



Cuantificación de residuos asociados a la colecta y uso de sangre en Colombia

Quantification of Waste Associated with the Collection and Use of Blood in Colombia

Quantificação de resíduos associados à coleta e uso de sangue na Colômbia

Anderson Stev Pardo-Flórez ¹
Michel-Andrés García-Otálora ²
Andrea-Magally Herrera-Hernández³
María-Isabel Bermúdez-Forero ⁴

Recibido: octubre de 2021

Aceptado: enero de 2022

Para citar este artículo: Pardo-Flórez, A. S., García-Otálora, M. A., Herrera-Hernández, A. M. y Bermúdez-Forero, M. I. (2022). Cuantificación de residuos asociados a la colecta y uso de sangre en Colombia. *Revista Científica*, 44(2), 202-214. <https://doi.org/10.14483/23448350.18649>

Resumen

El objetivo de este estudio fue cuantificar los residuos generados por la operación anual de la Red Nacional de Sangre (RN) de Colombia. Para esto, se calculó la cantidad de residuos generados por las donaciones de sangre y por los hemocomponentes obtenidos, transfundidos e incinerados entre enero y diciembre de 2018, a partir de los informes nacionales de los bancos de sangre y los servicios de transfusión. Los costos de incineración (expresados en dólares estadounidenses) se obtuvieron al multiplicar el total de residuos biológicos por el precio de incinerar un kilogramo en tres zonas distintas de Colombia. Los gases producidos se determinaron empleando los factores de emisión del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. La cantidad de residuos no generados se infirió del total de donaciones prevenidas por el Sistema de Información en Hemovigilancia (SIHEVI-INS) implementado en

2018. Como resultado se obtuvo que, en 2018, la RN registró 858 890 donaciones sanguíneas y 334 503 pacientes transfundidos. La aceptación de donantes generó 61,0 megagramos/año de residuos (73,4 % biológicos) con un costo de incineración de \$33 418 ($\pm 26 087$) y emisión de 25,8 megagramos de gases (99,2 % CO₂ y 0,6 % NO, NO₂ y CO) por incineración. El uso y el descarte de hemocomponentes generaron 349,5 megagramos/año ($\pm 99,5$), equivalentes a \$258 880 ($\pm 99 709$) y 201,4 megagramos de gases. SIHEVI-INS evitó la producción de 55,1 megagramos/año ($\pm 19,1$), ahorrando \$40 805 ($\pm 18 098$) y 31,8 megagramos de gases. En conclusión, los 350 megagramos de residuos biológicos producidos por la RN representaron el 0,06-0,08 % del total de residuos o desechos peligrosos generados en Colombia y el 0,75-0,82 % del sector salud.

Palabras clave: bancos de sangre; contaminación ambiental; incineración; material particulado; transfusión.

1. Instituto Nacional de Salud, Bogotá Distrito Capital, Colombia. Contacto: apardo@ins.gov.co
2. Universidad del Rosario, Bogotá Distrito Capital, Colombia. Contacto: michel.garcia@urosario.edu.co
3. Instituto Nacional de Salud, Bogotá Distrito Capital, Colombia. Contacto: aherrera@ins.gov.co
4. Instituto Nacional de Salud, Bogotá Distrito Capital, Colombia. Contacto: mbermudez@ins.gov.co

Abstract

This study aimed to quantify the waste generated by the annual operation of the Colombian National Blood Network (RN). To this effect, the amount of waste generated by blood donations and by blood components obtained, transfused, and incinerated between January and December 2018 was calculated based on national reports of blood banks and transfusion services. The incineration costs (expressed in US dollars) were estimated by multiplying the total biological by the price of incinerating one kilogram in three different areas of Colombia. The generated gases were determined using the emission factors of the Ministry for Ecological Transition and the Demographic Challenge of Spain. The non-generated waste was inferred from the total donations prevented by the Hemovigilance Information System (SIHEVI-INS) implemented in 2018. As a result, it was found that, in 2018, the RN recorded 858 890 blood donations and 334 503 transfused patients. Donor acceptance generated 61.0 megagrams/year of waste (73.4% were biological) with an incineration cost of \$33 418 ($\pm 26 087$) and emissions amounting to 25.8 megagrams of gases (99.2% CO₂ and 0.6 % NO, NO₂, and CO). The use and disposal of blood components generated 349.5 megagrams/year (± 99.5), which is equivalent to \$258 880 ($\pm 99,709$) and 201.4 megagrams of gases. SIHEVI-INS avoided the production of 55.1 megagrams/year (± 19.1), saving \$40 805 ($\pm 18,098$) and 31.8 megagrams of gases. In conclusion, the 350 megagrams of biological waste produced by the RN represented 0.06-0.08% of the total hazardous residues or waste generated in Colombia and 0.75-0.82% of the health-care sector.

Keywords: blood banks; environmental pollution; incineration; particulate matter; transfusion.

Resumo

Objetivo: Quantificar os resíduos gerados pela operação anual da Rede Nacional de Sangue da Colômbia (RN). Métodos: A quantidade de resíduos gerados por doações de sangue e por hemocomponentes obtidos, transfundidos e incinerados entre janeiro e dezembro de 2018 foi calculada a partir de relatórios nacionais de bancos de sangue e serviços de transfusão. Os

custos de incineração foram obtidos multiplicando-se o lixo biológico total pelo preço de incineração de um kg em três áreas diferentes da Colômbia (expresso em dólares americanos). Os gases produzidos foram determinados com base nos fatores de emissão do Ministério para a transição ecológica e o desafio demográfico da Espanha. A quantidade de resíduos não gerados foi inferida a partir do total de doações evitadas pelo Sistema de Informação de Hemovigilância (SIHEVI-INS) implantado em 2018. Resultados: Em 2018 o RN registrou 858.890 doações de sangue e 334.503 pacientes transfundidos. A aceitação do doador gerou 61,0 megagramas / ano de resíduos (73,4 % biológicos) com um custo de incineração de \$33.418 (± 26.087) e emissão de 25,8 megagramas de gases (99,2 % CO₂ e 0,6 % NO, NO₂ e CO) por incineração. O uso e descarte de hemocomponentes gerou 349,5 megagramas / ano ($\pm 99,5$), o equivalente a US \$258.880 (± 99.709) e 201,4 megagramas de gases. O SIHEVI-INS evitou a produção de 55,1 megagramas / ano ($\pm 19,1$), economizando \$40.805 (± 18.098) e 31,8 megagramas de gases. Conclusão: Os 350 megagramas de resíduos biológicos produzidos pelo RN, representaram entre 0,06-0,08 % do total de resíduos ou resíduos perigosos gerados na Colômbia e 0,75-0,82 % do setor saúde.

Palavras-chaves: assunto particular; bancos de sangue; incineração; poluição ambiental; transfusão.

Introducción

La sangre es capaz de salvar la vida de las personas (WHO, 2002) y hasta el momento solo puede ser obtenida a partir de seres humanos mediante donación. Los bancos de sangre son responsables de aceptar o diferir donantes potenciales según los parámetros de salud de los individuos ([García, Herrera y Bermúdez, 2021](#); [WHO, 2012](#)). Una vez colectada la sangre (flebotomía estándar o aféresis), esta puede o no ser procesada para obtener hemocomponentes, los cuales tienen diferentes tiempos y formas de almacenamiento ([Herrera et al., 2011](#)). Si los hemocomponentes son requeridos, serán enviados a centros hospitalarios donde pueden ser transfundidos o no. Aquellos

hemocomponentes que han sido descartados o usados, tanto en bancos de sangre como en servicios hospitalarios, generan residuos biológicos que requieren un manejo adecuado para evitar la propagación de enfermedades (WHO, 2020). Una de las estrategias para eliminar este tipo de residuos es la incineración, durante la cual se liberan gases a la atmósfera (Ideam, 2019a; Liu et al., 2019), que contribuyen a la contaminación ambiental y a la crisis climática global (Salas, 2020). La relación entre la polución por partículas y la mortalidad fue identificada a mediados del siglo XX, por lo que desde 1970 varios países adoptaron medidas para reducir las emisiones (Balmes, 2019). En 2005 la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó la guía de calidad del aire (WHO, 2006), resaltando la información sobre contaminantes capaces de producir enfermedades, entre ellos el material particulado (PM) con diámetro aerodinámico de 10 μm o menos (PM_{10}), PM con diámetro de 2,5 μm o menos ($\text{PM}_{2,5}$), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de sulfuro (SO_2).

En Colombia la contaminación del aire es causante de la mayor carga de enfermedad ambiental (Castañeda, 2018), a pesar de que desde 2010 se adoptó una política de prevención y control (Valencia, 2010). Una revisión sistemática realizada por el Observatorio Nacional de Salud colombiano encontró asociaciones entre la cocción con combustibles sólidos y sibilancias, concentraciones elevadas de PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, O_3 y alteraciones de patrones espirométricos, ausentismo escolar y síntomas respiratorios (Castañeda, 2018). Para 2016, 17.549 muertes se atribuyeron a factores de riesgo ambiental (es decir, el 3,4 % de la carga total de enfermedad en Colombia), de las cuales 15.681 estuvieron asociadas a mala calidad del aire (Castañeda, 2018). En 2019, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) publicó un consolidado de la calidad del aire en Colombia, analizando datos de 169 estaciones de monitoreo localizadas en todo el país (Ideam, 2019a). Se encontró que las concentraciones de NO_2 , O_3 , SO_2 , PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ excedieron los niveles

máximos permisibles en varias ciudades (Ideam, 2019a). Según los informes de residuos o desechos peligrosos en Colombia de 2017 y 2018, las actividades de hospitales y clínicas generaron 46.431 y 42.731 megagramos, constituyendo la segunda y la cuarta fuentes (9,0 % y 6,7 % del total nacional respectivamente) (Ideam, 2018; 2019b). Los bancos de sangre y centros hospitalarios, inmersos en el sistema de salud, requieren materiales e insumos para la atención integral de donantes y pacientes, seguridad del personal y optimizar la calidad de la sangre obtenida y transfundida (Herrera et al., 2011; WHO, 2020). Lo anterior origina residuos que deben ser tratados de acuerdo con su clasificación, procurando su adecuada segregación y disposición final (Far et al., 2014; Ministerio de Ambiente, 2015; Ministerio de Salud y Protección Social, 2016; Mora y Berbeo, 2010)

A partir del 1 de enero de 2018 el Instituto Nacional de Salud (INS) implementó el Sistema de Información en Hemovigilancia (SIHEVI-INS), para todos los actores que conforman la Red Nacional de Sangre RN (81 bancos de sangre y más de 400 instituciones hospitalarias), para la colecta de información de donantes de sangre atendidos y pacientes transfundidos (Bermúdez, 2018; Bermúdez et al., 2018). Hasta donde llega el conocimiento de los autores, se desconoce la contribución de la RN en la cantidad de residuos peligrosos generados respecto al total nacional, así como su aporte a la formación de gases asociados a la contaminación ambiental. Por tanto, este trabajo tiene como objetivos cuantificar los residuos generados por la operación anual de la RN, calcular los costos de incineración y gases emitidos, y estimar la cantidad de residuos que dejaron de generarse debido a la incorporación de SIHEVI-INS.

Metología

Se calculó la cantidad de residuos generados considerando los datos publicados en los informes nacionales de los bancos de sangre (Bermúdez, 2019a) y centros hospitalarios (Bermúdez, 2019b),

entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2018. Debido a que se identificaron dos procesos relacionados con la producción de desechos, uno asociado a la donación y otro relacionado con los hemocomponentes, estos fueron diferenciados:

Cálculo de residuos por donaciones

La selección correcta de un donante potencial de sangre requiere el diligenciamiento de una encuesta, un examen físico y una entrevista. A partir de esa evaluación se decide su aceptación o diferimiento ([García, Herrera y Bermúdez, 2021](#)). Dado que rutinariamente se emplean insumos de oficina (papel, material adhesivo, grapadora, etc.) y medidores de variables fisiológicas (termómetro, tensiómetro, hemoglobímetro, entre otros), se estimó la masa total (kg) de residuos generados al aceptar una persona candidata a donar sangre. Para ello se tuvo en cuenta que todos los bancos de sangre del país realizan la segregación y la disposición de residuos de acuerdo con los planes de gestión integral de residuos sólidos ([Ministerio de Vivienda y Ministerio de Ambiente, 2014](#); [Mora y Berbeo, 2010](#)) y el Decreto 4741 de 2005 ([Ministerio de Ambiente, 2005](#)). Por tanto, se empleó una matriz de información estandarizada y disgregada reportada por el Banco de Sangre de Córdoba S.A.S. para calcular la masa por año (kg/año) de residuos en tres categorías: no peligrosos, biológicos (biosanitarios y cortopunzantes) y otros (químicos y administrativos). Se seleccionó esa entidad por ser uno de los bancos de sangre con mayor captación a nivel nacional, por ser uno de los primeros en implementar y estandarizar el protocolo de desechos en el país y por contar con todas las certificaciones nacionales vigentes ([Ministerio de Ambiente, 2015](#); [Ministerio de Salud, 2016](#), [Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente, 2017](#)). A partir de esa matriz se calculó la cantidad de residuos a nivel país según el informe nacional de bancos de sangre de 2018 ([Bermúdez, 2019a](#)), que tuvo una actualización retrospectiva de los datos en 2020 ([Bermúdez, 2020](#)).

Cálculo de residuos por hemocomponentes

En cuanto al procesamiento y uso de la sangre ocurren dos situaciones: a) no todos los hemocomponentes colectados son transfundidos, por lo que tanto el peso de la bolsa como su contenido deben ser incinerados; y b) una vez un hemocomponente es transfundido, el remanente y la bolsa que lo contienen deben ser descartados ([Figura 1](#)). Para estimar la masa de hemocomponentes se empleó la ecuación: densidad = masa / volumen, así: la densidad de una unidad de sangre total = 1,058 g/ml; la densidad de una unidad de glóbulos rojos + citrato, fosfato, dextrosa, adenina (CPDA) + solución aditiva = 1,065 g/ml; la densidad de una unidad con componentes plasmáticos = 1,030 g/ml (plasma fresco congelado, plasma rico en plaquetas y crioprecipitado) ([Herrera et al., 2011](#)). Adicionalmente, se estableció una masa de 40 g por bolsa vacía de policloruro de vinilo (PVC), independientemente de la marca proveedora o si esta fuera para glóbulos rojos, plasma, plaquetas, crioprecipitados o alícuotas ([Herrera et al., 2011](#)). Finalmente, debido a que cada bolsa para sangre total está conectada por tubuladuras a una aguja con bolsa accesoria y a las bolsas restantes, se estimó una masa entre 50-72 g para este componente.

Considerando que existe un volumen mínimo y máximo establecido en el control de calidad de hemocomponentes ([Herrera et al., 2011](#)), sangre total 450 ml (± 50), plaquetas 60 ml (± 10), plasma 225 ml (± 75), eritrocitos 280 ml (± 50) y crioprecipitado 22,5 ml ($\pm 7,5$), se calculó una masa entre 530,0-635,8 g para una unidad de sangre total; 91,5-472,6 g para unidades de plaquetas (asumiendo que pueden formarse grupos de hasta seis unidades para un evento transfusional o su equivalente en plaquetaféresis); 194,5-349,0 g para unidades de plasma; 387,6-494,1 g para unidades de eritrocitos y 55,5-70,9 g para unidades de crioprecipitado. La suma de los hemocomponentes incinerados pre-transfusión y pos-transfusión, discriminados según su tipo y causa de descarte,

se multiplicaron por las masas arriba descritas para establecer el total nacional. Los valores se expresaron en medias y desviaciones estándar (DE).

Determinación de costos de incineración

Según la región del país, el precio de incineración de un kg de residuos biológicos fluctuó entre 1.000 y 5.000 pesos colombianos (COP). Se definió una tasa de cambio a dólar estadounidense de COP: \$3.700 por cada dólar (\$0,26 - \$1,39 dólares). A partir de este valor se multiplicó la cantidad total de hemocomponentes incinerados notificados para establecer el costo nacional.

Estimación de residuos que dejaron de generarse debido a la implementación de SIHEVI-INS

El INS coordina y administra el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila), que contiene la base de datos de personas (niños y adultos) diagnosticadas con eventos de interés nacional (entre ellos, virus de inmunodeficiencia humana, virus de hepatitis B y virus de hepatitis C) notificadas por todas las instituciones prestadoras de salud. Con el objetivo de identificar a potenciales donantes de sangre que nunca antes se habían acercado a los bancos de sangre, pero que podrían tener

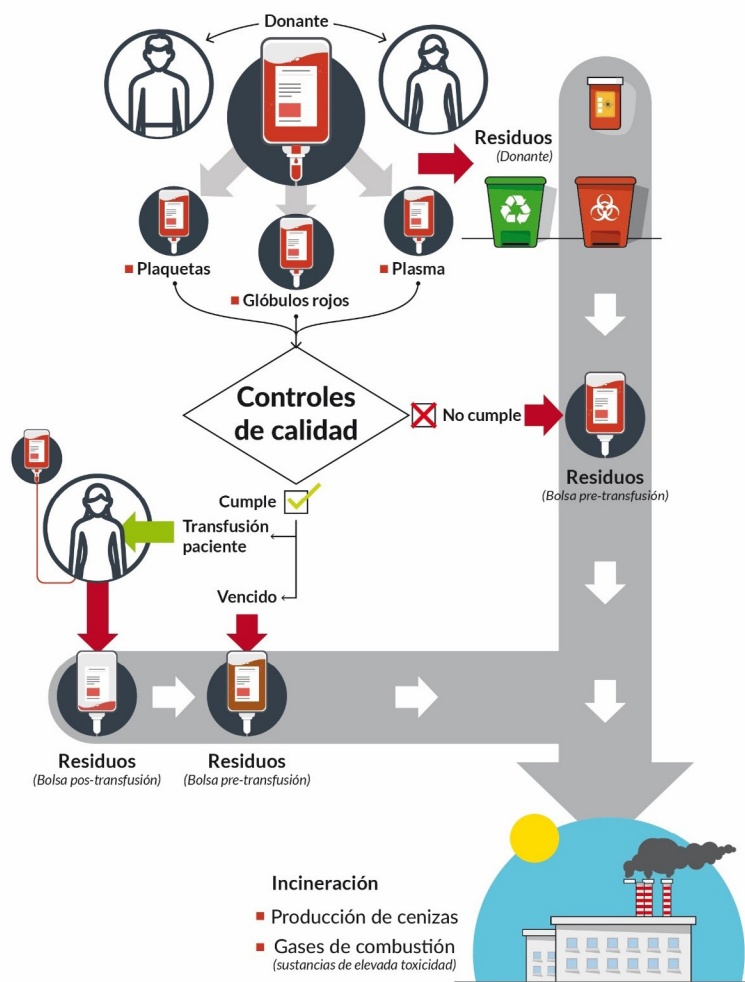


Figura 1. Rutina de los procesos asociados a la colecta y uso de la sangre, así como su potencial contribución a la contaminación ambiental

antecedentes de enfermedades previamente diagnosticadas por Sivigila, se integró la información contenida en esta base de datos con aquella disponible en SIHEVI-INS. De esta forma, cuando un individuo se acercara a un banco de sangre, el personal de salud podría consultar sus antecedentes de enfermedades potencialmente transmisibles por transfusión en SIHEVI-INS y decidir si se aceptaba o difería la donación. Adicionalmente, SIHEVI-INS recopiló la información de la última donación realizada por cada individuo y los datos de aquellos donantes que luego de haber realizado en el pasado una donación de sangre en cualquiera de los 81 bancos de sangre del país, fueron diagnosticados con una enfermedad transmisible por vía transfusional. Se determinó el total de hemocomponentes no generados por la implementación de SIHEVI-INS al sumar el total de donaciones restringidas por Sivigila, diagnóstico previo de infección en el donante o incumplimiento de los intervalos mínimos entre donaciones ([García, Herrera y Bermúdez, 2021](#)).

Cálculo de gases emitidos por incineración de residuos

Se emplearon los factores de emisión de gases predefinidos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del gobierno de España (2019), los cuales se multiplicaron por las masas estimadas de residuos biológicos generados por atención de donantes, procesamiento y uso de hemocomponentes, y las no generadas debido a SIHEVI-INS.

Resultados

La RN produjo 61.441 kg asociados a la donación

El Banco de Sangre de Córdoba informó en 2018 la generación de 1.046,3 kg/año de residuos producidos luego de aceptar 14.627 donaciones. Tales residuos fueron catalogados en no peligrosos

aprovechables: 91,2 kg (6,2 g por donación), no aprovechables: 130,7 kg (8,9 g por donación), biológicos biosanitarios 738,2 kg (50,4 g por donación), cortopunzantes: 30,1 kg (2,1 g por donación), químicos 36,1 kg (2,5 g por donación) y administrativos 20,0 kg (1,4 g por donación). A partir de esta estimación se calculó el total de residuos generados por la cantidad de donaciones aceptadas por departamento ([Tabla 1](#)). A nivel nacional en 2018 fueron atendidos 1.019.137 donantes potenciales (52 % población masculina), de los que se aceptaron 858.890 (84,3 %). Se calculó la producción de 13.032 kg de residuos no peligrosos, 45.114 kg de residuos biológicos y 3.294 kg de otros residuos, para un total de 61.441 kg. Las tres entidades territoriales con la mayor producción de residuos fueron Bogotá (31,6 %), Antioquia (11,4 %) y Santander (7,3 %). Estimando un costo de incineración por kg de residuo biológico entre \$0,28 y \$1,39, se valoró en \$33.418 (± 26.087) la totalidad de este tipo de residuos producidos (\$10.571, ± 8.252 para Bogotá, \$3.817, ± 2.980 para Antioquia y 4.467, ± 2.430 para Santander).

La RN generó 349,5 megagramos ($\pm 99,5$) secundarios al procesamiento y uso de hemocomponentes

Debido a que se encontró una diferencia en el diferimiento de donantes entre el Banco de Sangre de Córdoba (3,7 %) y el acumulado nacional (15,7 %), se realizó una cuantificación alternativa de residuos a partir de los hemocomponentes desechados tanto en bancos de sangre como en clínicas y hospitales. Los 81 bancos de sangre notificaron la incineración de 609.604 unidades, 75 % correspondiente a plasma ([tabla II](#)). Las causas más comunes fueron aspecto físico, sin capacidad de almacenamiento y vencimiento. Se determinó una masa de 228.364 kg ± 85.897 , incluyendo la estimada para agujas y tubuladuras. Adicionalmente, los centros hospitalarios informaron el descarte de 1.336.905 unidades ([Tabla 2](#)), 1.231.290

Tabla 1. Cálculo de residuos generados por atención de donantes en los bancos de sangre de la Red Nacional colombiana durante 2018

Lugar	Donaciones aceptadas	Residuos no peligrosos (kg/año)		Residuos biológicos (kg/año)		Otros residuos (kg/año)		Total (kg/año)	Costos de incineración ^a (dólares) ^b	
		Aprovechables	No aprovechables	Biosanitarios	Cortopunzantes	Químicos	Administrativos		Promedio ^c	DE ^d
Antioquia	98.100	612	877	4.951	202	242	134	7.018	3.817	2.980
Arauca	1.817	11	16	92	4	4	2	130	71	55
Atlántico	35.626	222	318	1.798	73	88	49	2.548	1.386	1.082
Bogotá	271.682	1.694	2.428	13.711	559	671	371	19.435	10.571	8.252
Bolívar	30.623	191	274	1.545	63	76	42	2.191	1.191	930
Boyacá	14.613	91	131	737	30	36	20	1.045	569	444
Caldas	27.493	171	246	1.388	57	68	38	1.967	1.070	835
Caquetá	1.562	10	14	79	3	4	2	112	61	47
Casanare	3.604	22	32	182	7	9	5	258	140	109
Cauca	10.348	65	92	522	21	26	14	740	403	314
Cesar	22.807	142	204	1.151	47	56	31	1.632	887	693
Córdoba	21.902	137	196	1.105	45	54	30	1.567	852	665
Cundinamarca	51.194	319	458	2.584	105	126	70	3.662	1.992	1.555
Huila	12.000	75	107	606	25	30	16	858	467	364
Magdalena	10.086	63	90	509	21	25	14	722	392	306
Meta	13.129	82	117	663	27	32	18	939	511	399
Nariño	19.262	120	172	972	40	48	26	1.378	749	585
Norte de Santander	20.830	130	186	1.051	43	51	28	1.490	810	633
Quindío	9.962	62	89	503	21	25	14	713	388	303
Risaralda	15.820	99	141	798	33	39	22	1.132	616	480
Santander	62.445	389	558	3.151	129	154	85	4.467	2.430	1.897
Sucre	8.545	53	76	431	18	21	12	611	332	260
Tolima	35.640	222	319	1.799	73	88	49	2.549	1.387	1.082
Valle del cauca	59.799	373	534	3.018	123	148	82	4.278	2.327	1.816
Nacional	858.890	5.355	7.677	43.347	1.767	2.120	1.174	61.441	33.418	26.087

a: Los costos se calcularon a partir de la incineración de los residuos biológicos únicamente

b: Dólar de Estados Unidos de América. Se estableció un cálculo de 3.700 pesos colombianos por cada dólar

c: Los costos de incineración fluctuaron dependiendo de la localización. Por tanto se estimó el promedio a partir de tres valores de incineración por kilogramo de residuo: 1) 0,28, 2) 0,56 y 3) 1,39 dólares

d: Desviación estándar

Fuente: SIHEVI-INS

catalogadas como restos luego de la transfusión (60,6 % unidades de eritrocitos) y 105.605 agrupadas en otras causas (vencimiento, aspecto físico, sin capacidad de almacenamiento, entre otros). Se determinó una masa de 121.124 kg \pm 39.021 producida por los servicios hospitalarios, incluyendo la estimada para agujas y tubuladuras.

La incineración de residuos biológicos secundarios al procesamiento y uso de hemocomponentes se valoró en \$258.880 (\pm 99.709)

La incineración de residuos generados por los bancos de sangre fue valorada en \$169.159

Tabla 2. Hemocomponentes notificados incinerados por bancos de sangre y servicios de transfusión de Colombia en 2018. Equivalente en kg y costos de incineración

Tipo de hemocomponente	Incineración en bancos de sangre					Incineración en centros hospitalarios por otras causas					Incineración en centros hospitalarios por restos pos-transfusión				
	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo
Plasma:	456.304	124.001	49.850	91.852	72.550	46.617	12.668	5.093	9.384	7.412	192.117	10.662	4.211	7.898	6.215
Glóbulos rojos:	64.932	28.625	4.890	21.204	15.174	22.586	9.957	1.701	7.376	5.278	746.670	41.814	16.895	30.973	24.491
Plaquetas:	63.230	17.834	17.039	13.210	14.815	31.549	8.898	8.502	6.591	7.392	241.517	13.404	5.294	9.929	7.813
Crioprecipitado:	17.589	1.112	192	823	590	4.519	286	49	212	151	50.879	2.824	1.115	2.092	1.646
Sangre total:	7.549	4.400	565	3.259	2.308	344	201	26	149	105	107	6	2	4	4
Agujas y tubuladuras	858.890	52.392	13.361	38.809	28.581	0	0	0	0	0	334.503	20.405	5.204	15.115	11.131
TOTAL	1.468.494	228.364	85.897	169.159	131.778	105.615	32.010	15.370	23.711	19.582	1.565.793	89.115	32.722	66.011	51.186

Fuente: SIHEVI-INS

(± 131.778), en tanto que aquellos producidos por clínicas y hospitales se estimó en \$89.722 (± 43.048). Mientras que en los bancos de sangre el 54 % de los costos estuvo asociado a plasma, en los servicios transfusionales el 43 % se debió a unidades eritrocitarias ([tabla II](#)).

La implementación de SIHEVI-INS evitó la generación de 55,1 ($\pm 19,1$) megagramos de residuos valorados en \$40.805 (± 18.098)

SIHEVI-INS restringió 134.138 donaciones, 12.080 por antecedentes de reactividad para agentes infecciosos, 121.498 por reportes desde Sivigila y 560 por incumplimientos en intervalos entre donaciones. En 2018 los bancos de sangre informaron que de cada unidad de sangre total colectada, se obtuvieron 1,54 hemocomponentes ([Bermúdez, 2019a](#)). A partir de este dato, se calculó que las donaciones no colectadas habrían generado 206.641 hemocomponentes (Tabla 3). Asumiendo el mismo porcentaje de hemocomponentes descartados informados por los bancos de sangre (47,2 %), respecto a los despachados hacia los servicios transfusionales (52,8 %), se estableció un ahorro en incineración para los bancos de

97.534 hemocomponentes, equivalentes a 40.737 (± 14.826) kg/año y un valor estimado de \$30.176 (± 23.359). Los restantes 109.107 hemocomponentes que potencialmente habrían sido enviados a los servicios de transfusión tendrían una masa = 14.349 (± 5.755) kg/año y un precio de incineración de \$10.629 (± 5.781). Si 92,1 % de ellos se transfundieran (tomando el mismo comportamiento reportado por clínicas y hospitales en 2018) ([Bermúdez, 2019b](#)), la masa a incinerar correspondería a 11.737 kg/año (± 3.809).

La RN emitió 201,4 ($\pm 26,0$) megagramos de gases secundarios a la incineración de hemocomponentes

Con base en los cálculos de las tablas I y II y los factores de emisión de gases producidos por megagramo de residuo biológico incinerado, se estableció una masa de 26,0 y 201,4 megagramos de gases por donaciones y por hemocomponentes respectivamente, 99,2 % correspondiente a CO₂ y 0,6 % a NO, NO₂ y CO ([Tabla 4](#)). Asimismo, se estimó que la implementación de SIHEVI-INS restringió la emisión de 31,7 megagramos de gases por incineración.

Tabla 3. Ahorro estimado ocasionado por la implementación de SIHEVI-INS durante 2018 en los hemocomponentes incinerados por bancos de sangre y servicios de transfusión colombianos. Equivalente en kg y costos de incineración

Tipo de hemocomponente	Incineración en bancos de sangre					Incineración en centros hospitalarios por otras causas					Incineración en centros hospitalarios por restos pos-transfusión				
	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo	Unidades	Masa (kg)	DE masa	Costo (dólares)	DE costo
Plasma:	73.053	19.852	7.981	14.705	11.615	3.804	1.034	416	766	605	15.679	870	344	645	507
Glóbulos rojos:	10.339	4.558	779	3.376	2.416	1.843	812	139	602	431	60.937	3.412	1.379	2.528	1.999
Plaquetas:	10.144	2.861	2.734	2.119	2.377	2.575	726	694	538	603	19.711	1.094	432	810	638
Crioprecipitado:	2.828	179	31	132	95	369	23	4	17	12	4.152	230	91	171	134
Sangre total:	1.170	682	88	505	358	28	16	2	12	9	9	1	0	0	0
Agujas y tubuladuras	206.641	12.605	3.215	9.337	6.876	0	0	0	0	0	100.488	6.130	1.563	4.541	3.344
TOTAL	304.175	40.737	14.826	30.176	23.359	8.619	2.612	1.254	1.935	1.598	200.976	11.737	3.809	8.694	6.601

Fuente: SIHEVI-INS

Tabla 4. Estimado de gases producidos y evitados en la combustión de residuos biológicos producidos por la Red Nacional de Sangre colombiana durante 2018

Gas ^a	Residuos generados por donación ^b	Residuos generados por hemocomponente ^c	Residuos evitados por SIHEVI-INS ^d
CO ₂ (Mg)	25,8052080	199,9077080	31,5097640
N ₂ O (Mg)	0,0027068	0,0209693	0,0033052
NOx (Mg)	0,0812052	0,6290802	0,0991566
NMVOOC (Mg)	0,0315798	0,2446423	0,0385609
SO ₂ (Mg)	0,0039700	0,0307550	0,0048477
TSP (Mg)	0,0103762	0,0803825	0,0126700
CO (Mg)	0,0676710	0,5242335	0,0826305
Cd (Mg)	0,0000054	0,0000419	0,0000066
Hg (Mg)	0,0000731	0,0005662	0,0000892
As (Mg)	0,0000000	0,0000003	0,0000001
Cr (Mg)	0,0000007	0,0000056	0,0000009
Cu (Mg)	0,0001110	0,0008597	0,0001355
Ni (Mg)	0,0000135	0,0001048	0,0000165
DIOX (Mg)	0,0000001	0,0000010	0,0000002
PAH (Mg)	0,0000009	0,0000070	0,0000011
HCB (Mg)	0,0000000	0,0000000	0,0000000
PCB (Mg)	0,0000045	0,0000349	0,0000055
TOTAL	26,0029264	201,4393924	31,7511905

a: Se emplearon los factores de emisión de la "Incineración de residuos hospitalarios", del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del gobierno de España. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/090207-inc-res-hospit_tcm30-496919.pdf

b: Se calculó empleando el total de residuos biológicos a nivel nacional de la tabla I

c: Se calculó empleando el total de residuos biológicos tanto de bancos de sangre como de servicios hospitalarios de la tabla II

d: Se calculó empleando el total de residuos biológicos evitados estimados por SIHEVI-INS de la tabla III

Fuente: SIHEVI-INS

Discusión

Este trabajo cuantificó en 61 megagramos la cantidad de residuos asociados a la donación y en 350 megagramos aquellos relacionados con la producción y el uso de hemocomponentes en la RN colombiana (Tablas 1 y 2). Igualmente, se estimó la producción de 227 megagramos de gases emitidos a la atmósfera (<0,001 % de ellos catalogados como PM₁₀, tabla IV). En 2005, la OMS recomendó que los países establecieran 50 µg/m³ de PM₁₀ como límite superior de concentración media (en 24 horas) y 25 µg/m³ para PM_{2,5} (WHO, 2006). Recientemente, Liu *et al.* evaluaron la asociación entre inhalar PM₁₀ y PM_{2,5} con la mortalidad respiratoria, cardiovascular o por todas las causas en 652 ciudades de 24 países (2019). En promedio la concentración anual de PM₁₀ fue 56,0 µg/m³ en 598 ciudades y de PM_{2,5} fue 35,6 µg/m³ en 499 ciudades. Se encontró un coeficiente de correlación = 0,78 entre PM₁₀ y PM_{2,5}. Se hallaron asociaciones independientes entre la exposición a corto plazo tanto a PM₁₀ como PM_{2,5} y la mortalidad diaria pulmonar, cardiovascular y por cualquier causa en más de 600 ciudades (Liu *et al.*, 2019), similar a lo reportado previamente (Atkinson *et al.*, 2014). Adicionalmente, se identificó que no hay un umbral de efecto y que aun países con altos ingresos y buena calidad relativa de aire se pueden beneficiar reduciendo más las concentraciones de PM (Balmes, 2019).

En 2019 el Ideam notificó que en varias estaciones de monitoreo las concentraciones de PM_{2,5} y PM₁₀ excedieron los niveles máximos permisibles, especialmente en aquellas localizadas en Bogotá, La Jagua de Ibirico (Cesar), Barranquilla, Sabaneta (Antioquia) y Medellín (Ideam, 2019a). Estos datos coinciden con dos de las tres zonas que generaron más residuos asociados a donaciones y hemocomponentes (Tablas 1 y 2). Según el informe del Ideam de 2017 (Ideam, 2018), se produjeron en total en Colombia 425.168 megagramos de residuos o desechos peligrosos, 46.431 debidos al sector salud. En 2018 (Ideam, 2019b) se notificaron 635.518

megagramos a nivel nacional, de los cuales el sector salud generó 42.731 megagramos. Por otra parte, Selvan Christyraj *et al.* (2021) reportaron que India generó 550,9 megagramos de desechos médicos por día en 2020, provenientes de hospitales y laboratorios de investigación. Por consiguiente, los 350 megagramos de residuos producidos por la RN en 2018 representaron entre el 0,06-0,08 % del total de Colombia y el 0,75-0,82 % del sector salud. Asimismo, la producción anual de la RN equivale al 63 % de lo generado por India en un día.

Allsopp, Costner y Johnston (2001) mencionaron que la gestión de residuos urbanos e industriales es un problema mundial que aumenta con el tiempo. En parte porque la producción de desechos no para de crecer y porque aumentan las restricciones para su descarte. Una de las soluciones que se plantean en el largo plazo se basa en estrategias de prevención de formación de residuos, así como su reutilización y reciclaje. En este estudio se presentaron los efectos de la implementación de SIHEVI-INS en cuanto a la reducción de hemocomponentes generados (todos colectados en bolsas de PVC), cuyo desenlace habría sido la incineración (Tabla 3). Previamente se ha identificado que la incineración del PVC conduce a la formación de nuevas sustancias cloradas, como las dioxinas que se liberan en los gases de las chimeneas, las cenizas y otros residuos (Allsopp, Costner y Johnston, 2001; Greenpeace, 2009). De allí que la implementación de SIHEVI-INS desde 2018 permitió no solo unificar los criterios para la aceptación y el diferimiento de donantes, sino también evitar la colecta de sangre, equivalente a 55 megagramos, que tendrían que haberse incinerado por tener antecedentes de reactividad o alto riesgo de infectividad.

Dado que a nivel global se busca impulsar el uso de tecnologías verdes que reduzcan la contaminación ambiental aprovechando mejor los recursos (Murugesan, 2008), se considera que SIHEVI-INS consigue hacer uso más eficiente de los elementos relacionados con la donación de sangre y la transfusión, contribuyendo a optimizar el uso

de hemocomponentes antes de su vencimiento en todo el territorio colombiano. Por consiguiente, SIHEVI-INS podría catalogarse como un desarrollo tecnológico para el ambiente, brindando un conjunto compartido de recursos y simplificando procesos, dado que permite acceder desde un dispositivo a información variada que hace un tiempo era consultada en medio físico y tenía un acceso local limitado. Si bien las tecnologías de la información y la comunicación son responsables del 1,8-3,9 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Freitag y Berners-Lee, 2020), la generación de megatoneladas de CO₂ anuales se ha estabilizado en torno a las 700 entre 2010 y 2020, a pesar de que el desarrollo del tráfico de datos pasó de 200 millones de terabytes a 2600 en el mismo periodo (Ericsson, 2019). Por tanto, si bien la incorporación de SIHEVI-INS involucra el uso de dispositivos electrónicos para la consulta de la información de donantes y receptores de sangre, se enmarca dentro del rendimiento y el uso mejorados de los sistemas y el ahorro de espacio por lo que se puede considerar una tecnología verde.

Dentro de las limitaciones de este estudio estuvo el uso de una matriz de datos proveniente de un único banco cuya tasa de diferimiento fue cinco veces inferior a la presentada a nivel nacional. No obstante, al emplear un cálculo alternativo a partir de los hemocomponentes notificados incinerados, tanto en bancos de sangre como en clínicas y hospitales, se pudo definir un parámetro de contraste; adicionalmente, se asumió que la calidad de los procesos y la capacitación del personal en bancos de sangre, clínicas y hospitales para el manejo de residuos hospitalarios fueron estandarizados (se desconoce si encuestas u otros residuos químicos, administrativos, aprovechables y no aprovechables fueron desechados conforme a la normatividad vigente). No obstante, al carecer de antecedentes de estudios similares se espera que estas proyecciones constituyan el primer paso para identificar la contribución de la RN en términos de masa de residuos generados e incinerados y los gases liberados a la atmósfera.

Conclusiones

Los 349,5 (±99,5) megagramos de residuos biológicos producidos por la RN representaron entre el 0,06 y el 0,08 % del total de residuos o desechos peligrosos generados en Colombia, entre el 0,75 y el 0,82 % del sector salud y menos del 0,2 % de lo generado por el sistema de salud de India. Igualmente, se cuantificó que la cantidad de PM₁₀ ocasionada por la incineración de estos productos fue menor al 0,001 %, indicando que la contribución de la RN es marginal tanto en la producción de desechos como en la emisión de gases potencialmente causantes de enfermedad tanto a nivel nacional como a nivel mundial.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado en su totalidad por el Instituto Nacional de Salud de Colombia. No se contó con fuentes alternas de financiación. Los autores agradecen el apoyo brindado por el Banco de Sangre de Córdoba S.A.S. al otorgar el insumo de su matriz de gestión de residuos normalizada. Así mismo, los autores agradecen a todos los actores que conforman la Red Nacional de Bancos de Sangre y Servicios de Transfusión, por el compromiso en la seguridad transfusional, traducido en su adherencia a los lineamientos técnicos nacionales establecidos y su consecuente confianza al notificar su información en SIHEVI-INS.

Referencias

- Allsopp, M., Costner, P., Johnston, P. (2001). *Incineración y salud. Conocimientos actuales sobre los impactos de las incineradoras en la salud humana*. Greenpeace España. <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/incineracion-n-y-salud-2.pdf>
- Atkinson, R. W., Kang, S., Anderson, H. R., Mills, I. C., Walton, H. A. (2014). Epidemiological time series studies of PM_{2.5} and daily mortality and hospital

- admissions: A systematic review and meta-analysis. *Thorax*, 69(7), 660-665. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204492>
- Balmes, J. R. (2019). Do we really need another time-series study of the PM_{2.5} Mortality association? *New England Journal of Medicine*, 381(8), 774-776. <https://doi.org/10.1056/NEJMe1909053>
- Bermúdez, M. I. (2018). *Experiencia del Instituto Nacional de Salud de Colombia en el diseño, desarrollo e implementación del Sistema de información Nacional de Servicios de Sangre y Hemovigilancia SIHEVI-INS (c)*. Panamerican Health Organization TV. <https://www.youtube.com/watch?v=t-7fK0eR48>
- Bermúdez, M. I. (2019a). *Informe ejecutivo de la Red Nacional Bancos de Sangre Colombia 2018*. Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gov.co/Direcciones/RedesSaludPublica/Donacion-Sangre/AreasEstrategicas/informe-ejecutivo-bancos-de-sangre-colombia-2018.pdf>
- Bermúdez, M. I. (2019b). *Informe ejecutivo de la Red Nacional Servicios de Transfusión Colombia 2018*. Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gov.co/Direcciones/RedesSaludPublica/Donacion-Sangre/AreasEstrategicas/informe-ejecutivo-servicios-de-transfusi%C3%B3n-colombia-2018.pdf>
- Bermúdez, M. I. (2020). *Informe ejecutivo de la Red Nacional Bancos de Sangre Colombia 2019*. Instituto Nacional de Salud. INS. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/informe-nacional-bancos-de-sangre-2019.pdf>
- Bermúdez, M. I., Gardeazábal, P. A., Soto, J., García, M. A. (2018). Design, development and implementation of a haemovigilance system in Colombia (SIHEVI). *Vox Sanguinis*, 113 (SI), 1-9. <https://doi.org/10.1111/vox.12658>
- Castañeda, C. A. (2018). *Carga de enfermedad ambiental en Colombia. Décimo informe técnico especial*. Instituto Nacional de Salud, Observatorio Nacional de Salud
- Ericsson. (2019). *Background report to 'A guide to your digital climate impact'*. <https://www.ericsson.com/4906b7/assets/local/reports-papers/consumerlab/reports/2020/background-calculations-to-true-and-false-report.pdf>
- Far, R. M., Rad, F. S., Abdolazimi, Z., Kohan, M. M. D. (2014). Determination of rate and causes of wastage of blood and blood products in Iranian hospitals. *Turkish Journal of Hematology*, 31(2), 161-167. <https://doi.org/10.4274/tjh.2012.0105>
- Freitag, C., Berners-Lee, M. (2020). *The Climate Impact of ICT: A Review of Estimates, Trends and Regulations*. Small World Consulting. Lancaster University. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2102/2102.02622.pdf>
- García, M. A., Herrera, A., Bermúdez, M. I. (2021). *Lineamiento técnico para la selección de donantes de sangre en Colombia*. Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/seleccion-donantes-sangre.pdf>
- Greenpeace. (2009). *Incineración de residuos: malos humos para el clima*. Greenpeace España. <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/091124-02.pdf>
- Herrera, A. M., Ramírez, C. C., Grupo Bancos de Sangre, Vargas, J., Bermúdez, M. I., Beltrán, M., Forero, S. P. (2011). *Control de calidad de componentes sanguíneos*. Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/control-de-calidad-de-componentes-sanguineos.pdc.pdf>
- Ideam. (2018). *Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia 2017*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ideam. (2019a). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ideam. (2019b). *Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A., Guo, Y., Tong, S., Coelho, M., Saldiva, P., Lavigne, E., Matus, P., Valdes, N., Osorio, S., Kan, H. (2019). Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *New England Journal of Medicine*, 381(8), 705-715. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1817364>
- Ministerio de Ambiente. (2005). *Decreto 4741 de 2005*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/526371/>

[Decreto+4741+2005+PREVENCION+Y+MANEJO+DE+REIDUOS+PELIGROSOS+GENERADOS+EN+GESTION+INTEGRAL.pdf](#)

- Ministerio de Ambiente. (2015). *Decreto 1076 de 2015*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Ministerio de Salud. (2016). *Decreto 780 de 2016*. Ministerio de Salud y Protección Social. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%200780%20de%202016.pdf
- Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente. (2017). *Manual para la gestión integral de residuos generados en la atención en salud y otras actividades*. Ministerio de Salud y Protección Social; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Ministerio de Vivienda y Ministerio de Ambiente. (2014). *Resolución 754 de 2014*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=64163>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *Incineración de residuos hospitalarios*. Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-090207-inc-res-hospit_tcm30-496919.pdf
- Mora, C. A., Berbeo, M. L. (2010). *Manual de gestión integral de residuos*. Instituto Nacional de Salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/manual-gestion-integral-residuos.pdf>
- Murugesan, S. (2008). Harnessing Green IT: Principles and practices. *IT Professional*, 10(1), 24-33. <https://doi.org/10.1109/MITP.2008.10>
- Salas, R. N. (2020). The climate crisis and clinical practice. *New England Journal of Medicine*, 382(7), 589-591. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2000331>
- Selvan Christyraj, J. R. S., Selvan Christyraj, J. D., Adhimoorthy, P., Rajagopalan, K., Nimita Jebaranjitham, J. (2021). Impact of biomedical waste management system on infection control in the midst of COVID-19 pandemic. In C. Chakraborty, S. Roy, S. Sharma, T. A. Tran (eds.), *The Impact of the COVID-19 Pandemic on Green Societies* (pp. 235-262). Springer
- Valencia, A. (coord.). (2010). *Política de prevención y control de la contaminación del aire*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3440
- WHO. (2002). *The Clinical Use of Blood*. World Health Organization. https://www.who.int/bloodsafety/clinical_use/en/Handbook_EN.pdf
- WHO. (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. Global Update 2005. Summary of Risk Assessment*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
- WHO. (2012). *Blood Donor Selection: Guidelines on Assessing Donor Suitability for Blood Donation*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/76724/9789241548519_eng.pdf
- WHO. (2020). *Laboratory Biosafety Manual* (4th ed.). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>

