

MEMORIA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Huella de carbono del transporte aéreo de pasajeros en las Islas Canarias.
(Carbon footprint of passenger air transport in the Canary Islands)

Autoría: D. Jonathan Fernández Padilla

Tutorizado por: Dr. D. Francisco Javier Amador Morera

Grado en ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO
Curso Académico 2022 / 2023

San Cristóbal de La Laguna, a 12 de julio de 2023

Resumen

El tráfico aéreo de pasajeros representa un importante problema para el cambio climático y para la consecución de los objetivos propuestos por el Pacto Verde fijado por la Unión Europea. En este estudio se calcula por primera vez la huella de carbono generada por el transporte aéreo de pasajeros procedentes del extranjero y del resto de España con destino a las Islas Canarias y su evolución a lo largo de casi dos décadas. Además, se compara su peso relativo con respecto a otros medios de transporte y sectores económicos de Canarias. Se constata que los años de mayor impacto del covid-19 dieron lugar a una reducción media del 65% en la huella de carbono debida al tráfico internacional de pasajeros, siendo la reducción de un 39% en el caso del tráfico nacional. Por otra parte, se evidencia un crecimiento de la huella originada por el tráfico aéreo internacional de aproximadamente un 35% en los últimos años, algo más del doble de lo que ha crecido la huella originada por el tráfico nacional. Todo ello lleva a cuestionar seriamente la sostenibilidad del modelo económico de Canarias y el cumplimiento de los objetivos de reducción del 55% de las emisiones de GEI para 2030.

Palabras clave: transporte aéreo, huella de carbono, covid-19, cambio climático, turismo.

Abstract

Air passenger traffic represents a significant problem for climate change and the achievement of the objectives set by the Green Pact established by the European Union. This study calculates, for the first time, the carbon footprint generated by international and domestic air passenger transportation to the Canary Islands and its evolution over almost two decades. Furthermore, its relative weight is compared to other means of transportation and economic sectors in the Canary Islands. It is observed that the years with the greatest impact of covid-19 resulted in an average reduction of 65% in the carbon footprint due to international passenger traffic, while the reduction was 39% in the case of domestic traffic. On the other hand, there is evidence of approximately a 35% growth in the footprint generated by international air traffic in recent years, which is more than double the growth of the footprint generated by domestic traffic. All of this seriously questions the sustainability of the economic model of the Canary Islands and the achievement of the 55% reduction target for greenhouse gas emissions by 2030.

Key words: air transport, carbon footprint, covid-19, climate change, tourism.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Transporte aéreo en Canarias y Canarias como destino.....	4
3. Cálculo de la huella de carbono.....	6
4. Datos.....	8
5. Metodología.....	8
5.1. Metodología de la calculadora de ICAO.....	8
5.2. Periodos de estudio.....	9
5.3. Cálculo de la huella de carbono en función del origen de los pasajeros.....	12
6. Resultados.....	15
6.1. Tráfico aéreo de pasajeros en Canarias.....	15
6.2. Huella de carbono.....	17
6.3. Comparación del transporte aéreo con otros sectores.....	26
7. Síntesis y conclusiones.....	27
8. Referencias bibliográficas.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Emisiones del transporte como porcentaje de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la UE en 2019.....	2
Gráfico 2. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 1).....	10
Gráfico 3. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 2).....	11
Gráfico 4. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 3).....	11
Gráfico 5. Los 4 aeropuertos canarios con más tráfico de pasajeros en los 19 años analizados. 13	
Gráfico 6. Promedio mensual del tráfico aéreo total de pasajeros hacia Canarias en el período reciente 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21).....	15
Gráfico 7. Promedio anual del tráfico total de pasajeros a Canarias por país.....	19
Gráfico 8. Promedio anual del tráfico total de pasajeros a Canarias por comunidad autónoma... 20	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aeropuerto seleccionado para cada comunidad autónoma.....	14
Tabla 2. Promedio mensual de entrada a Canarias de pasajeros procedentes de extranjero en el periodo reciente 2015 - 2022 (sin Covid) (*).....	16
Tabla 3. Huella de carbono (en toneladas de CO2) por pasajero en vuelo de ida y vuelta desde el país de origen hasta Canarias (internacional).....	18
Tabla 4. Huella de carbono (en toneladas de CO2) por pasajero en vuelo de ida y vuelta desde comunidad autónoma hasta Canarias (nacional).....	19
Tabla 5. Promedio anual de la huella de carbono del tráfico total de pasajeros a Canarias desde el extranjero en los tres periodos considerados y porcentaje total de la huella originada por el tráfico desde cada país.....	21
Tabla 6. Crecimiento de la huella de carbono debida al tráfico internacional en cada uno de los periodos analizados.....	23
Tabla 7. Promedio anual de la huella de carbono del tráfico total de pasajeros a Canarias desde el resto de España en los tres periodos considerados y porcentaje total de la huella originada por el tráfico desde cada comunidad autónoma.....	24
Tabla 8. Crecimiento de la huella de carbono debida al tráfico peninsular en cada uno de los periodos analizados.....	25
Tabla 9. Huella de carbono anual promedio generada por el transporte aéreo de pasajeros a Canarias según procedencia.....	25
Tabla 10. Toneladas de CO2 en diversos sectores económicos (2019) y en el transporte aéreo de pasajeros nacional (sin Canarias) e internacional (2015 - 2022*).....	26
Tabla 11. Toneladas de CO2 en diversos medios de transporte (2019) y en el transporte aéreo de pasajeros nacional (sin Canarias) e internacional (2015 - 2022*).....	26

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de las actividades del ser humano mayoritariamente, aunque también por causas naturales, se produce el cambio climático (Parlamento Europeo, 2023). La temperatura de la Tierra ha ido aumentando a lo largo de los años, siendo la causa principal el calentamiento global que deriva de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que emitimos los humanos a la atmósfera, en su mayoría, originados por el uso de combustibles fósiles. Estos gases generan una capa que aísla al planeta, dificultando que el calor que hay en el interior sea liberado hacia el espacio exterior, provocando que este se caliente (IPCC, 2021).

El calentamiento global produce en el planeta una serie de fenómenos y cambios que se han producido a lo largo de los años en la Tierra, pero que en la actualidad, se producen de manera concentrada en un periodo de tiempo mucho menor. Desde el año 1880 hasta la actualidad, la temperatura media del planeta aumentó aproximadamente un grado. A priori no parece una cantidad importante, pero para poner en contexto la situación, piénsese que una reducción de la temperatura de la Tierra de alrededor de cinco grados centígrados, resultaría la misma que la existente en la edad de hielo (Carbon Footprint Ltd).

Cada vez más personas se preocupan por el ritmo al que empeora el medio ambiente, pues actualmente, los efectos son notorios en muchas partes del mundo, haciendo que cada vez seamos más conscientes de la realidad que nos afecta. Según *Carbon Footprint Ltd*, algunas de las consecuencias derivadas del calentamiento global que a día de hoy ya nos afectan es el incremento del deshielo y el consiguiente aumento del nivel del mar. Al mismo tiempo, se genera mayor evaporación de los mares, resultando en mayores precipitaciones en determinadas zonas, generando en algunas áreas inundaciones y en otras sequías. En resumen, el peso de estos cambios que se están produciendo se verán acentuados si la temperatura media del planeta sigue aumentando, afectando seriamente al estilo de vida de diversas partes del mundo. Esto es algo que puede ser especialmente grave en el caso de Canarias, ya que depende en gran medida del clima para el recibimiento de tantos visitantes. Asimismo, los archipiélagos son más vulnerables a las consecuencias generadas por el cambio climático, dado que, son zonas muy delicadas a nivel económico, ambiental y social, siendo Canarias una de las partes más indefensas de España (Correa González *et al.*, 2023).

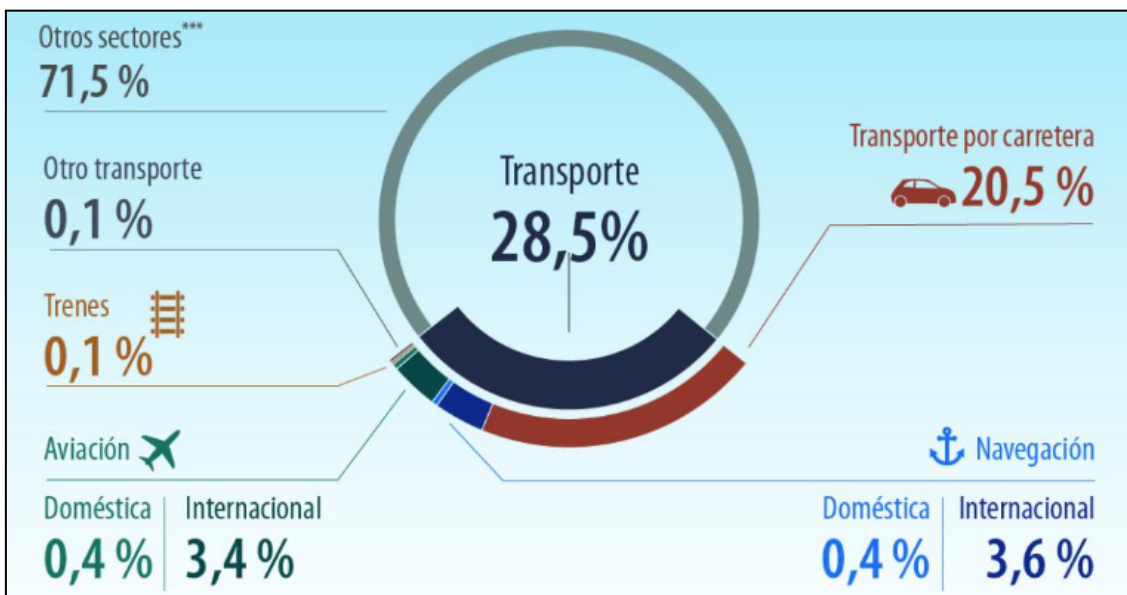
El dióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera derivado de la actividad humana, especialmente el que se produce a partir de la quema de combustibles fósiles. Los combustibles fósiles están formados por el carbón, el gas natural y el petróleo, siendo este último del que se deriva el combustible usado por las aeronaves.

La preocupación señalada anteriormente contrasta con que cada vez mayor porcentaje de la población puede acceder a volar. Una de las causas se debe a la mejora socioeconómica de la población en general, es decir, mejores niveles de educación y de rentas. Este aumento en la demanda de vuelos se ha visto incrementada en los últimos años, dado que cada vez más personas quieren y tienen la posibilidad de realizar un viaje a cualquier parte del mundo (Becken & Carmignani, 2020). Tan solo en 2017 viajaron 3.700 millones de pasajeros en todo el mundo (Becken & Carmignani, 2020). En 2017 las emisiones de CO₂ procedentes de los viajes aéreos

de pasajeros fue de 591 millones de toneladas, pasando a 665 millones de toneladas en 2018 (Global Sustainable Tourism Dashboard, s.f.) lo que da una idea del crecimiento del tráfico aéreo. De hecho, según Boeing (2020) en las dos décadas venideras se prevé que el tráfico de pasajeros irá aumentando alrededor del 4% anualmente. Viendo la evolución del número de pasajeros que va a tener lugar en los próximos años, podemos imaginar el impacto que tendrá en lo referido a las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la Unión Europea, el transporte es el causante del 28,5% de las emisiones totales de GEI, siendo la aviación responsable de un 4%, que junto al transporte marítimo, son los medios que a mayor velocidad crece la cantidad de emisiones emitidas, afectando al cambio climático (Parlamento Europeo, 2019). En el Gráfico 1 podemos ver el peso de cada uno de los medios de transporte en las emisiones totales de GEI en 2019. Donde los vuelos internacionales son los causantes de casi la totalidad de las emisiones, suponen el 3,4%, mientras que los trayectos nacionales ocupan tan solo el 0,4% restante.

Gráfico 1. Emisiones del transporte como porcentaje de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la UE en 2019.



***Energía, industria, residencial, comercial, institucional, agricultura, silvicultura, pesca y otros. Fuente: Parlamento Europeo (2019).

En este contexto la Unión Europea se ha fijado el objetivo, a través del Pacto Verde Europeo, de convertirse en el primer continente que en 2050 sea climáticamente neutro. El primer objetivo a cumplir es que, en 2030 se reduzcan las emisiones en un 55% (Comisión Europea, 2021) lo que establece un reto sin precedentes para la industria aérea, en general, y para modelo turístico canario, en particular, pues éste se ha venido basando en un creciente número de pasajeros que viajan recorriendo largas distancias.

La industria aérea viene trabajando desde hace años en la renovación y modernización de las aeronaves con la finalidad de consumir menos combustible y reducir las emisiones contaminantes, consiguiendo que las emisiones crezcan a un ritmo menor que al que crece la

cantidad de viajeros. Desde 2009 a 2017 los pasajeros aumentaron un 40%, mientras que en ese mismo periodo, las emisiones lo hicieron en un 15% (Eurocontrol, 2020). Aún así, es un problema que sigue en aumento, por este motivo se debe seguir mejorando e investigando en usos más eficientes del combustible y la implementación de combustibles sostenibles en la aviación y demás medios de transporte.

En Canarias, al ser una región ultraperiférica, la gran mayoría de los países internacionales están a más de 3.000 km de distancia. Los vuelos con una distancia superior a los 3.000 km son los que originan más del 50% de las emisiones de CO₂ en Europa, mientras que los trayectos que suponen una distancia de alrededor de los 2.000 km son generadores del 36%, siendo esta la distancia que predomina en los vuelos peninsulares hacia Canarias, ya que la mayoría de las comunidades autónomas se encuentran a una distancia de 2.000 km aproximadamente (Eurocontrol, 2020). Todo ello pone de manifiesto que el transporte aéreo hacia Canarias es el responsable de una elevada cantidad de emisiones de CO₂, debido a que casi la totalidad de los pasajeros vienen por este medio (Dorta Antequera *et al.*, 2021), y en su mayoría se trata de rutas de larga y media distancia, lo que los posiciona como trayectos donde la implementación de combustibles sostenibles es más urgente (Eurocontrol, 2020).

En cuanto a herramientas de representación y cuantificación de emisiones para medir el impacto sobre el cambio climático, tenemos la **huella de carbono**, que muestra los gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera como consecuencia del ser humano, es decir, por la realización de actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Espíndola & Valderrama, 2012).

En el caso de Canarias, si bien la llegada de turistas ha evolucionado notablemente en las últimas décadas y, por lo tanto, también la entrada de pasajeros por sus aeropuertos, no se han realizado estudios que permitan analizar cómo el crecimiento del tráfico de pasajeros ha impactado en la huella de carbono. El estudio reciente de Dorta Antequera *et al.* (2021) mide exclusivamente la huella de carbono de los turistas extranjeros que vienen a las islas, procedentes en su mayoría de Europa y solamente en el periodo que va desde el año 2015 al 2019, usando para ello tres calculadoras de emisiones. Para poder dimensionar el efecto del mayor tráfico aéreo hacia las islas parece relevante calcular también la huella de carbono en periodos anteriores, así como en los años más recientes para los que ya se dispone de información. Tampoco se ha analizado cuál ha sido el efecto de la pandemia sobre la huella de carbono del transporte aéreo, ni la huella de carbono que se debe al tráfico de pasajeros que visitan el archipiélago procedentes del resto del territorio español.

En consecuencia, en esta memoria de TFG precisamente se trata de dar respuesta a estas cuestiones, de tal manera que se plantea como objetivo general el cálculo de la huella de carbono que se deriva de los pasajeros de avión procedentes del extranjero, así como de las diferentes comunidades autónomas españolas, usando para ello los datos disponibles a partir del año 2004. Más específicamente, se pretende analizar la evolución de la huella de carbono y la contribución a la misma de los distintos países y comunidades autónomas en tres periodos diferenciados: i) el periodo 2004-2014; ii) el periodo 2015-2022, excluyendo el periodo Covid que estaría conformado por los años 2020 y 2021 donde la pandemia tuvo su mayor impacto en el

tráfico aéreo, y iii) finalmente también se analizan por separado los años del periodos Covid 2020-2021, donde se produce una actividad anómala en el tráfico aéreo con objeto de cuantificar su impacto en la huella de carbono.

La huella de carbono se obtiene con la ayuda de la calculadora proporcionada por ICAO (en español OACI). Ello permite analizar su evolución a lo largo de los años y realizar una comparación de los periodos elegidos. Además, se identifican las naciones que originan una mayor cantidad de gases de efecto invernadero en su trayecto hasta las islas Canarias, considerando cuales son los países que mayores niveles de emisiones producen en función del trayecto y en función del volumen de pasajeros que envían al archipiélago. En el caso de los pasajeros nacionales, como la distancia no presenta grandes diferencias entre comunidades autónomas, el análisis se centrará en el volumen de tráfico hacia las islas. Además, se lleva a cabo una comparación de la huella de carbono en Canarias originada por el transporte aéreo en relación a otro tipo de actividades económicas.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se presenta el transporte aéreo en Canarias y Canarias como destino; en la sección 3, se detalla el cálculo general de la huella de carbono y sus tipos de categorías; en la sección 4, vemos la base de datos utilizada para este trabajo; en la sección 5, se detalla la metodología utilizada para llevar a cabo los cálculos; en la sección 6, vemos los distintos tipos de resultados obtenidos; y por último, en la sección 7, la conclusiones del trabajo realizado.

2. TRANSPORTE AÉREO EN CANARIAS Y CANARIAS COMO DESTINO

Con el paso del tiempo la aviación ha ido evolucionando a pasos agigantados. A partir de 1930 empiezan a realizarse vuelos comerciales al archipiélago, cambiando la economía de este. En ese año es cuando nace el aeropuerto de Gando en Gran Canaria, siendo el primero del archipiélago, seguido después por el aeropuerto de Los Rodeos, en Tenerife (AENA, s.f.). Durante estos casi 100 años el crecimiento del transporte aéreo ha sido notorio. Tanto es así que en 1960 el movimiento de pasajeros en Canarias era de 323 mil, para pasar a 8,3 millones en 1980 (Hernández Luis *et al.*, 2011). Es decir, en tan solo 20 años se produjo un crecimiento del 2470%, mientras que en la actualidad el número de pasajeros internacionales en el año 2022 triplica el del año 1980, con poco más de 25 millones. Al ser de origen extranjero, casi la totalidad de los movimientos se deben al turismo. Si además añadimos los movimientos nacionales, sin tener en cuenta los desplazamientos entre las islas Canarias, pasamos de 25 a 35 millones aproximadamente según el ISTAC.

En la economía de las islas predomina sin lugar a duda el sector terciario, donde el turismo juega un papel muy importante, pues este ha revolucionado la economía en las últimas décadas debido a la gran cantidad de conexiones aéreas con las que cuenta el archipiélago, que veremos a continuación, dejando claro que es el motor que mueve a la economía. Este sector actualmente ocupa más del 70% de la economía, mientras que hace más de 50 años era apenas el 40% (GEVIC, s.f.). El turismo es el generador del 39,5% del empleo y el 35,6% del PIB en el año 2018, mientras que durante la crisis del Covid-19 en el año 2020, estos porcentajes cayeron más de la mitad, resultando en 19,7% del empleo y 17,6% del PIB (Impactur Canarias, 2021).

Con esto observamos el impacto tan grande que tiene el turismo y, por tanto, el transporte aéreo en nuestro territorio, sobre el cual se observó una experiencia anómala, con una reducción de casi el 67% del año 2019 al 2020 según los datos del ISTAC. Estos resultados los observaremos de manera detallada más adelante, veremos como en la actualidad el tráfico se ha recuperado y ha alcanzado el nivel de antes del Covid-19 para algunos países, llegando incluso a aumentar en algunos casos.

Según AENA (s.f.), Canarias cuenta con 49 aerolíneas tan solo en Gran Canaria, que será el principal aeropuerto de estudio en este trabajo, este tiene unos 105 destinos, Tenerife Sur y Norte cuentan con 109, y Fuerteventura junto a Lanzarote tienen 127 destinos, destacando que la gran mayoría son destinos europeos, pues cerca de un 90% de los turistas que llegan proceden de Europa, donde más de la mitad de ellos son de Reino Unido, Alemania y Francia (Rey *et al.*, 2011), como veremos más adelante, los dos primeros países nombrados son los que más pasajeros envían a las islas con diferencia. El hecho de que hayan aparecido tantas conexiones y el crecimiento de gran cantidad de compañías que operen en los trayectos, en cierta medida se debe a la llegada de la compañía de vuelos Ryanair a España hace 21 años, con la que nace el concepto de vuelos *low cost*¹ (Bermejo, 2022), ya que en la actualidad hay variedad de compañías aéreas que siguen este modelo de negocio con precios reducidos, además, con tantas compañías disponibles, la competitividad presente en el mercado es muy elevada, lo que resulta en una mejor oferta, por lo que los precios de los billetes se vuelven muy competitivos.

Con todo esto se produce un notable incremento de la demanda de viajes, pues volar está al alcance de prácticamente todo el mundo en cualquier momento del año, ayudado en nuestro caso, por la estacionalidad tan leve que presenta el archipiélago, dando lugar a una frecuencia constante de pasajeros que vienen a las islas. De este modo, personas de países como Reino Unido y Alemania, que se encuentran a unos 3.024 km y 3.182 km respectivamente solo la ida, pueden venir incluso varias veces al año debido a la buena oferta de los billetes. Esta facilidad a la hora de realizar un viaje que supone un trayecto de más de 6.000 km ida y vuelta llega incluso al punto de que ciudadanos extranjeros como los alemanes e ingleses disponen de varios vuelos diarios hacia las islas, llegando al punto de tener la misma cantidad de conexiones que algunos trayectos nacionales procedente de la península, como puede ser de Madrid y Barcelona, lo que radica en la posibilidad para muchos europeos de tener una segunda residencia en Canarias (Dorta Antequera *et al.*, 2021).

La historia de Canarias como destino turístico empieza mucho antes de los años 50, en los siglos XVIII y XIX gran cantidad de viajeros visitaban las islas por razones sanitarias y terapéuticas, debido al aire puro que se respiraba en las islas, siendo este considerado el primer motor del turismo (González Lemus, 2007). Pero volviendo al siglo XX y XXI, aún con la gran lejanía que presenta el archipiélago en comparación con otras regiones, pues nos encontramos prácticamente al doble de distancia de Europa que las islas Baleares, Canarias recibe una cantidad masiva de turistas a lo largo del año. Pues el clima presente resulta ser una gran

¹ En lo referido a las compañías aéreas, los vuelos *low cost* son a un precio más bajo de lo normal, pues eliminan servicios que normalmente vienen incluidos en los billetes normales, como puede ser un servicio de comida o un peso determinado para el equipaje.

ventaja en los meses de invierno, en los cuales, británicos y alemanes entre otros, vienen a pasar una temporada (Cáceres Morales, 2004), ya que en sus países las temperaturas son muy reducidas. Contamos con la ventaja del clima frente a otras localizaciones con mejores playas y estaciones de sol como el ya comentado archipiélago Balear, que están sometidos a los cambios climáticos propios de las estaciones, mientras que aquí tenemos una continuidad climática a lo largo del año, por lo que las zonas de ocio costero siempre están accesibles (Dorta Antequera *et al.*, 2021).

3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

El cálculo de la huella de carbono se puede llevar a cabo siguiendo varios procedimientos. Entre ellos encontramos el Protocolo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y también la norma ISO 14064 (Schneider & Samaniego, 2010). De acuerdo con Carbon Plus (2022), hay tres ámbitos para la cuantificación según el protocolo. En primer lugar tenemos las emisiones directas, las emitidas directamente por la empresa, como puede ser la quema de combustibles del avión en el trayecto. En segundo lugar, las emisiones indirectas producidas por el uso de electricidad, por ejemplo, pues es generada por otra empresa, es decir, por terceros. Y por último, las emisiones indirectas producidas por las actividades de la empresa en cuestión, pero que no están bajo su control, como pueden ser los proveedores de productos.

El primer ámbito está formado por la **huella primaria**, que mide las emisiones directas de CO₂ que controlamos nosotros mismos por el uso de combustibles fósiles derivados, en el caso de este trabajo, por el uso del avión. Mientras que los otros dos restantes, están conformados por la **huella secundaria**, siendo las emisiones indirectas de la producción de bienes y servicios (Schneider & Samaniego, 2010), es decir, emisiones de CO₂ del ciclo de vida de un producto o servicio, que es un proceso que nos permite evaluar el impacto ambiental asociado a un producto, proceso o actividad, que parte desde la extracción de las materias primas hasta el uso y fin de la vida del producto, incluida su destrucción (Cadarso *et al.*, 2016).

Con la preocupación cada vez más presente sobre el cambio climático y la cantidad de GEI emitidos, se han propuesto modelos para poder contabilizar el impacto que se genera en el planeta, por lo que se han ido desarrollando metodologías para este fin. Dicho de otra manera, es importante conocer el nivel de estas emisiones para poder tomar medidas en base a ellas. Frecuentemente se usan diversas metodologías para la cuantificación de la huella de carbono, y algo que todas tienen en común es que tienen que conocer la fuente donde se origina la emisión del CO₂, además de los factores de emisión que les corresponden a dichas fuentes (CeroCO₂, s.f.). De tal manera que la huella de carbono se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{Dato de actividad (1)} \cdot \text{Factor de emisión}$$

Dato de actividad se refiere a la cantidad de combustible que utiliza un motor de combustión o la cantidad de electricidad que utiliza un comercio por ejemplo, por lo que es la cuantía de la fuente causante del CO₂. Mientras que el factor de emisión es la cantidad emitida de GEI por unidad de

(1), siendo para la energía eléctrica 0,41 kg CO₂ eq / kWh consumido (CeroCO₂, s.f.). Como ejemplo, para el queroseno², el factor de emisión es 2,54 kg CO₂ / ud (MITECO, 2023).

Según Schneider y Samaniego (2010), las metodologías se pueden dividir en tres categorías. Para empezar tenemos de forma general las normas ISO que permiten cuantificar la huella a partir del análisis de ciclo de vida. Por otra parte, existen formas específicas como la norma PAS 2050 y el GHG Protocol, que proporcionan guías concretas para el cálculo, contabilización y seguimiento de los GEI. Y para terminar, herramientas para actividades determinadas y específicas como el transporte.

Actualmente se cuenta con una serie de herramientas útiles para la contabilización de la huella de carbono específicamente derivadas del transporte como son las calculadoras de emisiones de CO₂ que algunas instituciones han desarrollado y ofrecen gratuitamente en sus páginas web. En el caso de estudio del presente trabajo, estas herramientas facilitan enormemente el cálculo de las emisiones a partir del conocimiento de los aeropuertos de origen y destino, es decir, la ruta en cuestión. Entre las diversas opciones de calculadoras existentes, para empezar, tenemos la de *Carbon Footprint Ltd.* (CFL), una empresa de asesoría medioambiental que se dedica a realizar consultorías, investigar y realizar servicios relacionados con el clima y la energía (Carbon Footprint Ltd). A diferencia de la última herramienta que nombraremos, esta presenta variedad de opciones, puesto que es para un uso más genérico, como puede ser el cálculo de la huella de carbono que generamos en nuestra casa y en otro tipo de vehículos, como por ejemplo en coche, moto, tren, y en aviones.

La ofrecida por *CeroCO₂* tiene como objetivo principal el cuidado del clima, promoviendo la acción climática. Esta herramienta, nacida en España en el año 2005 (CeroCO₂, s.f.), ofrece una calculadora con la que ayuda en el desarrollo de planes de acción para la reducción de la huella de carbono y compensación de las emisiones que no pueden ser evitadas. De igual manera que la de CFL, esta herramienta es para uso general, ya que permite calcular las emisiones de diversas actividades, aparte del transporte aéreo, como pueden ser: el transporte terrestre, una estancia en un hotel, el consumo de electricidad, etc.

Y para finalizar, tenemos la calculadora que ofrece la *International Civil Aviation Organization* (ICAO), en español *Organización de Aviación Civil e Internacional* (OACI), un organismo especializado que pertenece a las Naciones Unidas (ICAO, s.f.a). En el caso de la ICAO, su calculadora fue creada por las propias compañías aéreas y está enfocada únicamente en la aviación. Las emisiones que se producen en un trayecto en avión se estiman teniendo en cuenta el tipo de avión, la distancia recorrida, el número de ciclos de aterrizaje y despegue, la distancia de crucero, etc. Esta calculadora es la que recomienda emplear el *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España* (MITECO) argumentando que es la que aplica los mejores datos disponibles y tiene en consideración distintos factores como el tipo de avión, los datos específicos de la ruta, los factores de carga de los pasajeros y la carga transportada (MITECO, 2017). También es la calculadora que sugiere emplear el propio Parlamento Europeo en la web donde proporciona información sobre la evolución de las

² Es un tipo de combustible procedente del petróleo utilizado por la aviación, pues se usa en motores de turbina y motores a reacción.

emisiones de aviones y barcos en las últimas décadas (Parlamento Europeo, 2019). Por otra parte, la calculadora de la ICAO ha sido utilizada en múltiples trabajos académicos como (Grythe & Lopez-Aparicio, 2021) y (Van Ewijk et al., 2023), así como por el estudio reciente de Dorta Antequera *et al.* (2021) que es, hasta donde llega nuestro conocimiento, el único estudio que ha tratado de medir la huella de carbono originada por los viajes de turistas a Canarias. En consecuencia, será esta herramienta facilitada por ICAO, la que usaremos para llevar a cabo los cálculos sobre las emisiones en esta memoria de TFG.

4. DATOS

Para llevar a cabo los objetivos del presente trabajo, los datos requeridos sobre el tráfico de entrada y salida de pasajeros a nivel internacional, clasificados por las nacionalidades que estudiaremos, además de los que vienen de la península, desagregados por comunidades autónomas, se obtienen a partir de las estadísticas publicadas por el *Instituto Canario de Estadística* (ISTAC) que ofrece información sobre el tráfico de pasajeros de avión desde el año 2004. Respecto a la recopilación de datos sobre los aeropuertos y las rutas aéreas, se utiliza tanto información de la empresa *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea* (AENA) como la ofrecida por la web de FlightConnections.

En cuanto a la distancia existente entre el aeropuerto de origen y el aeropuerto de destino, así como las emisiones de CO₂ por pasajero derivadas de los trayectos, se obtiene a través del uso de las calculadoras que se encuentran disponibles de manera online, a las que cualquier persona puede acceder de forma gratuita. Éstas nos ofrecen como resultado la huella de carbono que generamos al desplazarnos, de manera que, con esta herramienta, concretamente con la perteneciente a ICAO, como ya se comentó con anterioridad, se ha procedido a calcular la cantidad de CO₂ que se emite en los trayectos desde el aeropuerto de origen hasta el aeropuerto de destino.

5. METODOLOGÍA

5.1. METODOLOGÍA DE LA CALCULADORA DE ICAO

Esta herramienta proporcionada por ICAO requiere una serie de datos a ingresar para obtener la huella de carbono por persona generada en el vuelo y la distancia de la ruta. En primer lugar, el aeropuerto de origen y el de destino, por lo que los vuelos seleccionados para la realización del presente trabajo han de ser con rutas directas. En segundo lugar, si el pasajero viaja en clase económica o clase premium, y por último, si es un vuelo de ida o de ida y vuelta.

La calculadora presenta una metodología que está enfocada en la distancia de la ruta para llevar a cabo una estimación de las emisiones que genera un individuo a lo largo del vuelo, en función de los datos introducidos. Va a tener en cuenta todos los factores que aún faltan para determinar los factores de emisión y que dependen de los parámetros reales del tráfico aéreo que recopila ICAO de la ruta en cuestión, como por ejemplo: el tipo de avión que es usado en esa ruta, el consumo de combustible de dicho avión, la carga de los pasajeros y la diferencia de estos con el resto de la carga. La información que utiliza la herramienta se va actualizando periódicamente,

puesto que, por ejemplo, cada vez se producen mejoras en el consumo de combustible de los motores (ICAO, 2018).

El cálculo se lleva a cabo a través de una serie de pasos según ICAO (2018) a partir de la base de datos de ICAO, que contiene información sobre vuelos programados, tipos de aeronave, carga transportada, etc. Así, la calculadora llega a determinar el CO₂ por pasajero de una ruta una vez se introduce información sobre los aeropuertos de origen y destino de la ruta y el tipo de billete (i.e. la clase en la que viaja el pasajero). De manera que, una vez introducida la información, estos son los pasos que sigue la calculadora:

1. Cálculo de la distancia GCD (que son las siglas de *Great Circle Distance*³) entre el origen y el destino elegidos.
2. Búsqueda de los vuelos programados en esa ruta, el tipo de aeronave utilizada y el número de asientos que se ofrecen en clase económica en dicho avión.
3. Asignación de un factor de carga de pasajeros en función de la ruta.
4. Cálculo del consumo de combustible realizado por el tipo de avión seleccionado en la ruta.

El último punto es realizado en base a la relación entre el consumo de combustible del avión y la distancia de vuelo extrapolada según los datos almacenados de ICAO. Tiene en cuenta factores como la carga de los pasajeros, la distancia, el tiempo de vuelo, el factor de flete por pasajero, el tipo de billete y el tipo de aeronave.

Tras esto, se obtiene como resultado las emisiones de dióxido de carbono por pasajero en dicha ruta. La fórmula que utiliza la herramienta es:

$$CO_2 \text{ por pasajero} = 3,16 \cdot \frac{(\text{combustible total} \cdot \text{factor de flete por pasajero})}{(\text{número de asientos} \cdot \text{factor de carga por pasajero})}$$

El 3,16 es la constante, es decir, el factor de emisión, siendo este la cantidad emitida de toneladas de CO₂ producidas al quemar una tonelada del combustible usado por los aviones. El factor de flete por pasajero es la relación, existente en la base de datos de la OACI, entre pasajeros y la carga transportada en una ruta. Y el factor de carga por pasajero es la relación entre los pasajeros transportados y la cantidad de asientos disponibles, en función de la base de datos de la ICAO (ICAO, 2018). Para más detalle, véase el documento (ICAO, 2018).

5.2. PERIODOS DE ESTUDIO

Inicialmente, se recopilan datos sobre la cantidad total de pasajeros internacionales que pasan por los aeropuertos de las islas, tanto los pasajeros de entrada como los de salida, obteniendo así el tráfico total de pasajeros desagregado por meses, y a su vez, por nacionalidades. Se procede de igual manera con los datos de pasajeros nacionales, pero desagregados por comunidades autónomas. Tras esto se trata la información, estudiando la cantidad, la nacionalidad o la comunidad autónoma en el caso de España, de los pasajeros que llegan y salen de Canarias.

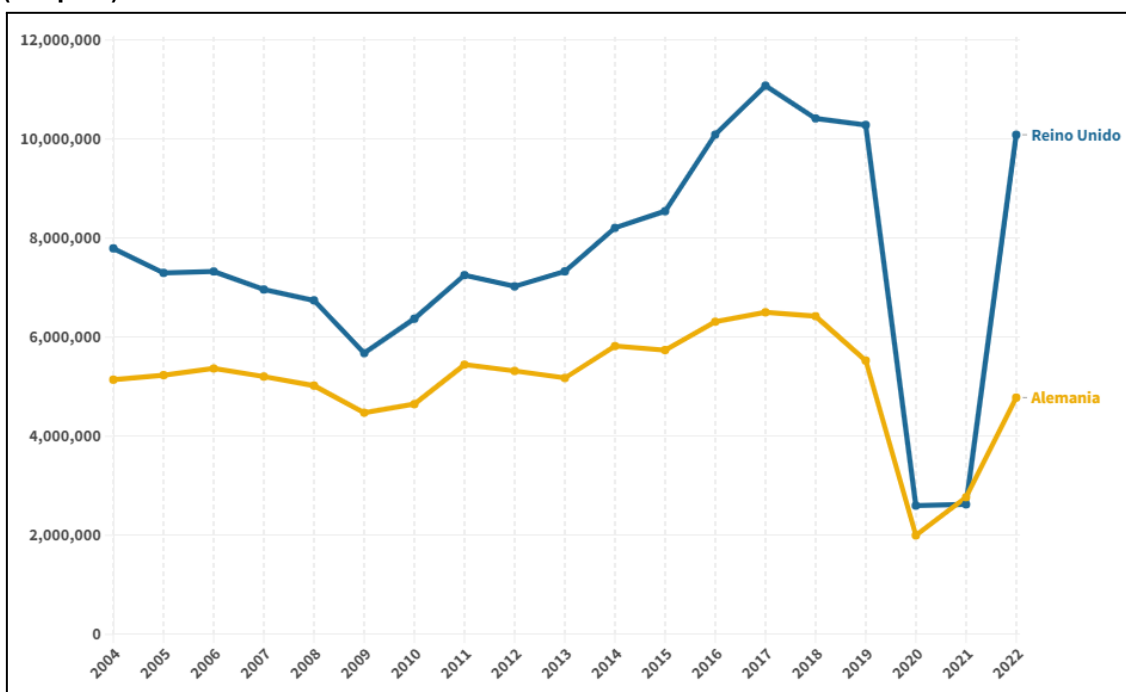
³ Distancia más cercana entre dos puntos sobre una superficie esférica, como es el caso del planeta.

Puesto que en la base estadística del ISTAC la información está disponible desde el año 2004 hasta la actualidad, se tienen 19 años para realizar el estudio. No se utiliza el 2023 por no tener los datos anuales completos de este. El Gráfico 2, 3 y 4 muestran el tráfico total de pasajeros extranjeros a lo largo de los 19 años que se estudiarán. Puesto que el número de pasajeros varía mucho de unos países a otros se han separado los 27 países de procedencia en tres grupos, de ahí el motivo por el que se presentan tres gráficos.

En el Gráfico 2, aparecen únicamente Reino Unido y Alemania, pues son las naciones desde las que mayor cantidad de personas se trasladan a las islas, yendo desde los 2 hasta los 12 millones aproximadamente. Seguidamente, en el Gráfico 3, la escala se reduce bastante, yendo desde los 120 mil hasta los 1,3 millones de pasajeros. Y por último, en el Gráfico 4, los pasajeros van desde los 6 mil hasta los 110 mil, con la excepción de República Checa, Islandia y Luxemburgo, que sobrepasan esos niveles exclusivamente en el año 2022. Por ende, si se hubieran colocado estos tres grupos de países en un único gráfico, apreciaríamos correctamente a Reino Unido y Alemania, mientras que el resto de países no se podrían observar adecuadamente, ya que estarían presente como una línea prácticamente recta.

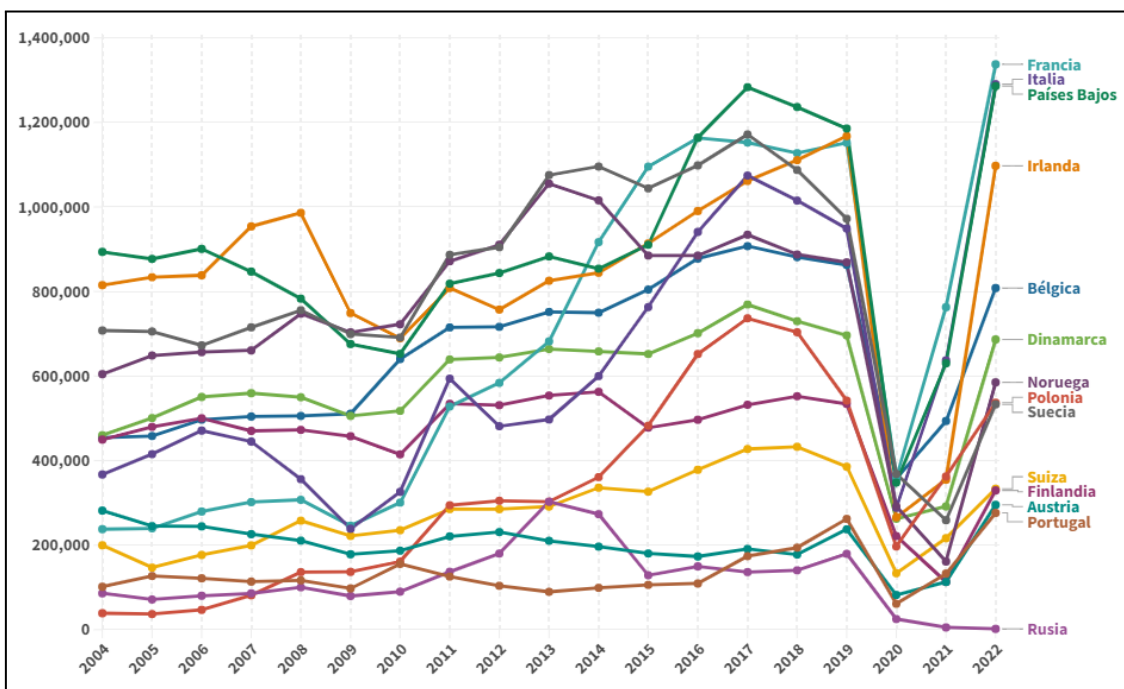
Como vemos en el Gráfico 2, 3 y 4, en la mayoría de países, desde el 2004 hasta 2014, hay un comportamiento medianamente estable y continuado en el número de pasajeros que pasan por los aeropuertos canarios. Pero a partir del año 2015, comienza un cambio de tendencia en el número de pasajeros y se observa un crecimiento generalizado en el tráfico de estos que dura hasta 2019, pues al año siguiente, en 2020, se produce una caída masiva de pasajeros, debido a las restricciones impuestas por la pandemia del Covid-19, para que en el año 2022 se recuperen nuevamente las cifras del año 2019, en algunos casos incluso superándose.

Gráfico 2. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 1).



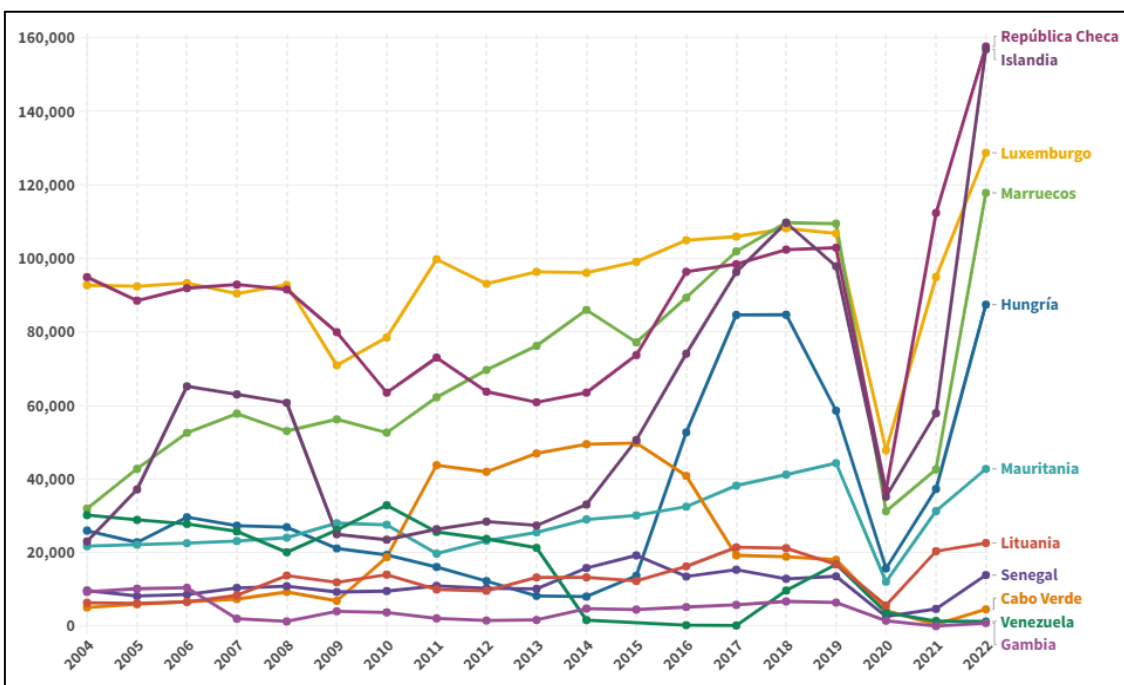
Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Gráfico 3. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 2).



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Gráfico 4. Tráfico total de pasajeros a Canarias por nacionalidad en el periodo 2004-2022. (Grupo 3).



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Estos cambios de tendencia a lo largo de las casi dos décadas son más notorios en los países que más flujo de pasajeros envían a las islas (Gráfico 2 y 3).

Durante estas casi 2 décadas hemos pasado por diferentes etapas como son la crisis financiera del 2007-2008 y la pandemia del Covid-19, así que se ha decidido dividir estos 19 años en 3 periodos para evitar grandes distorsiones en los resultados. Como se comentó ya con anterioridad, actualizaremos el periodo estudiado por Dorta Antequera *et al.* (2021) incluyendo los tráficos del año 2022, resultando en un periodo comprendido entre 2015 y 2022, pero excluyendo los datos de los años anómalos que siguieron al Covid (los años 2020 y 2021), de manera que, 2015-2022 (excluyendo 2020-21) es el periodo más actual que se analiza. Para determinar el impacto del Covid-19 en la huella de carbono, también se calcula el promedio de pasajeros en los dos años posteriores a este, que sería el periodo 2020-2021. Y por último, estudiaremos los años anteriores al 2015, es decir, el periodo 2004-2014, con lo que se podrá observar la diferencia en la huella tras el cambio de tendencia en el flujo de pasajeros a partir de 2015. De esta manera, los 3 periodos que analizaremos son:

- Periodo reciente 2015 - 2022 (excluyendo los años 2020 y 2021).
- Periodo Covid 2020 - 2021.
- Década de estabilidad 2004 - 2014.

De este modo podremos observar cómo ha ido evolucionando a lo largo de los casi 20 años estudiados la huella de carbono procedente del tráfico de pasajeros a Canarias y qué supuso la crisis del Covid en términos del impacto debido a la huella de carbono.

5.3. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN FUNCIÓN DEL ORIGEN DE LOS PASAJEROS

Tras comprobar y observar los 19 años de datos sobre la cantidad de pasajeros y la decisión de dividir dicha información en 3 periodos, se realizan los cálculos de la huella de carbono que estos generan en su desplazamiento al archipiélago con la ayuda de la calculadora proporcionada por ICAO.

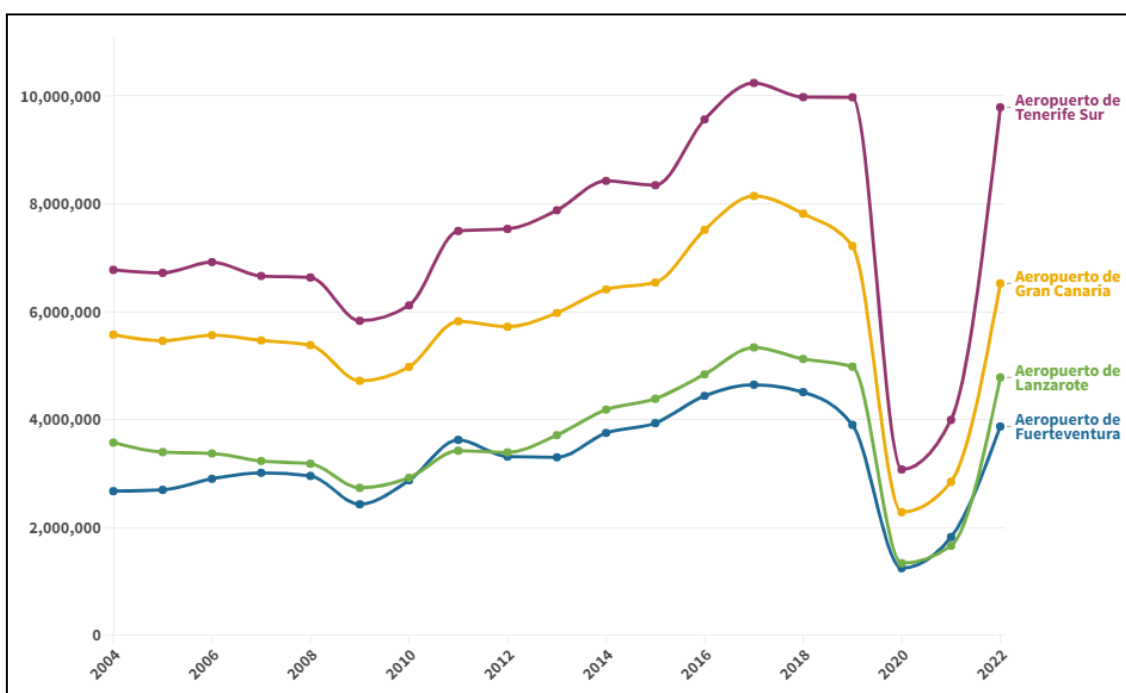
En lo que respecta a los 27 países aquí analizados, sin tener en cuenta los pasajeros con procedencia peninsular, a la hora de calcular la huella se decidió fijar los mismos parámetros que en el estudio de Dorta Antequera *et al.* (2021), de tal manera que se asume que todos los pasajeros eligen el tipo de vuelo económico, y que el trayecto es de ida y vuelta para todos los pasajeros; y por último, se toma como referencia el mismo aeropuerto de origen y destino para cada uno de los países analizados. De esta manera obtenemos como resultado la cantidad de emisiones de CO₂ producidas por persona en los vuelos, que se relaciona con la cantidad de pasajeros de cada nación. Acerca del aeropuerto de origen, se ha decidido utilizar los aeropuertos que más cantidad de tráfico soportan en cada país, que en la mayoría de casos coincide con la capital del país.

Cabe notar que la huella de carbono originada por los pasajeros con motivo de su viaje en realidad es mayor que la que se calcula en este estudio, ya que buena parte de los pasajeros antes de tomar el vuelo probablemente hayan tenido que realizar algún tipo de traslado dentro de su país. Sin embargo, dentro del cálculo global no es algo relevante, pues las distancias no se comparan con las del vuelo. La única excepción serían países excesivamente grandes como es

el caso de Rusia. En el caso de Reino Unido no se ha elegido el aeropuerto de Londres-Heathrow, siendo éste el que mayor actividad presenta, y en el que mayor número de aerolíneas y destinos hay (Datos Mundial, s.f.), sino que se ha optado por elegir el aeropuerto de Manchester, ya que es el que mayor número de pasajeros registró hacia las islas Canarias según el ISTAC.

Según observamos en los datos del ISTAC, los aeropuertos con más tráfico del archipiélago son el de Fuerteventura, Lanzarote, Gran Canaria y Tenerife Sur, este último es el aeropuerto con más tráfico de las islas (Gráfico 5).

Gráfico 5. Los 4 aeropuertos canarios con más tráfico de pasajeros en los 19 años analizados.



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Aun así, se ha elegido como único aeropuerto de destino de las islas para la realización de los cálculos de la huella, el aeropuerto de Gran Canaria, con LPA como código IATA⁴, pues entre las 4 principales islas ya comentadas que reciben la mayoría de los vuelos, esta se encuentra en un punto más céntrico entre ellas. Además, también está geográficamente en un punto más cercano a las otras dos islas que mayor flujo de vuelos reciben, Lanzarote y Fuerteventura, tal y como justifica Dorta Antequera *et al.* (2021). La calculadora de la OACI presenta una complicación respecto al aeropuerto de destino en algunos países, como es el caso de Lituania, que se tuvo que calcular con destino Tenerife Sur, y por otro lado, tenemos el caso de Venezuela, que solo llega a Tenerife Norte.

Con relación al análisis a nivel nacional, se tiene en cuenta el tráfico de pasajeros procedente del resto de España sin contar a las propias islas Canarias, de tal forma que, en lugar de seleccionar

⁴ El código IATA son tres letras que guardan relación con la ciudad o la región en la que se encuentra un aeropuerto, las cuales son únicas para cada uno de ellos, pudiendo ser identificados fácilmente a través de este código.

un solo aeropuerto del país, el estudio nacional se realizará por comunidades autónomas. Respecto a esto, se encuentran dos limitaciones. En primer lugar, de las 17 comunidades autónomas del país, en el ISTAC se tienen datos sobre el tráfico de pasajeros solamente de 13 de ellas, resultando en 12 al excluir a Canarias. Las 4 comunidades autónomas restantes aparecen como Resto de España (Extremadura, Región de Murcia, Castilla-La Mancha y La Rioja). Y, en segundo lugar, la Comunidad Foral de Navarra junto a Cantabria, que según AENA (s.f.), cuentan con vuelo directo a las islas, pero en la base de datos de la calculadora ICAO no aparecen para poder calcular su huella.

En consecuencia, el cálculo de las emisiones de Cantabria y de la Comunidad Foral de Navarra se computará con el mismo aeropuerto usado para la comunidad del País Vasco, pues es el más cercano que ambas tienen. Mientras que el resto de España, es decir, las 4 comunidades de las que no tenemos datos, se computarán desde el aeropuerto de Madrid, pues geográficamente se encuentra en un punto central del país. En la Tabla 1 podemos observar los aeropuertos elegidos para cada comunidad autónoma. Los parámetros seleccionados en la calculadora serán los mismos que en el caso internacional.

Tabla 1. Aeropuerto seleccionado para cada comunidad autónoma.

Comunidad autónoma	Aeropuerto
Andalucía	Aeropuerto de Sevilla
Aragón	Aeropuerto de Zaragoza
Cantabria	Aeropuerto de Bilbao
Castilla y León	Aeropuerto de Valladolid
Cataluña	Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona-El Prat
Comunidad de Madrid	Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas
Comunidad Foral de Navarra	Aeropuerto de Bilbao
Comunidad Valenciana	Aeropuerto de Valencia
Galicia	Aeropuerto Santiago-Rosalía de Castro
Islas Baleares	Aeropuerto de Palma de Mallorca
País Vasco	Aeropuerto de Bilbao
Principado de Asturias	Aeropuerto de Asturias
Resto de España*	Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

*Extremadura, Región de Murcia, Castilla-La Mancha y La Rioja. Fuente: Elaboración propia.

También es importante resaltar una última limitación de los cálculos realizados relacionado con el cambio habido en la flota de aviones y el efecto de los aviones modernos y más eficientes. Como ya se comentó con anterioridad, cada vez se va avanzando y mejorando la eficiencia y el consumo de los aviones, de manera que ICAO va actualizando periódicamente su base de datos acorde a esta evolución en la aeronáutica. De tal manera que, existe una posible subestimación del consumo y las emisiones de los vuelos de antes del 2015, ya que la calculadora de ICAO no permite seleccionar el año, sino que utiliza la última información disponible en su base de datos sobre el año más reciente.

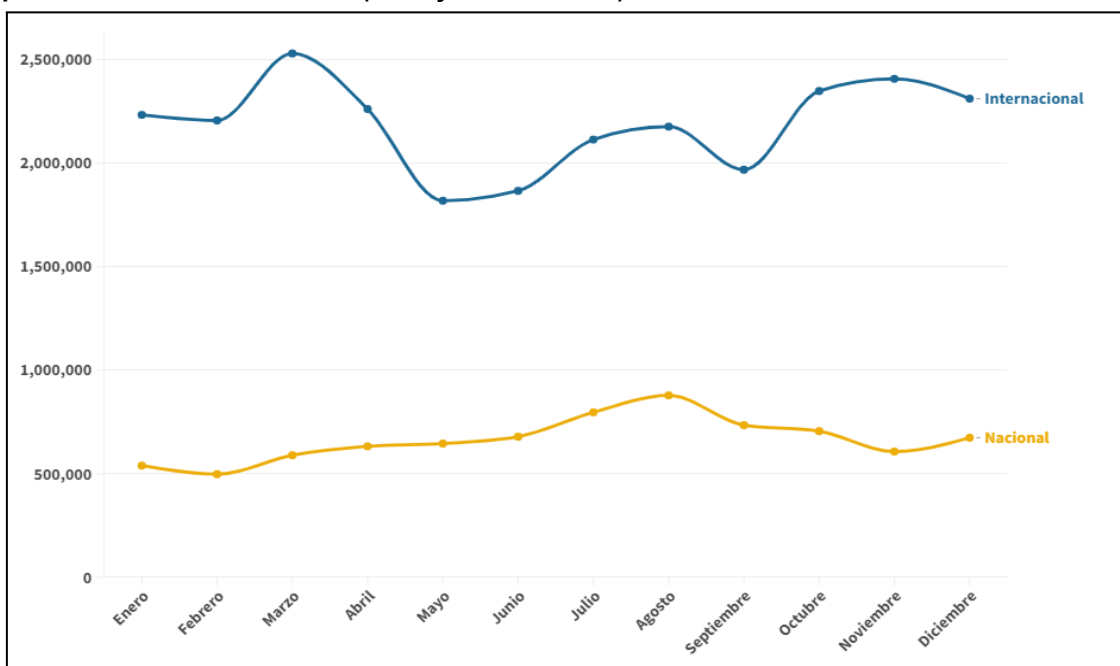
6. RESULTADOS

6.1. TRÁFICO AÉREO DE PASAJEROS EN CANARIAS

Teniendo en cuenta los datos del ISTAC sobre el número de pasajeros internacionales que recibe el archipiélago y sus nacionalidades, contamos con información sobre 33 países si incluimos a España. De los 33 países disponibles en el ISTAC, 5 de ellos no aparecen en la base de datos de ICAO. De manera que, no serán objeto de estudio dichos países, siendo estos Ucrania, Eslovaquia, Rumania, Letonia y Estonia. Por otra parte, se dispone de información sobre los pasajeros procedentes del resto del territorio nacional según la comunidad autónoma de procedencia.

De acuerdo con Turismo de Islas Canarias (2016) entre los diversos motivos para elegir Canarias como destino turístico, principalmente se encuentra el clima. Como se suele decir, Canarias se encuentra en medio de la eterna primavera, pues la temperatura entre estaciones varía muy poco, haciendo que esta sea agradable los 12 meses, generando un clima ideal de playa a lo largo de prácticamente todo el año. Esto podría explicar que se observe un flujo bastante regular de pasajeros que vienen a las islas a lo largo del año, siendo las estaciones menos marcadas que en otros destinos turísticos.

Gráfico 6. Promedio mensual del tráfico aéreo total de pasajeros hacia Canarias en el período reciente 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21).



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Aún con la estacionalidad moderada que se da en las islas, algunos meses presentan grandes variaciones en el flujo de viajeros, notablemente en el caso extranjero (Gráfico 6). A partir de los datos que hemos analizado, se puede diferenciar la tendencia de los pasajeros extranjeros y los nacionales. En el caso de pasajeros internacionales, la mayoría vienen en los últimos y primeros meses del año, que van desde octubre hasta abril, siendo estos los meses más fríos y, por tanto,

los que dan lugar a la temporada alta en el archipiélago, quedando un flujo menor de tráfico en los meses más cálidos. Mientras que a nivel nacional ocurre lo contrario, el mayor pico se da en los meses más calurosos, esto es julio, agosto y septiembre.

Si nos centramos en el tráfico aéreo mensual internacional (Tabla 2), vemos como Reino Unido destaca por sus llegadas en el mes de octubre y Alemania en noviembre, ambos en meses donde las temperaturas empiezan a descender.

Tabla 2. Promedio mensual de entrada a Canarias de pasajeros procedentes de extranjero en el periodo reciente 2015 - 2022 (sin Covid) (*).

País	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Austria	10.944	10.453	10.463	8.866	5.841	5.899	7.177	7.163	6.738	8.020	11.246	11.976
Bélgica	33.942	33.798	35.608	36.917	31.266	31.091	42.719	37.677	33.293	38.018	35.462	39.214
Suiza	13.193	15.266	15.832	17.281	13.238	12.152	15.923	14.398	15.160	20.500	18.173	17.756
Cabo Verde	1.775	1.818	1.866	1.653	433	381	616	749	617	588	1.209	1.147
República C.	2.586	3.494	3.839	3.793	3.538	4.637	6.451	5.848	5.528	6.129	3.402	3.500
Alemania	259.089	255.489	288.561	250.069	195.010	201.312	223.990	218.017	215.307	258.198	290.258	286.617
Dinamarca	50.753	47.687	49.168	23.244	8.940	10.399	14.088	10.966	10.534	34.055	44.638	48.971
Finlandia	40.406	38.114	39.060	13.060	792	710	867	654	1.093	24.354	42.395	43.739
Francia	37.001	47.871	49.545	63.542	47.455	42.067	56.202	57.814	45.357	54.110	36.538	48.365
Reino Unido	323.308	369.640	438.232	425.534	412.973	426.691	462.910	463.120	434.903	471.956	392.722	424.983
Gambia	315	281	265	331	268	168	221	261	241	205	265	280
Hungría	2.792	2.412	2.401	2.945	2.863	2.537	2.834	2.707	2.644	2.773	2.958	3.207
Irlanda	35.837	34.724	41.099	43.502	45.090	54.164	55.659	47.896	47.440	48.215	36.731	39.427
Islandia	4.377	5.514	5.377	3.240	2.502	3.792	4.424	3.379	3.424	5.033	3.343	4.558
Italia	41.511	38.506	42.261	39.416	38.583	39.048	43.876	47.763	39.212	42.491	42.707	49.484
Lituania	1.240	950	1.311	1.360	191	0	0	0	172	1.478	1.399	1.340
Luxemburgo	3.817	4.637	4.472	6.004	3.233	3.203	4.681	4.950	3.991	6.351	4.008	4.682
Marruecos	3.473	2.798	3.061	3.757	3.397	3.386	5.420	7.441	6.082	4.269	3.749	4.038
Mauritania	1.335	1.423	1.497	1.421	1.306	1.368	2.118	2.419	1.855	1.480	1.319	1.689
Países Bajos	44.403	45.741	49.707	52.489	44.257	39.562	58.244	56.834	45.403	56.160	45.990	50.603
Noruega	59.252	57.439	56.459	23.733	8.406	11.509	17.177	11.275	12.321	41.835	60.951	60.745
Polonia	25.354	23.037	23.667	20.697	23.115	26.654	31.911	31.854	28.028	24.580	22.109	24.215
Portugal	3.096	3.573	4.122	5.464	5.420	8.663	15.026	17.331	10.876	7.941	5.553	6.654
Rusia	3.861	2.958	4.782	6.337	6.380	7.872	7.928	7.291	7.191	7.067	5.070	5.347
Suecia	77.122	70.009	71.853	33.282	7.553	8.465	9.144	8.900	8.505	41.178	75.243	78.857
Senegal	578	580	679	651	505	450	760	988	680	455	387	562
Venezuela	681	545	644	721	416	1.129	1.094	829	1.170	888	530	910

*Se han resaltado en naranja los meses con mayor entrada de pasajeros. Fuente: ISTAC. Elaboración propia.

Aunque mantienen un volumen muy alto a lo largo de todo el año, se diferencian en que Reino Unido prefiere los meses que van de marzo a octubre, esto es meses que coinciden en su mayoría con la temporada baja, siendo estos los meses más cálidos. En la época estival también sobresalen países como Bélgica, Países Bajos e Irlanda. Mientras que Alemania es el caso contrario, pues este cuenta con mayores números desde octubre a marzo, acompañado de Italia, Noruega, Suecia y Dinamarca, entre otros (véase Gráfico 6).

Las diferencias en cuanto a las preferencias de los viajeros a la hora de elegir en qué época del año viajar al archipiélago se pueden deber a múltiples causas, desde el clima del país originario, pasando por la situación económica e incluso por factores como la edad, o el momento del año en el que reciben las vacaciones (Turismo de Islas Canarias, 2016).

A fin de cuentas, el flujo prácticamente constante de pasajeros que pasan por las islas resulta en beneficios para el trabajo y la economía del archipiélago, pero ¿cómo afecta esto al cambio climático? La cantidad incesante de aviones que llegan y salen de los aeropuertos canarios emiten gases de efecto invernadero prácticamente las 24 horas del día, sumando cada vez más al crecimiento de la huella de carbono. De manera que se quiere analizar cómo ha ido evolucionando la propia huella y si, acorde a los números, es realista el cumplimiento del objetivo impuesto por la Unión Europea para ser el primer continente climáticamente neutro en 2050.

6.2. HUELLA DE CARBONO

En la Tabla 3, se han ordenado de mayor a menor los países en función de las emisiones en toneladas de CO₂, es decir, a partir de la huella de carbono que generan por persona en su trayecto de ida y vuelta hasta Canarias. Por lo general, los que mayores emisiones presentan por persona son los que más lejos se encuentran del archipiélago, aunque hay excepciones, como por ejemplo, el caso de Venezuela, que es el que mayor distancia presenta y no es el primero en la lista. Pero no por ello son estos los que resultan tener mayor huella de carbono generada en el cómputo final, pues veremos que países más cercanos producen una cantidad de emisiones muy superior, dado que hay que tener en cuenta el volumen de pasajeros.

Se puede apreciar como Rusia se encuentra en primer lugar, siendo el único país en superar las 0,70 toneladas de CO₂ por pasajero, seguido de Lituania y Finlandia, que emiten entre las 0,66 y 0,65 toneladas, respectivamente, por lo que, junto a Suecia, que se aproxima mucho a 0,60 toneladas, tenemos los cuatro países que más emisiones dejan por persona en su trayecto de ida y vuelta hasta el archipiélago. Posteriormente, en el intervalo que va desde las 0,50 hasta las 0,57 toneladas de CO₂, tenemos a Venezuela, Dinamarca, Islandia, Noruega, Polonia, Austria, República Checa y Hungría, todos ellos a una distancia alrededor de los 4 mil kilómetros, a excepción de Venezuela, como se comentó con anterioridad. A continuación, los trayectos más numerosos y los que mayor volumen de pasajeros contienen, son los conformados por Suiza, Alemania, Bélgica, Países Bajos, Luxemburgo, Francia, Reino Unido, Irlanda e Italia, los cuales producen entre 0,40 y 0,50 toneladas de CO₂/persona. Y, para terminar, Portugal, Mauritania, Gambia, Cabo Verde, Senegal y Marruecos son los países que emiten la menor cantidad de huella de carbono por pasajero en el trayecto, por debajo de las 0,40 toneladas de CO₂. Dado que Portugal es el único país perteneciente a la Unión Europea de este grupo, se confirma que es el país que menor cantidad de emisiones por persona presenta del continente dado que no envía gran cantidad de pasajeros a Canarias (Tabla 2). De igual modo, tenemos dentro del grupo más contaminante países que no presentan un volumen alto de pasajeros.

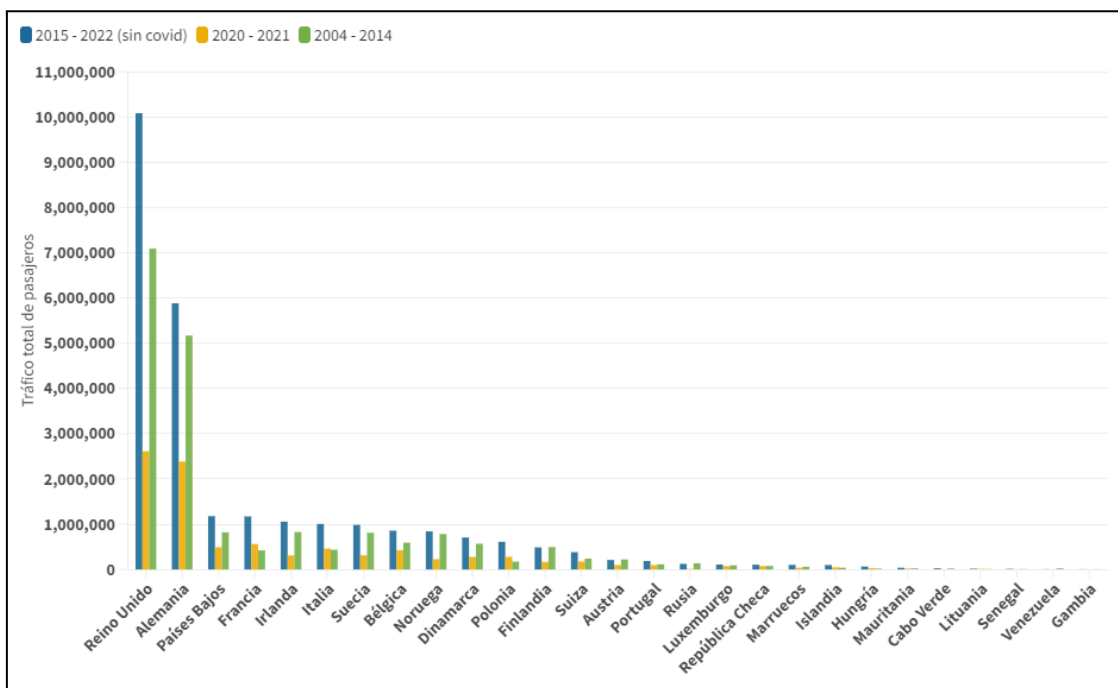
Tabla 3. Huella de carbono (en toneladas de CO₂) por pasajero en vuelo de ida y vuelta desde el país de origen hasta Canarias (internacional).

	País	Ciudad	Código IATA	Distancia (km)	ICAO
1º	Rusia	Moscú	SVO	5.181	0,72
2º	Lituania	Vilnius	VNO	4.468	0,66
3º	Finlandia	Helsinki	HEL	4.694	0,65
4º	Suecia	Estocolmo	ARN	4.334	0,59
5º	Venezuela	Caracas	CCS	5.617	0,57
6º	Dinamarca	Copenhague	CPH	3.803	0,57
7º	Islandia	Reikiavik	KEF	4.041	0,57
8º	Noruega	Oslo	OSL	4.102	0,57
9º	Polonia	Varsovia	WAW	4.028	0,55
10º	Austria	Viena	VIE	3.542	0,53
11º	República Checa	Praga	PRG	3.510	0,52
12º	Hungría	Budapest	BUD	3.690	0,52
13º	Suiza	Zúrich	ZRH	2.998	0,49
14º	Alemania	Fráncfort	FRA	3.182	0,48
15º	Bélgica	Bruselas	BRU	3.050	0,47
16º	Países Bajos	Ámsterdam	AMS	3.180	0,47
17º	Luxemburgo	Luxemburgo	LUX	3.029	0,46
18º	Francia	París	CDG	2.799	0,45
19º	Reino Unido	Manchester	MAN	3.024	0,45
20º	Irlanda	Dublín	DUB	2.931	0,45
21º	Italia	Roma	FCO	2.932	0,43
22º	Portugal	Lisboa	LIS	1.336	0,32
23º	Mauritania	Nuakhot	NKC	1.093	0,27
24º	Gambia	Banjul	BJL	1.625	0,25
25º	Cabo Verde	Praia	SID	1.463	0,23
26º	Senegal	Dakar	DKR	1.486	0,21
27º	Marruecos	Casablanca	CMN	959	0,15

Fuente: Calculadora ICAO. Elaboración propia.

Los países que más huella de carbono generan en su paso por las islas son los que tienen una mayor frecuencia de vuelos y, por lo tanto, de pasajeros. Destacan Reino Unido y Alemania que, aunque se encuentran en el decimonoveno y catorceavo lugar (Tabla 3), como vemos en el Gráfico 7, aproximadamente envían a Canarias unos 10 y 6 millones de personas, respectivamente al año en el periodo reciente 2015 - 2022 (sin Covid), mientras que la siguiente nación, Países Bajos, no llega a los 1,2 millones, siendo diez veces menor la cantidad de tráfico que la de Reino Unido.

Gráfico 7. Promedio anual del tráfico total de pasajeros a Canarias por país.



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Referente al tráfico con el resto de España, la Tabla 4 muestra el orden por comunidades autónomas. En los trayectos nacionales las diferencias en cuanto a las emisiones no es tan notoria, pues las distancias no se alejan mucho unas de otras.

Tabla 4. Huella de carbono (en toneladas de CO₂) por pasajero en vuelo de ida y vuelta desde comunidad autónoma hasta Canarias (nacional).

	Comunidad autónoma	Ciudad	Código IATA	Distancia (km)	ICAO
1º	Castilla y León	Valladolid	VLL	1804	0,49
2º	Aragón	Zaragoza	ZAZ	2005	0,45
3º	Cataluña	Barcelona	BCN	2173	0,36
4º	Principado de Asturias	Asturias	OVD	1928	0,36
5º	Cantabria**	Bilbao	BIO	2042	0,36
6º	País Vasco	Bilbao	BIO	2042	0,36
7º	Comunidad Foral de Navarra**	Bilbao	BIO	2042	0,36
8º	Illes Balears / Islas Baleares	Palma de Mallorca	PMI	2108	0,35
9º	Comunidad Valenciana	Valencia	VLC	1880	0,34
10º	Galicia	Santiago de Compostela	SCQ	1777	0,32
11º	Comunidad de Madrid	Madrid	MAD	1765	0,3
12º	Resto de España*	Madrid	MAD	1765	0,3
13º	Andalucía	Sevilla	SVQ	1378	0,26

*Extremadura, Región de Murcia, Castilla-La Mancha y La Rioja (se computarán desde el aeropuerto de Madrid).

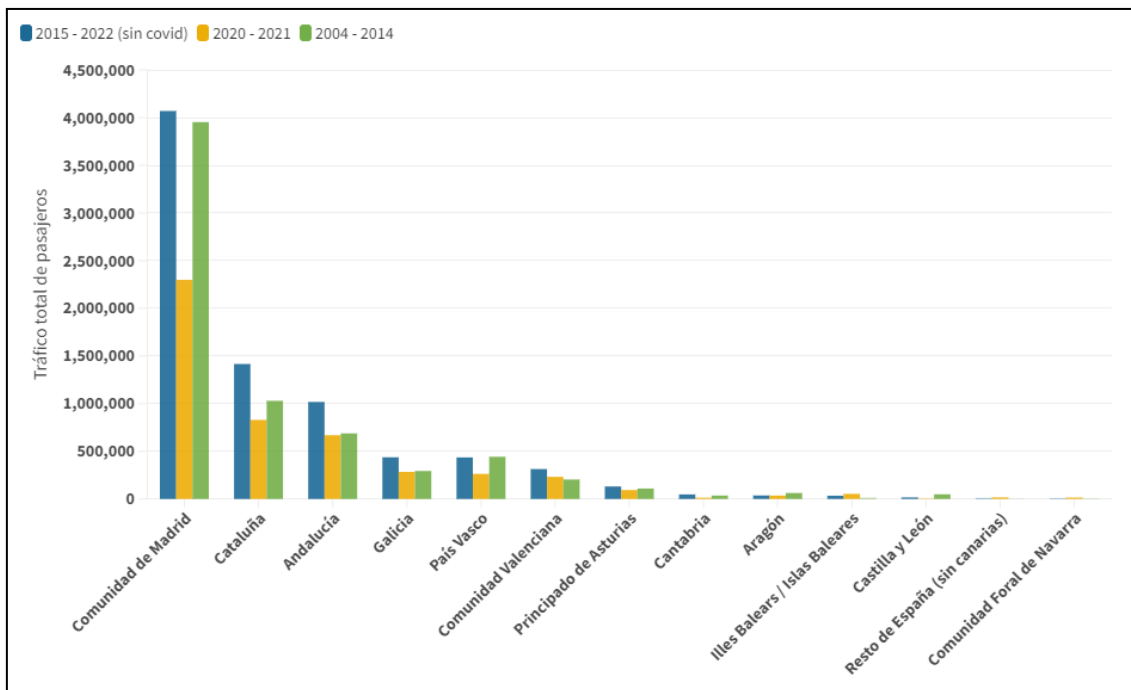
**Se computarán con el mismo aeropuerto usado para la comunidad del País Vasco. Fuente: Calculadora ICAO. Elaboración propia.

En primer lugar, se observa en la Tabla 4 como la comunidad autónoma que mayor huella de carbono genera está Castilla y León, con 0,49 toneladas de CO₂ por persona, siendo

prácticamente el doble que las emitidas por Andalucía, que se encuentra en el último lugar con 0,26 toneladas. Sin tener en cuenta a las dos comunidades ya comentadas, junto con Aragón, situada en segundo lugar con 0,45 toneladas, las diez comunidades autónomas restantes se encuentran entre las 0,30 y 0,36 toneladas de CO₂.

Antes se mencionó que es más relevante el volumen de personas y la cantidad de vuelos que las emisiones individuales por origen. Por ello, aunque la Comunidad de Madrid está en el undécimo lugar de las emisiones por persona (Tabla 4), en el Gráfico 8 se percibe como esta presenta con diferencia, el mayor tráfico de pasajeros a Canarias en el periodo 2015 - 2022 (sin Covid), siendo más del doble que Cataluña, que es la segunda comunidad con mayor cantidad de tráfico de pasajeros a Canarias.

Gráfico 8. Promedio anual del tráfico total de pasajeros a Canarias por comunidad autónoma.



Fuente: ISTAC. Elaboración propia a partir de Flourish.

Por consiguiente, se procede a la cuantificación de la huella de carbono que generan los pasajeros de cada país y cada comunidad autónoma en el caso nacional. Por ende, hemos multiplicado las emisiones de CO₂ por persona que observamos en las Tablas 3 y 4 por el promedio anual de cada uno de los periodos que nos encontramos estudiando, obteniendo así la siguiente información plasmada en la Tabla 5 a nivel internacional y en la Tabla 7 para el tráfico nacional.

Empezando con el extranjero (Tabla 5), lo primero que llama la atención es el porcentaje generado por cada uno de los países, ya que, en cada uno de los tres periodos analizados, Reino Unido y Alemania son los generadores principales de la huella de carbono, emitiendo más del 50% de las emisiones totales en el transporte aéreo a Canarias. En el periodo actual 2015 - 2022 (sin Covid) ambos aportan cerca de un 59% de las emisiones (36,27 % Reino Unido y

22,46% Alemania), responsables por lo tanto, dos naciones de las veintisiete aquí analizadas, de prácticamente dos tercios del CO₂ producido en avión en viajes al archipiélago. Mientras que, la siguiente nacionalidad que más emisiones genera es Suecia, con casi un 32% menos emisiones que los británicos, es decir, un 4,65% del total.

Tras los dos primeros países que hemos visto, las once siguientes nacionalidades, desde Suecia hasta Suiza, producen entre el 1% y el 5%, dejando a los catorce países restantes por debajo del 1% en cuanto a aportación a la huella. Esto es un claro ejemplo de lo que se comentaba anteriormente, tiene mayor importancia el volumen de vuelos y pasajeros que las emisiones por persona, pues países como Rusia, Venezuela, Lituania, Finlandia y Dinamarca, por ejemplo, siendo los que más contribuyen a la contaminación en el trayecto a Canarias individualmente (Tabla 3), tienen una menor repercusión a nivel global (Tabla 5), dado que su frecuencia de pasajeros y vuelos es significativamente menor que la de los dos principales aportadores.

Tabla 5. Promedio anual de la huella de carbono del tráfico total de pasajeros a Canarias desde el extranjero en los tres períodos considerados y porcentaje total de la huella originada por el tráfico desde cada país.

País	Promedio de toneladas CO ₂			Porcentaje del total de la huella de CO ₂		
	2015 - 2022*	2020 - 2021	2004 - 2014	2015 - 2022*	2020 - 2021	2004 - 2014
Reino Unido	2.288.770	592.949	1.609.414	36,27%	26,87%	34,54%
Alemania	1.417.388	574.710	1.245.698	22,46%	26,04%	26,73%
Suecia	291.363	92.878	239.750	4,62%	4,21%	5,14%
Países Bajos	277.897	115.430	193.715	4,40%	5,23%	4,16%
Francia	265.862	127.478	95.408	4,21%	5,78%	2,05%
Noruega	237.991	64.116	221.162	3,77%	2,91%	4,75%
Irlanda	236.731	69.507	185.315	3,75%	3,15%	3,98%
Italia	217.161	99.909	94.092	3,44%	4,53%	2,02%
Bélgica	203.104	100.863	140.109	3,22%	4,57%	3,01%
Dinamarca	200.456	78.645	161.341	3,18%	3,56%	3,46%
Polonia	168.669	77.456	47.876	2,67%	3,51%	1,03%
Finlandia	159.266	54.707	161.324	2,52%	2,48%	3,46%
Suiza	94.004	43.211	59.173	1,49%	1,96%	1,27%
Austria	56.059	26.156	59.239	0,89%	1,19%	1,27%
Rusia	44.203	5.487	48.660	0,70%	0,25%	1,04%
Portugal	29.910	15.523	18.207	0,47%	0,70%	0,39%
Islandia	27.702	13.216	10.654	0,44%	0,60%	0,23%
República C.	27.356	19.404	20.424	0,43%	0,88%	0,44%
Luxemburgo	25.379	16.627	21.100	0,40%	0,75%	0,45%
Hungría	16.407	6.829	5.102	0,26%	0,31%	0,11%
Marruecos	7.566	2.768	4.370	0,12%	0,13%	0,09%
Lituania	6.111	4.308	3.411	0,10%	0,20%	0,07%
Mauritania	5.228	2.967	3.319	0,08%	0,13%	0,07%
Cabo Verde	2.976	278	2.595	0,05%	0,01%	0,06%
Senegal	1.545	382	1.084	0,02%	0,02%	0,02%
Venezuela	1.343	731	6.883	0,02%	0,03%	0,15%
Gambia	611	91	578	0,01%	0,00%	0,01%
Total	6.311.058	2.206.626	4.660.002	100,00%	100,00%	100,00%

*Periodo 2015 - 2022 (sin Covid). Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la aportación al peso total de la huella de carbono (Tabla 5), observamos que hay países que con el cambio de época, concretamente con el paso de la década estable (2004 - 2014) al periodo actual (2015 - 2022 sin Covid), aumentan mucho su peso en la huella. Francia pasa del 2% al 4,2%, duplicando su peso en las emisiones generadas, de igual manera que Islandia, que también duplica su peso, además de Italia, que casi lo duplica. Mientras que otras naciones como Polonia, pasan de tener un peso del 1% al 2,7%, casi triplicando su impacto, al igual que Hungría. En la Tabla 6 se puede ver de forma más clara este cambio de patrón que han tenido dichas nacionalidades en su aportación a las emisiones de CO₂. Pues los países que se acaban de comentar aumentan más del 130 por ciento y, los dos últimos nombrados, más del 230 por ciento su huella de carbono con respecto de la que tenían en la década estable.

Si comparamos el periodo Covid con el periodo reciente, Reino Unido cae dramáticamente en aproximadamente un tercio en su aportación al peso de la huella de carbono, pasando de un 36,3% a un 26,9%. Pero, resulta que una serie de países en los años afectados por la pandemia, aumentan su aportación a dicha huella de carbono. Los pasajeros alemanes pasan de tener un peso del 22,5% en el periodo actual, a un 26% durante el Covid. Países como Francia, Países Bajos, Italia, y Bélgica entre otros, aumentan en gran medida su peso durante la pandemia.

De tal forma que la huella de carbono procedente del transporte aéreo internacional con destino a Canarias, en el periodo más reciente 2015 - 2022 (sin Covid) es la causante de 6.311.058 toneladas de CO₂, de las cuales 3.706.158 toneladas, son aportaciones originadas por el tráfico aéreo con Reino Unido y Alemania. La huella de carbono total, como veremos seguidamente en la Tabla 6, ha ido en aumento desde el año 2004.

Comparando los periodos entre sí (Tabla 6), si nos fijamos en el dato total, hay una evolución importante en el cambio del periodo 2004 - 2014 al 2015 - 2022 (sin Covid), se produce un aumento del 35,43% en las emisiones. Generalmente la mayoría de los países aumentan su tráfico, y por tanto sus emisiones entre un 30% y un 60%. Excepciones como las naciones ya comentadas anteriormente, es decir, Bélgica, Francia, Polonia, etc. Aumentan en más de un 130%. Los únicos países que no crecen en sus emisiones son Rusia, Venezuela, Austria y Finlandia.

El cambio de tendencia que se empieza a dar en el año 2015 produce un importante crecimiento en el flujo de pasajeros (Gráfico 2, 3 y 4) y, por tanto, en la frecuencia de vuelos a las islas, que se mantiene hasta la llegada de la pandemia. Si comparamos la huella de carbono en el periodo Covid con el promedio en el periodo reciente se observa que la huella se reduce en promedio un 65,04%. Destacamos una caída generalizada en todos los países en 2020 - 2021 respecto del periodo actual, donde en algunos países se reduce bastante, como Cabo Verde y Rusia, con un 90%, pero en la mayoría se reduce la huella de carbono entre un 40% y 60%. Por lo que en este caso, no hay grandes diferencias entre países en la reducción de la huella, a diferencia de lo que ocurre cuando se compara el periodo actual con la década estable (2004 - 2014).

Tabla 6. Crecimiento de la huella de carbono debida al tráfico internacional en cada uno de los periodos analizados.

País	2015 - 2022* respecto 2004 - 2014	2020 - 2021 respecto 2015 - 2022*
Austria	-5,37%	-53,34%
Bélgica	44,96%	-50,34%
Suiza	58,86%	-54,03%
Cabo Verde	14,70%	-90,67%
República Checa	33,94%	-29,07%
Alemania	13,78%	-59,45%
Dinamarca	24,24%	-60,77%
Finlandia	-1,28%	-65,65%
Francia	178,66%	-52,05%
Reino Unido	42,21%	-74,09%
Gambia	5,73%	-85,11%
Hungría	221,57%	-58,38%
Irlanda	27,74%	-70,64%
Islandia	160,01%	-52,29%
Italia	130,80%	-53,99%
Lituania	79,13%	-29,50%
Luxemburgo	20,28%	-34,49%
Marruecos	73,15%	-63,42%
Mauritania	57,53%	-43,26%
Países Bajos	43,46%	-58,46%
Noruega	7,61%	-73,06%
Polonia	252,30%	-54,08%
Portugal	64,28%	-48,10%
Rusia	-9,16%	-87,59%
Suecia	21,53%	-68,12%
Senegal	42,55%	-75,26%
Venezuela	-80,48%	-45,61%
Total	35,43%	-65,04%

*Periodo reciente 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21). Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de las emisiones a nivel internacional, donde dos países generan más de la mitad de la huella de carbono, en el caso del tráfico aéreo con el resto de España (Tabla 7), tan sólo los pasajeros procedentes de la comunidad de Madrid son responsables de aproximadamente la mitad de la huella generada en el transporte aéreo a Canarias, con un 48,65% en el periodo 2015 - 2022 (sin Covid). Que junto a Cataluña y Andalucía, siendo las tres que presentan mayor cantidad de vuelos y pasajeros, suman un 79,81% de las emisiones de CO₂ en el periodo ya comentado. A continuación, entre el 1% y el 7% del peso en la huella de carbono, es producido por el País Vasco, Galicia, Comunidad Valenciana y Principado de Asturias. Mientras que las 6 comunidades restantes, no ocupan ni un 1% en el peso de la huella.

De esta manera, de las 1.254.809 toneladas de dióxido de carbono, la Comunidad de Madrid y Cataluña son las productoras de 868.179 toneladas, a las que, si le sumamos las comunidades que aportan más de un 1%, el dato asciende a 1.225.706. Es decir, siete de las trece comunidades son las responsables del 97,67% de las emisiones generadas en el transporte aéreo de pasajeros con el archipiélago como destino.

Tabla 7. Promedio anual de la huella de carbono del tráfico total de pasajeros a Canarias desde el resto de España en los tres períodos considerados y porcentaje total de la huella originada por el tráfico desde cada comunidad autónoma.

Comunidad Autónoma	Toneladas CO ₂ por periodo			Porcentaje del total de la huella de CO ₂		
	2015 - 2022*	2020 - 2021	2004 - 2014	2015 - 2022*	2020 - 2021	2004 - 2014
Comunidad de Madrid	610.460	344.737	592.948	48,65%	45,46%	54,63%
Cataluña	257.719	150.957	187.423	20,54%	19,91%	17,27%
Andalucía	133.323	87.617	90.102	10,62%	11,55%	8,30%
País Vasco	77.578	46.896	78.806	6,18%	6,18%	7,26%
Galicia	69.757	45.254	46.828	5,56%	5,97%	4,31%
Comunidad Valenciana	53.511	39.595	34.795	4,26%	5,22%	3,21%
Principado de Asturias	23.358	16.715	19.512	1,86%	2,20%	1,80%
Cantabria	8.493	2.347	5.817	0,68%	0,31%	0,54%
Aragón	8.241	7.960	14.107	0,66%	1,05%	1,30%
Illes Balears / Islas Baleares	6.023	9.412	1.791	0,48%	1,24%	0,16%
Castilla y León	4.038	1.832	12.121	0,32%	0,24%	1,12%
Comunidad Foral de Navarra	1.136	2.613	745	0,09%	0,34%	0,07%
Resto de España	1.173	2.452	420	0,09%	0,32%	0,04%
Total	1.254.809	758.388	1.085.416	100,00%	100,00%	100,00%

*Periodo reciente 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21). Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de los datos internacionales, respecto de la aportación al peso total de la huella de carbono (Tabla 7), no hay tantos casos en los que con el paso de la década estable (2004 - 2014) al periodo actual, dupliquen su aportación a la huella. Los casos en los que se produce un aumento del doble o más en el peso de las emisiones generadas son producto de las Islas Baleares, que pasa del 0,16% al 0,48%, lo que significa un crecimiento del 236% como vemos en la Tabla 8, y el Resto de España, de un 0,04% a un 0,09%.

Por otro lado, comparando la etapa del Covid con el periodo actual, el caso peninsular discrepa con el internacional, pues la aportación al peso de la huella de carbono de las comunidades autónomas no varía mucho. Casos como las Islas Baleares nuevamente, pasan del 0,48% al 1,24%, aumentando más del doble su peso en las emisiones, de igual manera que comunidades como Resto de España y la Comunidad Foral de Navarra, que curiosamente son las que menos emisiones producen.

Referente a la Tabla 8, casi la totalidad de las comunidades autónomas con el paso de la década estable al periodo actual aumentan sus emisiones entre un 35% y un 55% aproximadamente. Con la excepción de las Islas Baleares y Resto de España, que como ya se dijo, aumentan en más del doble la producción de CO₂ con el cambio de etapa. Mientras que, los únicos en no experimentar un crecimiento son Castilla y León, Aragón y el País Vasco.

La evolución y los cambios de una etapa a otra en España no son tan acentuados como se presenta internacionalmente. Se presenta un aumento del 15,61% con el paso de 2004 - 2014 a la etapa actual, es decir, 2015- 2022 (excluyendo 2020-21), aproximadamente la mitad de lo que supuso esta transición a nivel internacional. Por lo que en términos relativos, se contaminó menos durante la pandemia en el transporte aéreo internacional que en el nacional, ya que, en este último, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del periodo 2015 -

2022 (sin Covid) respecto del periodo 2020 - 2021, fue de casi un 40%, una disminución cercana a 25 puntos porcentuales menos que los extranjeros.

Tabla 8. Crecimiento de la huella de carbono debida al tráfico peninsular en cada uno de los periodos analizados.

Comunidad autónoma	2015 - 2022* respecto 2004 - 2014	2020 - 2021 respecto 2015 - 2022*
Galicia	48,96%	-35,13%
Principado de Asturias	19,71%	-28,44%
Cantabria	45,99%	-72,36%
País Vasco	-1,56%	-39,55%
Comunidad Foral de Navarra	52,44%	130,04%
Aragón	-41,59%	-3,40%
Comunidad de Madrid	2,95%	-43,53%
Castilla y León	-66,69%	-54,62%
Cataluña	37,51%	-41,43%
Comunidad Valenciana	53,79%	-26,01%
Illes Balears / Islas Baleares	236,31%	56,27%
Andalucía	47,97%	-34,28%
Resto de España	179,38%	109,01%
Total	15,61%	-39,56%

*Periodo 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21). Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como se observa en la Tabla 9, obtenemos que, a lo largo de los 19 años que hemos estudiado, la huella de carbono generada en los trayectos de pasajeros en avión a Canarias se estima en 7.565.867 toneladas de CO₂ anuales en el periodo actual, 5.745.418 de toneladas de CO₂ anuales en la década estable y, 2.965.014 de toneladas de CO₂ anuales en el etapa afectada por el Covid.

De la época actual, la huella de carbono producida anualmente en promedio, los vuelos internacionales son los responsables del 83,4% y los nacionales del 16,6%. Muy parecido a lo dado en la década estable (2004 - 2014), con un 81,1% para los internacionales y 18,9% los nacionales. De manera que en ambas etapas, el reparto de las emisiones entre el tráfico aéreo nacional e internacional es muy similar. En cambio, como se vio con anterioridad, en el caso de los años afectados por la pandemia, los vuelos nacionales abarcan un 25,6% de la huella de carbono generada, contaminando 7 puntos porcentuales más que en los otros dos periodos estudiados, dejando a los internacionales con el 74,4% de las emisiones.

Tabla 9. Huella de carbono anual promedio generada por el transporte aéreo de pasajeros a Canarias según procedencia.

Procedencia	Promedio anual de Toneladas CO ₂		
	2015 - 2022*	2020 - 2021	2004 - 2014
Internacional	6.311.058 (83,41%)	2.206.626 (74,42%)	4.660.002 (81,11%)
Nacional	1.254.809 (16,59%)	758.388 (25,58%)	1.085.416 (18,89%)
Total	7.565.867	2.965.014	5.745.418

*Periodo 2015 - 2022 (excluyendo 2020-21). Fuente: Elaboración propia.

6.3. COMPARACIÓN DEL TRANSPORTE AÉREO CON OTROS SECTORES

Para poner en contexto las cantidades emitidas a la atmósfera de CO₂ proveniente del transporte aéreo de pasajeros, se comparan con otros medios de transporte, como el marítimo y terrestre, viendo de esta forma, cuál de ellos tiene un mayor impacto en el medio ambiente. De igual manera se comparan con otros sectores económicos con elevado peso en la emisiones de GEI como: el procesado de la energía, la agricultura, los procesos industriales y la eliminación y tratamiento de los residuos.

Como resultado, según el Anuario Energético de Canarias (2021), se ha elaborado la Tabla 10. En ella se registran las cantidades de dióxido de carbono que son emitidas por los diferentes sectores económicos de Canarias. Entre ellas, sobresalen las generadas por el procesado de la energía, con una cantidad de 12,2 millones de toneladas de CO₂, siendo la actividad que más contamina sin lugar a dudas. Seguidamente se encuentran las emisiones que producen los vuelos, donde tan solo los internacionales emiten la mitad de GEI que el procesado de la energía en el archipiélago. Por ende, tan solo el transporte aéreo es el productor de aproximadamente un tercio (35,5%) de las emisiones de los distintos sectores económicos en Canarias.

Tabla 10. Toneladas de CO₂ en diversos sectores económicos (2019) y en el transporte aéreo de pasajeros nacional (sin Canarias) e internacional (2015 - 2022*).

Sectores	Toneladas de CO ₂	Porcentaje
Procesado de la energía	12.226.790	57,41%
Agricultura	186.430	0,88%
Procesos industriales	349.640	1,64%
Eliminación y tratamiento de los residuos	968.370	4,55%
Transporte aéreo nacional de pasajeros**	1.254.809	5,89%
Transporte aéreo internacional de pasajeros**	6.311.058	29,63%
Total	21.297.097	100,00%

*Periodo 2015 - 2022 (sin Covid). **Cálculos realizados en el presente trabajo. Fuente: Anuario Energético de Canarias 2021. Elaboración propia.

Sin embargo, dentro de los medios de transporte (Tabla 11), no podemos destacar alguno que supere la huella de carbono generada por el transporte de pasajeros en avión. Pues, aunque es una importante cantidad de gases de efecto invernadero las que se emiten por los medios de transporte terrestre, 4,3 millones de toneladas, sigue siendo prácticamente la mitad que la generada por la aviación.

Tabla 11. Toneladas de CO₂ en diversos medios de transporte (2019) y en el transporte aéreo de pasajeros nacional (sin Canarias) e internacional (2015 - 2022*).

Medios de transporte	Toneladas de CO ₂	Porcentaje
Terrestre	4.300.000	32,89%
Marítimo	1.208.000	9,24%
Transporte aéreo nacional e internacional de pasajeros**	7.565.867	57,87%
Total	13.073.867	100,00%

*Periodo 2015 - 2022 (sin Covid). **Cálculo realizado en el presente trabajo. Fuente: Anuario Energético de Canarias 2021. Elaboración propia.

De esta manera, los pasajeros que visitan las islas, generan un impacto en la huella de carbono que equivale a más de la mitad de la que resulta de los procesos de la energía del propio archipiélago. Si nos centramos en el ámbito del transporte, el transporte aéreo es responsable de casi el 60% de las emisiones generadas por la movilidad, siendo la huella originada por el tráfico con países extranjeros cinco veces superior a la motivada por la movilidad desde territorio nacional.

7. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

Tras estudiar y analizar los resultados obtenidos y comentados, la idea principal que se quiere destacar es que el ritmo al que avanza el tráfico aéreo de pasajeros y, por tanto de la huella de carbono, es insostenible.

En los vuelos procedentes del extranjero, son los británicos y alemanes los que ocupan el 59% del peso de las emisiones en el periodo actual, pues la cantidad de pasajeros y la frecuencia de los vuelos es con diferencia la mayor. Su aporte al peso de la huella se ha mantenido estable con el cambio de periodos, a excepción de Reino Unido durante el Covid, donde igualó su peso con el de Alemania, ocupando entre los dos un 52,9%, inferior que el el resto de épocas, pero igualmente más de la mitad del total generado.

Hay una serie de países como Francia, Italia, Polonia, Hungría e Islandia cuyo peso en el total de los viajes ha aumentado considerablemente con el paso de la década estable al periodo actual, de tal manera que la huella que venían generando se ha más que duplicado.

En cuanto a la época afectada por el Covid, se da un cambio significativo en la composición de los pesos relativos que ocupan los países en cuanto al tráfico, y por tanto, también en la huella de carbono. Encontramos una serie de países que en dicho periodo ocupan un peso mucho más importante que lo que normalmente ocupan en periodos no afectados por la pandemia, como es el caso de Francia, Italia, Bélgica, Países Bajos, entre otros.

Referente a los vuelos que proceden de la península, tan solo la Comunidad de Madrid es responsable de aproximadamente la mitad de las emisiones en el periodo actual, aportando el 48,65% de la huella nacional. Sumado a las dos siguientes comunidades más contaminantes (Cataluña y Andalucía), producen cerca del 80% de la huella de carbono. En este caso, con el paso de la década estable al periodo actual, se produce un aumento del doble o más en el peso de la huella de carbono en las comunidades autónomas de las Islas Baleares y resto de España.

A diferencia del tráfico internacional, si comparamos la etapa del Covid con el periodo actual, la aportación al peso de la huella de carbono del tráfico nacional no varía mucho, salvo en el caso de las Islas Baleares, cuyo peso en las emisiones aumenta a más del doble, de igual manera que el Resto de España y la Comunidad Foral de Navarra, que curiosamente son las que menos emisiones producen.

Uno de los principales resultados de esta memoria de TFG es que se constata por primera vez que en los últimos años la huella de carbono en el tráfico con países extranjeros ha aumentado en promedio un 35%, mientras que el aumento promedio ha sido de un 15,6% en el caso del

tráfico de pasajeros procedentes del resto del territorio nacional. Es decir, la huella de carbono debida al tráfico aéreo internacional está creciendo al doble de la tasa de lo que crece la huella originada por el tráfico nacional.

También cabe notar que, dentro de este patrón generalizado de aumento de la huella de carbono originada por el tráfico aéreo internacional hacia Canarias, se registran cambios significativos en el peso total de la huella para un grupo reducido de países que llegan a duplicar o más que duplicar su aportación en la huella total de carbono. Este es el caso de países como Francia, Italia, Islandia, Polonia y Hungría.

A su vez, el periodo Covid supuso una reducción promedio de la huella de carbono debida al tráfico internacional del 65%, mientras que la originada por el tráfico de pasajeros procedentes del resto de España lo hace en un 39,6%. De nuevo la tasa de variación en este periodo es significativamente mayor para el tráfico aéreo internacional que para el nacional. En el caso de la era Covid, además, la reducción en la aportación a la huella total de cada país ha sido relativamente homogénea entre los países, observándose en la mayoría de ellos una reducción de la huella en su trayecto con Canarias entre el 40% y el 60%.

En comparación con otros medios de transporte, el tráfico aéreo es muy superior en cuanto a la generación de dióxido de carbono frente al transporte marítimo y terrestre, pues ocupa el 58% de las emisiones generadas por los transportes. Si comparamos el peso de la huella del transporte aéreo con otros sectores económicos, vemos que ocupa el 35% de las emisiones. Si lo comparamos con el sector del procesado de la energía, el cual produce unas 12,2 millones de toneladas de CO₂ por su cuenta, vemos la relevancia de las emisiones originadas por el transporte aéreo que representaría más del 50% de las emisiones que produce el sector más contaminante de Canarias.

Esta memoria de TFG ha generado, por tanto, unos resultados novedosos, permitiendo conocer información que hasta el momento no había sido cuantificada. Mientras que el estudio de Dorta Antequera *et al.*, (2021) ponía de manifiesto datos sobre la huella de carbono del tráfico internacional de pasajeros durante el periodo 2015 - 2019, este estudio ha aportado datos sobre la evolución de la huella de carbono con el paso de los años desde el 2004 al 2022 y ha medido el impacto de los años afectados por el Covid-19 en la misma.

Toda esta serie de resultados, y especialmente observar la tasa de crecimiento de la huella de carbono y su magnitud relativa en estos años recientes, lleva a concluir que Canarias se enfrenta a un reto muy importante en los próximos años si desea cumplir con los objetivos del Pacto Verde fijado por la Unión Europea, entre los que cabe destacar la reducción del 55% de las emisiones de GEI para 2030. Lejos de ver como Canarias va acomodando su modelo turístico para cumplir con estos objetivos, el problema parece agravarse con el aumento observado en el tráfico aéreo registrado estos últimos años y la rápida recuperación observada tras la pandemia, alimentando la contradicción entre crecimiento económico y desarrollo sostenible que se viene haciendo visible en Canarias especialmente en estos últimos años.

Esta memoria de TFG deja varios aspectos relevantes en los que profundizar. Entre ellos se podría citar un análisis más preciso del impacto del Covid, para lo que sería conveniente hacer otra división de periodos de los años más recientes y contemplar por separado las series 2015 - 2019, 2020 - 2021 y 2022. No obstante, este análisis va más allá del objetivo de este TFG, que no pretendía tanto profundizar en lo acontecido en esa época, como comparar el total de la huella en el periodo reciente con respecto a la década anterior, puesto que hasta donde sabemos estos cálculos no se han realizado hasta ahora, además de dimensionar la caída de pasajeros y de las emisiones en la época Covid. En este sentido, sería interesante también indagar en estudios posteriores los motivos que explican este cambio en el patrón de tráfico aéreo de pasajeros en la época Covid hacia Canarias usando algún modelo econométrico que permita evaluar el efecto de diferentes variables explicativas. De igual manera, parece interesante analizar cómo se podrían reducir las emisiones de CO₂ y estudiar aspectos como la eficacia y la eficiencia de los impuestos sobre los combustibles, las tasas para compensar la huella de carbono de los vuelos mediante la fijación de carbono a través de la plantación de árboles u otras alternativas, etc.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENA. (s.f.). Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. Recuperado 10 de marzo de 2023, de <https://www.aena.es/es/pasajeros/pasajeros.html>

Anuario Energético de Canarias. (2021). *Gobierno de Canarias*. Anuario Energético de Canarias. Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial. <https://www3.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/oecan/actualidad/articulos-de-opinion>

Becken, S. & Carmignani, F. (2020). Are the current expectations for growing air travel demand realistic? *Annals of Tourism Research*, 80, 102840. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.102840>

Bermejo, I. (2022, 3 mayo). El modelo 'low cost' que cambió el turismo en España. *La Razón*. Recuperado 12 de mayo de 2023, de <https://www.larazon.es/economia/20220503/vttxazyzrfgazmz5e3tcsts5wy.html#:~:text=Espa%C3%B1a%20lleva%20d%C3%A9cadas%20siendo%20una.de%20viajes%20%27low%20cost>

Boeing. (2020, 6 octubre). Recuperado 16 de mayo de 2023, de <https://www.boeing.es/sala-de-prensa/noticias/2020/octubre/boeing-prev%C3%A9-una-situaci%C3%B3n-dif%C3%ADcil-en-el-mercado-aeroespacial-a-corto-plazo-con-resiliencia-a-largo-plazo.page>

Cáceres Morales, E. (2004). El turismo de masas en Canarias. *Cartas Urbanas*, 9, 108-133.

Cadarso, M., Gómez, N., López, L. & Tobarra, M. (2016). Calculating tourism's carbon footprint: measuring the impact of investments. *Journal of Cleaner Production*, 111, 529-537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.019>

Carbon Footprinting Ltd. (s.f.). CFL. Recuperado 2 de abril de 2023, de <https://www.carbonfootprint.com/>

CarbonPlus. (2022, 19 septiembre). *¿Qué es y cómo se calcula la huella de carbono?* Carbon neutral. <https://www.carbonneutralplus.com/que-es-y-como-calcular-la-huella-de-carbono/>

CeroCO2. (s.f.). Recuperado 2 de abril de 2023, de <https://www.ceroco2.org/>

Comisión Europea. (2021, 14 julio). *Cumplir el Pacto Verde Europeo*. Comisión Europea. Recuperado 1 de abril de 2023, de https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_es

Correa González, J., López Díez, A., Dorta Antequera, P. & Martín Raya, N. (2023). La percepción del cambio climático en espacios insulares: el caso de Tenerife. *Boletín De La Asociación De Geografos Espanoles*, 96. <https://doi.org/10.21138/bage.3342>

Datos Mundial. (s.f.). *Datos Mundial*. Recuperado 9 de abril de 2023, de <https://www.datosmundial.com/europa/reino-unido/aeropuertos.php>

Dorta Antequera, P., Díaz Pacheco, J., López Díez, A. & Bethencourt Herrera, C. (2021). Tourism, Transport and Climate Change: The Carbon Footprint of International Air Traffic on Islands. *Sustainability*, 13(4), 1795. <https://doi.org/10.3390/su13041795>

Espíndola, C. & Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642012000100017>

Eurocontrol. (2020, 19 octubre). *Does taxing aviation really reduce emissions?* Eurocontrol. Aviation Intelligence Unit. <https://www.eurocontrol.int/publication/does-taxing-aviation-reduce-emissions>

Flourish. (2018). *Flourish*. <https://flourish.studio/>

González Lemus, N. (2007). *Clima Y Medicina. Los orígenes del turismo en Canarias*. Ediciones IDEA.

Global Sustainable Tourism Dashboard. (s.f.). *Aviation Emissions*. Griffith University. Recuperado 28 de mayo de 2023, de <https://www.tourismdashboard.org/explore-the-data/carbon-emissions/>

Gran Enciclopedia Virtual Islas Canarias [GEVIC]. (s.f.). *Estructura sectorial económica*. Recuperado 2 de junio de 2023, de https://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar_contenidos.php?idcat=21&idcap=151&idcon=594

Grythe, H. & Lopez-Aparicio, S. (2021). The who, why and where of Norway's CO2 emissions from tourist travel. *Environmental Advances*, 5, 100104. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100104>

Hernández Luis, J., Armengol Martín, M., González Morales, A., & Sobral García, S. (2011). El hándicap del transporte aéreo para el desarrollo inicial del turismo de masas en las Islas Canarias. *Cuadernos de Turismo*, 28, 75-91. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3838442.pdf>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (s.f.) (a). *International Civil Aviation Organization*. Recuperado 17 de abril de 2023, de <https://www.icao.int/about-icao/Pages/ES/default.aspx>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (s.f.) (b). *Carbon Emissions Calculator*. International Civil Aviation Organization. Recuperado 19 de mayo de 2023, de <https://applications.icao.int/icec>

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2018). *Carbon Emissions Calculator Methodology*. International Civil Aviation Organization. https://applications.icao.int/icec/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v11.1-2018.pdf

Impactur Canarias 2021. (2022, 21 diciembre). Exceltur. Recuperado 2 de mayo de 2023, de <https://www.exceltur.org/impactur/impactur-canarias-2021-2/>

IPCC. (2021). Cambio climático 2021. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf

Instituto Canario de Estadística [ISTAC] (s.f.). *Recopilación de Estadísticas de Transporte Aéreo*. Instituto Canario de Estadística. Recuperado 6 de marzo de 2023, de <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/estadisticas/sectorservicios/transporte/aereo/C00017A.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO] (2017, 17 de noviembre). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Gobierno de España. Recuperado 27 de junio de 2023, de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/viajespor motivosdetrabajo_tcm30-486205.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO] (2023, 1 de junio). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Gobierno de España. Recuperado 1 de julio de 2023, de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

Parlamento Europeo. (2019, 12 mayo). *Emisiones de aviones y barcos: datos y cifras*. Noticias. Parlamento Europeo. Recuperado 21 de abril de 2023, de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20191129STO67756/emisiones-de-aviones-y-barcos-datos-y-cifras-infografia#:~:text=En%202019%2C%20las%20emisiones%20de.emisiones%20han%20aumentado%20desde%201990>

Parlamento Europeo. (2023, 5 mayo). *Respuesta de la UE al cambio climático*. Noticias. Parlamento Europeo. Recuperado 1 de julio de 2023, de https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180703STO07129/respuestas-de-la-ue-al-cambio-climatico?&at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=cambio%20clim%C3%A1tico&at_topic=Climate_Change&at_location=ES&gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0AgnlLqsAU2LYfDY9nCr7iZpsfDkHO6fodsRj7Rg6FgZf9Vd2g7lb-8YaAgbnEALw_wcB

Rey, B., Myro, R., & Galera, A. (2011). Effect of low-cost airlines on tourism in Spain. A dynamic panel data model. *Journal of Air Transport Management*, 17(3), 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.12.004>

Schneider, H. & Samaniego, J. (2010). La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *Repositorio Digital*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3753>

Turismo de Islas Canarias (2016, 3 de mayo). *Estudio de Segmentación del Turista de Sol y Playa*. Turismo las Islas Canarias. Gobierno de Canarias. Recuperado 4 de julio de 2023, de <https://turismodeislascanarias.com/es/estrategia/estudio-de-segmentacion-del-turista-de-sol-y-playa/>

Van Ewijk, S., Chaudhary, S., & Berrill, P. (2023). Estimating passenger emissions from airfares supports equitable climate action. *Environmental Research Letters*, 18(2), 024013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acaa48>