

**Cálculo de la huella de carbono (alcance 1+2) de la Sección de Biología de  
la Universidad de La Laguna**

**Calculation of the carbon footprint (scope 1+2) of the Biology Section of  
the University of La Laguna**



Trabajo de Fin de Grado

**Inharú Del Mar Quesada Santana**

Tutorizado por Lea de Nascimento Reyes y José María Fernández-Palacios Martínez

Grado en Biología

Marzo 2023

## Índice

Resumen	3
Abstract	3
Introducción	4
Causas y efectos de las emisiones de GEI	5
Mitigación y reducción de las emisiones de GEI	7
Cambio climático en Canarias	8
¿Qué es la huella de carbono y cómo se mide?	9
Objetivos	11
Materiales y métodos	12
Instrucciones del uso de la calculadora	12
Selección, recogida y tratamiento de los datos	13
Compensación de emisiones	15
Resultados	17
Emisiones directas (alcance 1)	17
Consumo de combustibles fósiles empleados en instalaciones fijas	17
Consumo de combustibles fósiles en vehículos y otros medios de transporte	17
Emisiones fugitivas de equipos de refrigeración	20
Emisiones Indirectas (alcance 2)	21
Electricidad y otras energías	21
Resultados de la huella de carbono de alcance 1+2 de la Sección de Biología para 2021	21
Discusión	23
Emisiones directas de la Sección de Biología en 2021 (alcance 1)	23
Emisiones indirectas de la Sección de Biología en 2021 (alcance 2)	25
Reducción de la huella de carbono de la Sección de Biología	25
Compensación de la huella de carbono de la Sección de Biología en 2021	26
Conclusiones	27
Conclusions	28
Bibliografía	28

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo medir la huella de carbono generado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la Sección de Biología de la Universidad de La Laguna (ULL) para orientar las acciones de mitigación. Las emisiones directas (alcance 1) derivadas del consumo directo de combustible de los edificios, instalaciones o vehículos, y la fuga de GEI de equipos, y las emisiones indirectas (alcance 2) correspondientes al consumo de electricidad generada por proveedores ajenos al emisor, asociadas a la actividad docente e investigadora del centro, se estimaron con la calculadora de huella de carbono del Ministerio para la Transición Ecológica. La huella de carbono de la Sección de Biología en 2021 fue de 103,77 tCO<sub>2</sub>eq, de las cuales 18,71 tCO<sub>2</sub>eq corresponden a emisiones directas, siendo los desplazamientos en transporte marítimo de las actividades de máster, los que más contribuyeron (61,5%), seguido del transporte por carretera de la actividad docente de grado y máster (19,2%) y el uso de gas butano en la cafetería (19,2%). Las emisiones indirectas, 85,1 tCO<sub>2</sub>eq, generadas en su totalidad por el consumo energético suponen la mayor fuente de emisión (82,0%) de la Sección. Se valoraron las distintas opciones de mitigación propuestas por el IPCC, la Estrategia Canaria de Acción Climática y el Plan de Ahorro Energético de la ULL. La compensación de la huella de carbono requeriría plantaciones de 0,22 ha de laurisilva, 0,47 ha de pinar o 8,08 ha de tabaibal dulce, y su desarrollo hasta etapas maduras. La reducción del consumo energético y la eficiencia energética serían medidas de mitigación más eficientes a corto plazo.

Palabras clave: cambio climático, compensación, gases de efecto invernadero, huella de carbono, mitigación, Universidad de La Laguna.

## Abstract

This work aims to measure the carbon footprint generated by greenhouse gas (GHG) emissions from the Biology Section of the University of La Laguna (ULL) to guide mitigation actions. Direct emissions (scope 1) derived from the direct fuel consumption of buildings, facilities or vehicles, and GHG leakage from equipment, and indirect

emissions (scope 2) corresponding to the consumption of electricity generated by external suppliers, associated to the teaching and research activity of the center, were estimated with the carbon footprint calculator of the Ministry for Ecological Transition. The carbon footprint of the Biology Section in 2021 was 103.77 tCO<sub>2</sub>eq, of which 18.71 tCO<sub>2</sub>eq correspond to direct emissions, with maritime transport from master's activities to other islands contributing the most (61.5 %), followed by road transport for bachelor's and master's degree teaching activities (19.2%), and the use of butane gas in the cafeteria (19.2%). Indirect emissions, 85.1 tCO<sub>2</sub>eq, due to energy consumption, represent the largest source of emissions (82.0%) in the Section. The different mitigation options proposed by the IPCC, the Canary Islands Climate Action Strategy and the ULL Energy Saving Plan are evaluated. Offsetting the carbon footprint required plantings of 0.22 ha of laurel forest, 0.47 ha of pine forest or 8.08 ha of *tabaibal dulce*, and their development to mature stages. Reducing energy consumption and energy efficiency will be more efficient mitigation measures in the short term.

Keywords: climate change, compensation, greenhouse gases, carbon footprint, mitigation, University of La Laguna.

## Introducción

De acuerdo con la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera a escala global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992). Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas (IPCC, 2014). La CMCC estableció un tratado ambiental internacional para combatir la acción humana que impacta el sistema climático, en parte mediante la mitigación y reducción de las concentraciones de gases de efecto

invernadero (GEI) que se emiten a la atmósfera. La acción del ser humano ha producido un incremento en las emisiones de GEI desde la era preindustrial. Según una estimación reciente del balance global de carbono, la concentración de dióxido de carbono se estableció en 414,7 partes por millón (ppm) en 2021 y se estimó en 417,2 ppm en 2022 (P. Friedlingstein et al. 2021).

El Protocolo de Kioto fue un tratado internacional que amplió la CMCC de 1992 que compromete a los países firmantes a disminuir las emisiones de GEI (Depledge, 2000). Los principales GEI considerados por el Protocolo de Kioto son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PCF), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>). Las moléculas de los GEI tienen la capacidad de absorber y reemitir las radiaciones de onda larga (radiación infrarroja) que provienen del Sol y las que refleja la superficie de la Tierra hacia el espacio, controlando el flujo de energía natural a través del sistema climático. El clima debe ajustarse a los incrementos en las concentraciones de los GEI, que generan un aumento de la radiación infrarroja que es absorbida por estos en la capa inferior de la atmósfera (la troposfera), para mantener el balance energético de la misma. Este ajuste genera un cambio climático que se manifiesta en un aumento de la temperatura global. A este efecto se le conoce como forzamiento radiativo, consistente en una medida de la alteración del balance entre la radiación solar incidente y la radiación infrarroja saliente en el sistema Atmósfera – Tierra, y es expresado en potencia por superficie (W/m<sup>2</sup>). Actualmente el forzamiento radiativo es positivo, ya que el planeta recibe más energía del Sol que la que es devuelta al espacio exterior, produciéndose una ganancia energética que ocasiona el calentamiento global (Ballesteros and Aristizabal, 2007).

### Causas y efectos de las emisiones de GEI

Las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles comenzaron a partir de la era industrial, se convirtieron en la fuente dominante de emisiones antropogénicas a la atmósfera a partir de 1950 y su contribución relativa ha seguido aumentando hasta el presente (P. Friedlingstein et al. 2021). De acuerdo con el 5º informe del IPCC, un 25% son de las emisiones de GEI se originan por el consumo eléctrico y un 14% por el

transporte, a los que se suman los emitidos por cambios de usos del suelo (AFOLU), originados por la actividad agraria, la explotación forestal y otros usos (24%), la actividad industrial (21%), otras emisiones del sector energético (9,6%), y la construcción y la fabricación de cemento (6,4%) (IPCC, 2014).

Las emisiones netas acumuladas en la última década (2010-2019) de CO<sub>2</sub> suponen aproximadamente la misma cantidad que el presupuesto de carbono restante para limitar el calentamiento a 1,5 °C para 2030 (IPCC, 2022). Asia y el Pacífico, con el 52% actual la población mundial, se han convertido en los principales contribuyentes al crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> basadas en el consumo desde 2000; superando a los países desarrollados, que representan el 16% de la población mundial actual, como el mayor emisor de CO<sub>2</sub> basado en el consumo. En 2019, el mayor crecimiento de las emisiones absolutas se produjo en el CO<sub>2</sub> proveniente de los combustibles fósiles y la industria, seguido del CH<sub>4</sub>, mientras que el mayor crecimiento relativo se produjo en los gases fluorados, a partir de los bajos niveles de 1990 (IPCC, 2022).

Las consecuencias del aumento de los GEI se han vuelto más notorias y frecuentes con el paso de los años en todas las regiones del mundo. Entre las más generalizadas están los aumentos regionales de temperatura. Se estima que el calentamiento antrópico en 2010-2019 alcanzó valores entre 0,8°C y 1,3°C por encima de los niveles preindustriales (IPCC, 2021). Cada vez se experimentan más patrones de precipitación anómalos, incluidas las precipitaciones extremas. Se estima que ocurrirá un aumento de la precipitación en regiones de latitudes altas, el Pacífico ecuatorial y las regiones de los monzones, y una disminución en los trópicos y subtrópicos (IPCC, 2021). También se ha experimentado una pérdida de masa de hielo en los polos, el deshielo del permafrost y el retroceso sincrónico de los glaciares. En la década 2011-2020 el hielo del Ártico alcanzó su extensión más reducida desde 1850. La superficie del océano se ha calentado desde 1970 y los niveles de oxígeno han descendido desde mediados del siglo XX causando la acidificación de los océanos. El nivel del mar ha aumentado 0,20 m de media en 1901-2018, con una tasa de aumento más rápida en las últimas décadas (3,7 mm/año en 2006-2018) (IPCC, 2021). Las regiones climáticas se han desplazado hacia los polos en ambos hemisferios, y la estación de crecimiento se ha alargado en dos días por década desde 1950 en el hemisferio norte (IPCC, 2021).

La interacción entre el fuego, el cambio de uso del suelo, particularmente la deforestación, y el cambio climático, está afectando directamente a la salud humana, el funcionamiento de los ecosistemas, la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de comunidades dependientes de recursos (IPCC, 2022). El impacto en los ecosistemas provoca una respuesta biológica, incluidos los cambios en la fisiología, el crecimiento, la abundancia y la ubicación geográfica de las especies, pero a menudo estas adaptaciones biológicas no son suficientes para hacer frente a los cambios recientes. Este impacto ha causado pérdidas de especies autóctonas, aumento de enfermedades y eventos de mortalidad masiva de plantas y animales (IPCC, 2022).

El cambio climático está afectando negativamente a la agricultura, la silvicultura, la pesca y la acuicultura. El calentamiento del océano ha disminuido los rendimientos sostenibles de algunas poblaciones de peces silvestres en un 4,1% entre 1930 y 2010 (IPCC, 2022). En el medio terrestre, el calentamiento ha alterado la distribución de las especies y el momento de los eventos biológicos clave, como la floración o la emergencia de insectos, afectando a la calidad de los alimentos y estabilidad de las cosechas (IPCC, 2022). En la actualidad, aproximadamente la mitad de la población humana mundial está experimentando escasez severa de agua durante al menos un mes al año debido al cambio climático y otros factores.

### Mitigación y reducción de las emisiones de GEI

Dada la situación mundial, las políticas de mitigación climática se han visto incrementadas tanto en número como en forma. Lograr una disminución de emisiones de GEI con el apoyo de las instituciones y gobiernos, y evaluar si las políticas actuales son eficientes a la hora de reducir estas emisiones, son los objetivos de establecer una base legal en la que se incluyen la acción de organizaciones y comités científicos, la creación de instrumentos de política sectorial y de mitigación. En el año 2020 las leyes se centran directamente en la reducción de GEI, especialmente enfocada a los 56 países responsables de generar un 53% de las emisiones globales (IPCC, 2022).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados en 2015, establecen una agenda acordada dentro de la cual los esfuerzos de mitigación climática deben alinearse con una mejor comprensión de la ciencia física base del cambio climático, y las

vulnerabilidades, impactos, y adaptaciones al cambio (IPCC, 2022). En todos los ODS se establecen puntos para la reducción de las causas y consecuencias del cambio climático. El ODS13 trata de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, siendo sus metas: (1) fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países; (2) incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales; mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, su adaptación, la reducción de sus efectos y la alerta temprana; (3) cumplir el compromiso de los países desarrollados, que son partes en la CMCC, de movilización económica para el año 2020; y (4) promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en los países menos adelantados y los pequeños estados insulares (Naciones Unidas, 2022).

En el informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global, se establece limitar el aumento de la temperatura global a 1,5°C como objetivo prioritario y 2°C como límite máximo para final del presente siglo (IPCC, 2018). Limitar el calentamiento a 1,5-2 °C requerirá cambios en el sistema energético en los próximos 30 años. Esto incluye la reducción del consumo de combustibles fósiles, el aumento de la producción de fuentes de energía con bajas o nulas emisiones de carbono, y un mayor uso de fuentes de electricidad y energía alternativa (IPCC, 2022).

### Cambio climático en Canarias

En Canarias, las emisiones de GEI correspondientes al año 2018 ascendieron a 13.341 ktCO<sub>2</sub>eq, siendo el sector energético el principal contribuyente, con el 87,9% de las emisiones totales (Gobierno de Canarias, 2022). Dentro de este, el sector eléctrico es el responsable del 47,8% de las emisiones y en él se engloban una serie de sectores cuya contribución en emisiones de GEI por orden de relevancia son: usos domésticos, administración y otros servicios públicos, hostelería, comercio y servicios, empresas de transporte, construcción y obras públicas, agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca, y otros. Le sigue el sector transporte, con más del 40% de los GEI que se emiten en Canarias; siendo el transporte terrestre el que presenta un mayor peso específico en la región (Gobierno de Canarias, 2022).

En la Estrategia Canaria de Acción Climática (ECAC) se define la visión a largo plazo de Canarias como una sociedad climáticamente neutra y resiliente al clima en 2040 (Gobierno de Canarias, 2022). La estrategia establece un objetivo de reducción de GEI del 14% para 2030 respecto a 1990, lo que equivale a una reducción del 51% respecto a las emisiones brutas totales del año 2010 (Gobierno de Canarias, 2022). Se ha establecido como objetivo alcanzar un 92% del consumo de energía final proveniente de energías renovables en 2040 (Gobierno de Canarias, 2022). La ECAC plantea un cambio del modelo actual del sistema de transporte y movilidad de Canarias a partir de criterios de eficiencia energética, reducción de emisiones y racionalización del uso. Se apuesta por la electrificación del parque de vehículos derivado de fuentes de energías renovables, potenciación del transporte público y colectivo, sostenible y eficaz, la movilidad de proximidad a partir de modelos de movilidad no motorizados o de contaminación directamente nula. Las medidas de mitigación del cambio climático en Canarias pasan por una necesaria cuantificación de las emisiones a distintos niveles, incluyendo las asociadas a administraciones y centros públicos como los educativos.

### ¿Qué es la huella de carbono y cómo se mide?

España cuenta con el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. La creación del referido registro contribuirá a la reducción a nivel nacional de las emisiones de GEI, a incrementar las absorciones por los sumideros de carbono en el territorio nacional, y a facilitar de esta manera el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos por España en materia de cambio climático (Ley 2/2011, de 4 de marzo). La intención de creación de este real decreto es sensibilizar y alentar a la población a combatir el cambio climático. Para ello, se establecen una serie de medidas destinadas a facilitar y fomentar el cálculo de la huella de carbono, su reducción y compensación mediante absorciones de CO<sub>2</sub>.

A efectos de este real decreto se entenderá por huella de carbono la totalidad de GEI provenientes por efecto directo o indirecto de la actividad de personas individuales, colectivos, organizaciones gubernamentales, empresas e industrias (Ley 2/2011, de 4 de marzo). La huella de carbono que genera cada fuente de emisión es el

resultado del producto del dato de consumo (dato de actividad) por su correspondiente factor de emisión. El dato de consumo, es el parámetro que define el nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. El factor de emisión es la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro dato de consumo. Existen varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono (UNE-ISO 14064, GHG Protocol, etc.) (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

El resultado total es expresado mediante el equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> eq), es decir la cantidad (volumen o peso) de cualquier GEI equivalente a una cantidad de CO<sub>2</sub> con el mismo efecto sobre el calentamiento, y ofrece una escala común para medir los efectos sobre el clima de distintos gases. El CO<sub>2</sub> eq se estima en toneladas siguiendo la siguiente fórmula  $tCO_2eq = \text{masa del gas} \times \text{potencial de calentamiento global}$ . El potencial de calentamiento global (PCG) es una medida relativa del calor que puede ser atrapado por un gas de efecto invernadero con respecto a un gas de referencia. El PCG depende de varios factores entre los que se encuentra, la absorción de radiación infrarroja producida por el gas y la vida del gas, ya que existen gases que inicialmente tienen gran efecto en la atmósfera, pero con el transcurso del tiempo pueden reducirse interactuando con el resto de gases, por ejemplo, oxidándose, por lo que en periodos de análisis largos puede tener una media inferior.

Las emisiones de carbono se pueden clasificar en emisiones directas e indirectas. Las emisiones directas de carbono se denominan “alcance 1”, son las que se derivan directamente de la actividad del emisor, por consumo directo de combustible de los edificios, instalaciones o vehículos, y la fuga de GEI de equipos. Las emisiones indirectas de carbono son también conocidas como emisiones de “alcance 2 y 3”. Las emisiones de alcance 2 son las correspondientes al consumo de electricidad generada por proveedores ajenos al emisor. Las emisiones de alcance 3 se generan por la actividad de realizada por terceros y que no es controlada directamente por el emisor, como los desplazamientos con medios de transporte externos, los servicios subcontratados o la compra de productos.

Existen multitud de formas de calcular la huella de carbono, a distintos niveles, desde la huella de un individuo hasta diferentes tipos de organizaciones. En este trabajo

usaremos la calculadora que proporciona el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), que presenta diferentes versiones para empresas, industria y organizaciones (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Existe, además, la opción de elaborar una comparación si se realizan los cálculos en diferentes años, proporcionando así una evolución de las emisiones (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

La ULL ha puesto en marcha recientemente el Plan de Ahorro Energético, con el objetivo de ser un centro universitario cada vez más sostenible, comprometido con el medio ambiente y con la reducción del impacto medioambiental. El Plan pretende reformar el sistema de generación y consumo de energía, así como un cambio de modelo que esté en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y trabaja en dos líneas de actuación principales: la generación de energía y la eficiencia energética. En este contexto es relevante conocer la huella actual de la ULL, y en particular de sus centros, para poder fijar objetivos específicos de reducción de emisiones.

## Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es el cálculo de la huella de carbono (alcance 1+2) de la Sección de Biología, de la Facultad de Ciencias, en la Universidad de La Laguna en 2021. Para cumplir este objetivo general se llevarán a cabo los siguientes objetivos específicos:

1. Recopilación de datos de actividades necesarios para el cálculo de la huella de carbono de la Sección de Biología (alcance 1+2), según las instrucciones para organizaciones del Ministerio para la Transición Ecológica.
2. Realizar los cálculos de la huella de carbono de la Sección de Biología (alcance 1+2) utilizando la calculadora del Ministerio para la Transición Ecológica.
3. Plantear posibles medidas para la reducción de la huella de carbono.

4. Analizar vías de compensación de la huella de carbono mediante la plantación de diferentes comunidades vegetales canarias y calcular el área necesaria para realizar dicha actividad de compensación.

## Materiales y métodos

### Instrucciones del uso de la calculadora

La calculadora en formato de hoja de cálculo presenta una guía donde se describen paso a paso las instrucciones a seguir (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Es accesible a través de la página web del MITECO (<https://www.miteco.gob.es/es/>). En la hoja de cálculo Excel el usuario introduce los datos que definen la actividad de su organización, referentes al consumo registrado durante el periodo de cálculo. El usuario deberá seleccionar el tipo de combustible consumido y la cantidad expresada en las unidades indicadas de cada actividad, y la herramienta calculará las emisiones correspondientes considerando unos factores de emisión por defecto. Algunos datos no son obligatorios, pero pueden ser relevantes a la hora de obtener la evolución en el tiempo de la huella de carbono, pudiendo comprobar si los métodos de mitigación implementados son eficientes.

Los datos que deben introducirse son: (1) los datos generales de la organización, así como la hoja de trabajo y consumo, (2) las emisiones directas (alcance 1), que se dividen en el consumo de combustibles fósiles en instalaciones fijas, vehículos y maquinaria, las emisiones fugitivas y las relacionadas con procesos, y (3) las emisiones indirectas (alcance 2) producidas por la compra de electricidad y otras energías. Finalmente, el apartado de resultados y anexos incluye información de los factores de emisión y PCA y revisiones de la calculadora.

Para el cálculo de la huella de carbono de la Sección de Biología únicamente se recogieron los datos obligatorios del alcance 1 y 2. No se tuvo en cuenta el alcance 3 por la dificultad que implica obtener datos de servicios y usuarios externos a la institución. La hoja de cálculo está adaptada para calcular las emisiones producidas desde el año

2011 hasta el 2021. Para este trabajo se calculó la huella de carbono de 2021 tomando datos correspondientes al curso 2020-2021.

Para el alcance 1 se cumplimentaron los datos de uso de combustibles fósiles y las fugas de gases fluorados (equipos de climatización y refrigeración) de las instalaciones de la Sección de Biología, entre las que se encuentran los laboratorios, despachos de profesorado y administración y servicios, cafetería, aulas y zonas comunes. En el alcance 2 se cumplimentaron los datos correspondientes al consumo de electricidad de la Sección de Biología calculados por el Vicerrectorado de Infraestructura y Sostenibilidad de la ULL. Toda la información se encuentra detallada en la “Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización”, proporcionada por el MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

#### Selección, recogida y tratamiento de los datos

El presente TFG consistió en una colecta activa de datos esenciales para el cálculo de la huella de carbono. La recolección de datos combinó la consulta de órganos administrativos de la ULL, Vicedecanato de la Sección de Biología, Vicerrectorado de Infraestructura y Sostenibilidad, direcciones de departamento con actividad docente e investigadora en la Sección de Biología; visitas directas a las instalaciones de la sección; y consultas de páginas y documentos de instituciones oficiales y bibliografía de la temática.

La Sección de Biología cuenta con una superficie aproximada de 11.000 m<sup>2</sup>, de los que 3.000 m<sup>2</sup> se dedican a jardines, patios exteriores y aparcamientos. El resto de la superficie útil construida se distribuye en varios edificios o torres que se dedican a aulas, laboratorios de prácticas e investigación, aulas de informática, departamentos del profesorado que imparte docencia y cafetería (Universidad de La Laguna, 2023). Los datos correspondientes al alcance 1 comprenden todas aquellas emisiones producidas directamente por la Sección de Biología, incluyendo el consumo de combustibles destinado para los desplazamientos realizados en las actividades docentes, y el gas butano utilizado en la cafería de Biología. Se contempló también el uso de gases refrigerantes en equipos de climatización y refrigeración, y equipos de los laboratorios,

asociados a tareas de docencia e investigación. Las emisiones indirectas debidas al consumo eléctrico, alcance 2, se corresponden con la electricidad contratada a la empresa ENDESA ENERGÍA S.A.U. En el momento de realización del cálculo de la huella de carbono, la Sección de Biología no producía energía mediante procesos autónomos.

En el apartado correspondiente al gasto de combustibles fósiles se consultó si existen instalaciones fijas en la Sección que necesiten estos combustibles. En este apartado se incluyeron, además, los datos relacionados con los desplazamientos relacionados con la actividad docente realizados durante el periodo lectivo 2021-2022 en cualquiera de las asignaturas del Grado en Biología, y de los dos másteres impartidos en la Sección de Biología de la Facultad de Ciencias (Máster Universitario en Biodiversidad Terrestre y Conservación en Islas y Máster Universitario en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación). Para calcular el gasto de combustible se consultó el medio de transporte y los kilómetros recorridos en cada salida de campo, el combustible que emplea cada medio de transporte, y se calcularon los litros totales de combustible.

Los datos correspondientes a la docencia del Grado en Biología del curso 2021-2022 (anexo 1) se obtuvieron de los desplazamientos por vía terrestre con vehículos de 39 a 55 plazas (incluido el conductor), con un consumo medio de 0,3 l/km, que utilizan en su mayoría combustible diésel (Ministerio de Fomento, 2001). Los másteres realizan desplazamientos en actividades docentes dentro y fuera de la isla (anexos 2 y 3). Para el cálculo del combustible gastado en los desplazamientos marítimos se estimó el número de caballos de vapor (CV) que utilizan las embarcaciones de transporte de pasajeros entre islas (aproximadamente 40.000 CV), y el tiempo en horas de los desplazamientos. Se calculó el consumo mediante la fórmula que estima un consumo de  $0,3l \cdot CV \cdot hora$  (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2016). El consumo estimado en litros incluiría todo el pasaje y carga de un trayecto ordinario en este tipo de embarcaciones. Para obtener una estimación correspondiente al alumnado y profesorado de la asignatura que se desplaza se estimó un número medio de 500 pasajeros por desplazamiento, teniendo en cuenta la capacidad máxima de un ferry de transporte interinsular. En este cálculo no se pudo incluir la carga de vehículos que

transportan las embarcaciones que se desplazan entre islas, por lo que el consumo medio de combustible por pasajero es una sobreestimación del dato real.

Para el cálculo de las emisiones fugitivas se estimaron las fugas de gases fluorados producidas por equipos de refrigeración y/o climatización. Se registró la marca y modelo de los equipos de la Sección y el gas refrigerante o la mezcla de gases que utilizan (anexo 4). La normativa ambiental sobre sistemas de refrigeración y aire acondicionado (RD 795/2010), establece la obligación de realizar controles regulares para la detección de posibles fugas, cuya frecuencia varía en función del tipo de equipo de que se trate (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). La información sobre posibles fugas de los equipos de climatización y refrigeración se obtuvo a partir de la etiqueta informativa del equipo (gases fluorados que utiliza el equipo y su capacidad total) y la hoja de registros de mantenimiento (recargas realizadas según equipos para el año de estudio). Los gases que emplean los sistemas de refrigeración de neveras y congeladores son principalmente el R600a, también conocido como Isobutano, y el R134a o Tetrafluoroetano. Para algunos sistemas más complejos, como congeladores, cuya temperatura constante es  $-80^{\circ}\text{C}$ , o centrifugas refrigerantes, se encontró el dato del gas que emplean, pero no su carga inicial. Según el manual para la detección y reducción de fugas de gas refrigerante (Albets, 2018) las pérdidas producidas a lo largo de un año por los equipos que usan el sistema de refrigeración cerrado, sujetas al Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas (RD 115/2017 y RD 138/2011), han de ser inferiores a 3 g/año a una presión determinada. Las pérdidas medias de refrigerante son muy escasas estimando un 1-2% sobre la carga inicial (Albets, 2018).

### Compensación de emisiones

La compensación de emisiones es una acción que permite reducir o eliminar emisiones de GEI de individuos y organizaciones (Naciones Unidas, 2018). Las acciones de compensación comprenden el uso de energía renovable, la eficiencia energética, las reforestaciones, el uso de combustibles neutros en carbono, o la reducción de emisiones de metano. La compensación es uno de los tres pasos de la iniciativa de acción climática “Climate Neutral Now” promovida por el CMNUCC (Naciones Unidas, 2018).

El “Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>” del MITECO, contempla la compensación de la huella de carbono, mediante una serie de proyectos forestales ubicados en territorio nacional. En la actualidad, existen dos tipos de proyectos. Los proyectos tipo A, consisten en repoblaciones forestales con cambio de uso de suelo, y coinciden con las actividades de forestación y reforestación definidas en el Protocolo de Kioto, teniendo en cuenta tres factores. Por un lado, debe darse la conversión de un terreno en el que no haya habido bosque de forma prolongada, en un terreno forestal arbolado. Adicionalmente, se introduce un criterio temporal, basado en el periodo durante el cual el terreno en el que tiene lugar la actuación no ha sido un bosque (al menos desde el 31 de diciembre de 1989). Y, por último, se establece que dicha conversión debe tener su causa en una acción humana directa (uso agrícola, urbano, pastizal, etc.). Los proyectos tipo B consisten en actuaciones en zonas forestales incendiadas, para el establecimiento de una masa forestal. En este caso, la superficie sobre la que se actúa era boscosa previamente, habiendo perdido dicha condición debido a un incendio forestal. Por lo tanto, el proyecto de absorción de CO<sub>2</sub> debe, mediante intervención humana directa, a través de la plantación, la siembra y/o el favorecimiento de fuentes semilleras naturales, restablecer la condición previa de bosque en dicha superficie, con condiciones lo más similares posibles al bosque anterior en cuanto a especies y formación, siempre y cuando este bosque no fuera una zona alterada en ausencia de gestión. En el marco del Protocolo de Kioto, esta tipología de proyecto tiene cabida dentro de la actividad “gestión forestal”, ya que se considera que no existe un cambio de uso de suelo, es decir, continúa manteniendo su uso forestal, a no ser que se construya en él o se utilice como cultivo (MITECO, 2022).

Para compensar la huella de carbono estimada en este trabajo para la Sección de Biología en el año 2021, nos basaremos en un cálculo de absorción ex ante, que estima las absorciones esperadas de una masa forestal que se va a plantar, en base a estimaciones del crecimiento de las especies para el periodo de permanencia (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Los datos de acumulación de carbono en especies canarias se han tomado del proyecto "Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono" (Grupo de Ecología y Biogeografía Insular 2021, 2022). La compensación se realiza mediante el cálculo de las

hectáreas necesarias para la absorción de las toneladas de CO<sub>2</sub> producidas, conociendo el dato de carbono acumulado en la biomasa de especies dominantes en distintas comunidades vegetales de Canarias (pinar, laurisilva y tabaibal dulce), y la densidad de dichas especies por unidad de superficie. Las toneladas de biomasa almacenadas por hectárea en cada comunidad se han estimado en 256 t/ha para la laurisilva, 121 t/ha para el pinar y 7 t/ha para el tabaibal dulce (Grupo de Ecología y Biogeografía Insular 2021, 2022).

## Resultados

### Emisiones directas (alcance 1)

Las emisiones directas de la Sección de Biología corresponden a tres tipos: los combustibles fósiles empleados en instalaciones fijas, los empleados en vehículos, y las emisiones fugitivas de equipos de refrigeración.

#### Consumo de combustibles fósiles empleados en instalaciones fijas

La cafetería de la Sección utiliza un total de ocho bombonas de gas butano mensuales, cada bombona tiene un peso de 12,5 kg de gas, por lo que anualmente se consumen en la cafetería un total de 1.200.000 g de gas butano.

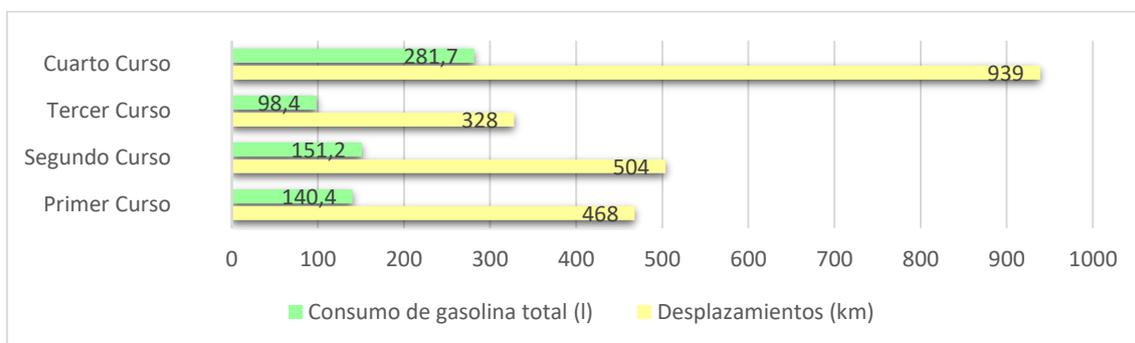
#### Consumo de combustibles fósiles en vehículos y otros medios de transporte

En este apartado se contabiliza el gasoil consumido por vehículos de transporte en las salidas de campo de la actividad docente del Grado en Biología, el Máster Universitario en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación (MUBMBC) y el Máster Universitario en Biodiversidad Terrestre y Conservación en Islas (MUBTCI).

Durante el primer curso del Grado, se realizaron un total de cinco salidas de campo, cuatro en la asignatura de Técnicas Experimentales en Biología, y la última en la asignatura de Geología. Las asignaturas que realizaron salidas de campo correspondientes al segundo curso fueron Botánica I y II, y Zoología I. En esta asignatura la salida realizada a El Médano fue voluntaria, por lo que solo fue necesario un servicio de transporte. En el tercer curso también se realizaron cinco salidas repartidas en tres

asignaturas, Ecología 1, Edafología y Proyectos en Biología. Las optativas del último curso del grado que presentan en sus guías salidas de campo son: Aplicaciones de la Fisiología Vegetal, Biología Marina, Ecología Aplicada a la Gestión Ambiental, Diversidad y Filogenia Animal, Flora y Vegetación Canaria, y Paleontología. Las salidas de asignaturas básicas u obligatorias correspondientes al primer, segundo y tercer curso son realizadas por el total del alumnado, teniendo que multiplicar por dos el recorrido de cada salida. En el cuarto curso, debido a que las asignaturas son optativas, las salidas de campo se realizan en una única ocasión, a excepción de la asignatura de Paleontología, en la que hizo falta el uso de dos vehículos de transporte en diferentes días.

Los cálculos del combustible consumido en esta actividad se encuentran detallados en el Anexo 1 ([https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv\\_eLqNgfff2m8LlalOQpAGh?usp=share link](https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv_eLqNgfff2m8LlalOQpAGh?usp=share_link)), donde se especifican los kilómetros por trayecto, tomando como punto de origen el estacionamiento de la Sección de Biología y el lugar de destino, teniendo en cuenta el número de veces que se realizó cada salida.



Gráfica 1: Comparación de los desplazamientos (km) y consumo de combustible (l) por curso del Grado en Biología (ULL).

Los kilómetros totales recorridos fueron 2.239 km, dando como resultado un gasto de combustible de 671,7 litros (l) (Gráfica 1). El cuarto curso es el que presenta mayor uso de combustible, seguido del primer y segundo curso, siendo el tercer curso el que hizo un menor uso de combustible.

Para el cálculo del combustible consumido en los másteres que imparten docencia en la Sección de Biología, los desplazamientos se dividieron en dos tipos. Las salidas de campo que requirieron un transporte por vía terrestre se trataron de la misma manera que los datos correspondientes al Grado, resultando en un total de 1054 km para el MUBMBC y 1.456,6 km para el MUBTCI, y un total de 753,18 litros de combustible consumidos entre los dos másteres (Tabla 1). Se realizaron dos desplazamientos entre islas, uno a la isla de La Gomera (86 km) y otro a la isla de El Hierro (262 km). Para calcular el combustible consumido, realizamos una estimación por pasajero mediante el dato aproximado de la media de pasajeros para el tipo de embarcaciones que realizan estos desplazamientos. Se obtuvo un consumo individual de 120 litros para el trayecto de El Hierro y 48 litros para La Gomera, teniendo en cuenta que, aproximadamente, viajan 25 personas entre alumnado y profesorado. El gasto correspondiente al MUBMBC fue de 3.000 litros y el del MUBTCI de 1.200 litros de combustible (Tabla 1).

	MUBTCI	MUBMBC	Total
Desplazamientos por carretera (km)	1.456,6	1.054	2.510,6
Combustible desplazamientos por carretera (l)	436,98	316,2	753,18
Desplazamientos marítimos (km)	86	262	
Tiempo de trayectos marítimos (h)	2	5	
Caballos a vapor (CV)	40.000	40.000	
Combustible marítimo (l)	24.000	60.000	
Combustible por pasajero (l)	48	120	
Combustible total del grupo (alumnado y profesorado) (l)	1.200	3.000	4.200
Desplazamientos totales (km)	1.542,6	1.316	
Combustible total (L)	1.636,98	3.316,2	

*Tabla 1: Desplazamientos (km) y consumo de combustible (l) de las salidas de campo de las asignaturas de los másteres impartidos en la Sección de Biología (ULL). Se indican los km totales terrestres y marítimos y el gasto de combustible.*

Los cálculos se encuentran detallados en los Anexos 2 y 3 ([https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv\\_eLqNgfff2m8LlaIOQpAGh?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv_eLqNgfff2m8LlaIOQpAGh?usp=share_link)), donde se especifica los kilómetros por salida, desde el punto de origen en el estacionamiento de la Sección de Biología, y el lugar de destino, así como el cálculo detallado del gasto de combustible para el transporte marítimo.

## Emisiones fugitivas de equipos de refrigeración

Se contabilizaron un total de siete tipos de sistemas que utilizan gases refrigerantes (Tabla 2). Las neveras (N) utilizan mayoritariamente dos tipos de gases, al igual que los sistemas de congelación (C), el R600A y el R134A. Se inventariaron 35 neveras y 27 congeladores que utilizan el gas R600A, y 5 neveras y 8 congeladores con el R134A en los laboratorios de la Sección. La cafetería de la Sección cuenta con dos botelleros (B) para refrigerar botellas, el gas empleado correspondiente a la marca es el R600A. En el área de genética se registró una centrifuga (CN) con sistema de refrigeración, de la que se obtuvo el dato del tipo de refrigerante utilizado, R134A, pero no fue posible conocer la carga inicial debido a su utilidad específica. Lo mismo ocurre con los ultras congeladores (U), que se encuentran en las instalaciones de la Sección, conocemos únicamente la mezcla de gases R290 (1ª fase), mezcla R170 + R290 (2ª fase), por esta razón no se pudo estimar su pérdida. En la misma área se emplea una máquina de fabricación de hielo (H) que utiliza el gas R404A. En el área de Bioquímica y Biología Molecular, existen cuatro sistemas de aire acondicionado (A) de marca conocida, que emplean el gas de refrigeración R410A. En el Anexo 4 ([https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv\\_eLqNgfff2m8LlaIOQpAGh?usp=share link](https://drive.google.com/drive/folders/13-4l51aUlv_eLqNgfff2m8LlaIOQpAGh?usp=share_link)) se encuentran detallados, por áreas de la Sección, los distintos modelos y marcas de los sistemas que emplean refrigeración, su PCA, la carga inicial, la pérdida estimada por equipo (1% de la carga inicial), y el resultado total por tipo de gas y sistema.

Tipo de sistema	Numero de sistema	Gas Refrigerante	Total, del 1% de pérdida (g)
N	35	R600A	15,9
	5	R134A	3,46
C	27	R600A	17,39
	8	R134A	8,83
B	2	R600A	1
H	1	R404A	0,39
CN	1	R134A	0
U	3	R290 (1ª fase), mezcla R170 + R290 (2ª fase)	0
A	4	R410A	3
Total	86		

Tabla 2 Resumen del inventario de equipos con uso de gases refrigerantes (C: congelador, N: nevera, A: aire acondicionado, U: ultra congelador, CN: centrifuga, B: botellero, H: hielera). Tipo de gas que emplean en cada equipo de refrigeración y estimación de la pérdida del 1% de la carga inicial por equipo y gas.

## Emisiones Indirectas (alcance 2)

### Electricidad y otras energías

El dato de suministro de electricidad a la ULL por ENDESA ENERGÍA S.A.U. se reporta por anualidades, y el cálculo de la huella de carbono de este trabajo comprende el curso escolar 2021/2022. Considerando que el consumo de los años 2021 y 2022 no difiere de forma significativa, emplearemos el consumo energético del pasado año 2021. El consumo energético total para dicho año fue de 43.865 kWh. Suponemos que es un error debido al bajo consumo energético, conociendo los datos del año 2020 calculamos el porcentaje para el año 2021, nos daría un consumo de 329.687,7 kw/h.

### Resultados de la huella de carbono de alcance 1+2 de la Sección de Biología para 2021

Tras introducir los datos recolectados y procesados en la calculadora de la huella de carbono proporcionada por el MITECO, se obtuvo un total de 103,77 tCO<sub>2</sub>e para la Sección de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna en 2021, repartidas en 18,71 tCO<sub>2</sub>e de emisiones directas (alcance 1) y 85,1 tCO<sub>2</sub>e de emisiones indirectas producidas por la contratación de la energía (alcance 2). En la tabla 3 se desglosan los distintos los distintos subapartados de las emisiones directas. En las emisiones directas los transportes realizados por vía marítima son los que mayor porcentaje aportan al total de las emisiones, 11,5 tCO<sub>2</sub>e, siendo el consumo de instalaciones fijas y desplazamientos por carreteras casi igual en emisiones con unas 3,6 tCO<sub>2</sub>e respectivamente, mientras que las emisiones fugitivas fueron mínimas 0,023 tCO<sub>2</sub>e. En el caso de las emisiones indirectas la contribución es exclusivamente por la energía contratada, ya que no hay constancia de vehículos eléctricos en la Sección, ni del uso de otro tipo de energía en la fecha de realización del cálculo.

		kg CO2	g CH4	g N2O	kg CO2e
<b>EMISIONES DIRECTAS (ALCANCE 1)</b>	<b>Instalaciones fijas</b>	3.595,20	0,00	0,00	3.595,20
	<b>Transporte por carretera</b>	3.536,55	81,22	178,11	3.586,03
	<b>Transporte ferroviario, marítimo y aéreo</b>	11.398,80	1.079,40	285,60	11.504,71
	<b>Funcionamiento de maquinaria</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Fugitivas - climatización y refrigeración</b>	-	-	-	<b>23,39</b>
	<b>Proceso</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>18.530,55</b>	<b>1.160,62</b>	<b>463,71</b>	<b>18.709,32</b>

Tabla 3: Huella de carbono de la Sección de Biología medida en kgCO<sub>2</sub>e, el aporte dividido de las emisiones directas y cantidad de kg de CO<sub>2</sub>, g de CH<sub>4</sub> y g de N<sub>2</sub>O.

En el caso de las emisiones indirectas la contribución es exclusivamente por la energía contratada, ya que no hay constancia de vehículos eléctricos en la Sección, ni del uso de otro tipo de energía en la fecha de realización del cálculo. En cuanto a la contribución por tipo de GEI, la mayoría de las emisiones son de CO<sub>2</sub> (18,5 t directas y 85,1 t indirectas), seguidas de las emisiones directas de CH<sub>4</sub> (1,2 t) y finalmente las de N<sub>2</sub>O (0,5 t) principalmente debidas al desplazamiento por transporte marítimo.

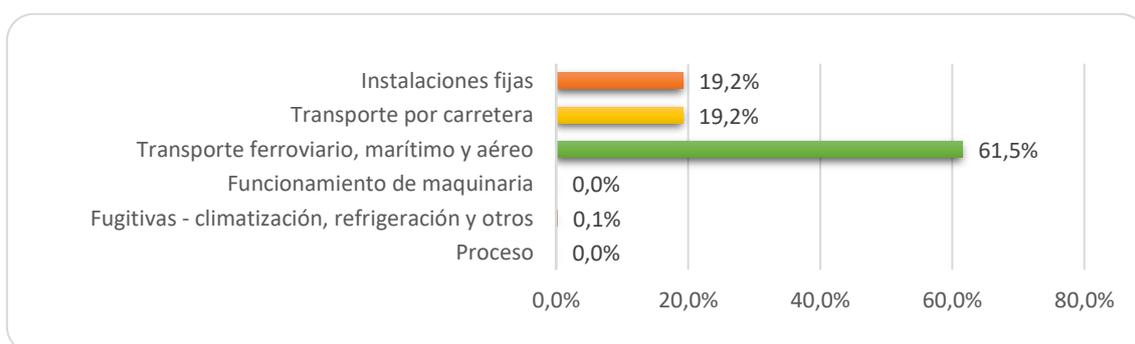
#### Compensación y absorción de la huella de carbono de alcance 1+2 de la Sección de Biología para 2021

Tras conocer las toneladas de CO<sub>2</sub> producidas por la Sección se calcularon las toneladas de carbono (28,29 t) y biomasa (56,59 t) correspondientes a dichas emisiones. Para estimar las hectáreas necesarias para la compensación de las emisiones de la Sección de Biología en 2021, mediante plantaciones de recuperación de vegetación natural, dividimos la biomasa total entre la biomasa por hectárea de distintas comunidades vegetales de las islas. Para compensar la huella de carbono mediante captura de CO<sub>2</sub> sería necesario plantar 0,22 ha de laurisilva, 0,47 ha de pinar, y 8,1 ha de tabaibal dulce. El área de la sección ocupa 1,1 ha, la laurisilva y el pinar las hectáreas necesarias para la compensación son inferiores al área de la sección, pero las hectáreas del tabaibal dulce superan por más de siete veces las 1,1 hectáreas de la sección.

## Discusión

### Emisiones directas de la Sección de Biología en 2021 (alcance 1)

Las emisiones directas suponen más de la mitad de la huella de carbono (18,7 tCO<sub>2</sub>eq, 62,3%) de la Sección de Biología en 2021. El consumo de combustible fósiles en instalaciones fijas, consistente en el uso de gas butano en la cocina de la cafetería de la Sección, igualó en emisiones (19,2%) al transporte por carretera de la actividad docente (19,2%) (Gráfica 2).



Gráfica 2: Representación por porcentajes de los diferentes tipos de emisiones directas del total de la huella de carbono de la Sección de Biología de la Universidad de La Laguna.

El consumo de gas butano en España está entre las fuentes de energía con mayor huella de carbono, junto con el uso de cocinas eléctricas, siendo el gas natural el de menor huella (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022). La Sección no dispone de sistemas de calefacción centralizados en sus edificios salvo pequeños equipos de calefacción, tipo estufa, utilizados en algunos despachos y laboratorios cuya fuente de energía es la red eléctrica, por lo que sus emisiones se incluyen en el alcance 2.

En Canarias, el transporte contribuye de forma significativa al cambio climático, siendo el sector responsable del 40,12% (5.351,58 ktCO<sub>2</sub>eq) del total de las emisiones de GEI el año 2018 (Gobierno de Canarias, 2022). En la Sección de Biología las emisiones resultantes del transporte por carretera (3,6 tCO<sub>2</sub>eq), suponen un porcentaje insignificante (0,0001%) en relación a la huella de carbono generada por el transporte de Canarias.

El transporte marítimo por desplazamientos del alumnado de los másteres de la Sección supuso la mayor contribución a las emisiones del alcance 1 (61,5%), debido al alto consumo de combustible fósil que utilizan las embarcaciones de pasajeros y carga (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021). Probablemente el elevado valor de emisiones por desplazamientos marítimos es una sobreestimación de las emisiones reales, ya que en el cálculo no se pudo tener en cuenta la carga de mercancías y vehículos por trayecto de estas embarcaciones por falta de información. Un estudio de comparación de la huella de carbono de ferris en las islas Orcadas (Escocia) estima valores de consumo por pasajero entre 0,1 y 0,2 l/km (Baird and Pedersen, 2013), mientras que nuestros cálculos arrojan valores de 0,5 l/km por pasajero, sugiriendo que el valor de consumo que usamos en nuestro cálculo es próximo al dato real. Así mismo, un estudio de las emisiones de cruceros y operaciones de ferry en el Puerto de Las Palmas muestra el transporte marítimo de pasajeros como el sector con la mayor cuota de emisiones, y detecta que las terminales de pasajeros y sus operaciones son puntos calientes de emisión (Tichavska and Tovar, 2015).

Las emisiones por desplazamiento de profesores, investigadores y profesionales relacionados con actividades docentes (participación en seminarios, prácticas) no se tuvieron en cuenta en este cálculo por falta de información. Tampoco se contabilizaron los desplazamientos relacionados con la actividad investigadora de la Sección (trabajo de campo, viajes a congresos y reuniones científicas, cursos, visitas y estancias en el extranjero). Aunque se realizaron consultas a los distintos coordinadores de área y personal administrativo de la Sección sobre dichos desplazamientos, la información que se obtuvo fue insuficiente e incompleta, por lo que no se pudo realizar la estimación de la huella de estas actividades de la Sección.

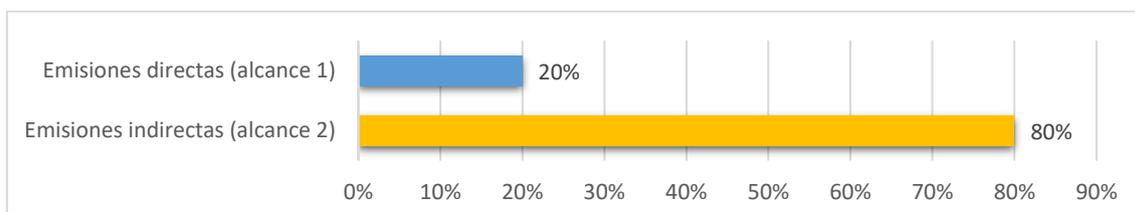
Las emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de climatización y equipos que utilizan gases refrigerantes solo representan el 0,1% de la huella de carbono de la Sección, ya que las pérdidas de gases, que por lo general presentan estos equipos con un correcto funcionamiento, son mínimas (Albets, 2018). El número de equipos con sistema de refrigeración es, además, bajo (86), y principalmente se limita a los utilizados en los laboratorios de la Sección. La Sección, salvo algunas excepciones, no cuenta con sistemas de climatización en sus edificios. En Canarias, en el año 2018, las emisiones de

gases fluorados de efecto invernadero fueron responsables del 4% del total de las emisiones de GEI en 2018, con un total de 293,02 ktCO<sub>2</sub>eq (Gobierno de Canarias, 2022).

La Sección de Biología carece de otras fuentes de emisión asociadas al alcance 1 incluidas en la categoría de emisiones de proceso puesto que es una institución pública dedicada a la docencia e investigación en la que no se realizan procesos de producción o transformación de sustancias.

#### Emisiones indirectas de la Sección de Biología en 2021 (alcance 2)

El consumo eléctrico es el sector que más GEI emite en la actualidad, siendo en Canarias el responsable del 47,78% de la cuota de emisiones de toda la región (6.374 ktCO<sub>2</sub>eq) (Gobierno de Canarias, 2022), por lo que es un eje prioritario de actuación en la lucha contra el cambio climático. El consumo eléctrico fue de 337.079 kw/h en 2020, y 372.765 kw/h en 2019. Se observa una tendencia a la disminución teniendo en cuenta que la actividad presencial de la Sección se redujo casi a su totalidad durante la mitad de 2020, y de forma parcial durante 2021 debido a las restricciones de la COVID-19. Las emisiones indirectas correspondientes al consumo eléctrico (85,1 tCO<sub>2</sub>eq) suponen el 80% de las emisiones totales de la Sección el restante corresponde a las emisiones directas, 20%.



Gráfica 3: huella de carbono de alcance 1+2 (t CO<sub>2</sub> e)

#### Reducción de la huella de carbono de la Sección de Biología

De acuerdo con la Estrategia Canaria de Cambio Climático se prevé reducir las emisiones de GEI debidas al consumo eléctrico a 0 para el año 2040 (Gobierno de Canarias, 2022). La ULL en su política de sostenibilidad, en línea con dicha estrategia, y comprometida con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), en concreto el ODS 12 producción y consumo responsable, ha desarrollado un plan de ahorro energético que, a fecha de febrero del año 2023, ha generado un total de 21.080 kWh. Desde la

Universidad de La Laguna, se trabaja en 25 instalaciones fotovoltaicas para vehículos en 11 aparcamientos, así como en la colocación de placas solares en varios edificios de la universidad, siendo el edificio de la Sección de Biología uno de ellos. De estas placas se estima una producción de 183.600 kWh/año (Universidad de La Laguna, 2023).

En cuanto al transporte marítimo en Canarias, el 85% de las rutas entre islas son trayectos de menos de 100 km (Gobierno de Canarias, 2022). Según la Estrategia Canaria de Cambio Climático, los buques que emplean las líneas navieras son los adecuados para una transformación vía electrificación con la tecnología ya existente y el aumento de las infraestructuras de recarga en los puertos. Lo mismo ocurre con el transporte terrestre individual y colectivo (transporte público), para el que se espera una reducción total de las emisiones de GEI fomentando el uso de transportes de emisiones nulas para el año 2040 (Gobierno de Canarias, 2022).

En la actualidad, la cafetería de la Sección se encuentra cerrada, por lo que el consumo de gas butano es nulo, aun así, existen variantes que generan menos emisiones como el gas natural, aunque no existe una red de suministro de este tipo de combustible en Canarias. Ante la reapertura de la cafetería podría considerarse el cambio a cocinas eléctricas considerando que un elevado porcentaje del suministro eléctrico provendrá de las instalaciones fotovoltaicas.

#### Compensación de la huella de carbono de la Sección de Biología en 2021

De las posibles comunidades vegetales consideradas para la compensación de la huella de carbono, el tabaibal dulce presenta una menor capacidad de absorción del CO<sub>2</sub> (7 t biomasa/ha), mientras que el pinar (121 t biomasa/ha) y la laurisilva (256 t biomasa/ha) serían comunidades más efectivas en términos de compensación mediante plantación. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que estos valores de acumulación son para comunidades maduras que tardaría en desarrollarse varias décadas y probablemente hasta siglos desde su plantación. La Sección de Biología ocupa una superficie de 11.000 m<sup>2</sup> (Universidad de La Laguna, 2023) incluyendo edificios, jardines y zonas de aparcamiento y acceso. Para compensar la huella de la Sección sería necesario plantar una superficie aproximada equivalente al 20,1% (0,221 ha) de las 1,1 ha de la superficie para una plantación de laurisilva, 42,6% (0,426 ha) para una

plantación de pinar, sin embargo, en el caso de tabaibal dulce habría que multiplicar por 7,35 las hectáreas de la sección. La compensación no es una medida que permita responder con urgencia a la contribución al cambio climático generada por la huella de carbono de instituciones públicas y de otros sectores. Aunque no desaconsejamos la compensación de emisiones mediante restauración de la vegetación por el doble objetivo ambiental que cumplen, conservación y sostenibilidad, parece obvio que la solución más eficiente es la mitigación mediante la reducción del consumo energético y otras medidas de este consumo relacionadas con la eficiencia.

## Conclusiones

1. La huella de carbono (alcance 1 + 2) de la Sección de Biología, en la Facultad de Ciencias de La Universidad de La Laguna, en 2021 asciende un total de 103,77 tCO<sub>2</sub>eq, siendo el consumo eléctrico, suministrado por empresas ajenas a la universidad, el que generó mayores emisiones (82%), seguido de los desplazamientos marítimos de las actividades docentes de máster (11,5%), los desplazamientos terrestres (3,5%) y el consumo de gas butano (3,5%).
2. El cálculo de algunas fuentes de emisión está condicionado por la falta de información sobre el dato de actividad, como, el consumo por desplazamientos de docentes invitados o el derivado de la actividad investigadora. La búsqueda de información adicional junto con el cálculo de las emisiones de la actividad realizada por terceros (alcance 3), supondría una mejora en la estimación de emisiones de la Sección de Biología y su contribución a la huella de carbono de la universidad.
3. La compensación de emisiones de alcance 1+2 de la Sección de Biología en 2021 puede llevarse a cabo mediante la plantación de 0,22 ha de laurisilva, 0,47 ha de pinar o 8,08 ha de tabaibal dulce, y su desarrollo hasta etapas maduras.
4. El uso de energías renovables y sistemas de transporte que no utilicen combustible fósil como fuente de energía son las opciones más eficaces a corto plazo para la reducción de la huella de carbono de la Sección de Biología.

## Conclusions

1. The carbon footprint (scope 1 + 2) of the Biology Section, in the Faculty of Sciences of the University of La Laguna, in 2021, amounts to a total of 103.77 tCO<sub>2</sub>eq, with electricity consumption supplied by outside companies to the university, generating the greatest emissions (82%), followed by maritime trips for master's degree teaching activities (11.5%), land trips (3.5%) and butane gas consumption (3, 5%).
2. The calculation of emissions from some sources is conditioned by the lack of information on the activity data, such as consumption due to trips by visiting professors or that derived from research activity. The search for additional information together with the calculation of the emissions from those activities carried out by third parties (scope 3), would mean an improvement in the emission estimation of the Biology Section and its contribution to the carbon footprint of the university.
3. The compensation of scope 1+2 emissions of the Biology Section in 2021 can be carried out by planting 0.22 ha of laurel forest, 0.47 ha of pine forest or 8.08 ha of *tabaibal dulce*, and its development to mature stages.
4. The use of renewable energy and transportation systems that do not use fossil fuel as an energy source are the most effective short-term options for reducing the carbon footprint of the Biology Section.

## Bibliografía

- Albets, X. (2018). Manual para la detección y reducción de fugas de gas refrigerante. *AKO ELECTROMECAÁNICA, S.A.L.*, 31
- Alfred J. Baird and Roy N. Pedersen. (2013). Analysis of CO<sub>2</sub> emissions for island ferry services. *Journal of Transport Geography*, 9.
- Ballesteros, H. B., and Aristizabal, G. L. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Subdirección de Meteorología.
- de Nascimento L., González A., Fernández-Palacios J.M., Arévalo J.R., Naranjo A., Otto R., Rocafull E., Arencibia F., Fernández B., Puértolas J., Díaz F.J., Perera A.V., Díaz L. (2021) *Memoria anual proyecto "Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono"*. Grupo de Ecología y Biogeografía Insular, Grupo de Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna. 74 pp.

- de Nascimento L., González A., Fernández-Palacios J.M., Arévalo J.R., Naranjo A., Otto R., Sierra N., Rocafull E., Arencibia F., Fernández B., Puértolas J., Díaz F.J., Perera A.V., Díaz L. (2022) *Cuantificación de la potencialidad de los ecosistemas terrestres canarios para la captura de carbono*. Grupo de Ecología y Biogeografía Insular, Grupo de Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna. 131 pp.
- Depledge, J. (2000). TRACING THE ORIGINS OF THE KYOTO PROTOCOL: AN ARTICLE-BY-ARTICLE TEXTUAL HISTORY. *United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- Gobierno de Canarias. (2022). *ESTRATEGIA CANARIA DE ACCIÓN CLIMÁTICA*. Islas Canarias: Gestión y Planeamiento Territorial y Medioambiental, S.A.
- Gobierno de España. (2023). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/>. Consultada el 3 de marzo de 2023.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Equipo de Redacción Central, RK Pachauri y LA Meyer (eds.).
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.).
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)].
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA: [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)].
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.: [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)].
- Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible. Boletín Oficial del Estado, 55, de 5 de marzo de 2011. <https://www.boe.es/eli/es/l/2011/03/04/2/con>. Consultada el 31 de enero de 2023.
- Miluše Tichavska and Beatriz Tovar. (2015). Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port. *Transportation Research Part A*, 14.
- Ministerio de Fomento. (2001). *Costes del transporte público de viajeros por carretera*. Madrid, España.: TOOL ULEE.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2016). CONSUMO DE COMBUSTIBLE. *Salvamento Marítimo: Revista InforMar*.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *HUELLA DE CARBONO DE UNA ORGANIZACIÓN*. Madrid, España.

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. ( 2022). *Informe de Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Madrid, España: Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. ( 2021). *TRANSPORTE MARÍTIMO*. Madrid, España: Sistema Español de Inventario de Emisiones. Metodologías de estimación de emisiones.
- Naciones Unidas. (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Washington D.C, EE. UU.
- Naciones Unidas. (2018). *¿Qué es la compensación de emisiones?* Obtenido de Plataforma para la compensación de la huella de carbono: <https://offset.climateneutralnow.org/aboutoffsetting>
- Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. Consultada el 31 de enero de 2023.
- Pierre Friedlingstein, Matthew W. Jones, Michael O'Sullivan, Robbie M. Andrew, Dorothee C. E. Bakker, et al. (2021). *Global Carbon Budget 2021*. *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 1917–2005.Q
- Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados. *Boletín Oficial del Estado*, 48, de 8 de febrero de 2017. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/02/17/115>. Consultada el 7 de febrero de 2023.
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. *Boletín Oficial del Estado*, 57, de 8 de marzo de 2011 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/02/04/138>. Consultada el 7 de febrero de 2023.
- Real Decreto 795/2010, de 16 de junio, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan. *Boletín Oficial del Estado*, 154 e 25 de junio de 2010 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/06/16/795>. Consultada el 7 de febrero de 2023.
- Universidad de la Laguna. (2023). *Infraestructuras y servicios: Sección de Biología*. Obtenido de <https://www.ull.es/centros/facultad-ciencias/informacion-general/infraestructuras-y-servicios/infraestructuras-servicios-biologia/>. Consultada el 27 de febrero de 2023.

