

**Residuos de plástico asociados a los procedimientos
más comunes de Cirugía Ortopédica**

Juan Ignacio Stacey

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Residuos de plástico asociados a los
procedimientos más comunes de Cirugía
Ortopédica.

Tesis Doctoral

Juan Ignacio Stacey

Directores: Dr. Carles Torrens Cánovas, Dr. Lluís Puig Verdié y Dra. Gemma Vila Canet

Tutor: Prof. Dr. Joan Carles Monllau García

Programa de Doctorado en Cirugía y Ciencias Morfológicas

Departamento de Cirugía

Universitat Autònoma de Barcelona

Barcelona, 2025

Agradecimientos

Al Dr. Torrens. Por su ayuda, perseveración e implicación en todos los detalles del trabajo. Por las horas dedicadas para revisar hasta el mínimo detalle del trabajo. Por todo su esfuerzo para sacar adelante este trabajo. Muchas Gracias.

Al Dr. Monllau por la tutoría del trabajo, por su capacidad de fomentar la investigación en todos los residentes que pasan por el hospital.

Al Dr. Puig por su conocimiento interminable. Por su capacidad de hacernos dudar todos nuestros conocimientos durante la residencia y obligarnos a leer todos los artículos más recientes. Por su afán para que nos formemos como los mejores traumatólogos posibles.

A cada adjunto del Hospital del Mar y la Esperanza. Por dedicar su tiempo a enseñarnos el camino y fomentar el orgulloso de haber sido parte de este gran equipo.

A todos los residentes del Hospital del Mar, por los compañeros de batalla. Por su capacidad de cubrirnos las espaldas y sacar adelante todo el trabajo.

Listado de abreviaturas

PET: Tereftalato de polietileno

HDPE: Polietileno de alta densidad

V: Policloruro de Vinilo

LDPE: Polietileno de Baja densidad

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

PHA: Polihidroxialcanoatos

BPA: Bisfenol A

NHS: Servicio Nacional de Salud (Reino Unido)

Kg: Kilogramos

CO₂: Dióxido de Carbono

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

PTC: Prótesis Total de Cadera

PTR: Prótesis Total de Rodilla

PIH: Prótesis Invertida de Hombro

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alternativa

LIA: Infiltración Local Anestésica

ATB: Antibiótico

EPA: Agencia de Protección Ambiental

Tabla de Contenido

Resumen	6
Abstract.....	9
1. Introducción.....	13
1.1. El plástico	13
1.1.1. Uso mundial del plástico	13
1.1.2. Tipos de plástico.....	14
1.1.3. Manejo del plástico	16
1.1.4. Efectos del plástico en nuestra salud.....	19
1.1.5. Uso del plástico en sanidad.....	21
1.1.6. El uso de plástico en quirófano	23
1.2. Desechos en traumatología y ortopedia	23
1.3. Políticas de manejo de residuos intrahospitalarios.	24
1.4. Cirugía protésica y artrosis.....	25
1.4.1. Prótesis total de cadera (PTC)	28
1.4.2. Prótesis total de rodilla (PTR).....	29
1.4.3. Prótesis invertida de hombro (PIH).....	30
1.4.4. Proyecciones hacia el futuro	31
2. Justificación del trabajo	33
3. Hipótesis del trabajo	35
3.1. Hipótesis nula (H0).....	35
3.2. Hipótesis alternativa (H1).....	35
4. Objetivos del trabajo.....	37
4.1. Objetivo principal.....	37
4.2. Objetivos secundarios	37
5. Materiales y métodos	39
5.1. Diseño del estudio.....	39
5.2. Criterios de inclusión.....	39
5.3. Criterios de exclusión	39
5.4. Recogida de datos	39
5.5. Medición del impacto ambiental	47
5.6. Consentimiento informado.....	48
5.7. Análisis estadístico	48

5.7.1. Estimación de la media y del intervalo de confianza	48
5.7.2. Utilización de software.....	48
5.7.3. Interpretación de resultados.....	49
6. Resultados.....	51
6.1. Parámetros demográficos	51
6.2. Resultados de la generación de residuos plásticos en cada intervención	52
7. Discusión	56
7.1. Limitaciones del estudio.....	60
7.2. Aplicabilidad clínica	60
8. Conclusiones	62
9. Líneas de futuro	64
10. Referencias bibliográficas	66
11. Anexos.....	74
11.1. Anexo 1: Artículo publicado	74
11.2. Anexo 2: Informe del comité de ética de la investigación con medicamentos del Parc de Salut MAR.....	81

Resumen

Vivimos rodeados de plástico. Su bajo coste, resistencia y versatilidad lo han convertido en un material omnipresente en nuestra vida diaria. Su impacto positivo es innegable, pero también ha impulsado una cultura de consumo de un solo uso que ha superado nuestra capacidad para gestionarlo.

En sanidad, y especialmente en el quirófano, esta realidad se amplifica. La mayoría de los productos que utilizamos durante una cirugía son plásticos descartables: desde los campos estériles, los guantes y las jeringas, hasta el embalaje de los implantes.

En los últimos años ha surgido un creciente interés por reducir los desechos generados por el sector sanitario. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo cuantificar el volumen de plástico utilizado en las cirugías más comunes de reemplazo articular, calcular su huella ambiental y explorar qué alternativas existen para reducirla, todo esto, sin comprometer la seguridad del paciente.

Ante el aumento proyectado de cirugías de reemplazo articular y la contribución significativa del sector sanitario a las emisiones globales, resulta fundamental conocer con precisión el volumen de residuos plásticos generados en estas intervenciones. Este conocimiento permitirá desarrollar estrategias de reducción y sostenibilidad. Esta investigación se alinea con los objetivos de neutralidad de carbono promovidos por sistemas sanitarios como el NHS del Reino Unido.

Este estudio parte de la hipótesis de que el volumen de plástico generado en quirófano no es fijo y puede ser optimizado con cambios simples en la práctica habitual. El objetivo principal fue cuantificar, en kilogramos, el plástico utilizado en las cirugías de reemplazo articular más frecuentes: prótesis total de cadera (PTC), prótesis total de rodilla (PTR) y prótesis invertida de hombro (PIH). Como objetivos secundarios se planteó calcular su

huella ambiental en términos de CO₂ emitido, traducir estos datos a situaciones cotidianas comprensibles, y detectar áreas donde se pueden aplicar mejoras sin comprometer la seguridad del paciente.

Se llevó a cabo un estudio observacional transversal en un hospital terciario, incluyendo todas las PTC, PTR y PIH realizadas de forma programada entre abril y julio de 2021. Se pesaron todos los materiales que contenían plástico, desde la preparación anestésica hasta el final del procedimiento quirúrgico, diferenciando entre insumos constantes y variables. Para estimar el impacto ambiental, se asumió que por cada kilogramo de plástico utilizado se liberan 5.6 kg de CO₂, posteriormente, siguiendo las referencias de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU se buscó comparar esta información con actividades diarias. Todos los pacientes firmaron consentimiento informado, y el estudio fue aprobado por el comité de ética correspondiente.

Se incluyeron 78 cirugías (29 PTC, 23 PTR y 16 PIH), con un promedio general de 7.3 kg de plástico utilizado por intervención. La PTR fue la que más residuos generó (7.63 kg), seguida por la PTC (7.28 kg) y la PIH (6.87 kg). Esto se traduce en una media de 40.88 kg de CO₂ por cirugía. A partir de estos datos, se propusieron varios escenarios de mejora: sustituir los envoltorios plásticos por materiales reciclables, eliminar insumos no esenciales (como férulas o grapadoras), cambiar los sistemas de irrigación y aspiración por opciones más sostenibles, y utilizar campos quirúrgicos reutilizables. Estas modificaciones permitirían reducir significativamente la huella de carbono sin afectar el resultado clínico.

El estudio demuestra que la cirugía ortopédica genera una cantidad considerable de residuos plásticos, y que existen oportunidades concretas y viables para reducir su impacto ambiental. Medidas como la revisión de los materiales utilizados, la adopción de insumos reutilizables y la eliminación de prácticas sin evidencia clínica sólida, pueden marcar una

diferencia real. Avanzar hacia una cirugía más sostenible no requiere grandes inversiones, sino una mayor conciencia y compromiso desde dentro del propio equipo quirúrgico.

Abstract

We live surrounded by plastic. Its low cost, durability, and versatility have made it an omnipresent material in our daily lives. Its positive impact is undeniable, but it has also fostered a culture of single-use consumption that has exceeded our ability to manage it. In healthcare and especially in the operating room this reality is amplified. Most of the products we use during surgery are disposable plastics: from sterile drapes and gloves to syringes and implant packaging.

In recent years, there has been a growing interest in reducing waste generated by the healthcare sector. In this context, the present study aims to quantify the volume of plastic used in the most common joint replacement surgeries, calculate its environmental footprint, and explore alternatives to reduce it without compromising patient safety.

Given the projected rise in joint replacement surgeries and the significant contribution of the healthcare sector to global emissions, it is essential to accurately understand the volume of plastic waste generated during these procedures. This knowledge will allow the development of effective reduction and sustainability strategies. This research aligns with carbon neutrality targets set by health systems such as the UK's NHS.

This study is based on the hypothesis that the volume of plastic waste generated in the operating room is not fixed and can be optimized through simple changes in routine practice. The main objective was to quantify, in kilograms, the plastic used during the most frequent joint replacement surgeries: total hip arthroplasty (THA), total knee arthroplasty (TKA), and reverse shoulder arthroplasty (RSA). Secondary objectives included estimating the associated CO₂ emissions, translating those values into relatable everyday comparisons, and identifying potential areas for improvement without compromising safety.

A transversal observational study was conducted in a tertiary hospital, including all scheduled THA, TKA, and RSA procedures performed between April and July 2021. All plastic-containing materials were weighed, from the anesthetic preparation to the end of the surgical procedure, distinguishing between constant and variable supplies. To estimate the environmental impact, it was assumed that each kilogram of plastic used releases 5.6 kg of CO₂ into the atmosphere, and this information was analyzed using the U.S. Environmental Protection Agency calculator. All patients signed informed consent, and the study was approved by the relevant ethics committee.

Seventy-eight surgeries were included (29 THA, 23 TKA, and 16 RSA), with an overall average of 7.3 kg of plastic used per procedure. TKA generated the highest amount (7.63 kg), followed by THA (7.28 kg) and RSA (6.87 kg), translating to an average of 40.88 kg of CO₂ per surgery. Based on these data, several improvement scenarios were proposed: replacing plastic packaging with recyclable materials, eliminating non-essential items (such as braces or skin staplers), switching to more sustainable irrigation and suction systems, and using reusable surgical drapes. These changes could significantly reduce the carbon footprint without affecting clinical outcomes.

The study shows that orthopedic surgery generates a considerable amount of plastic waste, and that there are concrete, viable opportunities to reduce its environmental impact. Measures such as reassessing material use, adopting reusable supplies, and eliminating practices with no clinical evidence can make a real difference. Moving toward more sustainable surgery does not require major investments, but rather increased awareness and commitment from within the surgical team.

“Nada dura en la tierra para siempre excepto, quizás, el plástico.” Patricia Dunn

Introducción

1. Introducción

1.1. El plástico

1.1.1. Uso mundial del plástico

Es difícil imaginar un mundo sin plásticos hoy en día. Su durabilidad, resistencia a la degradación y bajo costo lo han convertido en el principal material utilizado en nuestro día a día. Este material innovador se encuentra presente desde envases de comida hasta en componentes de ordenadores o teléfonos móviles. El plástico es un material tan importante en nuestras vidas, que nos permite construir cascos, incubadoras, y nos permite transportar agua y alimentos de una manera segura, lo cual nos ha permitido salvar innumerables vidas. Este singular material ha sido uno de los principales motores para mejorar nuestra calidad de vida en los últimos 100 años.

El principal problema con este material es que ha generado una cultura de descarte fácil. Gracias a su bajo coste, la sociedad ha desarrollado un patrón de consumo rápido, que descarta pajitas, cubiertos de plástico sin pensar en su destino final. Este patrón se ha denominado consumo de un solo uso, y es el motivo por el cual el plástico ha sido el foco de muchos ambientalistas. El plástico se ha convertido en algo tan cotidiano que si analizamos el patrón de los desechos que genera una familia promedio en Estados Unidos, se ha observado que el plástico llega a ser hasta un 10% de los residuos generados. (1)

Desde su creación en la década de 1950, hasta el 2015 Geyer et al encontró que se produjeron 8300 millones de toneladas de plástico, con aproximadamente la mitad de ellas producidas desde el 2005.(2) Por otro lado, el foro económico mundial espera que la producción de plástico se duplique en los próximos 20 años. (3)El uso del plástico ha

aumentado tan rápidamente que la Comisión sobre Cambio Climático de The Lancet lo ha identificado como un factor contribuyente al cambio climático.(4) Se estima que, gracias a los aditivos utilizados, el plástico se demora aproximadamente 400 años en descomponer, por lo que si lo contrarrestamos con la cantidad utilizada podemos empezar a entender la magnitud del problema.

1.1.2. Tipos de plástico

No todos los plásticos son iguales. El término plástico se utiliza para cualquier material o polímeros sintético o semi sintético de origen orgánico, que mediante compresión o temperatura puede ser moldeado a una forma la cual es mantenida al retirar la fuerza deformante. Los plásticos suelen caracterizarse por un alto peso molecular y por tener como precursores los petroquímicos. Esto permite denominar plástico a un abanico gigante de materiales. De manera simplificada se han clasificado a los plásticos en 7 categorías numéricas, diferenciándolos por el componente principal y organizados de mayor reciclabilidad a menor.



El número 1 corresponde al Tereftalato de polietileno, o también conocido como PET o PETE. Este es el plástico más utilizado en el mundo, ya que son utilizados comúnmente en la alimentación. Con PET se puede hacer botellas de bebidas, bandejas, textiles, o cuerdas. El PET es el plástico que más fácilmente se puede reciclar. El segundo tipo de plásticos es el Polietileno de alta densidad o HDPE. Este es el material utilizado para hacer bolsas, botes de champú o detergente. El polietileno de ultra alto peso molecular es una variación de este,

usado en la cirugía protésica. El HDPE puede ser reciclado para producir nuevos envases o tuberías. El tercer grupo o V, es el policloruro de Vinilo, utilizado en tuberías, tarjetas de crédito o zapatillas. El reciclaje del policloruro de vinilo presenta múltiples desafíos, tanto por los aditivos químicos empleados como por las dificultades técnicas de su procesamiento. Por este motivo no es común reciclarlo. El LDPE, en el grupo 4 es el polietileno de baja densidad y es utilizado para bolsas de comida congelada o tapas flexibles de contenedores. El grupo 5, lo compone los polipropileno o PP, utilizado principalmente en platos desechables, tapas de botellas, pañales o recipientes. A pesar de que el polipropileno es fácilmente reciclable, un porcentaje muy pequeño es reciclado por el bajo costo de sus productos, sumado a la falta de infraestructura destinada. El sexto grupo es el Poliestireno o PS, utilizado para vasos de café, envases de espuma, cubiertos desechables o blísteres. El poliestireno no es reciclado ya que no existe una demanda para sus productos, y su escaso valor económico. El último grupo de esta clasificación es denominado Otros, en este grupo se recogen policarbonatos, nylon, etc. En líneas generales, este grupo no es reciclado por la falta de homogeneidad de este y su escaso aporte económico. (5)

En los últimos años ha aumentado el interés por producir un nuevo tipo de plástico, conocido como bioplástico, o plástico orgánico, con el objetivo de disminuir la dependencia en los hidrocarburos, y disminuir el impacto ambiental. Estos materiales se derivan de fuentes de biomasa renovables, como grasas y aceites vegetales, almidón de maíz, paja, astillas de madera, desechos alimenticios e incluso algas. Dentro de esta nueva categoría de plásticos existen varias subclasificaciones según sus características. Se denomina bio-basados, a los plásticos que simplemente provienen de materia prima orgánica. Por ejemplo, existe el Polietileno bio-basado, o el Tereftalato de polietileno bio-basado, los cuales son molecularmente exactos a sus contrapartes, pero obtenidos del procesamiento de la caña de azúcar. Por otro lado, se denomina como plásticos biodegradables, cuando la

descomposición de estos genera agua, dióxido de carbono y compost en cuestión de meses. Ejemplos de estos son el ácido poliláctico, proveniente de almidones fermentados, y los polihidroxialcanoatos o PHA, derivado de microorganismos. Estos tipos de plásticos biodegradables son principalmente atractivos cuando la recolección de los desechos es complicada, como por ejemplo redes de pesca, envoltorios de alimentos, etc. (6)

Las ventajas principales de estos bioplásticos, son principalmente una menor huella de carbono, su compostabilidad, y una menor dependencia de los hidrocarburos. La huella de carbono se disminuye gracias al procesamiento que requieren este material, el cual produce una menor cantidad de emisiones de CO₂. Por otro lado, la compostabilidad facilita el manejo de los mismos una vez ha cumplido su propósito. Al ser compostable se consumen menos recursos en su recolección y se regresan importantes nutrientes al medio ambiente, creando así una verdadera economía circular. La principal limitación que tenemos en el uso del bioplástico en la sanidad es su desempeño. En el momento actual, no hemos obtenido un plástico orgánico capaz de cumplir con todos los requerimientos de la industria y con un perfil de seguridad para el paciente. (7)

1.1.3. Manejo del plástico

La gestión del plástico se ha convertido en una preocupación cada vez mayor. Esto se debe a que la velocidad en la que se produce nuevo plástico es inmensamente mayor a la que se procesa una vez utilizado. Una vez que el plástico ha sido utilizado, tiene cuatro posibles destinos: una planta para incineración, el océano, vertederos o a ser reciclados.

Si observamos el porcentaje de plástico que se destina a la incineración como una solución, observamos que la Unión Europea lidera en este ámbito, quemando casi el 42 por ciento de sus desechos mientras que los Estados Unidos el 12.5 por ciento. Quemar el plástico parece una buena idea, ya que es un derivado directo del petróleo, lo que le convierte en una fuente más densa de energía si lo comparamos con el carbón. De esta manera, se

recupera parcialmente la energía utilizada en su fabricación, pero existen grandes obstáculos para su masificación. Si bien, a nadie le gusta vivir cerca de un vertedero, lo mismo ocurre con un incinerador. Esto provoca que la mayoría de las instalaciones se ubiquen en zonas urbanas marginales, afectando tanto la salud como la economía de estas poblaciones. Otra de las barreras es el volumen de plástico que necesita una empresa para mantener en marcha esta operación. Sin embargo, estudios han demostrado que reciclar el plástico ahorra más energía que quemarlo, al reducir la necesidad de extraer combustibles fósiles para producir nuevo plástico.(1)(8)

En los últimos años se ha trabajado en alternativas similares a la incineración, como lo son la gasificación y la pirolisis. Mediante la aplicación de temperaturas altas, y en la casi ausencia de oxígeno, se busca romper los enlaces de los polímeros, para así crear hidrocarburos con pesos moleculares más pequeños, para ser utilizados como combustible fósil, sin llegar a producir gases tóxicos. Esta tecnología está empezando a ser utilizada en los Estados Unidos, donde existen 7 plantas pequeñas, con la capacidad de procesar 30 toneladas al día, o el 20 % del plástico generado al año. El principal problema con esta tecnología es el costo que tiene, lo cual ha evitado a que se popularice. (3)

El porcentaje de plástico reciclado varía según la fuente consultada, pero sigue siendo decepcionante. De todo el volumen de plástico que se ha creado, se estima que solo 600 toneladas han sido recicladas 1 sola vez.(2) Dentro de cada categoría de tipo de plástico existe una variabilidad en cuanto a la reciclabilidad del mismo, pero a grandes rasgos se estima que solo el 5% del plástico producido globalmente es tributario a ser reciclado.(9) En estudios europeos se ha observado que las tasas de reciclado ronda por el 30 por ciento, mientras que apenas el nueve por ciento es reciclado en Estados Unidos, y cerca del cero por ciento en otros lugares. Si miramos el porcentaje de envoltorios de plásticos que son reciclados, podemos observar que solo el 2% fue reciclado 1 vez, cumpliendo un círculo cerrado en el año 2013(10).

Una de las principales barreras al reciclado del plástico es el costo de este proceso. Es económicamente mucho más rentable producir nuevo plástico que procesar el plástico existente para así reciclarlo. Esto hace que no exista un incentivo, limitando enormemente la predisposición de hacerlo para los negocios. Otra barrera importante, y comúnmente menospreciada, es la presencia de impurezas a la hora de desechar plásticos. (11) Estas impurezas pueden variar desde restos orgánico, típicamente encontrado en envases de comida, a diferentes tipos de plásticos, con perfiles de reciclabilidad diferente. Esto se debe a que la presencia de impurezas, aun a bajos niveles, cambian las propiedades aditivas en la interfase de polímeros, cambiando así las propiedades macroscópicas del producto final. (12) Un ejemplo de esto es cuando encontramos trazas de PVC en una botella de PET. Esto altera las propiedades del PET, convirtiéndolo en un material frágil amarillento, con lo cual su utilidad para el reciclado disminuya enormemente. (10) Aparte de los diferentes tipos de plástico existentes, el tipo de procesamiento que recibió el plástico importa. Un ejemplo de esto se puede observar en el HDPE. Para ser utilizado en envases de leche, el HDPE es procesado con una técnica diferente al requerido para envases de margarina. Esto se debe a que requieren diferente viscosidad para cada propósito. Para reciclar este tipo de plástico se calienta a este material hasta derretirlo. En el caso anterior, al derretirlos conjuntamente obtenemos un producto con una viscosidad diferente, que no permite ser utilizada para ningún propósito.(13)

Por este motivo, el principal destino final para el plástico son los vertederos o nuestros océanos, y solo en 2010 se estimó que 4-12 millones de toneladas terminaron allí, comprometiendo hasta el 60 % de la basura encontrada. Dentro de todo el plástico que se encuentra en los océanos, se puede observar que hasta el 71% serian poliestirenos, y

aproximadamente el 81 % se encontrarían como micro plásticos.(14) Anualmente se desecha tanto plástico a los océanos, que sería el equivalente de poner 15 bolsas de basura en cada metro de playa existente. (15)

El impacto del plástico en los océanos es especialmente preocupante, ya que se ha formado una enorme acumulación conocida como la Gran Mancha del Pacífico, que se estima contiene 79,000 toneladas de plástico y cubre un área de 1.6 millones de kilómetros cuadrados, tres veces el tamaño de España. (16) Esto no es solo un fenómeno en el Pacífico, existen islas similares en todo el mundo, incluyendo el mediterráneo. Si mantenemos la actual tendencia, se cree que en el 2050 va a existir más plástico que peces en el mar. (1) Una vez que el plástico ha entrado en el mar, este puede viajar alrededor del mundo. Una prueba de esto es que, en la Isla de Henderson, una isla deshabitada que se encuentra entre Chile y Nueva Zelanda, se han encontrado residuos de plásticos provenientes de los 5 continentes.(15)

1.1.4. Efectos del plástico en nuestra salud

Los plásticos son una preocupación creciente para la salud humana debido a los efectos directos e indirectos que generan en nuestro bienestar. Se estima que el manejo del plástico causa una pérdida de 614.000 años de vida ajustados por incapacidad en los Estados Unidos(17). Al igual que los diferentes tipos de plásticos pueden tener diferentes efectos en nuestra salud, también influye el momento de su vida útil en el cual entramos en contacto con este material.

Uno de los mayores problemas radica en los productos químicos utilizados en la fabricación de plásticos, como los ftalatos y el bisfenol A (BPA). En cuanto a los ftalatos, este es comúnmente utilizado para hacer que los plásticos sean más flexibles y duraderos. Gore, et al. detectó rastros de ftalatos en la orina de trabajadores de la fabricación de plástico, así como en las personas que consumían comida envasada en plásticos con este mismo componente. Los ftalatos pueden afectar negativamente la salud hormonal, lo que puede conducir a problemas reproductivos y de desarrollo en niños y adultos. Además, los ftalatos se han relacionado con problemas de asma y obesidad, entre otras afecciones.(18,19)

El bisfenol A (BPA), es otro químico utilizado en la producción de plásticos, que ha sido objeto de una creciente preocupación. Esto es debido a su potencial para interferir con la función hormonal, incluso en cantidades muy pequeñas. El BPA se ha asociado con problemas en el sistema reproductivo, cáncer, obesidad en adolescentes y efectos negativos en el desarrollo del cerebro y del comportamiento.(20)

Durante la incineración de los plásticos se liberan múltiples tóxicos, un grupo de ellos son denominados los compuestos orgánicos volátiles. Estos compuestos pueden causar síntomas como dolores de cabeza, irritación de los ojos y problemas respiratorios, y en casos graves, pueden contribuir al desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas como el asma [4]. Al incinerar el plástico también se liberan dioxinas, las cuales se depositan en nuestras fuentes de alimento para ser finalmente ingeridas. Dentro de las dioxinas, existe la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina, comúnmente llamado el Agente Naranja. El Agente Naranja fue un químico utilizado por los Estados Unidos en la Guerra de Vietnam, el cual es teratogénico, aumentando la incidencia del paladar hendido, cancerígeno, y podría afectar a la tiroides, y al sistema nervioso y respiratorio. (14) Por lo tanto podemos concluir que quemar plásticos agrava enfermedades respiratorias como el asma y enfisema, produce

nausea, cefaleas, es teratogénico, cancerígeno, perjudicando a toda la gente que vive en los alrededores instalaciones.

Una de las fases de la vida del plástico que más consternación está causando es la del microplástico. El microplástico se forma cuando exponemos diversos tipos de plástico, al sol y al tiempo, lo que provoca una fragmentación de sus macro componentes. Estas partículas de menos de 5mm han sido identificadas en la atmosfera, en ecosistemas acuáticos o terrestres como también en agua potable o en productos alimentarios para consumo humano.(21) La presencia del microplástico ha llegado a niveles tan alarmantes que se estima que ingerimos aproximadamente 5g de plástico a la semana, el equivalente a una tarjeta de crédito.(22) Pero el problema del microplástico no es solo cuando se encuentra en la cadena alimenticia. En un estudio en Escocia, se encontró que había microplástico también en el aire de las casas, y que la cantidad que inhalamos de este es superior comparado al ingerido en consumo de ostras, lugar donde fue descrito por primera vez en la literatura. (23) Los microplásticos están tan presentes en nuestro ambiente que llegan a conformar el 4% de las partículas recogidas del aire.(24) Esto explica la detección de microplásticos no solo en las heces humanas, sino también en los pulmones, en el hígado y hasta en las placentas de madres gestantes. (14) Con los estudios actuales no podemos estudiar los efectos del microplástico en humanos por que no sabemos exactamente las dosis recibidas, ni el tiempo de exposición y mucho menos encontrar un grupo control para contrarrestar nuestros resultados. Por este motivo, no podemos concluir de qué manera afectan los microplásticos nuestra salud. (25)

1.1.5. Uso del plástico en sanidad

El objetivo principal del sector sanitario es proteger y promover la salud. El cambio climático ha sido etiquetado como la principal amenaza a la salud en nuestra época. Por lo cual resulta paradójico que el sector sanitario sea el responsable de alrededor del 10 % de los gases de efecto invernadero y del 9 % de los tóxicos de la atmósfera.(17,26) Si se consideraría al sector sanitario como un país, este sería el 5to país más contaminante del mundo. (27)

En cuanto al uso de plásticos, se ha observado que el sector sanitario ha incrementado en un 15%, principalmente por la incorporación de artículos desechables de un solo uso.(28) Estas estimaciones han demostrado que en Suecia se producen 2200 kg/cama/año en residuos. (29) Por otro lado, se estima que el sistema de salud de Estados Unidos produce 4 mil millones de toneladas de residuos plásticos al año, lo que equivale a 6600 toneladas al día. (30) Si miramos el NHS, en el Reino Unido, se estima que este produce 500,000 toneladas de desechos y 25 mega toneladas de CO₂ anualmente, lo que equivaldría a más de un tercio de las emisiones del sector público en este país. (31)De todos estos residuos creados, solo el 10-25% se puede considerar como un riesgo biológico que requeriría un tratamiento especial. Rizan et al. comparó la huella de carbono de los que produce las diferentes maneras de procesar los residuos en 3 hospitales, y observó que se producen 569-1074 Kg de CO₂ por tonelada de desechos si estos eran catalogados como de riesgo biológico o grupo III, mientras que, si se separaba adecuadamente, para ser reciclados estos producían solamente se emitía 21-65 Kg de CO₂, con lo cual se observa la importancia de un manejo adecuado de residuos. (32)

1.1.6. El uso de plástico en quirófano

Si miramos con más detenimiento los residuos generados por los hospitales, podemos observar que entre el 20-70% provienen de los quirófanos, lo que equivaldría a aproximadamente 800,000 a 2.8 mil millones de toneladas al año.(28) Por este motivo se considera que el área quirúrgica consume más de 3 a 6 veces en cuanto a recursos, que el resto de áreas hospitalarias. Incluso hay estimaciones que cada acto quirúrgico genera más desechos que los provenientes de una familia de 4 personas durante 1 semana. (33)Esto se debe principalmente al uso extendido de materiales de un solo uso, impulsado por hipotético miedo a la infección, lo que no se ha demostrado en la literatura. (28,34) Otra fuente importante de residuos en el quirófano proviene de las elecciones de los cirujanos, como el número de guantes utilizados, la frecuencia de cambios de guantes, el proceso de entallado, etc. (34)A parte de ser una de las zonas que más plástico genera, se considera que hasta el 90% de los desechos son procesados incorrectamente. (27)

1.2. Desechos en traumatología y ortopedia

Si nos enfocamos puramente en Traumatología y Ortopedia, el volumen de residuos generados depende enormemente de la intervención realizada. (28)(29)(35)En los últimos años ha habido un creciente interés por evaluar el impacto medio ambiental de los diferentes procedimientos realizados en traumatología. Por este motivo se han diseñado múltiples estudios donde se busca cuantificar los desechos generados en el quirófano, intentando separar los mismos, en reciclables, punzantes y de riesgo biológico.(27) En uno

de estos estudios, Parkash, et al. buscó clasificar los desechos generados en prótesis de rodilla y cadera(31). En este estudio se demostró que en una prótesis de rodilla se producen 17.16 Kg de basura, mientras que en una prótesis de cadera 14.64Kgs, de lo cual solo se clasifica como reciclable solo del 2.9 al 5.4%. El grupo donde se concertó la mayor cantidad de basura fue en el de riesgos biológicos. Creemos que en estos estudios no se cuantifica de manera fiable el impacto ambiental de los procedimientos ya que en el día a día del quirófano el proceso de separación de los desechos no se realiza de esta manera, llegándose a observar que hasta el 90% de los desechos clasificados como de riesgo biológico son clasificados inadecuadamente. (36)

1.3. Políticas de manejo de residuos intrahospitalarios.

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), los residuos hospitalarios se categorizan en 4 categorías principales. El tipo I correspondería a residuos generados que serían similares a un centro de residuos municipales regular, el tipo II son residuos que se generan en el hospital que requieren recolección, medidas de almacenamiento, transporte y eliminación especiales, que incluirían material para el manejo de heridas, batas y materiales de un solo uso. La categoría III especifica que las medidas tomadas en la categoría anterior deben tomarse dentro y fuera del hospital. Esto incluye residuos sanitarios con presencia de sangre o sus derivados, residuos anatómicos. La

categoría IV incluye materiales especiales que requieren medidas específicas debido a los posibles daños ambientales que su eliminación puede generar, que incluyen citostáticos, materiales radiactivos, medicamentos caducados.(37)

En general, en el quirófano la separación de los residuos generados es nula, terminando todo en 1 solo contenedor y siendo manejados como desecho tipo III. Si realizaríamos una clasificación adecuada de los desechos generados en el quirófano, solo del 10-25% de los residuos generados serían clasificados correctamente en este grupo.(38)

1.4. Cirugía protésica y artrosis

La artrosis es la enfermedad degenerativa más prevalente del sistema musculoesquelético, llegando a tener una prevalencia del 10 % en hombres y 13% en mujeres de 60 años. (39) Entre los principales factores de riesgo en esta patología se destacan la obesidad; para articulaciones de carga, la edad, el sexo, traumatismos sobre las articulaciones, enfermedades reumatológicas, y un cierto componente genético. (40) Se cree que la prevalencia de esta enfermedad aumentará en prevalencia en los próximos años, impulsado principalmente por el envejecimiento progresivo de la sociedad, y el aumento de la obesidad. Esto provocará una importante discapacidad a la población de gente mayor, con una clara repercusión en el sistema de salud, y socioeconómico. (41,42)

Dentro de la fisiopatología de la artrosis podemos observar que existen múltiples procesos que confluyen de manera simultánea para culminar con una destrucción de la arquitectura

de la articulación. Un estrés mecánico, que podría ser un evento traumático, o cargas repetitivas generando microtraumatismos al cartílago llevan a la activación de los condrocitos, las células encargadas de mantener la homeostasis del cartílago y de la articulación en general. Esta activación constante, aplicada en el tiempo lleva a una disfunción de la función de los condrocitos, los cuales sufren cambios fenotípicos, que conllevan a un aumento de la producción de enzimas que degradan la matriz celular, como la metaloproteinasas. Estos cambios en la matriz se observan principalmente en la función del colágeno y proteoglicanos, con lo cual la estructura cartilaginosa pierde su función protectora. Otro de los cambios que se han observado con la disfunción condrocítica, es una disminución de su función anabólica, con lo cual no se repara la matriz celular destruida. (43) Otro de los componentes observado en la artrosis es mediado por células inflamatorias, las cuales se encuentran principalmente en la sinovial. Estas producen citoquinas, entre ellas la interleucina 1, interleucina 6 y el factor de necrosis tumoral alfa, las cuales contribuyen a la degeneración del cartílago. Aparte de liberar estas citoquinas, la presencia de células inflamatorias en la sinovial, llevan a un engrosamiento de esta, aumentando así la rigidez articular. Todos estos cambios en el cartílago articular repercuten sobre el hueso subcondral, el cual aumenta la osteogénesis del mismo. Esto lleva a la esclerosis subcondral y a la formación de osteofitos. (44,45)

La artrosis sintomática se presenta como una limitación a la movilidad articular, deformidad articular, periodos de inflamación articular y un intenso dolor de la misma. Esto repercute con una pérdida de la capacidad funcional, afectando la capacidad para deambular, produciendo rigidez articular, crepitaciones, con lo cual disminuye de manera significativa la calidad de vida del paciente. El Gold Estándar para el diagnóstico de la artrosis es la radiografía simple de la articulación afectada. Existen diversas escalas para cuantificar el grado de destrucción articular, siendo las más utilizadas la clasificación de Kellgren- Lawrence y la clasificación de Ahlback (Tabla 1). A pesar de que estas escalas son las usadas más

frecuentemente en la clínica y en la literatura, la radiografía con la proyección de Rosenberg, una proyección postero anterior con una flexión de 45° de la rodilla, aporta tanto una mayor fiabilidad Inter observador y una mayor correlación con los hallazgos artroscópicos, comparado con las clasificaciones. (46)

Tabla 1. Comparación de los hallazgos radiológicos según clasificación de Kellegren-Lawrence y Ahlback

	Kellegren-Lawrence	Ahlback
Grado 0	Normales	
Grado 1	Posibles Osteofitos, dudosa disminución del espacio articular	Reducción del espacio articular
Grado 2	Osteofitos definidos, posible disminución del espacio articular	Obliteración del espacio articular
Grado 3	Osteofitos moderados, disminución del espacio articular, discreta esclerosis subcondral, posible deformidad articular	Desgaste del platillo tibial de menos de 5mm, columna posterior de la tibia conservada

Grado 4	Grandes osteofitos, disminución severa del espacio articular, esclerosis subcondral severa y deformidad articular definida	Desgaste del platillo tibial de 5-10mm con afectación de la columna posterior
Grado 5		Luxación severa de la tibia, con afectación de más de 10 mm en el plano coronal

Aun así, cuando hablamos de artrosis se observa que existe una disociación clínico-radiológica. Con lo cual hace que el tratamiento de esta enfermedad sea diferente, y en diferentes momentos según las expectativas del paciente. (47) En cuanto al tratamiento de la artrosis se puede dividir en conservador y quirúrgico. El tratamiento conservador normalmente empieza con analgesia o antiinflamatorios no esteroides, y progresa a rehabilitación, o infiltraciones. Una vez que ha fracasado el tratamiento conservador, se procede al tratamiento quirúrgico. Dentro del tratamiento quirúrgico, existe la cirugía de preservación articular, como las osteotomías, o la cirugía protésica. La cirugía protésica es considerada como el tratamiento por excelencia de la artrosis sintomática. (48)

1.4.1. Prótesis total de cadera (PTC)

Los primeros pasos en la cirugía articular de cadera se basaban en la extirpación de la cabeza femoral. Esta cirugía, inicialmente descrita por Henry Park y popularizada por

Gathorne Robert Girdstone buscaba la extirpación total de la articulación para ser remplazada por la formación de un callo fibroso. En cuanto a la cirugía de remplazo articular, Themistocles Gluck desarrolló una articulación esferoidea de marfil fijada al hueso con unas placas y tornillos de níquel.(49) Posteriormente Smith-Peterson en los años 1920, empezó a experimentar con cirugías de interposición de tejidos, que fue la base para las cirugías de remplazo articular. Inicialmente experimento con cirugías de interposición, donde implantaba una esfera de vidrio entre el acetábulo y la cabeza del fémur, con el propósito de generar una descarga del cartílago articular, para así promover una regeneración del mismo. Una vez que el cartílago se había curado buscaba retirar la esfera. Se propuso utilizar esta esfera de vidrio ya que este material es biocompatible, pero lamentablemente este material no logró aguantar el estrés producido al caminar, llevando a su fragmentación. Esto obligaba a reintervenir a los pacientes antes del tiempo esperado. Por este motivo inicio a experimentar con diferentes materiales, como el pírex, hasta que, en 1937, empezó a utilizar el Vitallium, un metal usado por dentistas en esa época. Esta es considerada como la primera cirugía de remplazo articular moderna. (50) Actualmente la prótesis total de cadera se compone de 3 componentes. Un componente acetabular, un componente femoral y un componente de interposición, denominado polietileno. El plástico está presente en este último componente como también en todo el embalaje que se utiliza para mantener la esterilidad desde su fabricación a el momento de implantación.

1.4.2. Prótesis total de rodilla (PTR)

Los primeros pasos en la cirugía articular de rodilla fueron dados en 1860 por Verneuil, quien propuso la interposición de partes blandas para reconstruir una superficie articular. Para esto empleo vejiga de cerdo, nailon, fascia lata, una bolsa prerrotuliana y celofán. Evidentemente los resultados fueron desalentadores. A la vez que Verneuil trabajaba con la interposición de tejidos, Ferguson diseñaba una cirugía por resección de tejido, tampoco

teniendo buenos resultados. El primer cirujano en combinar ambas técnicas, utilizando una resección ósea y una interposición metálica fue Campbell en 1940. En su artículo, Campbell describe los resultados publicados por Smith-Peterson, en la artroplastia total de cadera y propone realizar un procedimiento similar en la rodilla. Estos conceptos fueron los pilares sobre los cuales la artroplastia total de rodilla evolucionó. (51)

En la actualidad existen múltiples diseños protésicos en la cirugía de rodilla, pero a grandes rasgos, lo que se busca es realizar una resección mínima del cartílago articular, tanto en el fémur como en la tibia, el cual se substituye por un componente metálico y en colocar un material de interposición o polietileno. De igual manera que en la prótesis de cadera, el plástico presente en esta cirugía viene del polietileno y del embalaje de sus componentes.

1.4.3. Prótesis invertida de hombro (PIH)

Los primeros pasos en la artroplastia de hombro lo realizó un cirujano francés llamado Jules-Émile Péan en el año 1893. Péan realizó un remplazo articular en un paciente con una artritis tuberculosa, con unos buenos resultados iniciales, pero la prótesis tuvo que ser removida a los dos años por una reactivación de la artritis inflamatoria, y la formación de una fistula cutánea.(52) Posteriormente en 1955, Neer empezó a utilizar Hemi Artroplastias para tratar fracturas del humero proximal. A pesar de reportar muy buenos resultados, empezó a notar que en los pacientes que tenían una lesión del manguito rotador, existía una migración superior de la prótesis. Esto llevaba a una pérdida de la movilidad de la articulación, disminución de la fuerza, y en general peores resultados a largo plazo. Para intentar mitigar este problema, diversos autores empezaron a investigar distintos diseños protésicos, desde aumentar el tamaño de los componentes, aumentar el constreñimiento, hasta que en los años setentas empezaron a aparecer diversos diseños de prótesis invertidas con diferentes fijaciones escapulares.(53) Entre estos nuevos diseños se destacó el realizado por Grammont, que pasó a conocerse como prótesis en trompeta, la primera

prótesis considerada como invertida. Se denomina invertida, ya que la biomecánica del misma se invierte, colocando el componente esferoideo a nivel de la glena.(54) En cuanto a los componentes de plástico, se observa la misma utilización que en las mencionadas anteriormente.

1.4.4. Proyecciones hacia el futuro

Actualmente se estima que se intervienen aproximadamente 180,000 al año en el Reino Unido. (55) Si seguimos la tendencia de los últimos años, el número de pacientes que sufrían de artrosis, siendo candidatos para cirugías de remplazo articular aumentara exponencialmente en los próximos años. Esto se debe principalmente por la creciente epidemia de sobrepeso y el aumento de longevidad de la población. Esta tendencia ya se ha observado en Austria donde, Leitner, et al. encontró un aumento del 14% y del 13%, en el número de PTC y PTR, colocadas entre el año 2009 al 2015.(56) Para intentar predecir este aumento Culliford et al. realizo un estudio para analizar las proyecciones del volumen de prótesis totales de rodilla y de cadera que se implantaran en el Reino Unido. Usando datos demográficos poblaciones genero dos modelos posibles, uno en el cual se observaba un crecimiento estático y otro con un crecimiento logarítmico. Usando este último modelo calcula que se realizaran 439,097 PTC y 1,219,362 PTR en el año 2035.(57). Creemos que estos datos son extrapolables en nuestra comunidad y globalmente, por lo que creemos importante conocer el impacto ambiental de este procedimiento.

Justificación del trabajo

2. Justificación del trabajo

Debido al aumento progresivo de las cirugías de remplazo articular y a sus proyecciones en el futuro, creemos necesario realizar un estudio para evaluar el impacto ambiental de esta intervención. Creemos que el interés en este tema está creciendo en los últimos años. En el Reino Unido, el NHS se ha comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2045, con lo cual uno de los primeros pasos para emprender ese camino son cuantificar los desechos utilizados, para así lograr promover políticas para alcanzar esta meta.

En cuanto a traumatología, existen varias encuestas realizadas a cirujanos donde se observa una preocupación creciente por el impacto de sus cirugías al medio ambiente. Muchos de estos traumatólogos están dispuestos a realizar cambios en su práctica diaria para así lograr reducir la cantidad de residuos generados en cada cirugía. En estas encuestas, Harris, et al, encontró que muchos habían tomado los primeros pasos para disminuir su impacto ambiental fuera del quirófano, pero solo el 56% habían tomado medidas en contexto laboral. La principal barrera descrita por ellos fue la falta de liderazgo y de ayuda por las entidades reguladoras. (58) Consideramos que conocer el problema constituye uno de los primeros pasos esenciales para tomar acciones efectivas.

Hipótesis del trabajo

3. Hipótesis del trabajo

3.1. Hipótesis nula (H_0)

El volumen de plástico generado en quirófano es fijo sin capacidad de optimización.

3.2. Hipótesis alternativa (H_1)

El volumen de plástico generado en quirófano no es fijo y tiene capacidad de optimización.

Objetivos del trabajo

4. Objetivos del trabajo

4.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este estudio es conocer el volumen de plástico total, en Kg, generado en el quirófano en las cirugías de reemplazo articular más frecuentes (cadera, rodilla y hombro).

4.2. Objetivos secundarios

- Conocer el impacto ambiental, medido en Kg de CO₂ liberados al medio ambiente en relación al plástico generado en quirófano durante cada procedimiento.
- Poder correlacionar estos datos con actividades cotidianas.
- Buscar posibles áreas de mejora, para lograr una práctica médica más consciente con el medio ambiente.

Materiales y métodos

5. Materiales y métodos

5.1. Diseño del estudio

Estudio transversal donde se incluyeron todas las intervenciones para PTC, PTR y PIH realizadas desde abril del 2021 a Julio del mismo año de manera programada, realizadas en un hospital terciario.

5.2. Criterios de inclusión

Se incluyó a todos los pacientes intervenidos de prótesis total de rodilla, prótesis total de cadera, y de prótesis invertida de hombro en el Hospital de la Esperanza de Barcelona, de abril a julio del año 2021.

5.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron a todos los pacientes con historia de alergia al Níquel, Hemi Artroplastias de cadera, cirugías de revisión, y todas las cirugías en las cuales la determinación del uso de plásticos no fuera completa.

5.4. Recogida de datos

En todos los casos se recogió la información demográfica básica de los pacientes incluyendo edad, genero, y diagnóstico (Tabla 5).

Para facilitar la recogida de datos, se procedió a pesar todos los materiales que contienen plástico, embalajes utilizados en la sala preoperatoria y durante la intervención, tanto por

parte de anestesia, enfermería, como por traumatología. En el caso de que un instrumento fuera parcialmente de plástico, se procedió a separar los materiales para intentar un peso más exacto. Para esta recogida de datos se empleó una balanza Digital GPISEN, modelo B089T4K77R, la cual nos permitió tener una precisión de 1g. Con los valores obtenidos, se procedió a realizar plantillas de los materiales utilizados típicamente en cada procedimiento, para así facilitar la recolección de datos. En estas plantillas se dividió los insumos utilizados en dos categorías, denominadas Constantes y Variables, para cada tipo de cirugía. En la categoría constante se colocaron los insumos de plásticos que se abren por defecto al inicio de la cirugía, como lo son los campos quirúrgicos, un número determinado de guantes o diferentes herramientas utilizadas, lo cual se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Insumos utilizados de manera constante en cada procedimiento

Insumo Constante	Peso unitario en Kg			Peso total en cada procedimiento en Kg			CO2 totales producidos en Kg		
	PTC	PTR	PIH	PTC	PTR	PIH	PTC	PTR	PIH
Pack preformado									
de Tallas	3,73	3,28	1,94	3,73	3,28	3,88	20,888	18,368	21,728
Tallas extras	0	0	0,24	0	0	0,48	0	0	2,688
Envoltorios de									
Gasas estériles	0,0025			0,01	0,01	0,005	0,014	0,056	0,028
Guantes estériles									
quirúrgicos	0,039			0,312	0,351	0,273	0,2184	1,9656	1,5288

Envoltorios estériles							
(Mango de luz, etc.)	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0084	0,0084	0,0084
Jhankauer	0,014	0	0	0,014	0,0784	0	0,0784
Bisturí eléctrico	0,017	0,017	0,017	0,017	0,0952	0,0952	0,0952
Dispositivos para la aspiración/ conexiones							
	0,284	0,284	0,284	0,284	1,5904	1,5904	1,5904
Sistema de Lavado pulsátil/ conexiones							
	1,2820	1,282	1,282	0	7,1792	7,1792	0
Botella de solución salina de 500cc							
	0,0600	0	0	0,06	0,336	0	0,336
Envoltorio de la sierra							
	0,002	0,002	0,002	0	0,0112	0,0112	0
Envoltorio de la sierra pequeña							
	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,00952	0,00952	0,00952
Retractor Flexible de cadera							
	0,072	0,072	0	0	0,4032	0	0
LIA (jeringa de 50cc + medicación + envoltorio aguja)							
	0,0520	0	0,052	0	0	0,2912	0

Grapadora							
Quirúrgica	0,0720	0,072	0,072	0,072	0,4032	0,4032	0,4032
Apósito quirúrgico							
POP	0,0400	0,04	0,04	0,04	0,224	0,224	0,224
Férula de extensión	0,48	0	0,48	0	0	2,688	0

Por otro lado, la tabla 3 con los insumos variables, permitía registro rápido de cualquier insumo que no se utilizaba de manera sistemática. Esto podría ser, la presencia de más de un ayudante durante la intervención, el tipo de cemento utilizado para la fijación de una PTC o PTR, la utilización de drenajes, según el criterio del cirujano tratante o alguna incidencia que pasaban dentro del quirófano, como por ejemplo una necesidad de un cambio extra de guantes o batas.

Tabla 3: Insumos utilizado de manera variable durante la intervención

Insumo	Peso Unitario en Kg	Emisiones por unidad de CO2 en Kg
Cepillo para lavado de manos prequirúrgico	0,1314	0,7358
Film protector yodado	0,043	0,2408
Drenajes	0,2000	1,1200

Envase del cemento utilizado en la PTR y		
mezclador de cemento	0,6670	3,7352
Envase del cemento marca Surgical en la PTC y		
mezclador de cemento	0,2600	1,4560
Envase del cemento marca Cleanest en la PTC		
y mezclador de cemento	0,2800	1,5680
Batas quirúrgicas extras	0,1340	0,7504
Pares de guantes estériles quirúrgicos extras	0,0390	0,2184
Envoltorio de los componentes protésicos		

Finalmente, los materiales que contienen plástico utilizados en los diferentes procedimientos anestésicos y no quirúrgicos se resumen en la Tabla 4. Para completar cada planilla, el residente presente en la cirugía debía colocar solamente el número de cada elemento utilizado que no fuera previsto inicialmente o apuntar las incidencias. Por característica de gestión del Parc de Salut Mar, en toda cirugía está presente un residente, con lo cual evitamos así pérdidas de pacientes. De todas maneras, todo el equipo presente en el quirófano estaba informado del protocolo de estudio para facilitar la recogida de datos.

Tabla 4: Insumos de plástico utilizados por el resto de especialidades

	Peso Unitario en Kg	Emisiones por unidad de Co2 en Kg
Anestesia intradural		
Jeringa	0,0046	0,02576
Tallas pequeñas	0,043	0,2408
Envoltorios utilizados para herramientas (Kocher, etc.)	0,001	0,0056
Lidocaína	0,002	0,0112
Bupicaina	0,002	0,0112
Envoltorio aguja epidural	0,001	0,0056
Guantes estériles quirúrgicos	0,039	0,2184
Bloqueo nervioso regional		
Jeringa	0,0012	0,00672
Envoltorio aguja estimuladora	0,001	0,0056
Mepicaina	0,002	0,0112
Bupicaina	0,002	0,0112
Talla pequeña	0,043	0,2408

Preservativo para ecógrafo	0,001	0,0056
----------------------------	-------	--------

Guantes estériles quirúrgicos	0,039	0,2184
-------------------------------	-------	--------

Anestesia General/ Medicación EV

Conexiones para la intubación	0,234	1,3104
-------------------------------	-------	--------

Infusión de Propofol	0,094	0,5264
----------------------	-------	--------

Mascara laríngea	0,09	0,504
------------------	------	-------

Guedel	0,014	0,0784
--------	-------	--------

Medicación	0,0420	0,2352
------------	--------	--------

Pegatinas EKG	0,008	0,0448
---------------	-------	--------

Cánula nasal	0,034	0,1904
--------------	-------	--------

Preparación del Acido Tranexámico	0,0748	0,41888
-----------------------------------	--------	---------

Suero fisiológico 1L	0,042	0,2352
----------------------	-------	--------

Solución glucosada de 1L	0,051	0,2856
--------------------------	-------	--------

Material no quirúrgico

Transfer para el paciente	0,084	0,4704
---------------------------	-------	--------

Sábanas quirúrgicas	0,246	1,3776
---------------------	-------	--------

Analítica sanguínea preoperatoria	0,0053	0,02968
-----------------------------------	--------	---------

Preparación ATB preoperatorio	0,042	0,2352
-------------------------------	-------	--------

Jeringas	0,0016	0,00896
Par de guantes de manejo	0,07	0,392

5.5. Medición del impacto ambiental

Para calcular el impacto ambiental del plástico utilizado durante la cirugía se asumió que para la producción de cada Kg de plástico se producen 2.9 kg de CO₂ y que durante la incineración de este se producen 2.7 Kg más. Con estos datos, se estima que se liberan 5.6Kgs de CO₂ por cada kilogramo de plástico.(56) En este cálculo decidimos excluir el CO₂ producido en la distribución de los materiales, ya que podría ser muy variable y no permitiría generalizar los datos obtenidos a otros centros. Se utilizó la incineración como destino final de los residuos generados ya que en la institución donde se realizó el estudio, todos los residuos se colocan en el mismo contenedor excepto los punzantes. Según la normativa española para el tratamiento de residuos sanitarios, esto clasificaría todos los residuos como Categoría III, que requiere incineración. (37)

Para comparar estos datos con información tangible, se utilizó una calculadora creada por la EPA, la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. Esta calculadora fue creada para ayudar a correlacionar la cantidad de CO₂ generada en Kg, con la cantidad que se generaría en actividades cotidianas para que sea más fácil de correlacionar. Para hacer esto, la EPA midió las emisiones promedio de CO₂ generadas en tareas cotidianas y extrapoló la información al volumen de CO₂ que ingresamos. (59)

5.6. Consentimiento informado

Todos los pacientes incluidos firmaron un consentimiento informado y el estudio fue aprobado por el comité de ética con el número 2021/9782/I (CEIC-Parc de Salut Mar).

5.7. Análisis estadístico

Para evaluar el promedio de generación de residuos plásticos en procedimientos de artroplastia (cadera, rodilla y hombro), se optó por un análisis estadístico enfocado en la estimación de la media de residuos plásticos y su impacto ambiental.

5.7.1. Estimación de la media y del intervalo de confianza

Partiendo del objetivo de estimar el promedio de volumen de residuos plásticos generados por procedimiento, se realizó una estimación de la media y un intervalo de confianza del 95%. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del intervalo de confianza en una distribución normal, aplicando la aproximación de la normalidad debido al tamaño de la muestra.

$$IC = \bar{x} \pm Z^{\alpha/2} X\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

En donde $\bar{x}$ es la media muestral de residuos plásticos por procedimiento, $Z^{\alpha/2}$ representa el valor crítico correspondiente a un nivel de confianza del 95%, σ es la desviación estándar muestral y n es el tamaño de la muestra.

5.7.2. Utilización de software

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico Stata 15.1, el cual facilitó el cálculo de intervalos de confianza, pruebas de comparación de medias y

modelos de regresión. El uso de este software permitió llevar a cabo análisis robustos y confiables, garantizando la precisión de los cálculos y facilitando la interpretación de los resultados.

5.7.3. Interpretación de resultados

Basándonos en los resultados de los análisis estadísticos, buscamos patrones de generación de residuos y posibles áreas de mejora en términos de gestión de materiales y selección de insumos para reducir el impacto ambiental. De esta manera, el análisis estadístico nos permitió no solo caracterizar los residuos plásticos generados por cada tipo de procedimiento, sino también identificar áreas de intervención y mejora en la práctica clínica para minimizar el impacto ambiental.

Resultados

6. Resultados

6.1. Parámetros demográficos

En el presente estudio incluimos a 78 cirugías de artroplastia (29 PTC, 23 PTR y 16 PIH), de las cuales 41 fueron mujeres (12 PTC, 16 PTR y 13 PIH) y 27 hombres (17 PTC, 7 PTR y 3 PIH). La edad media de todos los pacientes fue de 69.97 (rango 40-87 años). En la PTC la edad media fue de 65.15 (rango 40-87 años), en la PTR fue de 72.65 (rango 55-86 años), y en las PIH fue de 74.1 (rango 53-83 años). Las características demográficas se resumen en la Tabla 1.

Tabla 5: Parámetros demográficos del estudio

Características poblacionales	Prótesis total de cadera	Prótesis total de rodilla	Prótesis invertida de hombro
Edad (en años)	65.15 (40-87)	72.65 (55-86)	74.1 (53-83)
Sexo			
Femenino	12	16	13
Masculino	17	7	3

Analizando el motivo por el cual los pacientes fueron intervenidos, se observó que, en las PTC, el diagnostico principal fue artrosis en 19 pacientes, displasia de cadera en 1 paciente, necrosis avascular en 5 pacientes, lesión CAM en 3 pacientes y en 1 paciente debido a secuelas de la enfermedad de Perthes. Todos los pacientes intervenidos para una PTR

fueron debido a artrosis. En cuanto a las PIH 10 pacientes fueron debido a la artropatía del manguito rotador, en 4 pacientes debido a una fractura aguda y en 2 pacientes debido a secuelas de fracturas.

6.2. Resultados de la generación de residuos plásticos en cada intervención

Tomando en cuenta todo el procedimiento, los materiales anestésicos, no quirúrgicos y quirúrgicos, se usó un promedio de 7.3 Kg (SD 0.48) de plásticos en las artroplastias. El procedimiento que más generó fue la PTR, generando un promedio de 7.63 Kg (SD 0.28) de plástico, seguido de PTC generando 7.28 Kg (SD 0.43), y PIH con 6.87 Kg (SD 0.47).

Con estos datos se crearon diferentes escenarios para examinar el impacto de diferentes estrategias para minimizar el uso del plástico. En el primer escenario, sustituimos el embalaje de plástico de las prótesis por materiales reciclables. En las PTC, los envoltorios utilizados tenían un peso medio de 0.2227 Kg. En las PIH el peso medio fue de 0.3784 kg, y de 0.2999 Kg para las PTR. Si el envoltorio de plástico se pudiera sustituir por materiales reciclables, podríamos reducir 159.824 KG de CO₂ liberados a la atmósfera cada 100 prótesis, lo que equivale a conducir 660 km en un coche promedio.

En el segundo escenario buscamos eliminar el equipo no esencial comúnmente utilizado. Al evitar una férula de extensión después de una PTR, podríamos ahorrar 0.48 Kg de plástico por cirugía, lo que equivale a 2.688 Kg de CO₂ liberados a la atmósfera. Al utilizar suturas para cerrar la herida, en lugar de grapadoras, podríamos evitar el uso de 0.072kg de plástico por cirugía. Otro artículo no esencial utilizado comúnmente durante la cirugía es el sistema de lavado pulsátil. Esto genera 1.28kgs de plástico en cada cirugía, en comparación con las botellas de plástico que crearon solo 0.0712Kgs, y al cambiar el sistema de

aspiración utilizado, a un dispositivo de gestión de residuos cerrado, pudimos reducir de 0.284 a 0.0540 Kg de plástico.

Otro escenario creado fue cambiar todo el entallado, a tallas reutilizables. En este escenario, ahorraríamos 3.73 Kg de plástico en la prótesis total de cadera, 3.28 kg en la PTR y 2.18 kg en PIH. Al realizar este pequeño cambio en nuestra práctica diaria, reduciríamos nuestra huella de carbono en 1,114.8 Kg de CO₂ por 100 prótesis de rodilla. En la tabla 6 se puede observar un resumen de los diferentes escenarios propuestos.

Tabla 6: Resumen de escenarios propuestos para disminuir la huella de carbono durante las intervenciones quirúrgicas.

Procedimiento	Escenario de reducción	Acción	Plástico ahorrado por cirugía en Kg	CO ₂ evitado en Kg por cirugía
PTR	Embalaje	Cambiar por materiales reciclables	0,2999	1,67944
	Uso de férula de extensión	Eliminarla	0,48	2,688
	Uso de tallas estériles de plástico	Cambio por tallas de tela estériles	3,28	18,368
PTC	Embalaje	Cambiar por materiales reciclables	0,22	1,232
	Uso de tallas estériles de plástico	Cambio por tallas de tela estériles	3,738	20,9328
PIH	Embalaje	Cambiar por materiales reciclables	0,37	2,072
	Uso de tallas estériles de plástico	Cambio por tallas de tela estériles	2,18	12,208
Aplicable a todas las intervenciones				
	Uso de grapadora quirúrgica para cierre cutáneo	Cambio por suturas	0,072	0,4032

Uso de pistolas de lavado pulsátil	Cambio por botellas de SF	1,2	6,72
Uso de sistemas de aspiración abierto	cambio por sistema de aspiración cerrada	0,23	1,288

Discusión

7. Discusión

Durante el presente estudio encontramos que el promedio de uso de plástico para una cirugía de remplazo articular fue de 7.3 Kg (DE 0.48), lo que se traduce en 40.88 Kg de CO₂ liberados en nuestra atmósfera, o el equivalente a conducir un auto durante 163 Km, o ir de Barcelona hasta la frontera con Francia.

Kooner et al. realizó una auditoria de los residuos generados, donde incluyó 55 procedimientos realizados en 6 subespecialidades de la ortopedia. En este estudio, buscó categorizar los residuos como preoperatorios e intraoperatorios y en reciclables y no reciclables. En este estudio observaron que dentro de las subespecialidades la artroplastia era la que generaba una mayor cantidad de residuos, produciendo 8.779 kg, un hallazgo muy similar al encontrado en el presente estudio. Un hallazgo interesante en su estudio es que concluyeron que 2.955 kg eran reciclables. Esto les da a las instituciones un margen importante en la que mejorar. (60)

Si miramos a cada procedimiento por separada podemos observar que la Artroplastia Total de Rodilla fue el procedimiento que generó más plástico, utilizando 7.63 Kg (DE 0.28), seguido por la Artroplastia Total de Cadera usando 7.28 kg (DE 0.43), y finalmente, la Prótesis Invertida de Hombro, la cual generó 6.87 kg (DE 0.47). Si contrarrestamos esta información con el registro Australiano de Cirugía Protésica en 2020, (61) donde se reportaron; 62.624 PTR, 49.169 PTC, y 7.827 PIH, el impacto ambiental sería el equivalente a la electricidad utilizada por 969.262 hogares durante un año. Para lograr que este procedimiento sea considerado como carbón neutro, tendríamos que utilizar la energía producida por 1354 turbinas eólicas durante 1 año y así contrarrestar las emisiones generadas.

Stall et al. realizó una auditoría en 5 prótesis total de rodilla donde categorizaron la eliminación de residuos en 6 categorías: residuos sólidos regulares, plásticos reciclables, residuos biológicos, tallas reutilizables, punzantes y envolturas estériles azules. Midieron el peso y el volumen de todos los residuos. En su estudio, encontraron que el total de residuos quirúrgicos fue de 13.3 kg, de los cuales 8.6 kg (64.5%) fueron residuos sólidos normales, 2.5 kg (19.2%) fueron residuos biológicos, 1.6 kg (12.1%) fueron envolturas estériles azules, 0.3 kg (2.2%) fueron reciclables y 0.3 kg (2.2%) fueron punzantes. En su medida total de residuos, excluyeron las tallas reutilizables. Si sumamos los residuos normales con los plásticos reciclables, encontramos que en su estudio se generó 8.9 kg de plástico, un valor bastante cercano al 7.63kg encontrado en el presente estudio. (34) Una conclusión importante de su estudio es que solo el 2.2% de los residuos generados en la cirugía fue considerado reciclable. Esto puede representar un área importante de mejora para hacer cirugías ambientalmente amigables, ya que potencialmente un total del 40% de los residuos generados pueden ser reciclados. (62)

A pesar de que muchos de los artículos de plástico utilizados en la cirugía protésica no pueden ser sustituidos por artículos reciclables, existen algunos que se utilizan sin una gran evidencia de utilidad, lo cual representa una fuente potencial de ahorro de plástico.

Uno de los apartados en donde se generó más residuos fue en el lavado articular. Es una práctica común irrigar el lecho quirúrgico antes y después de implantar los componentes definitivos. En el presente estudio, tanto los cirujanos de cadera como los de rodilla utilizan sistemas de irrigación por presión pulsátil, mientras que, en el hombro, generalmente se utiliza irrigación con botellas de plástico. Al medir los sistemas de irrigación pulsátil, descubrimos que se utilizaron 1.28Kg de plástico, en contraste con las botellas de plástico

que crearon solo 0.0712Kg. Al usar botellas de plástico para todas las cirugías, creemos que podríamos ahorrar 1.2088 Kg de plástico por cirugía. Esto se traduciría en 6.76 kg menos de CO₂ liberado en el ambiente, o el equivalente a conducir un coche durante 25.74Km o cargar 823 teléfonos celulares por cada cirugía. Este cambio en la práctica es factible ya que no hay evidencia clara de que el uso de lavado de irrigación pulsátil tenga un impacto en la reducción de las infecciones postoperatorias(63–65).

Otro proceso donde existe un gran margen de mejora son los dispositivos de aspiración utilizados. Al usar un sistema de gestión de residuos constantemente cerrado; que absorbe, filtra y desecha el líquido presente durante la cirugía sin necesidad de contenedores de plástico adicionales, la cantidad de plástico utilizado fue de 0.0540 Kg, mientras que con los dispositivos de aspiración tradicionales se utiliza 0.2840 Kg. Este cambio podría ahorrar el equivalente a conducir 4.8 km por cirugía o teniendo en cuenta el registro australiano (61), el equivalente a 24,476 automóviles de gasolina conducidos durante un año.

El entallado fue el factor analizado que resulto ser más relevante en la cirugía de artroplastia, en cuanto a la utilización de plástico. En la prótesis total de rodilla y en las de cadera, el equipo analizado en este trabajo utiliza habitualmente paquetes pre diseñados de tallas, los cuales pesan 3.73 y 3.28Kgs respectivamente. En contraste, el equipo de la Unidad de Hombro utiliza tallas individuales, las cuales pesan 3.72kg. Esto produce un promedio de 3.57 kg de plástico por cirugía, que es aproximadamente el 50% del total de plástico por cirugía. Diferentes autores han trabajado con paquetes específicamente diseñados para minimizar el desperdicio, encontrando una diferencia sustancial en la cantidad de residuos generados. (66,67) Otra posible alternativa para solucionar este problema, es la utilización de tallas de tela, las cuales no son desechable y se re esterilizan para cada intervención. Al usar tela reutilizable, evitaríamos generar 357 Kg de plástico en 100 cirugías, o el equivalente a conducir un coche durante 6 meses. Una de las principales preocupaciones para los cirujanos que cambian a tela desechable sería el mayor riesgo de infección, un mito que no ha sido demostrado por la literatura científica. Overcash et al.

revisó la literatura comparando la utilización de textiles reutilizables y de un solo uso. En los 6 estudios citados, todos demostraron que el uso de textiles reutilizables ofrecía un mejor perfil para el medio ambiente, generando una huella de carbono de 200-300% más al utilizar materiales de un solo uso. (68) En cuanto al supuesto riesgo de infección, la CDC concluyó que no existe un incremento del riesgo de infección al utilizar tallas reutilizables. (69) Este cambio podría tener un gran impacto en la huella de carbono generada, ya que el 80% de los hospitales en Estados Unidos utilizan tallas de plástico, a pesar que en una encuesta del 2010 la mayoría de cirujanos preferían materiales reutilizables. (70)

Al final de la prótesis de rodilla, es una práctica común inmovilizar la rodilla con una ortesis en extensión. Esta práctica genera 0.48 kg de plástico, que es responsable del 5% de la producción de residuos en cada cirugía. La inmovilización articular postoperatoria no ha demostrado beneficios a largo plazo en ROM y resultados funcionales, en comparación con la no inmovilización. (71) Con lo cual consideramos que esta práctica podría ser abandonada sin preocuparnos por sacrificar los resultados de la intervención.

El embalaje de la prótesis es otro elemento destacado durante la gestión de plásticos. Aunque el embalaje de la prótesis representa solo 0.285 Kg, o el 4% del peso, las empresas deberían considerar embalar sus productos con material reciclable.

Diversos estudios han comparado el impacto ambiental de la técnica anestésica utilizada. El principal foco de estos estudios es evaluar el impacto ambiental de los gases utilizados en el quirófano, más que el plástico generado durante los procedimientos. (72) En el presente estudio, cuando falló la técnica anestésica intradural, se utilizaron 0.67 Kg más de plástico. Por motivos de seguridad en el paciente, poco se puede mejorar en el procedimiento anestésico. Sin embargo, la anestesiología local o epidural debería prevalecer siempre que sea posible en procedimientos de miembros inferiores, ya que presenta menos complicaciones, además de un menor consumo de plástico. (73)

7.1. Limitaciones del estudio

La principal limitación del presente estudio fue que se llevó a cabo en solo un centro. Las preferencias de la institución y del cirujano pueden tener un impacto en el total de plástico utilizado en la artroplastia total de articulaciones, lo que dificulta la extrapolación de los resultados del estudio a otras instituciones. Sin embargo, los resultados encontrados en el presente estudio coinciden con los resultados obtenidos en estudios similares anteriores, reflejando pocas variaciones entre diferentes instituciones. En todo caso, los hallazgos de este estudio nos permiten enfocarnos en que áreas, una intervención tendría un mayor efecto.

7.2. Aplicabilidad clínica

Como se menciona ya anteriormente, existen un creciente enfoque a nivel mundial para disminuir nuestra huella de carbono. Actualmente muchas empresas estas buscando incentivar a los usuarios a comprar compensaciones de carbono, mediante programas de reforestación, implementación de paneles solares etc. A pesar de esta tendencia mundial, el ámbito sanitario se muestra reacio a estos cambios. Harris, et al. ya demostró que existe una creciente preocupación entre cirujanos sobre la huella de carbono generada en cada cirugía. (58) Lo importante es empezar a realizar cambios en nuestra práctica clínica diaria para lograr estos objetivos.

Conclusiones

8. Conclusiones

El análisis llevado a cabo en este estudio condujo a las siguientes conclusiones:

- El volumen de plástico generado en quirófano no es fijo y tiene capacidad de optimización.
- Las cirugías de remplazo articular generan una cantidad considerable de residuos plásticos, con una media de 7.3Kg por intervención, lo que equivale a 40.88 Kg de CO2 liberados al medio ambiente.
- A partir del análisis del material utilizado, se identificaron múltiples oportunidades de mejora, como la sustitución de envoltorios plásticos por materiales reciclables, el uso de insumos reutilizables y la eliminación de elementos no esenciales.
- La adopción de medidas sostenibles en quirófano es viable y no compromete la seguridad del paciente. Implementarlas podría reducir de forma significativa la huella ambiental de la cirugía ortopédica sin afectar la calidad asistencial

Líneas de futuro

9. Líneas de futuro

Los resultados obtenidos en este estudio abren las puertas a múltiples líneas de investigación futura.

Una de las líneas más evidentes sería ampliar el análisis a otras especialidades quirúrgicas o incluso a diferentes áreas del hospital como hospitalización o consultas externas. No sabemos si en otras áreas como cirugía general, ginecología o neurocirugía se generan más o menos residuos, o si los patrones de consumo cambian según la dinámica de cada unidad. Tener esta comparación permitiría entender mejor el alcance real del problema.

Otra línea relevante de estudio sería el análisis multicéntrico de los residuos generados en distintos hospitales, tanto públicos como privados, para evaluar la variabilidad según el tipo de institución, protocolos locales y disponibilidad de insumos. Esto también ayudaría a identificar buenas prácticas que podrían estandarizarse o adaptarse a otras realidades.

Otro campo a explorar sería el impacto clínico, económico y ambiental de implementar protocolos sostenibles en quirófano. Esto incluiría la sustitución sistemática de insumos descartables por reutilizables, la incorporación de materiales reciclables, y el rediseño de los kits quirúrgicos para reducir su contenido a lo estrictamente necesario. La medición de estos cambios a través de estudios prospectivos permitiría no solo validar su eficacia ambiental, sino también la seguridad para el paciente, y viabilidad en la práctica diaria.

A largo plazo, sería importante el desarrollo y la implementación de bioplásticos en el entorno hospitalario. Este tipo de materiales, derivados de fuentes renovables y potencialmente biodegradables, podrían ofrecer una alternativa viable a los plásticos convencionales. Sin embargo, todavía existen muchas dudas sobre su resistencia, esterilidad, compatibilidad con el entorno quirúrgico y, sobre todo, su verdadera huella ambiental. Invertir en investigación aplicada para evaluar su uso real en quirófano será clave en los próximos años.

Referencias bibliográficas

10. Referencias bibliográficas

1. World Economic Forum. The new plastics economy: rethinking the future of plastics [Internet]. Geneva: World Economic Forum; 2016 [citado 2024 dic 19]. Disponible en: <https://www.weforum.org/publications/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics/>
2. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci Adv. 7 de julio de 2017;3(7). Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
3. Royte E. Is burning plastic waste a good idea? [Internet]. National Geographic; 2019 [citado 2024 dic 19]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/should-we-burn-plastic-waste>
4. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Berry H, et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. The Lancet. diciembre de 2018;392(10163):2479-514. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
5. Bahrani A. <https://waste4change.com/blog/7-types-plastic-need-know/>. 2018. 7 Types of Plastic: The Different Materials and Grades. Disponible en: <https://waste4change.com/blog/7-types-plastic-need-know/>
6. Tokiwa Y, Calabia BP. Biological production of functional chemicals from renewable resources. Can J Chem. 1 de junio de 2008;86(6):548-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/v08-046>
7. Tokiwa Y, Calabia B, Ugwu C, Aiba S. Biodegradability of Plastics. Int J Mol Sci. 26 de agosto de 2009;10(9):3722-42. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms10093722>
8. Morris J. Comparative LCAs for Curbside Recycling Versus Either Landfilling or Incineration with Energy Recovery (12 pp). Int J Life Cycle Assess. 4 de julio de 2005;10(4):273-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1065/lca2004.09.180.10>
9. Antonopoulos I, Faraca G, Tonini D. Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. Waste Management. mayo de 2021;126:694-705. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.002>
10. Hahladakis JN, Iacovidou E. Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity? Science of The Total Environment. 15 de julio de 2018;630:1394-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.330>

11. Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, Iacovidou E, Purnell P. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *J Hazard Mater.* 15 de febrero de 2018;344:179-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>
12. Vilaplana F, Karlsson S. Quality Concepts for the Improved Use of Recycled Polymeric Materials: A Review. *Macromol Mater Eng.* 14 de abril de 2008;293(4):274-97. Disponible en: DOI:[10.1002/mame.200700393](https://doi.org/10.1002/mame.200700393)
13. Wood A. recycling: Quality Control Maximizes Market Return For Plastics. 1997. Disponible en: <https://www.waste360.com/waste-recycling/recycling-quality-control-maximizes-market-return-for-plastics>.
14. Verma R, Vinoda KS, Papireddy M, Gowda ANS. Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environ Sci.* 2016;35:701-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>
15. Parker L. The world's plastic pollution crisis, explained. *National Geographic.* 2024. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>.
16. Garcia A. La mancha de plásticos del Pacífico triplica ya la superficie de España. *Green Peace.* 2018. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/noticias/la-mancha-de-plasticos-del-pacifico-norte-triplica-ya-la-superficie-de-espana/#:~:text=Seg%C3%BAn%20este%20estudio%2C%20al%20menos,veces%20el%20tama%C3%B1o%20de%20Espa%C3%B1a>.
17. Eckelman MJ, Sherman JD. Estimated Global Disease Burden From US Health Care Sector Greenhouse Gas Emissions. *Am J Public Health.* abril de 2018;108(S2):S120-2. Disponible en: doi: [10.2105/AJPH.2017.303846](https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.303846)
18. Gore AC, Chappell VA, Fenton SE, Flaws JA, Nadal A, Prins GS, et al. EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocr Rev.* 1 de diciembre de 2015;36(6):E1-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>
19. Babadi RS, Riederer AM, Sampson PD, Sathyanarayana S, Kavanagh TJ, Krenz JE, et al. Associations between repeated measures of urinary phthalate metabolites and biomarkers of oxidative stress in a rural agricultural cohort of children with asthma. *Science of The Total Environment.* noviembre de 2022;848:157493. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157493>
20. Trasande L, Attina TM, Blustein J. Association Between Urinary Bisphenol A Concentration and Obesity Prevalence in Children and Adolescents. *JAMA.* 19 de septiembre de 2012;308(11):1113. Disponible en: doi:10.1001/2012.jama.11461
21. Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar Pollut Bull.* diciembre de 2011;62(12):2588-97. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
22. Wit WD, Bigaud N. No Plastic In Nature: Assessing Plastic Ingestion From Nature to People. *Environmental Science.* 12 de junio de 2019; Disponible en: https://awsassets.panda.org/downloads/plastic_ingestion_press_singles.pdf

23. Laura Parker. . Microplastics are in our bodies. How much do they harm us? 2023. National Geographic. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/microplastics-are-in-our-bodies-how-much-do-they-harm-us>.
24. Brahney J, Hallerud M, Heim E, Hahnenberger M, Sukumaran S. Plastic rain in protected areas of the United States. *Science* (1979). 12 de junio de 2020;368(6496):1257-60. Disponible en: DOI: [10.1126/science.aaz5819](https://doi.org/10.1126/science.aaz5819)
25. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environ Sci Technol*. 20 de junio de 2017;51(12):6634-47. Disponible en: DOI: [10.1021/acs.est.7b00423](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423)
26. Chung JW, Meltzer DO. Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector. *JAMA*. 11 de noviembre de 2009;302(18):1970. Disponible en: doi:10.1001/jama.2009.1610
27. Shah S, Morris H, Nicolaou N, MacInnes S, Haslam P, Shahane S, et al. The carbon footprint of arthroscopic procedures. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. marzo de 2024;106(3):256-61. Disponible en: DOI: [10.1308/rcsann.2023.0036](https://doi.org/10.1308/rcsann.2023.0036)
28. Lee RJ, Mears SC. Greening of Orthopedic Surgery. *Orthopedics*. junio de 2012;35(6). Disponible en: DOI: [10.3928/01477447-20120525-39](https://doi.org/10.3928/01477447-20120525-39)
29. de SA D, Stephens K, Kuang M, Simunovic N, Karlsson J, Ayeni OR. The direct environmental impact of hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: a surgical waste audit of five cases. *J Hip Preserv Surg*. julio de 2016;3(2):132-7. Disponible en: DOI: [10.1093/jhps/hnv085](https://doi.org/10.1093/jhps/hnv085)
30. Blough CL, Karsh KJ. What's Important: Operating Room Waste. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 5 de mayo de 2021;103(9):837-9. Disponible en: DOI: [10.2106/JBJS.20.01816](https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01816)
31. Prakash R, Abid H, Wasim A, Sharma A, Agrawal Y. The Environmental Impact and Sustainability of Total Hip and Knee Arthroplasty. *Arthroplast Today*. diciembre de 2023;24:101254. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.artd.2023.101254>
32. Rizan C, Bhutta MF, Reed M, Lillywhite R. The carbon footprint of waste streams in a UK hospital. *J Clean Prod*. marzo de 2021;286:125446. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125446>
33. Esaki R, Macario A. Wastage of Supplies and Drugs in the Operating Room. *Medscape*. 2009. Disponible en: https://www.medscape.com/viewarticle/710513_2?form=fpf.
34. Stall NM, Kagoma YK, Bondy JN, Naudie D. Surgical waste audit of 5 total knee arthroplasties. *Canadian Journal of Surgery*. 1 de abril de 2013;56(2):97-102. Disponible en: DOI: [10.1503/cjs.015711](https://doi.org/10.1503/cjs.015711)
35. Kooner S, Hewison C, Sridharan S, Lui J, Matthewson G, Johal H, et al. Waste and recycling among orthopedic subspecialties. *Canadian Journal of Surgery*. 1 de junio de 2020;63(3):E278-83. Disponible en: DOI: [10.1503/cjs.018018](https://doi.org/10.1503/cjs.018018)
36. Kwakye G. Green Surgical Practices for Health Care. *Archives of Surgery*. 1 de febrero de 2011;146(2):131. Disponible en: DOI: [10.1001/archsurg.2010.343](https://doi.org/10.1001/archsurg.2010.343)

37. Martí Solé, M. NTP 372: Tratamiento de residuos sanitarios. Ministerio de Trabajo Y Asuntos Sociales España. 1990. Disponible en:
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/11-serie-ntp-numeros-366-a-400-ano-1996/ntp-372-tratamiento-de-residuos-sanitarios>
38. Blough CL, Karsh KJ. What's Important: Operating Room Waste. Journal of Bone and Joint Surgery. 5 de mayo de 2021;103(9):837-9. Disponible en:
DOI: 10.2106/JBJS.20.01816
39. Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of Osteoarthritis. Clin Geriatr Med. agosto de 2010;26(3):355-69. Disponible en: DOI: [10.1016/j.cger.2010.03.001](https://doi.org/10.1016/j.cger.2010.03.001)
40. Manninen P, Riihimäki H, Heliövaara M, Mäkelä P. Overweight, gender and knee osteoarthritis. Int J Obes Relat Metab Disord. junio de 1996;20(6):595-7. Disponible en: PMID: 8782738
41. Vos T, Flaxman AD, Naghavi M, Lozano R, Michaud C, Ezzati M, et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. The Lancet. diciembre de 2012;380(9859):2163-96. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61729-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61729-2)
42. Waimann CA, Fernandez-Mazarambroz RJ, Cantor SB, Lopez-Olivo MA, Zhang H, Landon GC, et al. Cost-Effectiveness of Total Knee Replacement: A Prospective Cohort Study. Arthritis Care Res (Hoboken). 26 de abril de 2014;66(4):592-9. Disponible en: DOI: [10.1002/acr.22186](https://doi.org/10.1002/acr.22186)
43. Goldring MB, Goldring SR. Osteoarthritis. J Cell Physiol. 4 de diciembre de 2007;213(3):626-34. Disponible en: DOI: [10.1002/jcp.21258](https://doi.org/10.1002/jcp.21258)
44. Wojdasiewicz P, Poniatowski ŁA, Szukiewicz D. The Role of Inflammatory and Anti-Inflammatory Cytokines in the Pathogenesis of Osteoarthritis. Mediators Inflamm. 2014;2014:1-19. Disponible en: DOI: [10.1155/2014/561459](https://doi.org/10.1155/2014/561459)
45. Kleemann RU, Krockner D, Cedraro A, Tuischer J, Duda GN. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade). Osteoarthritis Cartilage. noviembre de 2005;13(11):958-63. Disponible en: DOI: [10.1016/j.joca.2005.06.008](https://doi.org/10.1016/j.joca.2005.06.008)
46. Wright RW. Osteoarthritis Classification Scales: Interobserver Reliability and Arthroscopic Correlation. Journal of Bone and Joint Surgery. 16 de julio de 2014;96(14):1145-51. Disponible en: DOI: [10.2106/JBJS.M.00929](https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00929)
47. Hannan MT, Felson DT, Pincus T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. J Rheumatol. junio de 2000;27(6):1513-7. Disponible en: PMID: 10852280
48. Harris WH, Sledge CB. Total Hip and Total Knee Replacement. New England Journal of Medicine. 20 de septiembre de 1990;323(12):801-7. Disponible en: DOI: [10.1056/NEJM199009203231206](https://doi.org/10.1056/NEJM199009203231206)

49. Bota NC, Nistor DV, Caterev S, Todor A. Historical overview of hip arthroplasty: From humble beginnings to a high-tech future. *Orthop Rev (Pavia)*. 30 de marzo de 2021;13(1). Disponible en: DOI: [10.4081/or.2021.8773](https://doi.org/10.4081/or.2021.8773)
50. Hernigou P. Smith–Petersen and early development of hip arthroplasty. *Int Orthop*. 6 de enero de 2014;38(1):193-8. Disponible en: doi: [10.1007/s00264-013-2080-5](https://doi.org/10.1007/s00264-013-2080-5)
51. Campbell WC. Interposition of vit allium plates in arthroplasties of the knee. *The American Journal of Surgery*. marzo de 1940;47(3):639-41. Disponible en: PMID: 3275516
52. Markatos K, Sardiniari S, Brilakis E, Apostolopoulos I, Tsoucalas G, Chronopoulos E. Jules Pean (1830-1898)—A Pioneer Surgeon: His Achievements and His Total Shoulder Arthroplasty. *Surg Innov*. 11 de diciembre de 2019;26(6):763-5. Disponible en: DOI: [10.1177/1553350619875303](https://doi.org/10.1177/1553350619875303)
53. Flatow EL, Harrison AK. A History of Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. septiembre de 2011;469(9):2432-9. Disponible en: DOI: [10.1007/s11999-010-1733-6](https://doi.org/10.1007/s11999-010-1733-6)
54. Fama G, Pozzuoli A. History of Reverse Shoulder Arthroplasty. En: *Reverse Shoulder Arthroplasty*. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 3-23. Disponible en: DOI: [10.1007/978-3-319-97743-0_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97743-0_1)
55. Prakash R, Abid H, Wasim A, Sharma A, Agrawal Y. The Environmental Impact and Sustainability of Total Hip and Knee Arthroplasty. *Arthroplast Today*. diciembre de 2023;24:101254. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.artd.2023.101254>
56. Tenhunen-Lunkka A, Rommens T, Vanderreydt I, Mortensen L. Greenhouse Gas Emission Reduction Potential of European Union’s Circularity Related Targets for Plastics. *Circular Economy and Sustainability*. 14 de marzo de 2023;3(1):475-510. Disponible en: DOI: [10.1007/s43615-022-00192-8](https://doi.org/10.1007/s43615-022-00192-8)
57. Culliford D, Maskell J, Judge A, Cooper C, Prieto-Alhambra D, Arden NK. Future projections of total hip and knee arthroplasty in the UK: results from the UK Clinical Practice Research Datalink. *Osteoarthritis Cartilage*. abril de 2015;23(4):594-600. Disponible en: DOI: [10.1016/j.joca.2014.12.022](https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.12.022)
58. Harris H, Bhutta M, Rizan C. A survey of UK and Irish surgeons’ attitudes, behaviours and barriers to change for environmental sustainability. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. noviembre de 2021;103(10):725-9. Disponible en: DOI: [10.1308/rcsann.2021.0271](https://doi.org/10.1308/rcsann.2021.0271)
59. United States Environmental Protection Agency (EPA). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator [Internet]. Washington, D.C.: EPA; 2022. Disponible en: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
60. Kooner S, Hewison C, Sridharan S, Lui J, Matthewson G, Johal H, et al. Waste and recycling among orthopedic subspecialties. *Canadian Journal of Surgery*. 1 de junio de 2020;63(3):E278-83. Disponible en: DOI: [10.1503/cjs.018018](https://doi.org/10.1503/cjs.018018)
61. Graves SE, Davidson D, Ingerson L, Ryan P, Griffith EC, McDermott BFJ, et al. The Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. *Medical*

Journal of Australia. marzo de 2004;180(S5). Disponible en: DOI: [10.5694/j.1326-5377.2004.tb05911.x](https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2004.tb05911.x)

62. McRae G, Shaner H. Invisible costs/visible savings: innovations in waste management for hospitals. *Surg Serv Manag.* 1996; Disponible en: PMID: 10562097
63. Fry DE. Pressure Irrigation of Surgical Incisions and Traumatic Wounds. *Surg Infect (Larchmt).* mayo de 2017;18(4):424-30. Disponible en: DOI: [10.1089/sur.2016.252](https://doi.org/10.1089/sur.2016.252)
64. Chiaramonti AM, Robertson AD, Nguyen TP, Jaffe DE, Hanna EL, Holmes R, et al. Pulsatile Lavage of Musculoskeletal Wounds Causes Muscle Necrosis and Dystrophic Calcification in a Rat Model. *Journal of Bone and Joint Surgery.* 1 de noviembre de 2017;99(21):1851-8. Disponible en: DOI: [10.2106/JBJS.17.00330](https://doi.org/10.2106/JBJS.17.00330)
65. Hassinger SM, Harding G, Wongworawat MD. High-Pressure Pulsatile Lavage Propagates Bacteria into Soft Tissue. *Clin Orthop Relat Res.* octubre de 2005;439(NA):27-31. Disponible en: DOI: [10.1097/01.blo.0000182246.37454.b2](https://doi.org/10.1097/01.blo.0000182246.37454.b2)
66. Van Demark RE, Smith VJS, Fiegen A. Lean and Green Hand Surgery. *J Hand Surg Am.* febrero de 2018;43(2):179-81. Disponible en: DOI: [10.1016/j.jhsa.2017.11.007](https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2017.11.007)
67. Thiel CL, Fiorin Carvalho R, Hess L, Tighe J, Laurence V, Bilec MM, et al. Minimal Custom Pack Design and Wide-Awake Hand Surgery: Reducing Waste and Spending in the Orthopedic Operating Room. *HAND.* 28 de marzo de 2019;14(2):271-6. Disponible en: doi: 10.1177/1558944717743595
68. Overcash M. A Comparison of Reusable and Disposable Perioperative Textiles. *Anesth Analg.* mayo de 2012;114(5):1055-66. Disponible en: DOI: 10.1213/ANE.0b013e31824d9cc3
69. Bolten A, Kringos DS, Spijkerman IJB, Sperna Weiland NH. The carbon footprint of the operating room related to infection prevention measures: a scoping review. *Journal of Hospital Infection.* octubre de 2022;128:64-73. Disponible en: DOI: [10.1016/j.jhin.2022.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.07.011)
70. Yates EF, Bowder AN, Roa L, Velin L, Goodman AS, Nguyen LL, et al. Empowering Surgeons, Anesthesiologists, and Obstetricians to Incorporate Environmental Sustainability in the Operating Room. *Ann Surg.* junio de 2021;273(6):1108-14. Disponible en: DOI: [10.1097/SLA.0000000000004755](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004755)
71. Kaseb MH, Moharrami A, Mirghaderi SP, Fallah E, Razzaghof M, Moazen Jamshidi MM, et al. Effect of joint immobilization using extension splint immediately after total knee arthroplasty on post-operative knee function and pain: a randomized clinical trial. *Int Orthop.* 19 de agosto de 2022;46(8):1749-59. Disponible en: DOI: [10.1007/s00264-022-05428-8](https://doi.org/10.1007/s00264-022-05428-8)
72. Gaya da Costa M, Kalmar AF, Struys MMRF. Inhaled Anesthetics: Environmental Role, Occupational Risk, and Clinical Use. *J Clin Med.* 22 de marzo de 2021;10(6):1306. Disponible en: PMID: [33810063](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33810063/)
73. Wilson JM, Farley KX, Bradbury TL, Guild GN. Is Spinal Anesthesia Safer than General Anesthesia for Patients Undergoing Revision THA? Analysis of the ACS-NSQIP

Database. Clin Orthop Relat Res. enero de 2020;478(1):80-7.
DOI: [10.1097/CORR.0000000000000887](https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000887)

Anexos

11. Anexos

11.1. Anexo 1: Artículo publicado

Stacey I, Vilà G, Torres-Claramunt R, Puig L, Torrens C. Plastic waste in major orthopaedic surgical procedures: descriptive and sources of improvement. *Int Orthop*. 2024 Jul;48(7):1701–6. doi:10.1007/s00264-024-06155-y



Plastic waste in major orthopaedic surgical procedures: descriptive and sources of improvement

Ignacio Stacey¹ · Gemma Vilà² · Raul Torres-Claramunt² · Lluís Puig² · Carlos Torrens²

Received: 24 September 2023 / Accepted: 21 March 2024
© The Author(s) under exclusive licence to SICOT aisbl 2024

Abstract

Purpose The healthcare industry is a significant contributor to single-use plastic waste, particularly in the operating room (OR). This study aims to assess the volume of plastic waste generated during total hip, knee, and shoulder arthroplasty in the OR and identify areas for improvement.

Method A prospective transversal study at a tertiary hospital was conducted. All total knee arthroplasty (TKA), total hip arthroplasty (THA), and reverse shoulder arthroplasty (RSA) from April to July 2021 were included. The weight of plastic used during patient preparation, anaesthesia, and the surgical procedure was recorded. To calculate the environmental impact, a calculator generated by the United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) was used.

Results A total of 68 surgeries were included. The mean weight of plastic used in total was 7.3 kg (SD 0.48), with the highest yielding procedure being TKA. It generated a mean of 7.63 kg (SD 0.28), followed by THA at 7.28 kg (SD 0.43), and RSA at 6.87 kg (SD 0.47).

Various scenarios were simulated to evaluate the potential impact of reducing plastic waste. Substituting plastic wrapping with recyclable materials could save 159.6 kg of CO₂ emissions per 100 prostheses. Eliminating non-essential equipment and adopting reusable fabric drapes also showed a significant potential.

Conclusion The findings highlight the need for environmentally sustainable practices in the OR. In this way, the healthcare sector can contribute to a cleaner and greener world without compromising patient safety.

Keywords Plastic waste · Joint replacement · Arthroplasty · Total hip arthroplasty · Total knee arthroplasty · Reverse shoulder arthroplasty

Introduction

It is hard to imagine today's world without plastics. This versatile material is now used in nearly all the everyday items in our lives. Its durability, resistance to degradation, and low cost have made it the top material used since its creation in the 1950s. Its use became popularized so quickly that Geyer et al. found that some 8300 million tons of plastic were produced from 1950 to 2015. Approximately half of it was produced over the last 13 years. Only six hundred tons of all the plastic estimated by Geyer has been recycled once, with most of the

remainder ending up in landfills or the oceans. This has made it possible to find plastic residues in oceans worldwide. It has been estimated that four–12 million tons ended up there in 2010 alone [1]. The use of plastic has skyrocketed so dramatically that the Commission on Climate Change of the Lancet has identified it as a major contributor to climate change [2].

The healthcare sector is no stranger to this trend. The healthcare industry is responsible for approximately 10% of the greenhouse gas emissions, and 9% of the toxic gases found in our atmosphere [3, 4]. On top of that, this sector has increased its use of these materials by 15% over the last few years. That is mainly due to single-use disposable items [5]. These estimates show that some 2200 kg/bed/year residues are produced in Sweden [6]. Then again, the American Healthcare System is believed to produce four billion tons of plastic residues yearly, which comes to about 6600 tons a day. Of all this waste created, only 10–25% can be considered a biological hazard that calls for special disposal [7].

✉ Carlos Torrens
86925@parcdesalutmar.cat

¹ Department of Orthopedics, Sant Joan de Déu Hospital
Palma Inca, Palma, Spain

² Department of Orthopedics, Hospital del Mar, Parc de Salut
Mar, Passeig Marítim 25–29, 08003 Barcelona, Spain

This significantly impacts our health causing 614,000 years of life lost, when adjusted for incapacity, in the USA alone [3].

Upon examining residue management in a hospital, it is estimated that between 20 and 70% of residues are generated in the operating room. That estimate could add up to 800,000 to 2.8 billion tons a year [5]. Some conclude that a routine operation at a hospital generates more waste than a family of four throughout an entire week [8]. This is mainly due to the one-time use of non-reusable materials, those mainly used out of fear of infection, which have not been demonstrated to be of no benefit in literature [5, 6]. Another important source of residues comes from the surgeon's preferences (number of gloves used, frequency of change, draping procedure, etc.) [9].

Within Orthopaedic Surgery, the volume of residue generated varies substantially depending on the procedure [5, 9–11]. There are multiple studies that have calculated the approximate plastic use during the main procedure, but there are none that compare the most common surgical procedures within the main subspecialties [12].

The number of surgeries that will be done will rise exponentially in the future. To understand this growth, Culliford et al. conducted a study to generate the future projections of total knee arthroplasty (TKA) and total hip arthroplasty (THA) in the UK. They concluded that 439,097 THA and 1,219,362 TKA will be implanted in the UK in 2035 [13]. In a comparable manner, Leitner et al. found an increase of 14% in THA and 13% in TKA in Austria between 2009 and 2015 [14]. We believe this trend will be seen in our community and farther afield.

Therefore, the objective of this study is to determine the volume of plastic waste generated in the operating room for total replacements of the hip, knee, and shoulder. Another aim is to learn where there is space for improvement.

Materials and methods

Prospective transversal study including all surgeries from April to July 2021, including primary total hip arthroplasty (THA), total knee arthroplasty (TKA), and reverse shoulder arthroplasty (RSA) performed at a single tertiary hospital.

The exclusion criteria included all patients with a history of an allergy to nickel, partial hip arthroplasty, revision cases, and surgeries where the determination of plastic usage was not fully completed.

The weight in kilograms of all the materials and packaging made of plastic that were used during the patient's preparation inside the operating room (OR), the anesthesia management, and the surgical procedure were recorded. Every person involved in the OR was briefed on the study protocol. To facilitate the data collection during surgery, templates were created where all the materials used in the

OR were measured using a GPISEN-branded digital scale, model B089T4K77R. It showed accuracy to the nearest 1 g.

To create the template, a detailed list of all the materials used in the OR that contained plastic was created. All items containing plastic were included. When items contained plastic and another material, all components were separated to achieve an accurate measure. A list with all the plastic material used during all parts of surgery was created and classified by teams: infirmary, anesthesiology, and orthopaedics. For each surgery, the number of items containing plastic was introduced in the template.

The impact of the plastic used during surgery was calculated assuming the fact that to produce each kilogram of plastic, 2.9 kg of CO₂ is produced. Furthermore, 2.7 kg more is produced from incineration. With this data, the total CO₂ released into the atmosphere in the OR would be 5.6 kg of CO₂ per kilogram of plastic used in the OR [15]. The CO₂ produced in the distribution of the materials was excluded, since that could be wildly variable and would make for creating a general picture valid for any hospital. To compare this data with tangible information, a calculator created by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA was used [16]. This calculator was created to help correlate the amount of CO₂ generated in kilograms with the amount that would be generated in everyday activities so that it is easier to quantify. To do this, the EPA measured the average CO₂ emissions generated in everyday tasks and extrapolated the information to the CO₂ volume we contribute.

Incineration was used as the destination of the waste generated since all waste, in our institution, is placed in the same container for sharps. According to the Spanish regulations for the treatment of healthcare residues, this would classify all the waste as type III that includes healthcare residues with the presence of blood or its derivatives and anatomical residues, all of which require incineration [17].

Simulations of the CO₂ release into the atmosphere were generated with different models of plastic use [16].

All the patients included signed informed consent and the study was approved by the ethical committee with number 2021/9782/I (CEIC-Parc de Salut Mar).

Statistics

Based on the study objective of making a population estimate of the average volume of plastic used, an estimate of the average was made with a 95% confidence interval using the formula for calculating the confidence interval based on the approximation to the normal:

$$\bar{X} \pm 1.96 \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

The statistical analysis was conducted with the Stata 15.1 statistical package.

Results

Sixty-eight arthroplasty surgeries, made up of 41 females (12 THA, 16 in TKA, and 13 RSA) and 27 males (17 THA, 7 TKA, and 3 RSA), were included (29 THA, 23 TKA, and 16 RSA). The mean patient age was 69.97 (range 40–87 years). The mean age was 65.1 in THA (range 40–87 years), 72.6 in TKA (range 55–86 years), and 74.1 in RSA (range 53–83 years). THA was performed because of osteoarthritis in nineteen patients, hip dysplasia in one patient, avascular necrosis in five patients, a CAM lesion in three patients, and a Perthes disease sequelae in one patient. All TKA were performed because of osteoarthritis. RSA was performed in ten patients for rotator cuff arthropathy, an acute fracture in four patients, and fracture sequelae in two patients.

The materials that contain plastic that were used constantly in each type of surgery are detailed in Table 1, and the materials that were commonly opened during surgery depending on the needs of every individual case are detailed in Table 2. The materials containing plastic used in the different anesthetic and non-surgical procedures are summarized in Table 3.

Inclusive of anesthetic, non-surgical, and surgical materials, a mean of 7.3 kg (SD 0.48) of plastics was used in total joint arthroplasty surgery. The highest-yielding procedure was TKA, generating a mean of 7.63 kg (SD 0.28) of plastic. It is followed by THA generating 7.28 kg (SD 0.43) and RSA with 6.87 (SD 0.47).

Different scenarios were created to examine the impact of plastic item reduction in the different procedures. In the first scenario, the plastic wrapping of parts of the prosthesis is supposed to be recyclable. In THA, the wrappings used had a mean weight of 0.22 kg. In TSA, the mean weight was 0.37 kg, and in TKA 0.29 kg. If the plastic wrapping could

Table 2 Variable items used

Variable items	Unitary weight	Unitary CO ₂ emission
Preop surgical scrub brushes	0.1314	0.7358
Offside	0.043	0.2408
Drainage	0.2000	1.1200
Cement THA	0.6670	3.7352
Surgical cement TKA	0.2600	1.4560
Cleanest surgical cement TKA	0.2800	1.5680
Extra surgical gowns	0.1340	0.7504
Extra surgical gloves	0.0390	0.2184

THA total hip arthroplasty, TKA total knee arthroplasty

Table 1 Plastic materials that are used constantly in each type of surgery

Constant items	Unitary weight in kg			Total weight in kg			Total CO ₂ kg		
	THA	TKA	RSA	THA	TKA	RSA	THA	TKA	RSA
Drapes	3.73	3.28	1.94	3.73	3.28	3.88	20.888	18.368	21.728
Extra drapes	0	0	0.24	0	0	0.48	0	0	2.688
Sterile gauzes wrapping	0.0025			0.01	0.01	0.005	0.014	0.056	0.028
Sterile surgical gloves	0.039			0.312	0.351	0.273	0.2184	1.9656	1.5288
Sterile wrapping (light handles)	0.0015			0.0015	0.0015	0.0015	0.0084	0.0084	0.0084
Jhankauer	0.014			0	0	0.014	0.0784	0	0.0784
Electric scalpel	0.017			0.017	0.017	0.017	0.0952	0.0952	0.0952
Aspiration devices/connections	0.284			0.284	0.284	0.284	1.5904	1.5904	1.5904
Pulsed lavage system with connections	1.2820			1.282	1.282	0	7.1792	7.1792	0
500 cc saline bottle	0.0600			0	0	0.06	0.336	0	0.336
Saw wrapping	0.002			0.002	0.002	0	0.0112	0.0112	0
Small saw wrapping	0.0017			0.0017	0.0017	0.0017	0.00952	0.00952	0.00952
HIP flexible retractor	0.072			0.072	0	0	0.4032	0	0
LIA (50 cc syringe + medication + needle wrapping)	0.0520			0	0.052	0	0	0.2912	0
Surgical stapler	0.0720			0.072	0.072	0.072	0.4032	0.4032	0.4032
POP wound dressing	0.0400			0.04	0.04	0.04	0.224	0.224	0.224
Extension orthosis	0.48			0	0.48	0	0	2.688	0

TKA total knee arthroplasty, THA total hip arthroplasty, RSA reverse shoulder arthroplasty, LIA lidocaine intra articular injection, POP postoperative

Table 3 Non-surgical materials containing plastic

	Unitary weight in kg	Unitary CO ² emissions kg Co ₂
Intradural anesthesia		
Syringes	0.0046	0.02576
Small drape	0.043	0.2408
Wrappings used in tools (Kocher etc.)	0.001	0.0056
Lidocaine	0.002	0.0112
Bupicaine	0.002	0.0112
Spinal needle wrapping	0.001	0.0056
Sterile surgical gloves	0.039	0.2184
Nerve block		
Syringe	0.0012	0.00672
Stimulation needle wrapping	0.001	0.0056
Mepicaine	0.002	0.0112
Bupicaine	0.002	0.0112
Small drape	0.043	0.2408
Condom for ecograph	0.001	0.0056
Sterile surgical gloves	0.039	0.2184
General anesthesia		
Intubation connections	0.234	1.3104
Propofol infusion	0.094	0.5264
Laryngeal mask	0.09	0.504
Guedel	0.014	0.0784
Medication	0.0420	0.2352
EKG stickers	0.008	0.0448
Nasal cannulae	0.034	0.1904
Tranexamic acid preparation	0.0748	0.41888
1 L saline solution	0.042	0.2352
1 L glucose solution	0.051	0.2856
Non surgical material		
Patient transfer	0.084	0.4704
Surgical table sheets	0.246	1.3776
Preop blood test	0.0053	0.02968
Preop ATB preparation	0.042	0.2352
Syringes	0.0016	0.00896
Non sterile gloves (pair)	0.07	0.392

be substituted with recyclable materials, taking the mean value of the wrappings of 0.285 kg, we would reduce the CO₂ released into the atmosphere by 159.6 kg for every 100 prostheses that is the equivalent of driving 638.4 km in an average car. In the second scenario, the commonly used non-essential equipment was eliminated. By avoiding an extension orthosis after TKA, we could save 0.48 kg of plastic per surgery, the equivalent of 2.68 kg of CO₂ released into the atmosphere. By using sutures to close the wound instead of staples, we could avoid using 0.07 kg of plastic per surgery. Another non-essential item that is commonly used during surgery is the pulsatile lavage irrigation system. This

generates 1.28 kg of plastic in each surgery. The difference is notable when compared to plastic bottles which created only 0.07 kg. Additionally, we were able to reduce plastic from 0.28 to 0.05 kg by changing the aspiration system used to a closed waste management device. Another scenario was created by changing all the draping to non-plastic reusable drapes. In that scenario, we would save 3.73 kg of plastic in THA, 3.28 in TKA, and 2.18 in RSA. By making these slight changes in our daily practice, we would reduce our carbon footprint by 1114.8 kg of CO₂ per 100 TKA.

Discussion

The mean plastic use in a total joint replacement of major joints was 7.3 kg (SD 0.48), which translates to 40.88 kg of CO₂ released into our atmosphere. That is the equivalent of driving your car for 163 km. Looking at the different groups separately, the TKA procedure is the one that requires the most plastic, using 7.63 kg (SD 0.28), while the THA used 7.28 (SD 0.43) and the RSA 6.87 (SD 0.47). Let us look at it on a larger scale. Take the Australian Registry [18] where they reported 62,624 TKA, 49,169 THA, and 7,827 RSA in 2020. The environmental impact of that would be the equivalent of the electricity generated by 1,354 wind turbines for use in 969,262 homes over a year.

Many of the plastic items used in arthroplasty surgery cannot be substituted by recyclable items. However, some of them are used with a low evidence of utility and/or effectiveness and represent a source of potential savings on plastic. One of the items that generated the most residues was the lavage procedure. It is a widespread practice to irrigate the surgical bed before planting each definitive component. In the present study, both hip and knee surgeons use pulsatile pressure irrigation systems, while irrigation with plastic bottles is usually used in the shoulder. By measuring the pulsatile irrigation systems, we found out that 1.28 kg of plastic was used. In contrast, plastic bottles originated only 0.07 kg. By using plastic bottles for all surgeries, we would be able to cut back by 1.20 kg per surgery. This would translate to 6.76 kg less CO₂ released, the equivalent of driving your car for 25.74 km or charging 823 cell phones. This change in practice is feasible since there is no straightforward evidence that the use of pulsatile irrigation lavage has any impact in reducing postoperative infections [19–21].

Another process that offers significant room for improvement is the aspiration devices used. By using a closed waste management system that absorbs, filtrates, and disposes of the liquid produced during the OR time. With it, there would be no need for extra plastic containers that amount to 0.05 kg of plastic. It is quite different to the 0.28 kg regularly used with the traditional aspiration devices. This change could save the equivalent of driving 4.8 km per surgery or,

according to the Australian registry [18], the equivalent of 24.476 gasoline cars driven for a year.

Various studies have compared the environmental impact of the anesthesiology technique used. The focus of those studies was to evaluate the environmental impact of the gases used in the OR rather than the plastic generated during the procedures [22]. Little improvement can be made in the anaesthetic procedure. In the present study, when the intradural anaesthetic technique failed, 0.67 kg more plastic was used. However, this is not a factor susceptible to improvement since the safety of the patients prevails in these cases. Nevertheless, local or epidural anesthesiology should be chosen whenever it is possible in lower limb procedures.

Draping is the most relevant factor in arthroplasty surgery. In TKA as well as in THA, the teams use pre-designed packs that weigh 3.73 and 3.28 kg, respectively. In contrast, the shoulder team uses individual linen, which weighs 3.72 kg. This produces a mean of 3.57 kg of plastic per surgery, which is approximately 50% of the total amount of plastic per surgery. Different authors have worked with minimal packs specifically designed to minimize waste and found a substantial difference [23, 24]. Another potential way to reduce plastic output in this manner would be the use of reusable fabric lining. By using reusable fabric, we would avoid generating 357 kg of plastics in 100 surgeries, equivalent to driving your car for 6 months. One of the main worries for surgeons transitioning to disposable fabric would be the greater risk of infection, a notion that has not been substantiated in the literature.

At the end of the TKA, it is a frequent practice to immobilize the knee with an orthosis. This practice generates 0.48 kg of plastic, which is responsible for 5% of the waste output in each surgery. Postoperative joint immobilization has not shown long-term benefits in ROM and functional outcomes when compared to no immobilization [25].

Prosthesis packaging is another item that stands out in plastics management. Although prosthesis packaging accounts for only 0.28 kg, or 4% of the weight, companies should consider packaging their products with recyclable material.

Stall et al. did an audit in 5 TKA where he categorized the waste disposal into 6 categories. They are regular solid waste, recyclable plastics, biohazard waste, laundered linens, sharps, and blue sterile wrap. They measured the weight and volume of all residues. In their study, they found that the total surgical waste was 13.3 kg of which 8.6 kg (64.5%) was normal solid waste, 2.5 kg (19.2%) biohazard waste, 1.6 kg (12.1%) blue sterile wrap, 0.3 kg (2.2%) recyclables, and 0.3 kg (2.2%) sharps. In their total waste measure, they excluded laundered linens. The results of the present study are remarkably like their findings, 7.63 kg vs. 8.9 kg (8.6 of normal waste + 0.3 of recyclable plastics) [26]. An important conclusion from their study is that only 2.2% of the waste generated in surgery was considered recyclable. This may represent a major area for improvement in making

environmentally friendly surgery since there is a potential for a total of 40% of the waste generated being recycled [27].

Kooner et al. performed a waste audit where he included fifty-five procedures across six major orthopaedic specialties. In that study, the waste was categorized as preoperative and intraoperative, recyclable, and non-recyclable. They observed that the arthroplasty specialty had the highest total waste output, 8.77 kg, a finding very similar to ours. An interesting finding in their study was that they concluded that 2.95 kg was recyclable. This gives institutions a critical area in which to improve. It was beyond the scope of our study to classify this aspect, but the authors believe that proper waste separation can bring about a significant reduction in total waste [28].

There is a need to make every person involved in the health system aware of the tremendous amount of plastic waste in OR, and how this can affect our lives. To some extent, it is like promoting health and compromising health at the same time. There are many ways to decrease plastic waste, and many of them are simply at hand. Given the substantial number of arthroplasties implanted per year, even a saving of a few grams per procedure could make an enormous difference.

Limitations

The main limitation of our study was that it was conducted in just one center. Institution and surgeon preferences may have an impact on the total plastic used in total joint arthroplasty; that fact makes the results of this study difficult to extrapolate to other institutions. However, the results found in the present study match the results obtained in previous similar studies, with minor variation across different institutions.

Conclusion

The mean weight of plastic waste generated in the operating room during total replacements of the hip, knee, or shoulder is 7.3 kg, which represents an environmental concern given the high number of arthroplasties performed yearly. There is room to reduce these numbers by changing non-essential parts of the tools used in the surgery without compromising the safety and effectiveness of the procedures.

Acknowledgements The authors wish to thank Xavier Duran Jordà, MStat, PhD (Methodology and Biostatistics Support Unit, Institute Hospital del Mar for Medical Research (IMIM), Barcelona, Spain) for his work in data analysis.

Author contribution All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection, and analysis were

performed by Carlos Torrens, Ignacio Stacey, Lluís Puig-Verdier, Gemma Vilà, and Raul Torres-Claramunt. The first draft of the manuscript was written by Carlos Torrens, and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Declarations

Ethics approval The study was approved by the ethical committee with no. 2021/9782/I (CEIC-Parc de Salut Mar).

Consent to participate Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Consent for publication The authors affirm that human research participants provided informed consent for publication.

Competing interests The authors declare no competing interests.

References

- Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3:e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Berry H et al (2018) The 2018 report of the Lancet countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet* 392:2479–2514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
- Eckelman MJ, Sherman JD (2018) Estimated global disease burden from US health care sector greenhouse gas emissions. *Am J Public Health* 108(S2):S120–S122. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.303846>
- Chung JW, Meltzer DO (2009) Estimate of the carbon footprint of the US health care sector. *JAMA* 302:1970–1972. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.161>
- Lee RJ, Mears SC (2012) Greening of orthopedic surgery. *Orthopedics* 35:e940–e944. <https://doi.org/10.3928/01477447-20120525-39>
- DiGiacomo JC, Odom JW, Ritota PC, Swan KG (1992) Cost containment in the operating room: use of reusable versus disposable clothing. *Am Surg* 58:654–656
- Blough CL, Karsh BS, Kaylee JBS (2021) What's important: operating room waste why we should care. *J Bone Joint Surg* 103:837–839. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01816>
- Saki, M (2009) Reduce, and Recycle. Wastage of supplies and drugs in the operating room. *Medscape Anesthesiology*. https://www.medscape.com/viewarticle/710513_2. Accessed Dec 2022
- Stall NM, Kagoma YK, Bondy JN, Naudie D (1992) Cost containment in the operating room: use of reusable versus disposable clothing. *Can J Surg* 56:97–102
- De Sa D, Stephens K, Kuang M, Simunovic N, Karlsson J, Ayeni OR (2016) The direct environmental impact of hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: a surgical waste audit of five cases. *J Hip Preserv Surg* 3:132–137. <https://doi.org/10.1093/jhps/hnv085>
- Kooner S, Hewison C, Sridharan S, Lui J, Matthewson G, Johal H et al (2020) Waste and recycling among orthopedic subspecialties. *Can J Surg* 63:E278–E283. <https://doi.org/10.1503/cjs.018018>
- Engler ID, Curley AJ, Fu FH, Bilec MM (2022) Environmental sustainability in orthopaedic surgery JAAOS 30:504. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.38.BJO-2022-0067.R1>
- Culliford D, Maskell J, Judge A, Cooper C, Prieto-Alhambra D, Arden NK, COAST Study Group (2015) Future projections of total hip and knee arthroplasty in the UK: results from the UK clinical practice research datalink. *Osteoarthritis Cartilage* 23:594–600. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.12.022>
- Leitner L, Türk S, Heidinger M, Stöckl B, Posch F, Maurer-Ertl W et al (2018) Trends and economic impact of hip and knee arthroplasty in Central Europe: findings from the Austrian National Database. *Sci Rep* 8:4707. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23266-w>
- Tenhunen-Lunkka A, Rommens T, Vanderreydt I, Mortensen L (2022) Greenhouse gas emission reduction potential of European Union's circularity related targets for plastics. *Circ Econ Sustain* 3:475–510. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00192-8>
- Epa (2022) National overview: facts and figures on materials, wastes and recycling. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>. Accessed Nov 2022
- Solé, Espadale. (2004) NTP 372: Tratamiento de Residuos Sanitarios. <http://www.preventoronline.com/imagesbd/download/attach1320.pdf>. Accessed Nov 2022
- Graves SE, Davidson D, Ingerson L, Ryan P, Griffith EC, McDermott BFJ et al (2004) The Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. *Med J Aust* 180(S5):S31–34
- Fry DE (2017) Pressure irrigation of surgical incisions and traumatic wounds. *Surg Infect* 18:424–430. <https://doi.org/10.1089/sur.2016.252>
- Chiaromonte AM, Robertson AD, Nguyen TP, Jaffe DE, Hanna EL, Holmes R et al (2017) Pulsatile lavage of musculoskeletal wounds causes muscle necrosis and dystrophic calcification in a rat model. *J Bone Joint Surg* 21:1851–1858. <https://doi.org/10.2106/jbjs.17.00330>
- Hassinger SM, Harding G, Wongworawat MD (2005) High-pressure pulsatile lavage propagates bacteria into soft tissue. *Clin Orthop Relat Res* 439:27–31. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000182246.37454.b2>
- Gaya da Costa M, Kalmar AF, Struys MRF (2021) Inhaled anesthetics: environmental role, occupational risk, and clinical use. *J Clin Med* 10:1306. <https://doi.org/10.3390/jcm10061306>
- Van Demark RE, Smith VJS, Fiegen A (2018) Lean and green hand surgery. *J Hand Surg* 43:179–181. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2017.11.007>
- Thiel CL, Carvalho RF, Hess L, Tighe J, Laurence V, Bilec MM et al (2019) Minimal custom pack design and wide-awake hand surgery: reducing waste and spending in the orthopedic operating Room. *Hand* 14:271–276. <https://doi.org/10.1177/1558944717743595>
- Kaseb MH, Moharrami A, Mirghaderi SP, Fallah E, Razzaghef M, Jamshidi MMM et al (2022) Effect of joint immobilization using extension splint immediately after total knee arthroplasty on post-operative knee function and pain: a randomized clinical trial. *Int Orthop* 46:1749–1759. <https://doi.org/10.1007/s00264-022-05428-8>
- Stall NM, Kagoma YK, Bondy JN, Naudie D (2013) Surgical waste audit of 5 total knee arthroplasties. *Can J Surg* 56:97–102. <https://doi.org/10.1503/cjs.015711>
- Shaner H, McRae G (1996) Invisible costs/visible savings: innovations in waste management for hospitals. *Surg Serv Manag* 2:17–21
- Kooner S, Hewison C, Sridharan S, Lui J, Matthewson G, Johal H, Clark M (2020) Waste and recycling among orthopedic subspecialties. *Can J Surg* 63:E278–E283. <https://doi.org/10.1503/cjs.018018>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

11.2. Anexo 2: Informe del comité de ética de la investigación con medicamentos del Parc de Salut MAR



Informe del Comité de Ética de la Investigación con medicamentos del Parc de Salut Mar

Dofia Cristina Llop Julià, secretaria técnica del Comité de Ética de la Investigación con medicamentos del Parc de Salut MAR,

CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado la propuesta del promotor Consorci Mar Parc de Salut de Barcelona, para que se realice el estudio observacional núm. 2021/5782, titulado: "Residuos de plástico asociados a los procedimientos más comunes de Cirugía Ortopédica".

Versión de los documentos:

- Protocolo versión 2 de fecha 3/08/2021

Y considera que:

- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- La capacidad del investigador y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio
- Se considera adecuado el procedimiento previsto para información y obtención del consentimiento informado o, alternativamente, se acepta la exención de consentimiento propuesta para este estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.

Y que este Comité acepta que dicho estudio observacional sea realizado en el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital del Mar por el Dr. Carlos Torrens Cánovas como investigador principal, tal como recoge el ACTA del día 22/06/2021.

Lo que firmo en Barcelona, a 25 de junio de 2021

 Firmado digitalmente por C.E.I.M.
C.E.I.M. - PARC DE SALUT MAR
Número de emisor/destinatario:
C.E.I.M.
email: cecim@parcsalutmar.cat
cristina.llop@parcsalutmar.cat
Firma: 2021.06.25 11:54:17
+0200

Firmado: _____
Secretaria técnica

C.E.I.M. - Parc de Salut MAR
Dr. Aguader, 88 | 08003 Barcelona | Tel: 93 318 06 77 | Fax: 93 318 06 36
cecim-parcmar@parcsalutmar.cat | www.parcde Salutmar.cat