El factor determinante para los incumplimientos ha sido el cambio de la figura encargada de la reserva sanguínea. Este cambio, incorporado a raíz del primer estudio prospectivo, precisará de más tiempo hasta estar interiorizado, como lo demuestra que se hayan producido 49 incumplimientos en 2024. Es decir, que en un 16,8 % de los pacientes se incumplió el protocolo.

De los incumplimientos, 7 fueron responsabilidad de los anestesiólogos de la unidad de reanimación. Estos casos fueron cirugías de columna en pacientes traumatizados operados como urgencia diferida. Los 42 restantes fueron pacientes en los que el neurocirujano reservó los CH, como venía haciendo hasta 2023.

Para estos 49 pacientes se reservó un exceso de 72 unidades respecto a lo que sugería el protocolo. De ellas, 13 (18,05 %) fueron reservadas por la reanimación y 59 (81,94%) por neurocirugía. Véase la tabla 65.

Los incumplimientos, en los casos de urgencia diferida, son atribuibles, en algunos casos, a cambios imprevistos en la fecha de intervención, lo cual supuso que no se aplicara el algoritmo de forma correcta el día previo en la reanimación. En otros, se debieron directamente a que el anestesiólogo de la unidad de

reanimación omitió el uso del protocolo y realizó una reserva basada únicamente en su criterio.

Los incumplimientos que no corresponden a estas urgencias diferidas se produjeron en los grupos que históricamente se han relacionado con un mayor sangrado intraoperatorio: meningiomas, cirugías del ángulo pontocerebeloso y cirugía neurovascular. Esto refleja la preocupación que la hemorragia intraoperatoria en estas patologías supone para el neurocirujano.

Detalles de los incumplimientos del protocolo					
Grupo patológico	N.º	N.º de pacientes en los que se incumplió el protocolo	Porcentaje de incumplimiento dentro del grupo	Unidades reservadas en exceso	Porcentaje de unidades reservadas en exceso
C. de Columna Cervical	76	4	5,2%	8	11,11%
C. de columna NO cervical	48	3	6,25%	5	6,94%
C. de patologías benignas de cráneo	11	0	0%	0	0%
C gliomas y metástasis	65	4	6,15%	6	8,33%
C de Meningiomas	40	24	60%	32	44,44%
C. Ángulo pontocerebeloso	9	7	77,77%	9	12,5%
C. neurovascular	12	3	25%	6	8,33%
C. transesfenoidal	29	4	13,79%	6	8,33%

Tabla 65. Detalles de los incumplimientos del protocolo en 2024.

De los 49 pacientes en los que se incumplió el protocolo, seis habían sido considerados por el algoritmo PSBS. Cinco de ellos pertenecían al grupo de cirugía de columna y uno de ellos cirugía transesfenoidal. Se solicitó cruzar y reservar diez unidades para ellos. Finalmente, no se transfundió a ninguno.

Treinta y ocho pacientes en los que se incumplió el protocolo fueron considerados por este como GAI. Se solicitó reservarles 54 unidades. De ellos se transfundió una unidad a un paciente, para el que se habían reservado 2 unidades.

A los cinco pacientes que fueron considerados por el algoritmo CR, sugiriendo este que se cruzaran para ellos seis unidades, realmente se les reservó catorce; esto es, se reservaron ocho unidades de más, respecto a las determinadas por el protocolo. Finalmente, a estos pacientes que el algoritmo consideró CR, se les transfundieron 3 unidades.

Solo fueron transfundidos finalmente cuatro pacientes (8,16 %) de los 49 en los que el algoritmo fue incumplido. Los datos de estos cuatro casos se pueden ver en la tabla 66. El algoritmo había recomendado cruzar y reservar en tres de ellos, y en el cuarto solicitar GAI. En dos de los casos se transfundió lo que el algoritmo había sugerido reservar; en el tercero, el algoritmo sugirió reservar dos unidades y finalmente solo fue preciso transfundir una. Ningún paciente precisó transfusión de urgencia.

Pacientes transfundidos de aquellos en los que se incumplió el algoritmo.					
	Protocolo	Reserva según protocolo	Solicitadas realmente	Transfundidas	Transfusión de urgencia
Paciente 1	Cr	1	4	1	0
Paciente 2	Cr	1	3	1	0
Paciente 3	CR	2	3	1	0
Paciente 4	GAI	0	2	1	0

Tabla 66. Pacientes transfundidos de aquellos en los que se incumplió el algoritmo.

Análisis comparativo del algoritmo frente a los casos con incumplimiento.

El análisis comparativo de los incumplimientos, frente a los resultados del algoritmo en esos pacientes, nos permitirá juzgar la eficacia de este. Según el algoritmo, seis deberían haber sido considerados PSBS, treinta y ocho GAI, y cinco CR; realmente se cruzó y reservó sangre para los 49. Frente a la reserva basada en el criterio personal, el algoritmo presenta una reserva eficaz según los parámetros de valoración reconocidos por la OMS^{(77) (71)}. La relación C/T es doce veces menor que en el grupo de los incumplimientos. La probabilidad de transfusión y el índice de transfusión son alrededor de quince veces mayores. De hecho, en los casos de incumplimiento, la calidad de la reserva es peor que la del año 2018, cuando comenzamos el proyecto. Este dato es justificable, por presentar los pacientes en los que se ha producido incumplimiento un gran riesgo de una pérdida importante de sangre o un bajo porcentaje de pérdida de sangre tolerable.

Comparativa de la eficacia del algoritmo frente a los casos con incumplimiento				
Parámetros	Algoritmo	Casos con incumplimiento	Valores de referencia	2018
Relación C/T	2	24	Menor de 2,5	13,42
Probabilidad de transfusión	80%	5,5%	Mayor del 30%	12,47
Índice de transfusión	0,6	0,04	Mayor de 0,5	0,19
Días de inmovilización	6	138		1914
Días de inmovilización por paciente	0,12	2,81		4,87
Unidades desperdiciadas	0,14	4 (3,3)		46

Tabla 67. Comparativa de la eficacia del algoritmo frente a los casos con incumplimiento

Para finalizar, haremos un análisis comparativo de los costos en hemoterapia entre lo sugerido por el algoritmo y la realidad de los incumplimientos. Los datos pormenorizados de este análisis pueden observarse en la tabla 68. El sobrecosto ocasionado por los incumplimientos es de 2358 €, lo que supone que nos cuesta la hemoterapia 48 € más por cada paciente en el que se ha incumplido el algoritmo. El perfil de la distribución de gastos recuerda, en el caso de los incumplimientos, al periodo del estudio retrospectivo (ver gráfico 50). La principal diferencia es el gasto ocasionado por las pruebas cruzadas.

Comparativa de gasto en hemoterapia entre algoritmo y casos con incumplimiento						
Parámetros	Algoritmo			Casos con incumplimiento		
	N.º	Precio por unidad	Costo	N.º	Precio por unidad	Costo
Unidades transfundidas	3	169	507	3	169	507
Determinación de grupo y anticuerpos irregulares	43	19	817	49	19	931
Pruebas cruzadas	6	34	204	72	34	2448
Total			1528€			3886

Tabla 68. Comparativa del gasto en hemoterapia entre el algoritmo y los casos con incumplimiento.

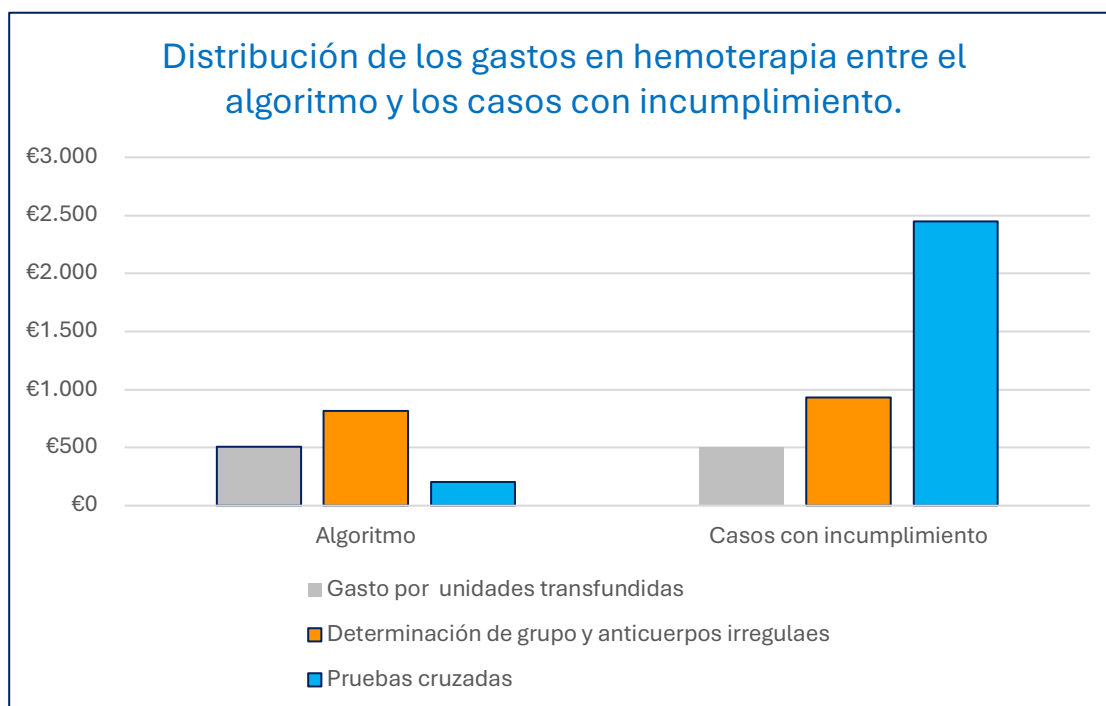


Gráfico 50. Distribución de los gastos en hemoterapia entre el algoritmo y los casos con incumplimiento.

El problema del incumplimiento de los protocolos no es, ni mucho menos, un defecto exclusivo del HUC. La falta de aplicación de las recomendaciones en la práctica es común en medicina^(161, 287). Una encuesta internacional reciente mostró que el conocimiento y el cumplimiento del MSBOS suelen ser bajos^(161, 162). El artículo de Rinehart⁽⁸⁾ habla de que la petición por varios estamentos conduce a error y pérdidas de cumplimiento. La solución que hemos generado ha sido desarrollar un programa para instalarlo en los ordenadores del servicio de neurocirugía (planta, consulta y quirófanos) que minimice la reserva innecesaria. Este programa ha sido elaborado y patentado por Genar Iturri, estudiante, actualmente, del grado de Física en la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.

Limitaciones del programa.

- La principal limitación es que, para que un programa de este tipo funcione, debe ser adoptado con meticulosidad por todos.
- Las tasas de incumplimientos del algoritmo que han ascendido en 2024 a un 17%, ocasionan una reducción de la eficacia de la reserva y un sobrecosto de 48 € por cada paciente en el que se incumple el algoritmo.
- La posibilidad de que un paciente transfundido reciba una unidad de CH isogrupo ha sido del 6%.
- El porcentaje de activación del protocolo de transfusión masiva entre los 932 pacientes estudiados ha sido de 0,107%.
- Para mantener e incluso incrementar la eficacia del programa, debemos realizar un análisis anual del riesgo de transfusión y de la media de unidades administradas por paciente.
- Deberemos incluir un sistema más eficaz de previsión de cálculo de las necesidades transfusionales por cada grupo patológico.
- Nuestro índice de sobretransfusión del 57,1% sigue siendo excesivamente alto. El sistema de cuantificación por fotolorimetría de la Hgb, con el que ha dotado la dirección de centro, no ha intervenido en el programa, por haber sido concedido a mediados de 2024.
- La mayor causa de que un 36,3% de los pacientes identificados como candidatos a ferroterapia preoperatoria, no haya recibido finalmente tratamiento, ha sido la falta de tiempo.

- Nuestra posibilidad de no uso solo la hemos analizado en el estudio del 2024 y ha resultado en un 24%, es decir, que una de cada cuatro unidades solicitadas desde nuestro quirófano finalmente no es administradas y es devueltas al banco de sangre.
- Una importante área de mejora, que no ha sido incorporada en el programa, es el tratamiento de los pacientes con anemia postoperatoria, que alcanzó en nuestro estudio de 2024 un 62,2 %.

Beneficios del programa.

El desarrollo de nuestro programa de reserva de hemoderivados e identificación y tratamiento de la anemia preoperatoria en el área de neurocirugía del Hospital Universitario Cruces ha tenido como consecuencias:

- Que hayamos podido alcanzar los estándares internacionales que determinan una reserva de sangre preoperatoria eficaz.
- La reducción del riesgo de recibir una transfusión cuando un paciente es operado en nuestra área ha sido del 55,7 %.
- La disminución de la media de unidades que reservamos para nuestros pacientes ha sido de un 93,5 %.
- La reducción de los pacientes a los que solicitamos cruzar y reservar ha llegado al 92%, y el aumento de los pacientes que no precisan contacto preoperatorio con el banco de sangre es del 50%.
- La identificación de todos nuestros pacientes susceptibles de ferroterapia preoperatoria.
- El tratamiento de un 63,6% de los que los pacientes ferropénicos de los susceptibles de ser tratados.
- Ha evitado la transfusión de un mínimo de 80 unidades de concentrado de hematíes en los dos años estudiados.
- Una reducción mínima del gasto en hemoterapia del 77,81 % por paciente intervenido en nuestra área. En euros, esto supone un ahorro de 137 € por paciente intervenido.

- Una notable reducción de la carga de trabajo para el banco de sangre (departamento de transfusiones del departamento del servicio de hematología), y menos visitas de los pacientes al hospital.
- Nuestro algoritmo presenta una sensibilidad del 93,7% a la hora de identificar a aquellos pacientes que precisaran un contacto preoperatorio con el banco de sangre

Además, nos ha permitido descubrir que:

- Las mujeres presentan una reducción estadísticamente significativa entre los niveles de Hgb en la visita preanestésica y la inducción anestésica
- Los meningiomas y la cirugía neurovascular presentan un descenso entre la Hgb cuantificada en la visita preanestésica y la registrada en la inducción, aunque no es descartable que esté relacionado con la mayor proporción de sexo femenino en estos grupos.
- Las mujeres menores de 42 años son el grupo que recibe con mayor frecuencia una transfusión y, además, es de mayor cuantía que en el resto de los grupos.
- La prevalencia de la anemia preoperatoria en nuestra área es globalmente de 20,92%.
- El 92,9% de las unidades de CH administradas a nuestros pacientes se realizan en el periodo intraoperatorio.
- El tiempo medio en disponer de una hematimetría es de 40 minutos.

Conclusiones.

El programa de mejora establecido ha generado, en el área de neurocirugía del H.U. Cruces:

- 1. La reducción de la reserva de concentrado de hematíes en un 93%.**
- 2. Una reducción del riesgo de recibir una transfusión en más del 50%.**
- 3. Una reserva de hemoderivados eficaz de acuerdo con los estándares internacionales.**
- 4. Una reducción mínima del 77,81% del gasto en hemoterapia.**

Consecuencias del programa.

- Dentro de las consecuencias, podemos contar la inclusión de un programa PBM en el Servicio de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor del HUC en su programa contrato para 2025. Este programa incorporará la creación de una consulta específica de identificación y tratamiento de la anemia preoperatoria. Esto minimizará el número de pacientes optimizables que no reciban tratamiento.
- Facilitaremos el cumplimiento estricto del protocolo, como ya lo hicimos a la hora de solicitar la analítica preoperatoria. Para ello, incorporaremos el programa diseñado para minimizar la subjetividad en todos los ordenadores del área de neurocirugía. (consulta, planta y quirófano)
- Mayoritariamente nuestros pacientes llegan al quirófano con determinación de grupo y anticuerpos. La aplicación de modelos predictivos reducirá, probablemente, la reserva. Para tumores hemos decidido incluir el modelo propuesto por Tomas Biosca et al⁽⁵⁰⁾ y expresado en forma de normograma por Contreras (todavía en elaboración). En el resto de las patologías, un modelo a valorar es el desarrollado por Eyth et al⁽⁷⁶⁾.
- Establecimiento de unos umbrales transfusionales dinámicos. Para un paciente con una hemorragia en curso y estabilidad hemodinámica bajo anestesia general o inconsciente el umbral será de 9. Sin embargo, para pacientes sin hemorragia (pacientes postoperatorios), conscientes y con normalidad en la exploración neurológica se reduce a 8g dl⁻¹.

Abreviaturas usadas.

C.	Cirugía.
CaO ₂ .	Contenido arterial de Oxígeno.
CEI.	Comité de ética en la investigación.
CH.	Concentrado de hematíes.
CR.	Cruzar y reservar.
DO ₂ .	Oferta de oxígeno.
EHU	Euskal Herriko Unibertsitatea. (Universidad del País Vasco)
Fe.	Hierro.
GAI.	Determinación de grupo y anticuerpos irregulares.
GC.	Gasto cardíaco.
GCS.	Escala de coma de Glasgow.
Hgb.	Hemoglobina.
HSA.	Hemorragia subaracnoidea.
Hto	Hematocrito
HUC.	Hospital Universitario Cruces.
IT.	índice de transfusión.
IV.	Vía intravenosa.

IMC	Índice de masa corporal
MSBOS	(Maximum Surgical Blood Ordering Schedule). Programa de pedidos de sangre quirúrgica máximo.
MST	Máximo sangrado tolerable.
MURP.	Media de unidades reservadas por paciente.
N.º	Número.
NC.	Neurocirugía.
O ₂ .	Oxígeno.
PaO ₂ .	Presión arterial de oxígeno.
PoC	Point of Care. Pruebas de Laboratorio en el lugar de asistencia.
PNU.	Probabilidad de no uso.
PSBS.	Pacientes sin banco de sangre.
PT.	Probabilidad de transfusión.
Relación C/T.	Razón de transfusión de pruebas cruzadas.
RT.	Riesgo de recibir una transfusión.
SatO2	Saturación arterial de la Hgb.
SatTr	Saturación de la transferrina
TACO.	Transfusion-associated circulatory overload.

TEC.	Traumatismo craneo encefálico.
TRALI.	Transfusion-related acute lung injury.
UCI	Unidad de cuidados intensivos.
Vit.B ₁₂	Vitamina B ₁₂ o cianocobalamina
VPA.	Visita preanestésica.
VPN	Valor predictivo negativo.
VPP	Valor predictivo positivo.

Glosario de términos.

1. **Analítica.** Con este término se hace referencia a un grupo de determinaciones analíticas que se le realizan al paciente. Según el momento perioperatorio, serán denominadas de un modo u otro.
2. **Anemia.** Situación clínica en la que hay una disminución de glóbulos rojos sanos o normales. Los umbrales de los niveles de hemoglobina establecidos por la OMS en 1968 para definir una situación de anemia en adultos eran de 12g.dl^{-1} el caso de las mujeres y de 13g.dl^{-1} en los varones.
3. **Anemia basal.** En este estudio, denominamos anemia basal a la que es identificada en la consulta preanestésica.
4. **Anemia cero.** En este estudio, denominamos anemia cero a la que es identificada en el momento de la venoclisis para la inducción de la anestesia.
5. **Anemia 24 horas.** Es la que se determina en la analítica realizada a las 24 horas de la intervención quirúrgica.
6. **Cruzar y reservar (CR)** Incluye la determinación del grupo ABO y del Rh del receptor y la presencia de anticuerpos no ABO que pudieran circular en el plasma del receptor. Además, el plasma receptor y los glóbulos rojos del donante se mezclan para confirmar serológicamente la compatibilidad entre el donante y el receptor (a esto se le denomina prueba cruzada). Una vez se han identificado las unidades compatibles, se reservan en el banco de sangre para el receptor durante 48 horas, lo que hace que no esté disponible temporalmente para otros pacientes que puedan necesitarla⁽¹⁶⁹⁾. Este tipo de petición asegura la disponibilidad inmediata de sangre cruzada.

7. **Determinación de grupo y escrutinio de anticuerpos irregulares (GAI)** Cuando hacemos este tipo de petición, se determina el grupo ABO y el Rh del receptor. Además, el escrutinio de anticuerpos detecta la presencia de anticuerpos no ABO que circulan en el plasma del receptor. En el caso de identificación de anticuerpos irregulares el banco cruza y reserva la sangre, aunque no se le haya solicitado.

Disponer de este tipo de petición asegura la disposición inmediata de sangre isogrupo y reduce a 45 minutos el tiempo para disponer de sangre con pruebas cruzadas completas.

Las ventajas de este tipo de petición son: por una parte, que no genera inmovilización, es decir, no reserva durante 48 h. unidades específicas de glóbulos rojos de donantes para exclusivo de un paciente⁽¹⁶⁹⁾. Por otra parte, supone una importante reducción de costos.

8. **DO₂ Tissue oxygen delivery.** En castellano oferta tisular de oxígeno. Expresa la cantidad de oxígeno que se ofrece a los tejidos. Intuitivamente se comprende que será la cantidad de oxígeno que se transporta en un volumen de sangre concreto multiplicado por el volumen de sangre que se suministra en un periodo de tiempo. Se calcula, de forma habitual, en ml de O₂ por minuto, según la fórmula:

$$DO_2 = CaO_2 \times GC.$$

Siendo la CaO₂ los ml de oxígeno que transporta un ml de sangre, según la ecuación:

$$CaO_2 = (1,34 \times SatO_2 \times Hgb) + (0,003 \times PaO_2).$$

En esta ecuación 1,34 son los ml de O₂ que, como máximo, es capaz de transportar 1 gramo de Hgb; la SatO₂ expresa el porcentaje de su capacidad máxima que realmente transporta. Hgb son los gramos de Hgb que hay en 1 dl, y 0,003 son los ml que transportan 100 ml de sangre disueltos en plasma por cada mm de Hg de presión parcial de oxígeno (PaO₂). GC es el gasto cardiaco, esto es, la cantidad de sangre que el corazón bombea por unidad de tiempo, expresado en ml.min⁻¹.

9. **Gradiente de Hgb cero-basal.** Usamos este término para describir la diferencia que existe en la determinación de Hgb entre la analítica realizada para la VPA y aquella que es extraída en el momento de la canalización de la vía venosa para la inducción de la anestesia.
10. **Hematíes desleucodepleccionados.** Se refiere a concentrado de hematíes que han sido sometidos a un proceso de para eliminar la mayoría de sus leucocitos.
11. **Hematocrito.** El hematocrito es la relación, expresada en porcentaje, del volumen que ocupa la fracción forme (prácticamente asimilable al volumen que ocupan los eritrocitos) respecto al volumen que supone la fase líquida (plasma).
12. **Hospital Universitario Cruces (HUC).** El Hospital Universitario Cruces forma parte de la OSI Ezkerraldea Enkarterri Cruces y pertenece a Osakidetza, (Servicio Vasco de Salud). Es uno de los principales centros sanitarios de Euskadi, siendo centro de referencia para determinadas patologías en todo el sistema sanitario vasco y algunos territorios limítrofes. El Hospital cuenta

con 847 camas y 33 quirófanos; realiza al año más de 31.000 intervenciones quirúrgicas.

13. **Índice de sobretransfusión.** Este parámetro se calcula mediante el cociente de pacientes con Hgb de más de 10 g/dl post-transfusional (24 horas después de la transfusión) dividido entre el número de pacientes transfundidos. Este índice deriva de las recomendaciones de la ASA que considera que un paciente con Hgb superior a 10g/l rara vez precisa transfusión⁽¹⁹²⁾.
14. **Índice de infratransfusión.** Porcentaje de los pacientes intervenidos que presentaron niveles de Hgb inferiores a 9 gr. dl⁻¹ a su llegada a la unidad receptora.
15. **Índice de transfusión (IT).** Número de unidades transfundidas dividido entre el número de pacientes con pruebas cruzadas. Un valor de 0,5 o más es indicativo de una utilización eficaz de la reserva de sangre^(32, 37, 53, 160, 175, 177).
16. **Media de unidades administradas por procedimiento (MUAP).** Este término sustituye al de índice de transfusión usado por Frank⁽¹⁵⁸⁾ y Saringcarinkul⁽¹⁶⁹⁾. El cambio es solo nominal para evitar confusiones. Se calcula dividiendo el número de unidades transfundidas entre el número de pacientes sometidos a ese tipo de procedimiento.
17. **Media de unidades reservadas por paciente sometido a un procedimiento (MURP).** Se calcula dividiendo el número de unidades reservadas por cada paciente entre el número de pacientes intervenidos de una patología.
18. **Máximo sangrado tolerable (MST).** Es una estimación del volumen de sangre que un individuo puede perder hasta alcanzar un determinado hematocrito. Se calcula con la fórmula:

$$MST = \text{volemia} \times \frac{(\text{Hto inicial} - \text{Hto umbral transfusional})}{\text{Hto inicial}}$$

19. **Número de días de inmovilización.** Este concepto fue elaborado por nosotros, se calcula multiplicando el número de concentrados de hematíes reservados y no transfundidos por 2 (dos son los días de reserva de un concentrado de hematíes). Es, por lo tanto, el número de días que un teórico concentrado de hematíes estaría inmovilizado en el banco de sangre. Para poder comparar el dato con estudios posteriores, dividiremos los días de inmovilización por el número de pacientes, expresándolo en días de inmovilización generados por paciente.

20. **Número de unidades desperdiciadas.** Expresamos, bajo este término el número de vidas útiles de un concentrado de hematíes que corresponden a los días de inmovilización generados por la reserva de concentrados de hematíes finalmente no transfundidos. Se calcula dividiendo los días de inmovilización entre 42 (número de vida útil máximo de una unidad de concentrado de hematíes).

21. **Oferta de oxígeno a los tejidos:** cantidad de oxígeno en unidades de volumen por unidad de tiempo que se oferta a los tejidos, viene dada por la expresión. $DaO_2 = CaO_2 \times GC$, donde DaO_2 es la oferta de oxígeno, CaO_2 es el contenido arterial de oxígeno y GC el gasto cardiaco. En el caso de que quisiéramos calcular la DO_2 cerebral el GC se sustituiría por el FSC. La CaO_2 se calcula por la ecuación $CaO_2 = (1,39 \times SatO_2 \times Hgb) + (0,003 \times PaO_2)$,

22. **Pacientes sin contacto con el banco de sangre (PSBS).** Son el grupo de pacientes que el algoritmo determinó que no precisaban ninguna acción por

parte del banco de sangre. A estos pacientes ni se les cruza ni se les reserva sangre, ni tampoco se les realiza determinación de grupo y escrutinio de anticuerpos irregulares (GAi)

23. **POC (Point of care Testing):** Pruebas en el punto de cuidado. Existen en la literatura múltiples términos para hacer referencia a ellas. Pruebas cerca del paciente (near-patient testing), pruebas descentralizadas (decentralized), pruebas auxiliares (ancillary), pruebas en lugares alternativos (alternate site), laboratorio centrado en el paciente (patient focused), pruebas en la cabecera del paciente (bedside testing), laboratorio satélite (satellite), pruebas periféricas (peripheral testing), pruebas en el entorno del paciente, unidades analíticas en punto de cuidado. Pruebas realizadas fuera del laboratorio pruebas en el lugar de asistencia al paciente. Todos estos términos hacen referencia a lo mismo: son aquellas magnitudes biológicas que se determinan fuera del laboratorio, en un entorno próximo al lugar de asistencia al paciente, y que son realizadas de forma manual, automática o semiautomática por personal ajeno al personal de laboratorio⁽²³⁹⁾.

24. **Porcentaje de pérdida hemática admisible (%PHA).** Nos indica que porcentaje de la volemia de puede perder un paciente antes de alcanzar un Hematocrito usado como umbral transfusional.

Para el cálculo del %PHA, lo primero que debemos calcular es la volemia. Aunque existen distintas fórmulas como la de Nadler⁽¹⁹⁶⁾, la de Lemmens-Bernstein-Brodsky⁽¹⁹⁷⁾, la del International Council for Standardization in Hematology⁽¹⁹⁸⁾, etc., el procedimiento más usado en la clínica es la

estimación derivada de la regla de los cinco de Gilcher⁽¹⁹⁹⁾ . Podemos ver un resumen de ella en la tabla 69.

Cálculo de la volemia basado en la regla de los cinco.				
Sexo	Complejión			
	Musculoso	Normal	Delgado	Obeso
Hombre	75 ml. Kg ⁻¹	70 ml. Kg ⁻¹	65 ml. Kg ⁻¹	60 ml. Kg ⁻¹
Mujer	70 ml. Kg ⁻¹	65 ml. Kg ⁻¹	60 ml. Kg ⁻¹	55 ml. Kg ⁻¹

Tabla 69. Estimación de la volemia basada en la regla de los cinco.

Una vez que disponemos de la volemia, el cálculo del MST se lleva a cabo mediante la siguiente fórmula:

$$MST = volemia \times \frac{(Hto\ inicial - Hto\ umbral\ transfusional)}{Hto\ inicial}$$

El porcentaje de pérdida de sangre tolerable se calcula dividiendo el MST entre la volemia; simplificando la expresión anterior, el porcentaje de sangrado admisible será:

$$Porcentaje\ de\ perdida\ hemática\ admisible = \frac{Maximo\ sangrado\ tolerable}{volemia} \times 100$$

Simplificando:

$$\%PHA = \frac{(Hto\ inicial - Hto\ umbral\ transfusional) \times 100}{Hto\ inicial}$$

25. **Probabilidad de transfusión (TP).** Se calcula mediante el cociente del número total de pacientes transfundidos entre el número total de pacientes con pruebas cruzadas. El resultado se expresa en porcentaje. Un valor del 30 % o superior indica un uso eficaz de la reserva de sangre.⁽¹⁷⁵⁾ (pruebas cruzadas es equivalente a cruzar y reservar). En la literatura^(158, 169), bajo este

término aparece un concepto distinto, que es el equivalente al que en el programa se denomina **riesgo de recibir una transfusión** (ver más adelante)

26. **La probabilidad de no uso (PNU)** es el porcentaje de sangre que se solicita, pero no se utiliza⁽²⁴⁾. La probabilidad de no uso (PNU) se calcula como el total de unidades no transfundidas dividido entre el total de unidades solicitadas^(24, 193).

27. **Razón de transfusión de pruebas cruzadas (relación C/T)**. Es el número total de unidades a las que se les ha realizado pruebas cruzadas dividido entre el número total de unidades transfundidas. Un valor de 2,5 e inferior indica un uso eficaz de la reserva de sangre^(37, 172).

28. **Reanimación**. Unidad de cuidados críticos perioperatorio. El HUC cuenta con 41 camas de cuidados críticos. Divididas en tres áreas, bajo el cuidado del Servicio de Anestesia y Reanimación.

29. **Relación de transfusión no prevista**. Es la relación entre los casos en los que es necesario solicitar sangre isogrupo, es decir, sangre no reservada, dividido entre el número total de pacientes transfundidos.

30. **Riesgo de recibir una transfusión (RT)**. Expresa la probabilidad que un paciente tiene de recibir una transfusión cuando se somete a un procedimiento. Se calcula mediante el cociente entre el número de total de pacientes transfundidos y el número total de pacientes operados. Nos ofrece una idea de la pérdida de sangre asociada a un procedimiento quirúrgico. Este término sustituye al término “probabilidad de transfusión” durante el programa, dado que bajo el mismo nombre, en la literatura se hace referencia a dos conceptos distintos^(32, 37, 53, 175, 177). Este mismo termino es usado para

este parámetro por Barth ⁽²²⁾. Otros autores también han denominado tasa de transfusión⁽¹⁷⁶⁾.

- 31. Saturación de transferrina (SatTr.).** Porcentaje de la transferrina que está unida al Fe; es un indicativo de la disponibilidad de este mineral en el cuerpo.
- 32. Tasa de desperdicio (WR).** El el número de unidades de sangre descartadas (no transfundidas) dividido entre el número de unidades de sangre emitidas por el banco; se expresa en tanto por cien ⁽¹⁹²⁾. Este parámetro no ha sido registrado en los estudios anteriores a 2024.
- 33. Transfusión media (TrM).** Expresa la cantidad media de unidades que recibe cada paciente que es transfundido. Se calcula dividiendo el número de unidades transfundidas entre el número de pacientes que reciben una trasfusión.
- 34. Unidad de recuperación postanestésica (URPA).** Son unidades de cuidados intermedios donde ingresan, durante un tiempo variable pero siempre inferior a 12 horas, los pacientes que han sido intervenidos, antes de ser trasladados a una planta de hospitalización. El HUC disponemos de varias de estas unidades. Para cirugía programada de adultos disponemos de dos (19, 17 camas). Una para los quirófanos de urgencia (6 camas) y una el área de cirugía pediátrica con 4 camas.

Referencias bibliográficas.

1. Tripathi PP. Red cell requisition and utilization pattern in a tertiary care hospital of South India. *Ann Afr Med*. 2023;22(1):33-9.
2. Couture DE, Ellegala DB, Dumont AS, Mintz PD, Kassell NF. Blood use in cerebrovascular neurosurgery. *Stroke*. 2002;33(4):994-7.
3. Linsler S, Ketter R, Eichler H, Schwerdtfeger K, Steudel WI, Oertel J. Red blood cell transfusion in neurosurgery. *Acta Neurochir (Wien)*. 2012;154(7):1303-8.
4. Yang MM, Singhal A, Au N, Hengel AR. Impact of preoperative laboratory investigation and blood cross-match on clinical management of pediatric neurosurgical patients. *Childs Nerv Syst*. 2015;31(4):533-9.
5. Kim E, Kim HC, Park SY, Lim YJ, Ro SH, Cho WS, et al. Effect of Red Blood Cell Transfusion on Unfavorable Neurologic Outcome and Symptomatic Vasospasm in Patients with Cerebral Aneurysmal Rupture: Old versus Fresh Blood. *World Neurosurg*. 2015;84(6):1877-86.
6. Yamal JM, Benoit JS, Doshi P, Rubin ML, Tilley BC, Hannay HJ, et al. Association of transfusion red blood cell storage age and blood oxygenation, long-term neurologic outcome, and mortality in traumatic brain injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015;79(5):843-9.
7. Vassal O, Desgranges FP, Tosetti S, Bursal S, Dailler F, Javouhey E, et al. Risk factors for intraoperative allogeneic blood transfusion during craniotomy for brain tumor removal in children. *Paediatr Anaesth*. 2016;26(2):199-206.
8. Rinehart JB, Lee TC, Kaneshiro K, Tran MH, Sun C, Kain ZN. Perioperative blood ordering optimization process using information from an anesthesia information management system. *Transfusion*. 2016;56(4):938-45.
9. Soleimanha M, Haghighi M, Mirbolook A, Sedighinejad A, Mardani-Kivi M, Naderi-Nabi B, et al. A Survey on Transfusion Status in Orthopedic Surgery at a Trauma Center. *Arch Bone Jt Surg*. 2016;4(1):70-4.
10. Yasuhara T, Hishikawa T, Agari T, Kurozumi K, Ichikawa T, Kameda M, et al. Perioperative Management Center (PERIO) for Neurosurgical Patients. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2016;56(9):574-9.
11. Thompson RM, Thurm CW, Rothstein DH. Interhospital Variability in Perioperative Red Blood Cell Ordering Patterns in United States Pediatric Surgical Patients. *J Pediatr*. 2016;177:244-9.e5.
12. Karki OB. Blood Requisition and Utilization Practice in Surgical Patients in a Teaching Hospital, Western Nepal. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ)*. 2016;14(53):27-30.
13. English SW, Fergusson D, Chassé M, Turgeon AF, Lauzier F, Griesdale D, et al. Aneurysmal SubArachnoid Hemorrhage-Red Blood Cell Transfusion And Outcome (SAHaRA): a pilot randomised controlled trial protocol. *BMJ Open*. 2016;6(12):e012623.
14. Cohen JA, Alan N, Seicean A, Weil RJ. Risk associated with perioperative red blood cell transfusion in cranial surgery. *Neurosurg Rev*. 2017;40(4):633-42.
15. Nguyen HS, Janich K, Doan N, Patel M, Li L, Mueller W. Extent of T1+C Intensity Is a Predictor of Blood Loss in Resection of Meningioma. *World Neurosurg*. 2017;101:69-75.

16. Kumari S. Blood transfusion practices in a tertiary care center in Northern India. *J Lab Physicians*. 2017;9(2):71-5.
17. Woodrum CL, Wisniewski M, Triulzi DJ, Waters JH, Alarcon LH, Yazer MH. The effects of a data driven maximum surgical blood ordering schedule on preoperative blood ordering practices. *Hematology*. 2017;22(9):571-7.
18. Fisahn C, Jeyamohan S, Norvell DC, Tubbs RS, Moisi M, Chapman JR, et al. Association Between Allogeneic Blood Transfusion and Postoperative Infection in Major Spine Surgery. *Clin Spine Surg*. 2017;30(7):E988-E92.
19. O'Donnell TFX, Shean KE, Deery SE, Bodewes TCF, Wyers MC, O'Brien KL, et al. A preoperative risk score for transfusion in infrarenal endovascular aneurysm repair to avoid type and cross. *J Vasc Surg*. 2018;67(2):442-8.
20. Beloeil H, Ruchard D, Drewniak N, Molliex S. Overuse of preoperative laboratory coagulation testing and ABO blood typing: a French national study. *Br J Anaesth*. 2017;119(6):1186-93.
21. Mazzeffi MA, See JM, Williams B, Richards J, Zimmerman D, Galvagno S, et al. Five-year trends in perioperative red blood cell transfusion from index cases in five surgical specialties: 2011 to 2015. *Transfusion*. 2018;58(5):1271-8.
22. Barth M, Weiss C, Schmieder K. Red blood cell transfusion probability and associated costs in neurosurgical procedures. *Acta Neurochir (Wien)*. 2018;160(7):1483-9.
23. Kisilevsky A, Gelb AW, Bustillo M, Flexman AM. Anaemia and red blood cell transfusion in intracranial neurosurgery: a comprehensive review. *Br J Anaesth*. 2018;120(5):988-98.
24. Charles KS, De Freitas L, Ramoutar R, Goolam R, Juman S, Murray D, et al. Blood utilisation in a developing society: what is the best index of efficiency? *Transfus Med*. 2018;28(6):413-9.
25. Mauka WI, Mtuy TB, Mahande MJ, Msuya SE, Mboya IB, Juma A, et al. Risk factors for inappropriate blood requisition among hospitals in Tanzania. *PLoS One*. 2018;13(5):e0196453.
26. Ural K, Trusheim J, Amiri Y, Gastañaduy M. Improved Cost-Effectiveness and Blood Product Utilization From Instituting a Blood Ordering Algorithm for Cardiac Surgical Cases. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018;22(4):353-8.
27. Narissirikul S, Thanapipatsiri S, Vanadurongwan B. Evaluation of the Effectiveness of Preoperative Blood Ordering Guideline in Elective Spine, Knee Replacement, and Hip Replacement Surgery. *J Med Assoc Thai*. 2016;99(11):1209-14.
28. Holmberg JA, Uzl N. Best practices for reducing unnecessary preoperative blood orders and associated costs. *MLO Med Lab Obs*. 2017;49(3):21-2.
29. English SW, Chassé M, Turgeon AF, Lauzier F, Griesdale D, Garland A, et al. Anemia prevalence and incidence and red blood cell transfusion practices in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: results of a multicenter cohort study. *Crit Care*. 2018;22(1):169.
30. Ristagno G, Beluffi S, Menasce G, Tanzi D, Pastore JC, D'Aviri G, et al. Incidence and cost of perioperative red blood cell transfusion for elective spine fusion in a high-volume center for spine surgery. *BMC Anesthesiol*. 2018;18(1):121.

31. Blank RM, Blank SP, Roberts HE. An audit of perioperative blood transfusions in a regional hospital to rationalise a maximum surgical blood ordering schedule. *Anaesth Intensive Care*. 2018;46(5):498-503.
32. Hasan O, Khan EK, Ali M, Sheikh S, Fatima A, Rashid HU. "It's a precious gift, not to waste": is routine cross matching necessary in orthopedics surgery? Retrospective study of 699 patients in 9 different procedures. *BMC Health Serv Res*. 2018;18(1):804.
33. Tan GM, Guinn NR, Frank SM, Shander A. Proceedings From the Society for Advancement of Blood Management Annual Meeting 2017: Management Dilemmas of the Surgical Patient-When Blood Is Not an Option. *Anesth Analg*. 2019;128(1):144-51.
34. Shah A, Brunskill SJ, Desborough MJ, Doree C, Trivella M, Stanworth SJ. Transfusion of red blood cells stored for shorter versus longer duration for all conditions. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;12(12):CD010801.
35. Quinn J, Campbell C, Gomez A, Kumar-Misir A, Watson S, Liwski D, et al. The successful implementation of an automated institution-wide assessment of hemoglobin and ABO typing to dynamically estimate red blood cell inventory requirements. *Transfusion*. 2019;59(7):2203-6.
36. Birhan MM, Asfaw G. Determinants of blood transfusion for elective surgical procedures at Tikur Anbessa Specialized Hospital, Addis Ababa, Ethiopia, 2017. *Transfus Apher Sci*. 2019;58(5):628-31.
37. Zewdie K, Genetu A, Mekonnen Y, Worku T, Sahlu A, Gulilalt D. Efficiency of blood utilization in elective surgical patients. *BMC Health Serv Res*. 2019;19(1):804.
38. Sharma A, Nallasamy K, Jain A, Williams V, Jayashree M. Blood component utilization before and after implementation of good transfusion practice measures in a pediatric emergency department. *Transfus Apher Sci*. 2020;59(2):102719.
39. Virk MS, Lancaster D, Quach T, Lim A, Shu E, Belanger G, et al. Optimizing O-negative RBC utilization using a data-driven approach. *Transfusion*. 2020;60(4):739-46.
40. Okocha O, Dand H, Avram MJ, Sweitzer B. An Effective and Efficient Testing Protocol for Diagnosing Iron-deficiency Anemia Preoperatively. *Anesthesiology*. 2020;133(1):109-18.
41. De la Garza Ramos R, Gelfand Y, Benton JA, Longo M, Echt M, Yanamadala V, et al. Rates, Risk Factors, and Complications of Red Blood Cell Transfusion in Metastatic Spinal Tumor Surgery: An Analysis of a Prospective Multicenter Surgical Database. *World Neurosurg*. 2020;139:e308-e15.
42. Bawazir WM, Dakkam FM. Enhancing the utilization of packed red blood cells stock in maternity hospitals. *Saudi Med J*. 2020;41(6):628-34.
43. Baig MI, Javed A, Asif Naveed M, Nawab K, Anwaar Alam S, Asif M. Wastage of Blood Units at Tertiary Care Hospitals of Lahore. *Cureus*. 2020;12(5):e8040.
44. Pennington Z, Ehresman J, Molina CA, Schilling A, Feghali J, Huq S, et al. A novel predictive model of intraoperative blood loss in patients undergoing elective lumbar surgery for degenerative pathologies. *Spine J*. 2020;20(12):1976-85.
45. Liu J, Lin J, Guan X, Liu L, Pan X, Zhou L, et al. Risks associated with perioperative anaemia and perioperative blood transfusion in patients undergoing neurosurgical operation. *Transfus Med*. 2020;30(5):343-51.

46. Haghpanah S, Miladi S, Kasraian L, Zamani A, Gholami M. Blood Transfusion Practice in Operating Rooms in Nemazee Hospital in Southern Iran. *Arch Iran Med*. 2021;24(2):107-12.
47. Feyisa T, Tesfaye Kiya G, Maleko WA. Assessment of recipients' characteristics, transfusion appropriateness, and utilization pattern of blood and blood products in Jimma Medical Center, Jimma, Ethiopia. *PLoS One*. 2021;16(4):e0250623.
48. Amin RM, Puvanesarajah V, Chaudhry YP, Best MJ, Rao SS, Frank SM, et al. Reducing unnecessary crossmatching for hip fracture patients by accounting for preoperative hemoglobin concentration. *World J Orthop*. 2021;12(5):292-300.
49. Darveau SC, Pertsch NJ, Toms SA, Weil RJ. Short term outcomes associated with patients requiring blood transfusion following elective laminectomy and fusion for lumbar stenosis: A propensity-matched analysis. *J Clin Neurosci*. 2021;90:184-90.
50. Tomás-Biosca A, Martínez-Simon A, Guridi J, Honorato-Cia C, Cacho-Asenjo E, Tejada Solís S, et al. Development and Performance Evaluation of a Clinical Predictive Model to Estimate the Risk of Red Blood Cell Requirements in Brain Tumor Surgery. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2023;35(1):74-9.
51. Erdogan U, Sari S, Akbas A. The Efficiency of Simultaneous Systemic and Topical Use of Tranexamic Acid in Spinal Fusion Surgery. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2022;83(1):46-51.
52. Falsetto A, Roffey DM, Jabri H, Kingwell SP, Stratton A, Phan P, et al. Allogeneic blood transfusions and infection risk in lumbar spine surgery: An American College of Surgeons National Surgery Quality Improvement Program Study. *Transfusion*. 2022;62(5):1027-33.
53. Shash H, Alabdulqader R, Alshehri L, Alkathery N, Al-Abdulrahman R, Alahmed S, et al. Blood utilization and quality indicators at a university hospital in the Eastern Province of Saudi Arabia. *PLoS One*. 2022;17(4):e0267449.
54. Núñez JH, Bosch-García D, Escudero B, Martínez-Peñas J, Omiste I, Alonzo-González F, et al. Is routine blood typing and screening necessary for degenerative cervical spine surgery patients in specialty surgical hospitals? *Transfusion*. 2022;62(6):1199-207.
55. Tunthanathip T, Sae-Heng S, Oearsakul T, Kaewborisutsakul A, Taweksomboonyat C. Economic impact of a machine learning-based strategy for preparation of blood products in brain tumor surgery. *PLoS One*. 2022;17(7):e0270916.
56. Spillinger A, Allen M, Karabon P, Hojjat H, Shenouda K, Hussein IH, et al. Cost-Effectiveness of Routine Type and Screens in Select Endonasal Skull Base Surgeries. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2022;83(Suppl 2):e449-e58.
57. Truong T, Mutavdzija M, Seglenieks R, Nathan H, Horton R. A health economic evaluation of the unnecessary ordering of coagulation studies and blood grouping prior to elective surgery. *J Perioper Pract*. 2023;33(7-8):253-6.
58. Lo BD, Qayum O, Penberthy KK, Gyi R, Lester LC, Hensley NB, et al. Dose-dependent effects of red blood cell transfusion and case mix index on venous thromboembolic events in spine surgery. *Vox Sang*. 2023;118(1):76-83.
59. Oliveira A, Fleming R, Galvão M. [The maximum surgical blood order schedule]. *Acta Med Port*. 2006;19(5):357-62.

60. Ghodrati F, Mekonnen M, Mahgerefteh N, Zhang AB, Pradhan A, Mozaffari K, et al. Preoperative meningioma vascularity index is associated with significantly increased intraoperative blood loss and greater risk of subtotal resection. *J Neurooncol.* 2023;161(3):583-91.
61. Sangtongjaraskul S, Sae-Phua V, Amornfa J, Tuchinda L. Risk factors of intraoperative blood transfusion in pediatric craniotomy for intracranial tumor resection: a 10-year analysis. *J Neurosurg Pediatr.* 2023;32(1):115-23.
62. Mendez E, Puig G, Barquero M, Leon A, Bellafont J, Colomina MJ. Enhanced recovery after surgery: a narrative review on patient blood management recommendations. *Minerva Anesthesiol.* 2023;89(10):906-13.
63. Russell N, Al-Adli N, Shank C, Carey S, Ajayi O. Utility of routine type and cross for anterior cervical discectomy and fusion: A retrospective review. *N Am Spine Soc J.* 2023;16:100280.
64. Neef V, König S, Becker H, Dubinski D, Flinspach A, Raimann FJ, et al. Red blood cell transfusion in patients undergoing elective primary glioblastoma resection. *Blood Transfus.* 2025;23(2):137-46.
65. Matsuda R, Maeoka R, Morimoto T, Nakazawa T, Morisaki Y, Nakase K, et al. Preoperative Blood Counts Predict Overall Survival in Patients Undergoing Surgical Removal of Brain Metastasis. *World Neurosurg.* 2024;186:e727-e33.
66. Urooj S, Mughal A, Siddiqui SA, Kamal R, Naeem A. Current practice of pre-operative assessment at a public sector hospital in Pakistan - a clinical audit. *J Pak Med Assoc.* 2024;74(4):736-40.
67. Morberg PCW, Ringdal KG, Espinosa A, Lindholm E. Excessive use of preoperative blood type and antibody screening: A retrospective observational study conducted in a hospital in Norway. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2024;68(10):1327-37.
68. Céspedes IC, Figueiredo MS, Hossne NA, Suriano Í, Rodrigues RC, Barros MMO, et al. Patient Blood Management Program Implementation: Comprehensive Recommendations and Practical Strategies. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2024;39(5):e20240205.
69. Söner HT, Oygen Ö, Güvenç B, Türkan RT, Şener F, Söner S, et al. Blood transfusion in pediatric intracranial tumor surgery. *BMC Anesthesiol.* 2024;24(1):369.
70. Kaur A, Patale D, Lokhande T. Analyzing RBC Transfusion Practices Using Quality Indicators: A Retrospective Transfusion Audit. *Cureus.* 2024;16(9):e69550.
71. Joon V, Robins RDL, Haran A H, I SK, James S. Evaluating the Crossmatch-to-Transfusion Ratio as a Tool for Analyzing and Optimizing Blood Bank Resource Utilization: A Retrospective Observational Study. *Cureus.* 2024;16(9):e69862.
72. Virk MS, Cederlof K, Howard E, Panigrahi A. Improving RBC inventory by optimizing preoperative ordering and eliminating crossmatch and hold. *Transfusion.* 2024;64(12):2279-85.
73. Aziz N, Waqar U, Bukhari MM, Uzair M, Ahmed S, Naz H, et al. Blood transfusions in craniotomy for tumor resection: Incidence, risk factors, and outcomes. *J Clin Neurosci.* 2025;132:111009.
74. Benzil DL, Auron M, Otroock ZK, Lallo D, Flowers N, Cummings K, et al. A maximum surgical blood ordering schedule: Does it add value? *Vox Sang.* 2025;120(4):411-8.

75. Mohammadtaghi Kashi T, Hojjati MT, Ayatollahi AA. Blood Product Management: A Comprehensive Analysis in a Trauma Center Hospital. *Arch Iran Med*. 2025;28(2):107-11.
76. Eyth A, Borngaesser F, Rudolph MI, Paschold BS, Ramishvili T, Kaiser L, et al. Development and Validation of a Risk Model to Predict Intraoperative Blood Transfusion. *JAMA Netw Open*. 2025;8(4):e255522.
77. Priya S, Srinivasan S, V K. A Retrospective Analysis of Utilization Patterns and the National Accreditation Board for Hospitals and Healthcare Providers (NABH)-Mandated Blood Bank Quality Indicators at a Tertiary Care Hospital in South India. *Cureus*. 2025;17(5):e84876.
78. Pliego Reyes CL, Flores Alcántar G. Evolution of blood transfusion. *Rev Fac Med (Mex)*. 2012;55(1):35-42.
79. Zhou JJ, Hemphill C, Walker CT, Farber SH, Uribe JS. Adverse Effects of Perioperative Blood Transfusion in Spine Surgery. *World Neurosurg*. 2021;149:73-9.
80. Regan FA, Hewitt P, Barbara JA, Contreras M. Prospective investigation of transfusion transmitted infection in recipients of over 20 000 units of blood. TTI Study Group. *BMJ*. 2000;320(7232):403-6.
81. Prax M, Bekeredjian-Ding I, Krut O. Microbiological Screening of Platelet Concentrates in Europe. *Transfus Med Hemother*. 2019;46(2):76-86.
82. Giménez-Richarte Á, Ortiz de Salazar MI, Giménez-Richarte MP, Collado M, Fernández PL, Clavijo C, et al. Transfusion-transmitted arboviruses: Update and systematic review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2022;16(10):e0010843.
83. Semple JW, Rebetz J, Kapur R. Transfusion-associated circulatory overload and transfusion-related acute lung injury. *Blood*. 2019;133(17):1840-53.
84. Etheridge J, Shah P, Stanworth SJ, Harrison E, Gillies M, Walsh TS, et al. Association between peri-operative red blood cell transfusion and cancer recurrence in patients undergoing major cancer surgery: an umbrella review. *Anaesthesia*. 2025;80 Suppl 2(Suppl 2):65-74.
85. Baker L, Park L, Gilbert R, Ahn H, Martel A, Lenet T, et al. Intraoperative Red Blood Cell Transfusion Decision-making: A Systematic Review of Guidelines. *Ann Surg*. 2021;274(1):86-96.
86. Vetter TR, Adhami LF, Porterfield JR, Marques MB. Perceptions about blood transfusion: a survey of surgical patients and their anesthesiologists and surgeons. *Anesth Analg*. 2014;118(6):1301-8.
87. Amin M, Fergusson D, Wilson K, Tinmouth A, Aziz A, Coyle D, et al. The societal unit cost of allogenic red blood cells and red blood cell transfusion in Canada. *Transfusion*. 2004;44(10):1479-86.
88. Shander A, Hofmann A, Ozawa S, Theusinger OM, Gombotz H, Spahn DR. Activity-based costs of blood transfusions in surgical patients at four hospitals. *Transfusion*. 2010;50(4):753-65.
89. Carson JL, Grossman BJ, Kleinman S, Tinmouth AT, Marques MB, Fung MK, et al. Red blood cell transfusion: a clinical practice guideline from the AABB*. *Ann Intern Med*. 2012;157(1):49-58.
90. Shander A, Javidroozi M, Ozawa S, Hare GM. What is really dangerous: anaemia or transfusion? *Br J Anaesth*. 2011;107 Suppl 1:i41-59.

91. Neef V, König S, Monden D, Dubinski D, Benesch A, Raimann FJ, et al. Clinical Outcome and Risk Factors of Red Blood Cell Transfusion in Patients Undergoing Elective Primary Meningioma Resection. *Cancers (Basel)*. 2021;13(14).
92. Schneider M, Schäfer N, Potthoff AL, Weinhold L, Eichhorn L, Weller J, et al. Perioperative red blood cell transfusion is associated with poor functional outcome and overall survival in patients with newly diagnosed glioblastoma. *Neurosurg Rev*. 2022;45(2):1327-33.
93. Osakidetza DdSy. **El Departamento de Salud y Osakidetza hacen un llamamiento a la ciudadanía para donar sangre ante la bajada de los niveles en las reservas tras la navidad** <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/noticia/2025/el-departamento-salud-y-osakidetza-hacen-llamamiento-ciudadania-donar-sangre-bajada-niveles-reservas-navidad/>: Euskadi.eus; 2025 [
94. Warner MA, Patel PA, Hensley NB, Mazzeffi M. COVID-19-Related Blood Shortages and Cardiac Surgery: Do We Have Too Many Eggs in One Basket? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(7):1823-6.
95. Yu SC, Yao YT, Group EiCAE. The influence of the COVID-19 pandemic on blood donation and supply in China. *Transfus Med*. 2024;34(2):124-35.
96. Ngo A, Masel D, Cahill C, Blumberg N, Refaai MA. Blood Banking and Transfusion Medicine Challenges During the COVID-19 Pandemic. *Clin Lab Med*. 2020;40(4):587-601.
97. Das K, Raturi M, Agrawal N, Kala M, Kusum A. Indian blood donor selection guidelines: Review in the context of the ongoing COVID-19 pandemic. *Transfus Clin Biol*. 2021;28(2):213-6.
98. España Gd. Actividad de Centros y Servicios de Transfusión. In: sanidad Md, editor. <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/medicinaTransfusional/publicaciones/publicaciones.htm2023>.
99. Warner MA, Shore-Lesserson L, Shander A, Patel SY, Perelman SI, Guinn NR. Perioperative Anemia: Prevention, Diagnosis, and Management Throughout the Spectrum of Perioperative Care. *Anesth Analg*. 2020;130(5):1364-80.
100. Karkouti K, Wijeyesundera DN, Beattie WS, Investigators RBCSR. Risk associated with preoperative anemia in cardiac surgery: a multicenter cohort study. *Circulation*. 2008;117(4):478-84.
101. Rubinger DA, Cahill C, Ngo A, Gloff M, Refaai MA. Preoperative Anemia Management: What's New in 2020? *Current Anesthesiology Reports*. 2020;10.
102. Mueller MM, Van Remoortel H, Meybohm P, Aranko K, Aubron C, Burger R, et al. Patient Blood Management: Recommendations From the 2018 Frankfurt Consensus Conference. *JAMA*. 2019;321(10):983-97.
103. Musallam KM, Tamim HM, Richards T, Spahn DR, Rosendaal FR, Habbal A, et al. Preoperative anaemia and postoperative outcomes in non-cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2011;378(9800):1396-407.
104. Shavit L, Hitti S, Silberman S, Tauber R, Merin O, Lifschitz M, et al. Preoperative hemoglobin and outcomes in patients with CKD undergoing cardiac surgery. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2014;9(9):1536-44.
105. Tomás-Biosca A, Martínez-Simon A, Guridi J, Tejada Solís S, Bejarano B, Honorato-Cia C, et al. Preoperative Hemoglobin and Actual Need for Blood

Transfusion in Brain Tumor Resection Procedures: A Retrospective Cohort Study. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2022;34(2):251-2.

106. Fowler AJ, Ahmad T, Phull MK, Allard S, Gillies MA, Pearse RM. Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. *Br J Surg.* 2015;102(11):1314-24.

107. Howell K, Garvan C, Amini S, Kamyszek RW, Tighe P, Price CC, et al. Association Between Preoperative Anemia and Cognitive Function in a Large Cohort Study of Older Patients Undergoing Elective Surgery. *Anesth Analg.* 2025;140(1):14-23.

108. Alan N, Seicean A, Seicean S, Neuhauser D, Weil RJ. Impact of preoperative anemia on outcomes in patients undergoing elective cranial surgery. *J Neurosurg.* 2014;120(3):764-72.

109. Xiao Y, Cheng X, Jia L, Tian Y, He J, He M, et al. Preoperative hematocrit levels and postoperative mortality in patients undergoing craniotomy for brain tumors. *Front Oncol.* 2023;13:1246220.

110. Varela S, Puentes H, Moya A, Kazim SF, Couldwell WT, Schmidt MH, et al. Preoperative Laboratory Values Are Predictive of Adverse Postoperative Outcomes in Patients Older Than 65 Years Undergoing Brain Tumor Resection: A National Surgical Quality Improvement Program Study. *World Neurosurg.* 2023;176:e49-e59.

111. Alford EN, Chagoya G, Elsayed GA, Bernstock JD, Bentley JN, Romeo A, et al. Risk factors for wound-related complications after microvascular decompression. *Neurosurg Rev.* 2021;44(2):1093-101.

112. Seicean A, Seicean S, Alan N, Schiltz NK, Rosenbaum BP, Jones PK, et al. Preoperative anemia and perioperative outcomes in patients who undergo elective spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(15):1331-41.

113. Kim BD, Edelstein AI, Patel AA, Lovecchio F, Kim JY. Preoperative anemia does not predict complications after single-level lumbar fusion: a propensity score-matched multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(23):1981-9.

114. Khanna R, Harris DA, McDevitt JL, Fessler RG, Carabini LM, Lam SK, et al. Impact of Anemia and Transfusion on Readmission and Length of Stay After Spinal Surgery: A Single-center Study of 1187 Operations. *Clin Spine Surg.* 2017;30(10):E1338-E42.

115. Nouri A, Matur A, Pennington Z, Elson N, Karim Ahmed A, Huq S, et al. Prevalence of anemia and its relationship with neurological status in patients undergoing surgery for degenerative cervical myelopathy and radiculopathy: A retrospective study of 2 spine centers. *J Clin Neurosci.* 2020;72:252-7.

116. Hersh EH, Sarkiss CA, Ladner TR, Lee N, Kothari P, Lakomkin N, et al. Perioperative Risk Factors for Thirty-Day Morbidity and Mortality in the Resection of Extradural Thoracic Spine Tumors. *World Neurosurg.* 2018;120:e950-e6.

117. Sarkiss CA, Hersh EH, Ladner TR, Lee N, Kothari P, Lakomkin N, et al. Risk Factors for Thirty-Day Morbidity and Mortality in Extradural Lumbar Spine Tumor Resection. *World Neurosurg.* 2018;114:e1101-e6.

118. Bydon M, Abt NB, Macki M, Brem H, Huang J, Bydon A, et al. Preoperative anemia increases postoperative morbidity in elective cranial neurosurgery. *Surg Neurol Int.* 2014;5:156.

119. Seicean A, Alan N, Seicean S, Neuhauser D, Selman WR, Bambakidis NC. Risks associated with preoperative anemia and perioperative blood transfusion in open surgery for intracranial aneurysms. *J Neurosurg.* 2015;123(1):91-100.
120. Coia M, Baker JF. Development of a Prediction Model for Significant Adverse Outcome After Spine Surgery. *Global Spine J.* 2022;21925682221110819.
121. Almeida ND, Lee R, Bestourous D, Klein AL, Parekh NR, Sack K, et al. Perioperative Complications Associated with Severity of Anemia in Geriatric Patients Undergoing Spinal Procedures. *World Neurosurg.* 2020;135:e307-e20.
122. Briguglio M, Perazzo P, Langella F, Crespi T, De Vecchi E, Riso P, et al. Prediction of Long-Term Recovery From Disability Using Hemoglobin-Based Models: Results From a Cohort of 1,392 Patients Undergoing Spine Surgery. *Front Surg.* 2022;9:850342.
123. Chen LY, Chang Y, Wong CE, Chi KY, Lee JS, Huang CC, et al. Risk Factors for 30-day Unplanned Readmission following Surgery for Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review. *Global Spine J.* 2023;13(2):563-74.
124. Ouyang H, Hu Y, Hu W, Zhang H, Sun Z, Tang Y, et al. Incidences, causes and risk factors of unplanned reoperations within 30 days of spine surgery: a single-center study based on 35,246 patients. *Spine J.* 2022;22(11):1811-9.
125. Rogerson A, Aidlen J, Mason A, Pierce A, Tybor D, Salzler MJ. Predictors of Inpatient Morbidity and Mortality After 1- and 2-Level Anterior Cervical Discectomy and Fusion Based on the National Inpatient Sample Database From 2006 Through 2010. *Orthopedics.* 2021;44(5):e675-e81.
126. Ye I, Tang R, White SJ, Cheung ZB, Cho SK. Predictors of 30-Day Postoperative Pulmonary Complications After Open Reduction and Internal Fixation of Vertebral Fractures. *World Neurosurg.* 2019;123:e288-e93.
127. Gold C, Ray E, Christianson D, Park B, Kournoutas IA, Kahn TA, et al. Risk factors for delirium in elderly patients after lumbar spinal fusion. *Clin Neurol Neurosurg.* 2022;219:107318.
128. Fontanals M, O'Leary JD, Zaarour C, Skelton T, Faraoni D. Preoperative anemia increases the risk of red blood cell transfusion and prolonged hospital length of stay in children undergoing spine arthrodesis surgery. *Transfusion.* 2019;59(2):492-9.
129. Xu Y, Chen W, Jiang J. Cervical spondylotic myelopathy with vitamin B. *Exp Ther Med.* 2013;6(4):943-6.
130. Haghighi SS, Zhang R, Stein D. Cervical myelopathy due to chronic vitamin B12 deficiency or herniated cervical disc or both. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2003;43(7):443-7.
131. Kouri A, Tanios M, Herron JS, Cooper M, Khan M. Mimickers of Cervical Spondylotic Myelopathy. *JBJS Rev.* 2018;6(10):e9.
132. Al-Naseem A, Sallam A, Choudhury S, Thachil J. Iron deficiency without anaemia: a diagnosis that matters. *Clin Med (Lond).* 2021;21(2):107-13.
133. Muñoz M, Acheson AG, Auerbach M, Besser M, Habler O, Kehlet H, et al. International consensus statement on the peri-operative management of anaemia and iron deficiency. *Anaesthesia.* 2017;72(2):233-47.
134. Berthou C, Iliou JP, Barba D. Iron, neuro-bioavailability and depression. *EJHaem.* 2022;3(1):263-75.

135. Yap CH, Lau L, Krishnaswamy M, Gaskell M, Yip M. Age of transfused red cells and early outcomes after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008;86(2):554-9.
136. Hébert PC, Chin-Yee I, Fergusson D, Blajchman M, Martineau R, Clinch J, et al. A pilot trial evaluating the clinical effects of prolonged storage of red cells. *Anesth Analg.* 2005;100(5):1433-8, table of contents.
137. Hess JR. Red cell changes during storage. *Transfus Apher Sci.* 2010;43(1):51-9.
138. Hess JR. Red cell storage. *J Proteomics.* 2010;73(3):368-73.
139. Hess JR. An update on solutions for red cell storage. *Vox Sang.* 2006;91(1):13-9.
140. Hod EA, Brittenham GM, Billote GB, Francis RO, Ginzburg YZ, Hendrickson JE, et al. Transfusion of human volunteers with older, stored red blood cells produces extravascular hemolysis and circulating non-transferrin-bound iron. *Blood.* 2011;118(25):6675-82.
141. Martí-Carvajal AJ, Simancas-Racines D, Peña-González BS. Prolonged storage of packed red blood cells for blood transfusion. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(7):CD009330.
142. Alexander PE, Barty R, Fei Y, Vandvik PO, Pai M, Siemieniuk RA, et al. Transfusion of fresher vs older red blood cells in hospitalized patients: a systematic review and meta-analysis. *Blood.* 2016;127(4):400-10.
143. Chai-Adisaksopha C, Alexander PE, Guyatt G, Crowther MA, Heddle NM, Devereaux PJ, et al. Mortality outcomes in patients transfused with fresher versus older red blood cells: a meta-analysis. *Vox Sang.* 2017;112(3):268-78.
144. Cheng F, Yang D, Chen J, Qin L, Tan B. The safety and efficacy of transfusing red blood cells stored for different durations: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Lab Med.* 2024;55(6):776-84.
145. Peters AL, van Bruggen R, de Korte D, Van Noorden CJ, Vlaar AP. Glucose-6-phosphate dehydrogenase activity decreases during storage of leukoreduced red blood cells. *Transfusion.* 2016;56(2):427-32.
146. D'Alessandro A, Reisz JA, Culp-Hill R, Korsten H, van Bruggen R, de Korte D. Metabolic effect of alkaline additives and guanosine/gluconate in storage solutions for red blood cells. *Transfusion.* 2018;58(8):1992-2002.
147. Bruun-Rasmussen P, Kragh Andersen P, Banasik K, Brunak S, Johansson PI. Intervening on the storage time of RBC units and its effects on adverse recipient outcomes using real-world data. *Blood.* 2022;139(25):3647-54.
148. Walsh TS, Stanworth S, Boyd J, Hope D, Hemmatpour S, Burrows H, et al. The Age of BLOOD Evaluation (ABLE) randomised controlled trial: description of the UK-funded arm of the international trial, the UK cost-utility analysis and secondary analyses exploring factors associated with health-related quality of life and health-care costs during the 12-month follow-up. *Health Technol Assess.* 2017;21(62):1-118.
149. Cholette JM, Pietropaoli AP, Henrichs KF, Alfieri GM, Powers KS, Phipps R, et al. Longer RBC storage duration is associated with increased postoperative infections in pediatric cardiac surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2015;16(3):227-35.
150. Ruel-Laliberté J, Lessard Bonaventure P, Fergusson D, Lacroix J, Zarychanski R, Lauzier F, et al. Effect of age of transfused red blood cells on neurologic outcome

following traumatic brain injury (ABLE-tbi Study): a nested study of the Age of Blood Evaluation (ABLE) trial. *Can J Anaesth*. 2019;66(6):696-705.

151. Lacroix J, Hébert PC, Fergusson DA, Tinmouth A, Cook DJ, Marshall JC, et al. Age of transfused blood in critically ill adults. *N Engl J Med*. 2015;372(15):1410-8.

152. Cooper DJ, McQuilten ZK, Nichol A, Ady B, Aubron C, Bailey M, et al. Age of Red Cells for Transfusion and Outcomes in Critically Ill Adults. *N Engl J Med*. 2017;377(19):1858-67.

153. Irving A, Higgins A, Ady B, Bellomo R, Cooper DJ, French C, et al. Fresh Red Cells for Transfusion in Critically Ill Adults: An Economic Evaluation of the Standard Issue Transfusion Versus Fresher Red-Cell Use in Intensive Care (TRANSFUSE) Clinical Trial. *Crit Care Med*. 2019;47(7):e572-e9.

154. Traube C, Tucci M, Nellis ME, Avery KL, McQuillen PS, Fitzgerald JC, et al. Transfusion-Associated Delirium in Children: No Difference Between Short Storage Versus Standard Issue RBCs. *Crit Care Med*. 2022;50(2):173-82.

155. Wolf J, Geneen LJ, Meli A, Doree C, Cardigan R, New HV. Hyperkalaemia Following Blood Transfusion-a Systematic Review Assessing Evidence and Risks. *Transfus Med Rev*. 2022;36(3):133-42.

156. Hall TC, Pattenden C, Hollobone C, Pollard C, Dennison AR. Blood Transfusion Policies in Elective General Surgery: How to Optimise Cross-Match-to-Transfusion Ratios. *Transfus Med Hemother*. 2013;40(1):27-31.

157. Dexter F, Ledolter J, Davis E, Witkowski TA, Herman JH, Epstein RH. Systematic criteria for type and screen based on procedure's probability of erythrocyte transfusion. *Anesthesiology*. 2012;116(4):768-78.

158. Frank SM, Rothschild JA, Masear CG, Rivers RJ, Merritt WT, Savage WJ, et al. Optimizing preoperative blood ordering with data acquired from an anesthesia information management system. *Anesthesiology*. 2013;118(6):1286-97.

159. Palmer T, Wahr JA, O'Reilly M, Greenfield ML. Reducing unnecessary cross-matching: a patient-specific blood ordering system is more accurate in predicting who will receive a blood transfusion than the maximum blood ordering system. *Anesth Analg*. 2003;96(2):369-75, table of contents.

160. Friedman BA, Oberman HA, Chadwick AR, Kingdon KI. The maximum surgical blood order schedule and surgical blood use in the United States. *Transfusion*. 1976;16(4):380-7.

161. Yang P, Zijlstra EP, Hall BL, Gregory SH, Jackups R, Li J, et al. Challenges in reliable preoperative blood ordering: A qualitative interview study. *Transfusion*. 2024;64(10):1889-98.

162. Yazer MH, Kutner J, McCabe J, O'Donghaile D, Pendergrast J, Tremi A, et al. An international survey of maximum surgical blood ordering schedule creation and compliance. *ISBT Sci Ser*. 2019;14(3):315-22.

163. Mahar FK, Moiz B, Khurshid M, Chawla T. Implementation of Maximum Surgical Blood Ordering Schedule and an Improvement in Transfusion Practices of Surgeons subsequent to Intervention. *Indian J Hematol Blood Transfus*. 2013;29(3):129-33.

164. Jayaranee S, Prathiba R, Vasanthi N, Lopez CG. An analysis of blood utilization for elective surgery in a tertiary medical centre in Malaysia. *Malays J Pathol*. 2002;24(1):59-66.

165. Bamford RF, Hall A, Loftus IM, Thompson MM, Black SA. Rationalising cross-match requests in vascular surgery is safe and cost effective. *J Perioper Pract.* 2014;24(9):206-9.
166. White MJ, Hazard SW, Frank SM, Boyd JS, Wick EC, Ness PM, et al. The evolution of perioperative transfusion testing and blood ordering. *Anesth Analg.* 2015;120(6):1196-203.
167. Turan A, Waters JH, Sessler DI. A novel approach to preoperative blood orders. *Anesthesiology.* 2013;118(6):1250-1.
168. Qian F, Osler TM, Eaton MP, Dick AW, Hohmann SF, Lustik SJ, et al. Variation of blood transfusion in patients undergoing major noncardiac surgery. *Ann Surg.* 2013;257(2):266-78.
169. Saringcarinkul A, Chuasuwan S. Maximum Surgical Blood Order Schedule for Elective Neurosurgery in a University Teaching Hospital in Northern Thailand. *Asian J Neurosurg.* 2018;13(2):329-35.
170. Lou SS, Liu H, Lu C, Wildes TS, Hall BL, Kannampallil T. Personalized Surgical Transfusion Risk Prediction Using Machine Learning to Guide Preoperative Type and Screen Orders. *Anesthesiology.* 2022;137(1):55-66.
171. Zapf MAC, Fabbri DV, Andrews J, Li G, Freundlich RE, Al-Droubi S, et al. Development of a machine learning model to predict intraoperative transfusion and guide type and screen ordering. *J Clin Anesth.* 2023;91:111272.
172. Boral LI, Henry JB. The type and screen: a safe alternative and supplement in selected surgical procedures. *Transfusion.* 1977;17(2):163-8.
173. Sharma R, Sanwalka N. Utilization of blood products in a tertiary care hospital. A descriptive cohort study. *IP Journal of diagnostic Pathology and Oncology.* 2020;5(3):313-7.
174. Guidelines for implementation of a maximum surgical blood order schedule. The British Committee for Standards in Haematology Blood Transfusion Task Force. *Clin Lab Haematol.* 1990;12(3):321-7.
175. Mead JH, Anthony CD, Sattler M. Hemotherapy in elective surgery: an incidence report, review of the literature, and alternatives for guideline appraisal. *Am J Clin Pathol.* 1980;74(2):223-7.
176. Crawford-Sykes A, Ehikhametalor K, Tennant I, Scarlett M, Augier R, Williamson L, et al. Blood use in neurosurgical cases at the university hospital of the west indies. *West Indian Med J.* 2014;63(1):54-8.
177. Raghuwanshi B, Pehlajani NK, Sinha MK, Tripathy S. A retrospective study of transfusion practices in a Tertiary Care Institute. *Indian J Anaesth.* 2017;61(1):24-8.
178. Sarma DP. A rational blood-ordering policy for neurosurgery. *J La State Med Soc.* 1986;138(11):47-8, 53.
179. Salud OSVd. <https://www.osakidetza.euskadi.eus/servicios-on-line/-/servicios-para-empresas/> [
180. Barquero M, Bibe E, Basora C, Colomina MJ, C. J. Protocolo para la optimización preparatoria de la hemoglobina en la cirugía programada. <https://mapbm.org/protocols/es>: Protocolos MAPBM.
181. Muñoz M, Aragón S, Ballesteros M, Bisbe-Vives E, Jericó C, Llamas-Sillero P, et al. Executive summary of the consensus document on the management of perioperative anemia in Spain. *Rev Clin Esp (Barc).* 2024;224(4):225-32.

182. Salud OSDd. Tratamiento de las anemias por déficit de hierro y de vital B12. Infac Farmakoterapia Informativa Información farmacoterapéutica. 2018;26(4):27-36.
183. Soppi ET. Iron deficiency without anemia - a clinical challenge. Clin Case Rep. 2018;6(6):1082-6.
184. Camaschella C. Iron deficiency. Blood. 2019;133(1):30-9.
185. Muñoz M, Acheson AG, Bisbe E, Butcher A, Gómez-Ramírez S, Khalafallah AA, et al. An international consensus statement on the management of postoperative anaemia after major surgical procedures. Anaesthesia. 2018;73(11):1418-31.
186. Miles LF, Sandhu RN, Grobler AC, Heritier S, Burgess A, Burbury KL, et al. Associations between non-anaemic iron deficiency and outcomes following surgery for colorectal cancer: An exploratory study of outcomes relevant to prospective observational studies. Anaesth Intensive Care. 2019;47(2):152-9.
187. Anand I, Gupta P. Response by Anand and Gupta to Letter Regarding Article, "Anemia and Iron Deficiency in Heart Failure: Current Concepts and Emerging Therapies". Circulation. 2018;138(25):2976-7.
188. Alleyne M, Horne MK, Miller JL. Individualized treatment for iron-deficiency anemia in adults. Am J Med. 2008;121(11):943-8.
189. Auerbach M, Deloughery T. Single-dose intravenous iron for iron deficiency: a new paradigm. Hematology Am Soc Hematol Educ Program. 2016;2016(1):57-66.
190. Hudson-Thomas M, Bingham KC, Simmons WK. An evaluation of the HemoCue for measuring haemoglobin in field studies in Jamaica. Bull World Health Organ. 1994;72(3):423-6.
191. Schenk MH, Falkensson M, Lundberg B. Evaluation of Hemo Cue, a new device for determining hemoglobin. Clinical Chemistry. 1986;32(3).
192. Niraj G, Puri GD, Arun D, Chakravarty V, Aveek J, Chari P. Assessment of intraoperative blood transfusion practice during elective non-cardiac surgery in an Indian tertiary care hospital. Br J Anaesth. 2003;91(4):586-9.
193. Musa AUN, M.A. Hassan, A.A. Kilishi, A. Kwaifa, I.K. Pattern of blood transfusion request and utilization at a Nigerian University Teaching Hospital. Sahel Medical Journal. 2014;17(19-22).
194. Vibhute M, Kamath SK, Shetty A. Blood utilisation in elective general surgery cases: requirements, ordering and transfusion practices. J Postgrad Med. 2000;46(1):13-7.
195. Vasco EJG. Tarifas para facturación de servicios sanitarios y docentes de Osakidetza. In: Osakidetza ZNDgd, editor. <https://www.osakidetza.euskadi.eus/servicios-para-empresas/webosk00-sercon/es/>.
196. Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. Surgery. 1962;51(2):224-32.
197. Lemmens HJ, Bernstein DP, Brodsky JB. Estimating blood volume in obese and morbidly obese patients. Obes Surg. 2006;16(6):773-6.
198. Pearson TC, Guthrie DL, Simpson J, Chinn S, Barosi G, Ferrant A, et al. Interpretation of measured red cell mass and plasma volume in adults: Expert Panel on Radionuclides of the International Council for Standardization in Haematology. Br J Haematol. 1995;89(4):748-56.

199. Gilcher RO, Smith JW. Apheresis: principles and technology of hemapheresis. In: Simon TL, Snyder EL, Solheim BG, al e, editors. Rossi,s Principles of Transfusion Medicine. 4 th ed: BLACKWELL PUBLISHING LTD; 2009. p. 617-28.
200. Sharareh B, Woolwine S, Satish S, Abraham P, Schwarzkopf R. Real Time Intraoperative Monitoring of Blood Loss with a Novel Tablet Application. *Open Orthop J*. 2015;9:422-6.
201. Kolb KS, Day T, McCall WG. Accuracy of blood loss determination by health care professionals. *CRNA*. 1999;10(4):170-3.
202. Rothermel LD, Lipman JM. Estimation of blood loss is inaccurate and unreliable. *Surgery*. 2016;160(4):946-53.
203. Guinn NR, Broomer BW, White W, Richardson W, Hill SE. Comparison of visually estimated blood loss with direct hemoglobin measurement in multilevel spine surgery. *Transfusion*. 2013;53(11):2790-4.
204. Mastracci TM, Bhandari M, Mundi R, Rizoli SB, Nascimento BA, Schreiber M, et al. Operative blood loss, blood transfusion and 30-day mortality in older patients after major noncardiac surgery. *Can J Surg*. 2012;55(6):426-8.
205. Therapies ASoATFoPBTaA. Practice guidelines for perioperative blood transfusion and adjuvant therapies: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blood Transfusion and Adjuvant Therapies. *Anesthesiology*. 2006;105(1):198-208.
206. Tomic Mahecic T, Dünser M, Meier J. RBC Transfusion Triggers: Is There Anything New? *Transfus Med Hemother*. 2020;47(5):361-8.
207. Lelubre C, Bouzat P, Crippa IA, Taccone FS. Anemia management after acute brain injury. *Crit Care*. 2016;20(1):152.
208. Tommasino C. Fluids and the neurosurgical patient. *Anesthesiol Clin North America*. 2002;20(2):329-46, vi.
209. Rail B, Hicks WH, Oduguwa E, Barrie U, Pernik MN, Montgomery E, et al. Transfusion Guidelines in Brain Tumor Surgery: A Systematic Review and Critical Summary of Currently Available Evidence. *World Neurosurg*. 2022;165:172-9.e2.
210. Pavenski K, Stanworth S, Fung M, Wood EM, Pink J, Murphy MF, et al. Quality of Evidence-Based Guidelines for Transfusion of Red Blood Cells and Plasma: A Systematic Review. *Transfus Med Rev*. 2018.
211. Hare GM. Anaemia and the brain. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2004;17(5):363-9.
212. Rebel A, Ulatowski JA, Kwansa H, Bucci E, Koehler RC. Cerebrovascular response to decreased hematocrit: effect of cell-free hemoglobin, plasma viscosity, and CO₂. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285(4):H1600-8.
213. Weiskopf RB, Kramer JH, Viele M, Neumann M, Feiner JR, Watson JJ, et al. Acute severe isovolemic anemia impairs cognitive function and memory in humans. *Anesthesiology*. 2000;92(6):1646-52.
214. Weiskopf RB, Feiner J, Hopf HW, Viele MK, Watson JJ, Kramer JH, et al. Oxygen reverses deficits of cognitive function and memory and increased heart rate induced by acute severe isovolemic anemia. *Anesthesiology*. 2002;96(4):871-7.
215. Griesdale DE, Sekhon MS, Menon DK, Lavinio A, Donnelly J, Robba C, et al. Hemoglobin Area and Time Index Above 90 g/L are Associated with Improved 6-Month Functional Outcomes in Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *Neurocrit Care*. 2015;23(1):78-84.

216. Oddo M, Levine JM, Kumar M, Iglesias K, Frangos S, Maloney-Wilensky E, et al. Anemia and brain oxygen after severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med.* 2012;38(9):1497-504.
217. Zulfiqar A, Nelofar H, Sumaya S. Blood transfusion practices in neuroanaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia.* 2014;58(5):622-8.
218. Llau Pitarch JV, Duca A. Criterios actuales en la medicina transfusional perioperatoria. *Salud(i)Ciencia.* 2016;22(140-146).
219. Spahn DR, Madjdpour C. Physiologic transfusion triggers: do we have to use (our) brain? *Anesthesiology.* 2006;104(5):905-6.
220. Adamczyk S, Robin E, Simerabet M, Kipnis E, Tavernier B, Vallet B, et al. Sevoflurane pre- and post-conditioning protect the brain via the mitochondrial KATP channel. *Br J Anaesth.* 2010;104(2):191-200.
221. Vallet B, Robin E, Lebuffe G. Venous oxygen saturation as a physiologic transfusion trigger. *Crit Care.* 2010;14(2):213.
222. Baker L, Park L, Gilbert R, Martel A, Ahn H, Davies A, et al. Guidelines on the intraoperative transfusion of red blood cells: a protocol for systematic review. *BMJ Open.* 2019;9(6):e029684.
223. Alkhalid Y, Lagman C, Sheppard JP, Nguyen T, Prashant GN, Ziman AF, et al. Restrictive transfusion threshold is safe in high-risk patients undergoing brain tumor surgery. *Clin Neurol Neurosurg.* 2017;163:103-7.
224. Lagman C, Sheppard JP, Beckett JS, Tucker AM, Nagasawa DT, Prashant GN, et al. Red Blood Cell Transfusions Following Resection of Skull Base Meningiomas: Risk Factors and Clinical Outcomes. *J Neurol Surg B Skull Base.* 2018;79(6):599-605.
225. Kozek-Langenecker SA, Ahmed AB, Afshari A, Albaladejo P, Aldecoa C, Barauskas G, et al. Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology: First update 2016. *Eur J Anaesthesiol.* 2017;34(6):332-95.
226. Kaufner, L, Ch. VoH. Präoperative Anämie: Bedeutung, Diagnostik und Therapie. *Transfusionsmedizin.* 2019;9(1):18-23.
227. Perioperative care in adults. 2020.
228. Lasocki S, Pène F, Ait-Oufella H, Aubron C, Ausset S, Buffet P, et al. Management and prevention of anemia (acute bleeding excluded) in adult critical care patients. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2020;39(5):655-64.
229. Organization WH. Haemoglobin concentrations for the Diagnosis of anemia and assessment of severity. Ginebra: World Health Organization; 2011.
230. Blandszun G, Munting KE, Butchart A, Gerrard C, Klein AA. The association between borderline pre-operative anaemia in women and outcomes after cardiac surgery: a cohort study. *Anaesthesia.* 2018;73(5):572-8.
231. Rosencher N, Kerckamp HE, Macheras G, Munuera LM, Menichella G, Barton DM, et al. Orthopedic Surgery Transfusion Hemoglobin European Overview (OSTHEO) study: blood management in elective knee and hip arthroplasty in Europe. *Transfusion.* 2003;43(4):459-69.
232. Hare GMT, Mazer CD. Anemia: Perioperative Risk and Treatment Opportunity. *Anesthesiology.* 2021;135(3):520-30.
233. Miles LF, Richards T. Hematinic and Iron Optimization in Peri-operative Anemia and Iron Deficiency. *Curr Anesthesiol Rep.* 2022;12(1):65-77.

234. Steinbicker AU. Role of anesthesiologists in managing perioperative anemia. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2019;32(1):64-71.
235. Hoenemann C, Ostendorf N, Zarbock A, Doll D, Hagemann O, Zimmermann M, et al. Reticulocyte and Erythrocyte Hemoglobin Parameters for Iron Deficiency and Anemia Diagnostics in Patient Blood Management. A Narrative Review. *J Clin Med*. 2021;10(18).
236. Desai N, Schofield N, Richards T. Perioperative Patient Blood Management to Improve Outcomes. *Anesth Analg*. 2018;127(5):1211-20.
237. Gómez-Ramírez S, Jericó C, Muñoz M. Perioperative anemia: Prevalence, consequences and pathophysiology. *Transfus Apher Sci*. 2019;58(4):369-74.
238. Gerdessen L, Meybohm P, Choorapoikayil S, Herrmann E, Taeuber I, Neef V, et al. Comparison of common perioperative blood loss estimation techniques: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput*. 2021;35(2):245-58.
239. Oliver Sáez P, Alonso Díaz RLnHn, J. Monzó Inglés, V. Navarro Segarra, X. Noval Padillo, J.A. Guía sobre las pruebas de laboratorio en el lugar de asistencia al paciente (POCT). *Rev Lab Clin* 2016;9(2):60-80.
240. Chen WY, Yu XR, Zhang J, Yuan Q, Huang YG. Effect of Point-of-care Hemoglobin/Hematocrit Devices and Autologous Blood Salvage on Reduction of Perioperative Allogeneic Blood Transfusion. *Chin Med Sci J*. 2016;31(2):83-8.
241. Whitlock EL, Kim H, Auerbach AD. Harms associated with single unit perioperative transfusion: retrospective population based analysis. *BMJ*. 2015;350:h3037.
242. Pérez Esquerdo MR. Memoria de Osakidetza 2020-2021. 2 años de pandemia. Resultados Clave. In: Osakidetza, editor. 1ª Edición ed. www.osakidetza.euskadi.eus: Administración de la comunidad Autónoma del País Vasco; 2022.
243. Pro Q. Calculadora del tamaño de muestra. <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html> [
244. Stahl-Gugger A, de Godoi Rezende Costa Molino C, Wiecezorek M, Chocano-Bedoya PO, Abderhalden LA, Schaer DJ, et al. Prevalence and incidence of iron deficiency in European community-dwelling older adults: an observational analysis of the DO-HEALTH trial. *Aging Clin Exp Res*. 2022;34(9):2205-15.
245. Neef V, Choorapoikayil S, Piekarski F, Schlesinger T, Meybohm P, Zacharowski K. Current concepts in the evaluation and management of preoperative anemia. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2021;34(3):352-6.
246. Blanc BF, C.A. Hallberg, L Herbert, V. Lawkowicz, .W Layrisse, M. Nutritional anaemias. Report of a WHO Scientific Group WHO Tech Rep Ser 1968:1-40.
247. Fowler AJ, Ahmad T, Abbott TEF, Torrance HD, Wouters PF, De Hert S, et al. Association of preoperative anaemia with postoperative morbidity and mortality: an observational cohort study in low-, middle-, and high-income countries. *Br J Anaesth*. 2018;121(6):1227-35.
248. Beattie WS, Karkouti K, Wijeyesundera DN, Tait G. Risk associated with preoperative anemia in noncardiac surgery: a single-center cohort study. *Anesthesiology*. 2009;110(3):574-81.
249. Bateman RM, Sharpe MD, Jagger JE, Ellis CG, Solé-Violán J, López-Rodríguez M, et al. 36th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine : Brussels, Belgium. 15-18 March 2016. *Crit Care*. 2016;20(Suppl 2):94.

250. Shander A, Knight K, Thurer R, Adamson J, Spence R. Prevalence and outcomes of anemia in surgery: a systematic review of the literature. *Am J Med.* 2004;116 Suppl 7A:58S-69S.
251. Baron DM, Hochrieser H, Posch M, Metnitz B, Rhodes A, Moreno RP, et al. Preoperative anaemia is associated with poor clinical outcome in non-cardiac surgery patients. *Br J Anaesth.* 2014;113(3):416-23.
252. Giribabu P, Karan N, Sriganesh K, Shukla D, Devi BI. Incidence, risk factors and impact of anemia after elective neurosurgery: A retrospective cohort study. *World Neurosurg X.* 2024;22:100289.
253. Myles PS, Richards T, Klein A, Wood EM, Wallace S, Shulman MA, et al. Postoperative anaemia and patient-centred outcomes after major abdominal surgery: a retrospective cohort study. *Br J Anaesth.* 2022;129(3):346-54.
254. Franchini M, Muñoz M. Towards the implementation of patient blood management across Europe. *Blood Transfus.* 2017;15(4):292-3.
255. Perelman I, Winter R, Sikora L, Martel G, Saidenberg E, Fergusson D. The Efficacy of Postoperative Iron Therapy in Improving Clinical and Patient-Centered Outcomes Following Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Transfus Med Rev.* 2018;32(2):89-101.
256. Xu S, Wang Z, Ye J, Mei S, Zhang J. Identification of Iron Metabolism-Related Genes as Prognostic Indicators for Lower-Grade Glioma. *Front Oncol.* 2021;11:729103.
257. Shi J, Yang N, Han M, Qiu C. Emerging roles of ferroptosis in glioma. *Front Oncol.* 2022;12:993316.
258. Park KJ, Kim J, Testoff T, Adams J, Poklar M, Zborowski M, et al. Quantitative characterization of the regulation of iron metabolism in glioblastoma stem-like cells using magnetophoresis. *Biotechnol Bioeng.* 2019;116(7):1644-55.
259. Ferrarelli LK. Iron fuels glioblastoma growth. *Science signaling.* 2015;8(400).
260. Schonberg DL, Miller TE, Wu Q, Flavahan WA, Das NK, Hale JS, et al. Preferential Iron Trafficking Characterizes Glioblastoma Stem-like Cells. *Cancer Cell.* 2015;28(4):441-55.
261. Sato Y, Honda Y, Asoh T, Oizumi K, Ohshima Y, Honda E. Cerebrospinal fluid ferritin in glioblastoma: evidence for tumor synthesis. *J Neurooncol.* 1998;40(1):47-50.
262. Chirasani SR, Markovic DS, Synowitz M, Eichler SA, Wisniewski P, Kaminska B, et al. Transferrin-receptor-mediated iron accumulation controls proliferation and glutamate release in glioma cells. *J Mol Med (Berl).* 2009;87(2):153-67.
263. Liu J, Gao L, Zhan N, Xu P, Yang J, Yuan F, et al. Hypoxia induced ferritin light chain (FTL) promoted epithelia mesenchymal transition and chemoresistance of glioma. *J Exp Clin Cancer Res.* 2020;39(1):137.
264. Ott C, Martens H, Hassouna I, Oliveira B, Erck C, Zafeiriou MP, et al. Widespread Expression of Erythropoietin Receptor in Brain and Its Induction by Injury. *Mol Med.* 2015;21(1):803-15.
265. Hasselblatt M, Ehrenreich H, Sirén AL. The brain erythropoietin system and its potential for therapeutic exploitation in brain disease. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2006;18(2):132-8.

266. Brines ML, Ghezzi P, Keenan S, Agnello D, de Lanerolle NC, Cerami C, et al. Erythropoietin crosses the blood-brain barrier to protect against experimental brain injury. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000;97(19):10526-31.
267. Cerami A, Brines ML, Ghezzi P, Cerami CJ. Effects of epoetin alfa on the central nervous system. *Semin Oncol*. 2001;28(2 Suppl 8):66-70.
268. Bramlett HM, Dietrich WD, Dixon CE, Shear DA, Schmid KE, Mondello S, et al. Erythropoietin Treatment in Traumatic Brain Injury: Operation Brain Trauma Therapy. *J Neurotrauma*. 2016;33(6):538-52.
269. Liu C, Huang C, Xie J, Li H, Hong M, Chen X, et al. Potential Efficacy of Erythropoietin on Reducing the Risk of Mortality in Patients with Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. 2020;2020:7563868.
270. Liu M, Wang AJ, Chen Y, Zhao G, Jiang Z, Wang X, et al. Efficacy and safety of erythropoietin for traumatic brain injury. *BMC Neurol*. 2020;20(1):399.
271. Peng W, Xing Z, Yang J, Wang Y, Wang W, Huang W. The efficacy of erythropoietin in treating experimental traumatic brain injury: a systematic review of controlled trials in animal models. *J Neurosurg*. 2014;121(3):653-64.
272. Ponce LL, Navarro JC, Ahmed O, Robertson CS. Erythropoietin neuroprotection with traumatic brain injury. *Pathophysiology*. 2013;20(1):31-8.
273. Xiong Y, Mahmood A, Chopp M. Emerging treatments for traumatic brain injury. *Expert Opin Emerg Drugs*. 2009;14(1):67-84.
274. Digicaylioglu M, Lipton SA. Erythropoietin-mediated neuroprotection involves cross-talk between Jak2 and NF-kappaB signalling cascades. *Nature*. 2001;412(6847):641-7.
275. Sättler MB, Merkler D, Maier K, Stadelmann C, Ehrenreich H, Bähr M, et al. Neuroprotective effects and intracellular signaling pathways of erythropoietin in a rat model of multiple sclerosis. *Cell Death Differ*. 2004;11 Suppl 2:S181-92.
276. Byts N, Samoylenko A, Fasshauer T, Ivanisevic M, Hennighausen L, Ehrenreich H, et al. Essential role for Stat5 in the neurotrophic but not in the neuroprotective effect of erythropoietin. *Cell Death Differ*. 2008;15(4):783-92.
277. Beschorner R, Psaras T, Meyermann R, Bremer J, Schmidt T, Mittelbronn M, et al. Erythropoietin receptor expression in normal and neoplastic choroid plexus. *Clin Neuropathol*. 2011;30(1):33-40.
278. Torregrossa F, Aguenouz M, La Torre D, Sfacteria A, Grasso G. Role of Erythropoietin in Cerebral Glioma: An Innovative Target in Neuro-Oncology. *World Neurosurg*. 2019;131:346-55.
279. Liu ZL, Tang ZH, Huo G, Chen FL, Wang WT, Zeng WX, et al. [Erythropoietin accelerates the proliferation of glioma cells via activating Akt pathway]. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao*. 2018;38(4):395-401.
280. Cevik S, Kitis S, Evran S, Akkaya E, Tosuner Z, Hanimoglu H. The relationship of erythropoietin receptor expression and prognosis in glioblastoma multiforme patients. *Niger J Clin Pract*. 2018;21(4):502-6.
281. Yin D, Kawabata H, Tcherniamtchouk O, Huynh T, Black KL, Koeffler HP. Glioblastoma multiforme cells: expression of erythropoietin receptor and response to erythropoietin. *Int J Oncol*. 2007;31(5):1193-8.
282. Küster O, Simon P, Mittelbronn M, Tabatabai G, Hermann C, Strik H, et al. Erythropoietin receptor is expressed in meningiomas and lower levels are

- associated with tumour recurrence. *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2009;35(6):555-65.
283. Falcioni M, Taibah A, De Donato G, Piccirillo E, Russo A, Sanna M. Fast-growing vestibular schwannoma. *Skull Base Surg.* 2000;10(2):95-9.
284. Dillard DG, Venkatraman G, Cohen C, Delgaudio J, Gal AA, Mattox DE. Immunolocalization of erythropoietin and erythropoietin receptor in vestibular schwannoma. *Acta Otolaryngol.* 2001;121(2):149-52.
285. Contreras-Lopez L, Clavero FI, Hurtado Restrepo PA, de Arriba NP, Álvarez AD, Montes Armenteros JA, et al. Efficiency in packed red blood management for brain tumor resection: multicentre prospective cohort study (TScoreBTR). *Blood Transfus.* 2025.
286. Chotisukarat H, Akavipat P, Sookplung P, Damrongbul K. Effectiveness index of preoperative blood preparation for elective neurosurgery at Prasat Neurological Institute. *. Thai J Anesthesiol.* 2017;43:232-40.
287. Brandt MM, Rubinfeld I, Jordan J, Trivedi D, Horst HM. Transfusion insurgency: practice change through education and evidence-based recommendations. *Am J Surg.* 2009;197(3):279-83.