



Estudio sobre sostenibilidad medioambiental en el Instituto de Astrofísica de Canarias y propuestas de actuación.

Autores: Antonio Mampaso e Ignacio García de la Rosa.

Con la colaboración de: Paz Arias, Mike Beasley, Eduardo Martín, Héctor Rodríguez, Efsan Sokmen y Juan Villa.

RESUMEN EJECUTIVO.

Este estudio aborda cinco aspectos generales: viajes, desplazamientos al IAC, computación, energía y consumo. Cada uno de ellos se presenta mediante un breve resumen seguido de recomendaciones concretas. La información más detallada queda reunida en los Anexos I a VI.

La recomendación final del estudio y una tabla resumen de datos para la Sede Central del IAC están en la página 11.

INTRODUCCIÓN:

La crisis climática, directamente relacionada con el excesivo consumo de nuestro estilo de vida insostenible, está llegando con más virulencia de la esperada, haciéndonos superar el punto de no retorno. Para revertir esta tendencia necesitamos un cambio urgente en la forma en que vivimos.

La pandemia de la covid19 ha trastocado nuestros planes y hábitos de trabajo, muchos de ellos muy costosos para el medio ambiente. El IAC debe aprovechar esta oportunidad para volver a una normalidad diferente, donde la protección del medio ambiente, la racionalización del consumo y el funcionamiento sostenible en todos los ámbitos sean, no un añadido obligado, sino un pilar central en todas nuestras actividades.

El IAC viene trabajando desde hace muchos años en todas las áreas de la gestión medioambiental, en la medida en que los recursos humanos y económicos lo han permitido y siempre cumpliendo la normativa vigente. Sin embargo, como la mayor parte de la Administración en España, practica

el modelo vigente de consumo basado en el acceso a los bienes materiales y energéticos que le permiten sus recursos económicos, algo que los científicos vienen avisando que es insostenible para el Planeta en las próximas décadas. Proponemos una revisión crítica de ese comportamiento con un plan medioambiental que debe contar con la complicidad de los miembros del IAC y la actuación decidida del Comité de Dirección y el Consejo Rector del IAC.

El presente estudio está focalizado en los aspectos del IAC en los que es posible una sensible mejora. A modo de introducción, debemos resaltar las siguientes cuestiones.

- Nuestros datos se basan en estimaciones de los expertos en cada área del IAC y pueden considerarse bastante aproximadas.
- Nuestras estimaciones coinciden, escaladas, con las de otros grupos de astrónomos de EEUU ^[1], Canadá ^[2] y, sobre todo, Australia ^[3], donde se ha publicado el estudio más detallado del impacto medioambiental de las actividades astronómicas hasta la fecha.
- La mayoría de nuestras recomendaciones no son arbitrarias, ni de voluntario cumplimiento. Siguen los planes *obligatorios* de la Unión Europea ^[4].
- El IAC debería disponer en su presupuesto de una partida específica para gestionar y ejecutar, en las dos Sedes y en los Observatorios, el presente proyecto de sostenibilidad.
- Un ingrediente importante es la información y la sensibilización de los trabajadores del IAC. Para ello, proponemos la realización de actos con temática medioambiental en el IAC y Museo de la Ciencia y el Cosmos.
- En el presente estudio recomendamos revisiones anuales donde se evalúe el grado de cumplimiento, se revisen problemas encontrados y se actualicen las actuaciones adaptándose a las circunstancias cambiantes en el IAC y en las Administraciones.
- Dado que las medidas introducidas van a generar un ahorro económico, se debería llevar un seguimiento de esas cantidades y destinar una fracción, p.ej., el 50%, a financiar las subsiguientes medidas de sostenibilidad y eficiencia energética.

- Los observatorios del IAC (OT y ORM) cuentan con planes propios de sostenibilidad, algunos consolidados y otros en preparación. Se promoverá una futura integración de los diferentes planes que afectan al IAC y a las Instituciones Usuarias.

1.- VIAJES

Resumen: El personal del IAC realiza unos dos mil viajes de trabajo anuales (45% internacionales, 25% nacionales y 30% a La Palma) con una huella de carbono total de unas 620 toneladas de CO₂-equivalente (tCO₂), según datos de 2018. La mayor contribución, el 60%, es del Área de Investigación y en especial de los investigadores de plantilla, con un promedio de casi 3 tCO₂ anuales por investigador de plantilla. Doce investigadores superan en sus viajes de trabajo las 5 tCO₂ (comparable al promedio mundial de emisiones anuales por habitante).

Recomendaciones: Se puede reducir la huella de carbono eliminando progresivamente viajes prescindibles 1) a congresos y conferencias, 2) a reuniones cortas tipo CAT y talleres de grupo, y 3) favoreciendo observaciones remotas. Es factible llegar a reducir el 50% de las emisiones totales progresivamente en cuatro años, estimulando la reducción de viajes en la plantilla pero manteniendo las reuniones externas y estancias largas de estudiantes y posdocs, y siempre evaluando en cada caso la importancia del desplazamiento frente a su impacto en el clima. Se deben suprimir en lo posible los viajes de corta duración y largo recorrido, con un impacto de más de 200 kg-CO₂/día (ver Anexo I).

Proponemos que el Área de Investigación, la que genera la mayor parte de la huella de carbono, elabore un plan de reducción y, con el acuerdo del Consejo de Investigadores, decida si es conveniente asignar cuotas de viaje a cada Proyecto de Investigación, con independencia de la disponibilidad de fondos.

Anexo-I: Estimación de la huella de carbono por viajes del IAC

2.- DESPLAZAMIENTOS AL IAC

Resumen: El personal del IAC recorre al año más de 325000 km en coche particular en sus desplazamientos desde casa al trabajo, lo que supone unas 100 tCO₂ de emisiones anuales.

Recomendaciones:

Se debe hacer un estudio de movilidad casa-trabajo para los (casi 500) miembros del IAC y difundirlo, junto a la información ambiental de su impacto. Obviamente, el teletrabajo, impuesto por la pandemia, ha tenido un impacto muy positivo en este apartado. Es el momento de evaluar, de manera crítica, la posibilidad de implantar en el futuro las formas de teletrabajo que hayan tenido mayor éxito durante este "experimento". Se deben implementar medidas inmediatas, p.ej., establecer orden de prioridad de aparcamiento en el IAC: 1) coches compartidos y eléctricos, 2) híbridos y 3) coches de menos potencia y contaminación (tipos C y B de la DGT). Se debe incentivar progresivamente, si se encuentra financiación externa para ello, el uso del transporte público y sostenible.

Anexo-II: Estimación de la huella de carbono por desplazamientos al trabajo en el IAC.

3.- COMPUTACIÓN

Resumen: El IAC tiene unos mil ordenadores (600 de sobremesa y 400 portátiles) cuyo consumo eléctrico produce una huella de carbono de unas 285 tCO₂ anuales, más dos unidades centrales de proceso de datos (CPD en La Laguna y La Palma) con una huella combinada de unas 500 tCO₂ anuales. Además, los investigadores del IAC usan principalmente dos superordenadores, La Palma y Teide-ITER, con una huella de CO₂ de unas 450 tCO₂ anuales (debida exclusivamente al superordenador La Palma, ya que el del ITER usa energía 100% renovable). En total, la computación del IAC genera unas 1235 tCO₂ anuales, es decir, el doble que las generadas por los viajes.

Recomendaciones:

Se puede reducir modestamente la huella de carbono corriendo el sistema CONDOR sólo en los servidores de cálculo intensivo, con lo que unos 135 ordenadores LINUX pueden dormir/apagarse gran parte del tiempo. Igualmente, se deben implementar medidas para apagar o hibernar los ordenadores de las otras Áreas cuando no estén en uso. También se deben optimizar los códigos para disminuir el gasto en computación y racionalizar el uso de ordenadores (p.ej., reuniendo en lo posible datos dispersos en varios discos y ordenadores). Sin embargo, no es previsible una disminución de las necesidades informáticas del IAC ni una mejora drástica en la eficiencia de CPDs y superordenadores (ambos responsables del 80% de la huella de CO₂ por computación) y por ello la mejor vía para mitigar nuestra huella es generar in situ, con fotovoltaica, la energía necesaria, tal y como se propone en el siguiente apartado de Energía.

Anexo-III: Estimación de la huella de carbono por computación en el IAC: ordenadores (Sede Central, CALP, DA-ULL) + superordenadores.

4.- ENERGÍA

Resumen: El consumo total de electricidad en 2019 en la Sede Central (1400 MWh) y el CALP (1300 MWh) implica una huella de carbono de 840 y 780 tCO₂ anuales, respectivamente. La generación anual de energía por paneles fotovoltaicos fue ese año de 44 y 25 MWh, Sede Central y CALP, respectivamente. Aunque generamos menos del 3% del consumo, ya se ahorran conjuntamente unas 40 tCO₂ anuales. La instalación actual de paneles fotovoltaicos en la Sede Central (58 kW) puede ampliarse progresivamente y con inversiones e integraciones razonables, hasta llegar a 1000-1400 kW, generándose así localmente el 100% del consumo eléctrico y alcanzando la neutralidad en carbono, y similarmente en el CALP.

Recomendaciones: El IAC puede ser un referente nacional en cuanto a sostenibilidad y debe trabajar para que las administraciones fomenten/exijan en las licitaciones de suministro eléctrico que el origen de la energía sea 100% renovable.

Se puede reducir inmediatamente el consumo eléctrico con pequeñas actuaciones: activación de los sensores automáticos de iluminación sólo si la iluminación ambiental es baja; activación selectiva de las pantallas repartidas por los pasillos del centro, etc. Una reducción significativa puede lograrse progresivamente (1) aplicando soluciones simples, como distribuir los despachos atendiendo a la sensibilidad térmica de sus ocupantes, (2) encargando a expertos medioambientales un estudio sobre climatización pasiva y posibles mejoras en el aislamiento, y (3) acometiendo consecuentemente las demandas de climatización en sucesivos años. Por ejemplo, cambiar a doble acristalamiento los despachos más expuestos. Sin embargo, dado que los edificios y actividades del IAC no permitirán una reducción drástica del consumo eléctrico, lo más importante es comenzar desde el primer año un programa decidido de instalación de paneles FV hasta llegar, si es posible, al balance 100% en consumo/generación. Se han explorado varias opciones para la Sede Central (instalación de cubiertas fotovoltaicas/sombra en todos los aparcamientos bien orientados; cubrir al máximo las azoteas; situar filas de paneles sobre las ventanas superiores de los módulos que dan al sur; cubierta FV en la cancha, etc.) y se estima que hay lugar para instalar progresivamente, y adecuadamente integrados en cubiertas y edificios, hasta 1400 kW en paneles FV, lo que

implicaría la neutralidad en carbono para la actualidad y para el futuro próximo (140% del consumo actual). Se incluiría la electrificación, sin coste para los usuarios, de las 150 plazas de aparcamientos de la Sede Central. Los excedentes de la generación de energía se venderían a la red (a 0.05 €/kW-h actualmente) lo que significa un ingreso extra para el IAC. Como mínimo, podrían instalarse 1000 kW, garantizando el consumo y balance de carbono en la actualidad. Los costes actuales de los paneles (unos 0.7 €/W ya instalados), el ahorro en la factura eléctrica y las previsibles medidas de apoyo de las administraciones hacen factible y urgente su instalación. Esta es la recomendación más importante del presente trabajo, permitiendo reducir drásticamente nuestra huella de carbono (hasta un 80%) y acercarnos a la neutralidad total.

Anexo-IV: El consumo de energía eléctrica en el IAC.

5.- CONSUMO

Resumen: El IAC, por su tamaño y actividad, genera un enorme volumen de compras y produce una gran cantidad de residuos. En promedio, cada día entran al IAC productos por un valor de unos 35.000 € y salen varios cientos de kg de residuos de todo tipo (desde basura, papel y residuos industriales -aceites, metales, etc.- hasta electrónica y material informático obsoleto). En total gastamos unos 13 millones de € al año en compras, de los que aproximadamente 1.5 millones de € son herramientas informáticas. Éstas constituyen uno de los sectores más críticos del consumo del IAC, por tratarse de productos caros con una vida útil particularmente corta. Su actualización periódica implica una huella de Carbono considerable: unas 90 tCO₂ anuales solo por la compra de ordenadores. En el apartado de los productos fungibles, destacan negativamente las aproximadamente 50000 copias impresas que se realizan mensualmente, así como el empleo de materiales de un solo uso en la cafetería: manteles, cápsulas de café, vasos de papel/plástico, etc. También merecen ser destacadas las acciones positivas ya vigentes, como las fuentes de agua, que han disminuido radicalmente el uso de botellas de plástico.

Recomendaciones: El modelo actual de consumo insostenible se caracteriza por el uso de productos con una vida útil cada vez más corta y la generación de niveles crecientes de residuos. El IAC debe optar decididamente por una "economía circular" en la que se reparen, reutilicen y aprovechen los productos. Este cambio no es sencillo y encontrará resistencias, porque contradice los comportamientos habituales de los individuos. Para ello, se proponen tres frentes: (1) la concienciación, por medio de charlas y talleres, (2) la propuesta de acciones de conciencia colectiva, como "Los lunes sin carne" u otras, y (3) la elaboración de un "decálogo" de buenas prácticas sostenibles en el trabajo (Anexo VI).

El consumo de herramientas informáticas debe estar controlado por una Comisión Técnica en la que, además de las necesidades básicas de hardware, sistema operativo y software, prevalezcan criterios de durabilidad, eficiencia y calidad, en contraposición a criterios referidos al estatus de determinadas marcas o a la necesidad de ajustar los presupuestos.

Las impresoras deben seguir un sistema de cuotas (como los e-mails), con posibilidad de solicitud personal de ampliación. El objetivo es llegar en los

próximos semestres a un tercio de las impresiones actuales y a una fase de “impresiones casi cero” posteriormente. Debe volverse al papel reciclado y al uso del modo blanco-negro en la mayoría de las máquinas, dejando unas pocas impresoras de color, que suponen un gasto seis veces mayor.

En otros aspectos de menor impacto: (1) debe reducirse el material gráfico y de propaganda del IAC, concentrándolo en una publicación única y de fácil actualización. (2) Tras la consulta con el personal/usuarios, nueva reducción de las suscripciones a revistas en papel de la Biblioteca. (3) Ajustar los horarios de encendido de las pantallas de divulgación-investigación a la mayor presencia de personal.

Anexo-V: Huella de carbono por consumo en el IAC.

RESUMEN EJECUTIVO DEL PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Se puede reducir la huella de carbono del IAC hasta un 80% limitando razonablemente los viajes e instalando paneles fotovoltaicos en la Sede Central y CALP. En el caso de la Sede Central, la inversión anual de 175 k€/año durante 4 años (700 k€ en total), necesaria para alcanzar la neutralidad de carbono, resulta ser mucho menor que el ahorro anual subsiguiente, 430 k€/año, en las facturas de viajes y electricidad.

	Impacto Actual (tCO ₂ /año)	Propuesta (tCO ₂ /año)	Coste Total (4 años; k€)	Ahorro (k€/año)
Viajes⁽¹⁾	620	300	0	250
Desplazamientos al IAC⁽¹⁾	100	50	0	0
Computación⁽²⁾	(538) ⁽³⁾	(500) ⁽³⁾	0	30
Energía⁽²⁾	840	0	700 ⁽⁴⁾	150 ⁽⁵⁾
TOTAL	1560	350	700	430

⁽¹⁾ Datos para todo el IAC (Sedes más Observatorios).

⁽²⁾ Datos solo para la Sede Central del IAC (para el CALP son similares).

⁽³⁾ La huella de CO₂ ya está incluida en la de energía.

⁽⁴⁾ Coste final de una instalación fotovoltaica de 1000 kW en la Sede Central.

⁽⁵⁾ Al coste real de la factura eléctrica en 2019.

AGRADECIMIENTOS:

Para la elaboración del presente estudio hemos pedido datos y consejo a muchos miembros del IAC: Germán Pescador, Jesús Burgos, Romano Corradi, Miquel Serra, Nicola Caón, Luis Alberto Rodríguez, Jorge Prieto, Carlos Allende, Carlos Martín, Antonio China y muchos otros. A todos ellos, gracias.

COMPARACIÓN CON EL MAX PLANK INSTITUTE FOR ASTRONOMY

El MPIA es un instituto comparable al IAC en cuanto a número de empleados: 450 (IAC) y 300 (MPIA) en 2018. El MPIA ha hecho públicos sus datos y está implementando medidas de sostenibilidad similares a las del IAC.

<https://www.nature.com/articles/s41550-020-1202-4>

DATA FOR 2018⁽¹⁾ (tCO ₂ -eq/yr)	IAC+CALP	MPIA
Flying	620	1280
Commuting	100	139
Electricity	1620	779
Heating	0	446
Paper	2	35
Computer hardware	88	29
Canteen, meat served	70	16
TOTAL	2500	2724

(1) Not included: Use of Hotel/Residencia and Observatories. Construction/renovation works.

Approximate average work-related travel emissions per employee (tCO₂-eq/yr): **1.4 (IAC), 3.9 (MPIA)**.

Approximate average work-related total emissions per employee (tCO₂-eq/yr): **5.7 (IAC), 9 (MPIA)**.

Comparación:

Aunque el IAC hizo 1846 viajes aéreos y el MPIA sólo 1030, la huella de C del IAC es la mitad porque la mayoría de sus viajes son a La Palma (600 viajes) y a la Península (450 viajes).

El gasto de electricidad del IAC+CALP es efectivamente más del doble del MPIA, aunque si se incluye la calefacción (en el MPIA por fueloil) la huella de Carbono es similar.

El IAC compró el doble de ordenadores que el MPIA, pero también la estimación de la huella de C es más realista (en el IAC se separan portátiles de sobremesas, éstos tienen el doble de huella de C). Eso explica el factor x3 más alto para el IAC.

La huella por consumo de papel es muy diferente: en el IAC tenemos en cuenta solo el papel de impresión, en el MPIA incluyen papel y cartulina (¿?). Nuestro consumo es 500000 copias/año x 2 gr/copia = 1 tonelada de papel al año, lo que implica una huella de 1 (Tm-papel) x 2.9 (MWh/Tm-papel) x 0.5 (tCO₂/MWh) = aprox. 1.5 tCO₂/año. Al no

incluir otro tipo de papel (folletos, calendarios, informes CCI, Memoria, etc.) aumentamos a aprox. 2 tCO₂/año nuestra estimación. El MPIA lista 35 tCO₂/año lo que implicaría 23 Tm de papel consumido, que parece muy elevado.

El consumo total de carne de vaca es similar en ambos Institutos (aprox. 1000 kg/año) pero la huella de C calculada (65 tCO₂/año para el IAC frente a 16 tCO₂/año para el MPIA) es muy diferente. Las cifras del IAC son bastante seguras con los calculadores disponibles: $1000 \text{ (kg-carne/año)} \times 0.2 \text{ (kg-proteína/kg-carne)} \times 300 \text{ (kg-CO}_2\text{/kg-proteína)} = \text{aprox. } 60 \text{ tCO}_2\text{/año}$.

ANEXOS

ANEXO-I: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR VIAJES AÉREOS DEL IAC

Emisiones de CO₂ por transporte aéreo: calculador del ICAO, Organización Internacional de Aviación Civil (ONU) [5]

RESUMEN: EMISIONES TOTALES POR VUELOS EN EL IAC EN 2018:

1846 viajes realizados (*) por 495 personas, emisiones CO₂ de los vuelos: **623 toneladas de CO₂-equivalente (tCO₂)**.

(*) Nota: de los 1846 viajes, 283 corresponden a personal externo al IAC (visitantes) y sumaron emisiones de 124 tCO₂. O sea, las emisiones del personal propio del IAC serían unas 500 tCO₂.

DATOS

Datos típicos por pasajero para un vuelo de ida y vuelta de Tenerife a:

- Canberra (Australia) con dos escalas: 2,4 toneladas de CO₂-equivalente (tCO₂)
- ESO (Chile) con dos escalas: 1,4 tCO₂
- Boston (EEUU) con una escala: 1,1 tCO₂
- Heidelberg (Alemania) con un escala: 0,6 tCO₂
- Madrid, sin escalas: 0,3 tCO₂
- La Palma: 0,03 tCO₂

Desglose por destino, en 2018 se realizaron en el IAC:

- unos 800 vuelos internacionales, con emisiones de 468 tCO₂
- unos 1050 vuelos nacionales, con emisiones de 155 tCO₂, de los cuales unos 450 vuelos fueron a la península, sumando 135 tCO₂, y otros 600 vuelos fueron interinsulares, casi todos a La Palma, con 20 tCO₂.

Fig. A-I.1. Emisiones por viajes en 2018 (tCO₂/año) desglosadas por Áreas

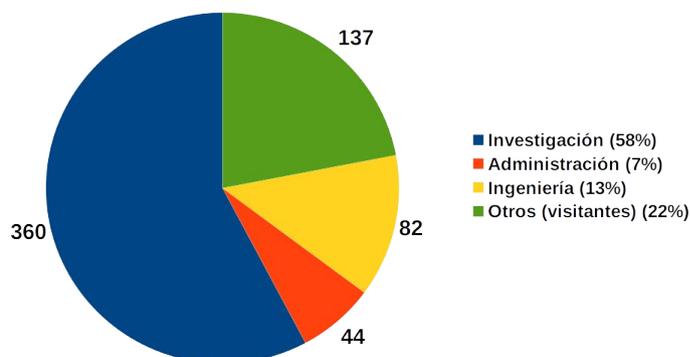


Fig. A-1.2. Emisión promedio (tCO₂ por persona y año).

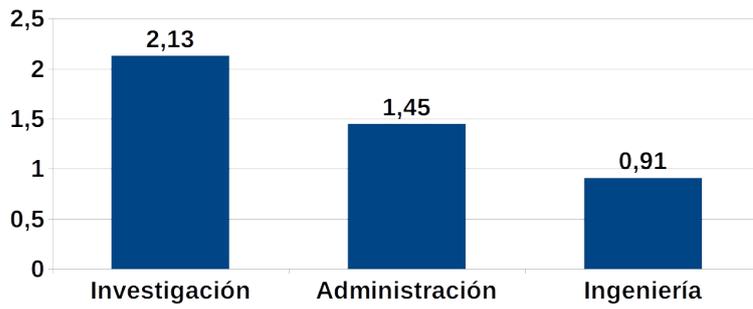


Fig. A-1.3. Emisión promedio, tCO₂ por persona y año, en el Área de Investigación.

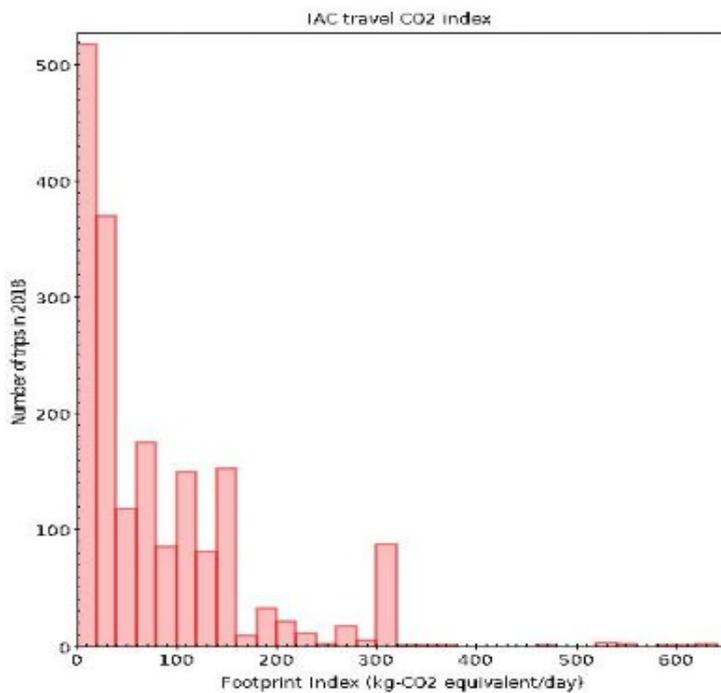
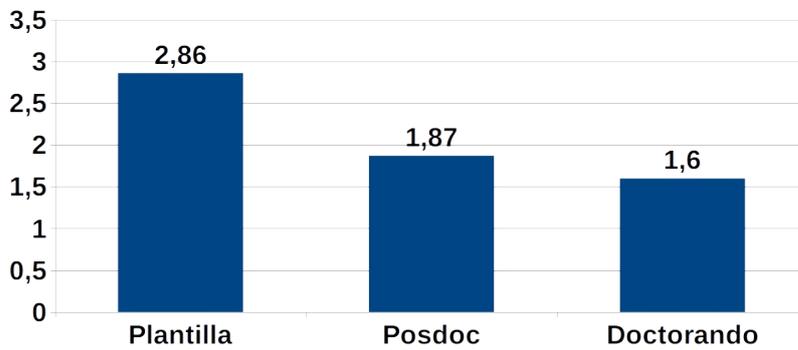


Fig. A-1.4. Emisiones por día de viaje (kg-CO₂/día). Cuanto menor es el índice, menor huella relativa de CO₂ ha tenido el viaje. Aunque casi la mitad de los viajes (890, el 48%) generaron menos de 50 kg-CO₂/día, no obstante una fracción importante generaron más del 200 kg-CO₂/día (son viajes que implicaron vuelos largos y estancias de corta duración).

DISCUSIÓN:

Es importante resaltar que todas las estimaciones sobre la cantidad de CO₂ emitido por los vuelos podrían estar subestimadas en un factor al menos x2 en cuanto a los efectos reales de la aviación sobre el cambio climático: *“Airplanes, like cars, release carbon dioxide, but each flight also releases nitrogen oxides, water vapor and particulates that can contribute to global warming. When released at high altitude these other emissions usually amount to more than half of a plane trip’s contribution to climate change”* [6]. El calculador de emisiones usado, el oficial del ICAO, no tiene en cuenta esas otras contribuciones, sólo el CO₂ emitido, y con esa limitación se ha hecho la discusión que sigue.

El total anual de emisiones por vuelos del IAC fue en 2018 de 623 tCO₂. Los investigadores del IAC generaron casi el 60% de esas emisiones (Fig. A-I.1). Un astrofísico promedio generó un 50% más que un administrativo y más del doble que un ingeniero/técnico (Fig. A-I.2). Posdocs y doctorandos generaron menos emisiones por persona que los investigadores de plantilla, aprox. el 65% y 55%, respectivamente, que aquéllos (Fig. A-I.3). Los cocientes plantilla/posdoc/doctorandos son similares a los del International Centre for Radio Astronomy Research, University of Western Australia [3].

El indicador de la Fig. A-I.4 (kg-CO₂/día de viaje) puede usarse para caracterizar el impacto de cada viaje que se proponga realizar y desincentivar los viajes "muy costosos en CO₂", es decir los que implican vuelos largos y corta duración.

(Datos de viajes del IAC proporcionados por Eva Bejarano y Olivia Hernández. Programación con las tablas EXCEL de Isabel Plasencia).

ANEXO-II: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR DESPLAZAMIENTOS AL TRABAJO

A falta de un estudio detallado de movilidad casa-trabajo para el IAC utilizaremos los datos del informe de Greenpeace para Palma de Mallorca ^[7], que puede ser adecuado para Tenerife (figura A-II.1. Aunque probablemente será peor en el caso del IAC: tenemos muchos menos desplazamientos a pie).

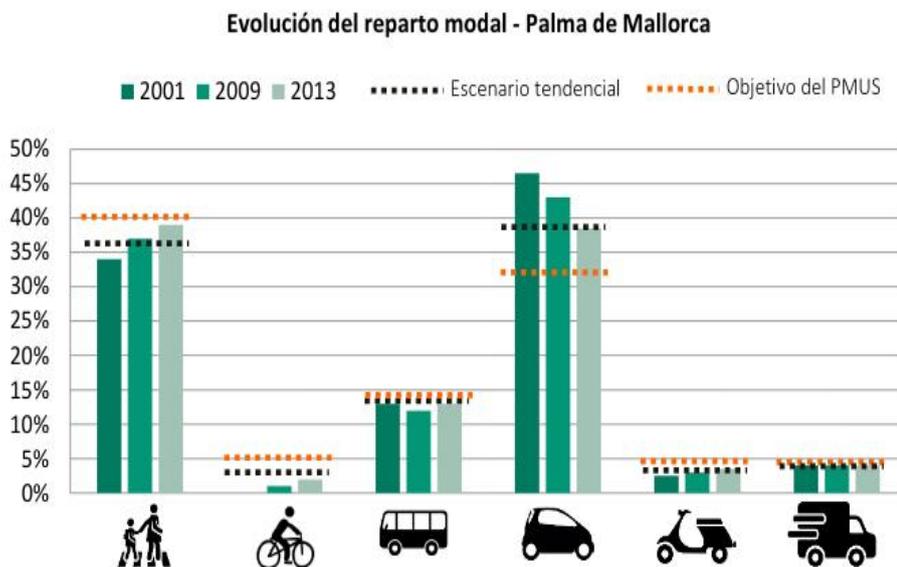


Fig. A-II.1 Movilidad al trabajo en Palma de Mallorca: datos frente a objetivos.

Movilidad en el IAC: Contando con 500 trabajadores en total (incluyendo subcontratas: vigilantes, limpieza, jardinería, cafetería, etc.) y 2 desplazamientos diarios (ida y vuelta al trabajo), de los cuales 50% son de 5 km o más, 40% de aprox. 3 km y 10% de menos de 0.5 km (datos promedio del informe de Greenpeace sobre movilidad en España ^[8]), resulta una distancia total diaria recorrida de 3750 km. Suponiendo una fracción conservadora de desplazamientos en coche particular del 40% (similar a la de Palma de Mallorca; figura AII-1) serían unos 1500 km recorridos diariamente, lo que, suponiendo 220 días laborables, implican unos **325000 km recorridos en coche particular** y unas 66 toneladas de CO₂ equivalente anuales (conversión usada: 0.2 kg de CO₂ por km recorrido; figura AII-2, izda.). Notar que el total de emisiones estimadas es un límite inferior: los desplazamientos a los Observatorios (60-90 km ida y vuelta) no están incluidos; la huella de carbono del transporte público, guaguas y tranvía, tampoco se ha contabilizado; la fracción de desplazamientos en coches particulares en el IAC es probablemente mayor que el 40%; los desplazamientos mayores que 5 km están

contabilizados como 5 km). Por ello, hemos estimado que se emiten unas **100 toneladas de CO₂ equivalente anuales**.

En resumen, necesitamos un **estudio detallado de la movilidad** en el IAC y de cómo hacerla más sostenible, lo que implica saber, en promedio, qué fracción del personal usa el transporte público, los coches, las motos, las bicicletas, o viene a pie al IAC

Recomendaciones: Probablemente haya poco margen para aumentar los desplazamientos a pie y en bicicleta (la orografía no ayuda a los que viven lejos) pero sí para usar el transporte público y el coche compartido. Habría que favorecerlo (más que penalizar el uso particular) empleando fondos externos asignados para ello. Posibilidades: incentivar el uso del tranvía/bus. Ayuda para financiar bicis eléctricas. Pagar parte de la gasolina a coches compartidos. Prioridad en aparcamiento en IAC a coches compartidos, eléctricos/híbridos y a coches de menos potencia y contaminación (tipos eco, C, B y sin distintivo, en ese orden).

Datos útiles sobre desplazamientos en España ^[9]:

-El transporte ya es el mayor emisor de CO₂ en nuestro país, muy por delante de la industria y la electricidad.

-En España un 43% de la población no tiene carnet de conducir. Quienes sí lo tienen dedican hasta un 30% de su presupuesto familiar a comprar y mantener un coche.

-La mitad de los desplazamientos en coche se realizan a menos de 3 kms. de distancia, y un 10% son para trayectos de menos de 500 metros.

Datos útiles sobre desplazamientos en Canarias: "A pesar de las distancias más cortas, el parque de automóviles supera por habitante en un 20% a la media nacional y con un grado de antigüedad elevado, pero también en el marítimo y en el aéreo. La percepción de combustible barato y la dependencia del vehículo particular para cualquier desplazamiento es algo consustancial a la población de las islas, situación que se agrava con la existencia de una población flotante turística que ve en los desplazamientos en vehículo alquilado con el combustible más barato que en sus lugares de origen un atractivo más para hacer kilómetros"... "A día de hoy los combustibles fósiles suministran más del 80% de la energía a nivel mundial, pero en el caso de las islas Canarias la dependencia es aún mayor ya que el petróleo proporciona más del 98% de la demanda de energía del archipiélago. El petróleo domina por completo los sectores de transporte, energía y calor. Esta dependencia casi absoluta del petróleo se contrapone con la abundancia de recursos en energías renovables, un clima benigno y una extensión del territorio adecuada para introducir rápidamente la movilidad eléctrica, entre otras condiciones del archipiélago" (Informe Greenpeace 2015 para Canarias ^[10]).

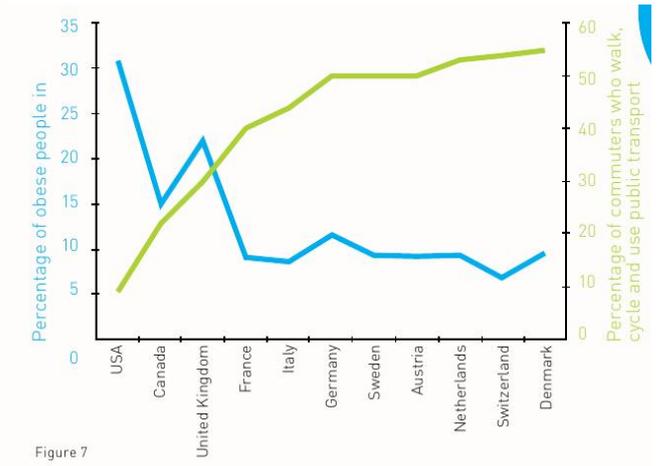
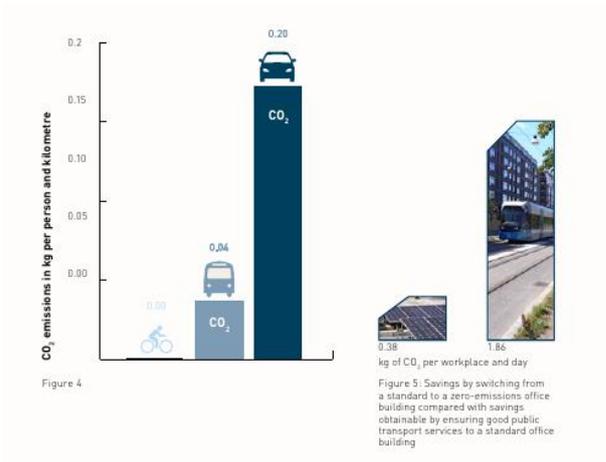


Fig. A-II.2, izda. El transporte público emite 5 veces menos CO₂ que el coche. Fig. A-II.2, dcha. El ahorro en CO₂ usando transporte público a edificios convencionales es 4 veces mayor que usando coches particulares a los futuros edificios de “emisión cero”.

Fig. A-II.3. Obesidad (azul) frente a modo de transporte mayoritario (verde) para distintos países. Canarias estaría muy a la izquierda.

(Fuente de datos para las Fig. A-II.2 y A-II.3: “A new urban mobility concept”; Greenpeace Germany ^[11])

ANEXO-III: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR COMPUTACIÓN EN EL IAC: ORDENADORES (SEDE CENTRAL, CALP y DA-ULL) + SUPERORDENADORES

Datos del IAC ^[12,13]

POTENCIA Y CONSUMOS ANUALES EN 2019:

(1) El superordenador "La Palma" tiene una potencia de 84 kW funcionando a tiempo completo (24/365) ==> **736 MWh**

(NOTA: Es un nodo de la Red de Supercomputación española y su uso real por el IAC es menor que 50%, aunque, por convenio, el IAC asume el gasto completo).

(2) Acceso al superordenador "Teide-HPC" del Instituto Tecnológico de Energías Renovables (ITER): Consumo total: **788 MWh** (100% energía renovable). 25% tiempo de uso por el IAC en 2019 => 315 MWh. No lo tenemos en cuenta en la huella de carbono.

(3) Sala CPD en el Centro de Astrofísica en La Palma (CALP), potencia de 49 kW, a tiempo completo 24/365 ==> **429 MWh**

(4) Sala CPD en la Sede Central, potencia de 48 kW, a tiempo completo 24/365 ==> **420 MWh**

(5) Centro de Cálculo del Depto. de Astrofísica en la Facultad de Ciencias de la Univ. de La Laguna (CC-ULL): 50 ordenadores de unos 150 W a 0.5 de tiempo completo ==> **33 MWh**

(6) Ordenadores personales: El consumo total de electricidad por el uso de ordenadores personales es de **444 MWh** al año, calculado con los siguientes datos: el IAC tiene unos 1000 ordenadores personales en total. De ellos, unos 600 ordenadores son de sobremesa, con potencia promedio unitaria estimada en 150 W (ordenador + pantalla). 135 de estos ordenadores de sobremesa trabajan a tiempo completo 24/365 (con el sistema CONDOR de uso compartido) y el resto, unos 465 ordenadores, se estima que operan a un tercio del tiempo. Además, hay unos 400 ordenadores portátiles, con consumo promedio de 80 W. Su uso estimado es también un tercio del tiempo, ya que si el trabajador dispone únicamente de un portátil, lo usa en su jornada laboral y si tiene dos, sobremesa y portátil, se suele dejar encendido el de sobremesa para acceder a los discos locales.

En algunas Áreas del IAC donde los usuarios tienen gran movilidad, como Investigación y Enseñanza, se podrían sustituir los ordenadores de sobremesa que agotan su vida útil por portátiles. Esto evitaría efectivamente que los trabajadores acumularan dos ordenadores (uno de sobremesa proporcionado por el Área y un portátil de su proyecto), reduciendo además el consumo eléctrico un 45% aproximadamente, aunque a costa de un precio de compra más elevado: un portátil es típicamente entre 1.5 y 4 veces más caro que uno de sobremesa con las mismas prestaciones.

En todo caso, la compra de portátiles, y de cualquier sistema informático en general, debería estar asesorada por una Comisión Técnica que priorice criterios de durabilidad, prestaciones y precios, y tomando en cuenta la opinión, tanto de los expertos como de los usuarios.

Por otro lado, debe investigarse el posible ahorro de realizar parte de la computación en "nubes locales" (es decir, independientes de las grandes multinacionales) y, en su caso, incentivar su uso.

Corriendo CONDOR exclusivamente en los ordenadores de cálculo intensivo (los llamados "burros"), implementando medidas de ahorro como las 2) y 9) del Anexo VI y realizando progresivamente la transición a portátiles según se vaya necesitando, se ahorraría hasta la mitad (210 MWh) del consumo eléctrico anual por ordenadores personales.

CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL POR COMPUTACIÓN (suma de los anteriores) **897 MWh (Sede Central + CC-ULL + ordenadores personales) + 1165 MWh (CALP) = 2062 MWh**

(Para el cálculo de emisiones de CO₂ se ha utilizado un factor de conversión de 0.6 kg de CO₂ por kWh de energía no-renovable, que en Canarias asciende al 85% de la total).

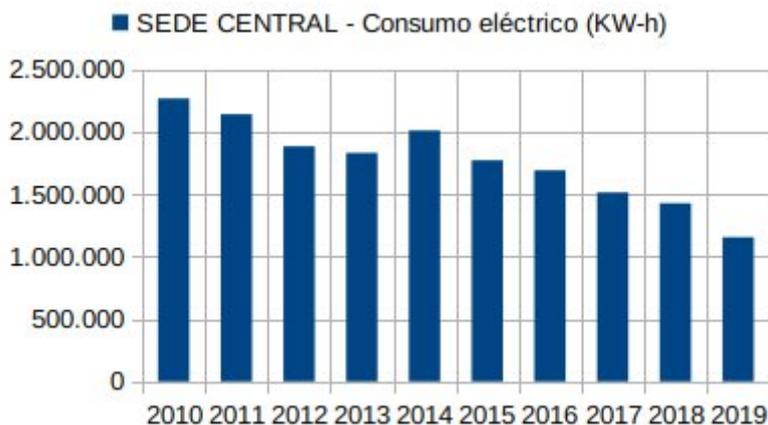
TOTAL HUELLA DE CARBONO ANUAL POR COMPUTACIÓN DEL IAC: 1237 tCO₂

ANEXO-IV: EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL IAC

La energía es un aspecto clave y estratégico en la lucha contra el cambio climático y para preservar el medioambiente. La demanda energética a cualquier nivel continúa aumentando año tras año, por lo que se hacen necesarias fuentes de energía que puedan cubrir la creciente demanda. La apuesta clara de futuro para luchar contra las emisiones contaminantes a la atmósfera es acabar con aquellas centrales basadas en combustibles fósiles y derivados, como el petróleo, el gas natural y el carbón.

El caso de Canarias: “Aplicación de los objetivos de la directiva 2010/31/UE que establece la obligatoriedad de Edificios de Consumo Casi Nulo (NZEB) a todos los sectores privados y públicos. Las Islas Canarias por insolación y por las características del clima no extremo son el marco más adecuado para llevar a cabo la puesta en marcha de instrumentos para rehabilitación de todos los edificios dedicados a servicios en base a criterios de NZEB, criterios que deben exigirse también a todos los edificios de nueva construcción. Este plan debe aplicarse a Hoteles, Hospitales, Edificios de la Administración Pública, centros de enseñanza, centros deportivos, centros comerciales, etc”... “Plan de sensibilización en materia energética: La sensación de energía abundante y barata en las Islas está muy arraigada, tanto por el diferente sistema fiscal como por la existencia de subvenciones con respecto al coste real de los productos energéticos. Es importante que se revierta esta situación porque los actores principales de lograr los objetivos planteados son los habitantes de las islas”. Informe Greenpeace 2015 para Canarias ^[10]

El IAC ha ido reduciendo progresivamente su consumo eléctrico, y por tanto, su gasto y su huella de carbono, a la vez que ha ido incrementando la generación propia de electricidad fotovoltaica, algo que es de destacar entre los organismos de investigación españoles y no es tan conocido por sus miembros. La figura muestra que en la Sede Central se ha reducido el consumo un 50% durante la pasada década. Proponemos avanzar decididamente por ese camino, generando nuestra propia energía y llegando en cuatro años a un consumo total neutro en carbono.



ANEXO-V: HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO EN EL IAC

Hemos considerado tres aspectos: compras de equipos informáticos, consumo de carne en la cafetería de la Sede Central e impresiones en papel.

1) Compra de equipos informáticos: En el IAC se compraron en 2019 114 ordenadores portátiles, 26 de sobremesa y 5 de otro tipo. Suponiendo que la huella total de Carbono al fabricar y transportar al IAC un portátil es de unas 0,5 tCO₂ y de un sobremesa el doble, aproximadamente 1 tCO₂ ^[14], estimamos que las compras de ordenadores en el IAC totalizan unas **88 tCO₂** al año.

2) Consumo de carne: Considerando un consumo semanal de carne en la cafetería del IAC de 50 platos de vacuno (x 3 días), 50 platos de cerdo (x 1 día) y 50 platos de pollo (x 1 día) y 125 gr de carne por plato, implica una huella de CO₂ de 65 (vacuno), 4 (cerdo) y 2.5 (pollo) tCO₂/año, es decir, unas **71 tCO₂/año** en total (calculador de la FAO ^[15]).

3) Papel de impresiones

En el IAC se imprimen más de medio millón de copias al año; el 65% son en color, 6 veces más caras que las de blanco y negro. Cada hoja de papel pesa 2 gr y se gastan unos 2.9 MWh para producir 1 Tm de papel ^[16]. Considerando que se emiten unos 0.5 kg de CO₂ por kWh, las impresiones en el IAC implican una huella de CO₂ de **2 tCO₂ - eq/año**.

Recomendación: 1) Hacer una campaña “piensa antes de imprimir”. 2) Implementar un software para eliminar hojas en blanco e imágenes innecesarias antes de imprimir. 3) Emplear en lo posible el blanco y negro con papel reciclado. 4) Usar tablets y portátiles en las reuniones. 5) Acelerar en lo posible la puesta en marcha del Plan de Transformación Digital de las Administraciones del Estado para eliminar las impresiones no estrictamente necesarias.

4) Recomendaciones adicionales:

Se incluyen aquí varios aspectos sobre el consumo no recogidos específicamente en el resumen del estudio propuesto.

- Poner en valor, como un requisito importante, la sostenibilidad en todas las compras y contratos que haga el IAC.
- Fomentar el software “verde” como el buscador "Ecosia" ^[17], que planta arboles con el dinero de los anuncios
- Mover de sitio el contenedor para reciclaje de baterías y componentes electrónicos a un sitio más accesible. Colocar carteles para notificar su existencia.

- Evitar suscripciones a revistas y magazines que se pueden recibir por correo electrónico.
- Evitar derroches en la limpieza, por ej., cambio innecesarios de bolsas de basura. Evitar productos químicos agresivos. Mejorar la recogida selectiva (por ej., compost en la cafetería)
- Consumo de agua: riego razonable de jardines (por ej., no regar en días de lluvia) y revisión de instalaciones (fontanería en baños, etc.)
- Minimizar el empleo de material de un solo uso en la cafetería:
 - Vasos de papel: usar tazas reutilizables.
 - Cápsulas de café de plástico.
 - Mantelillos. Ahora mismo se gastan unos 22000 mantelillos de papel cada año. Proponemos dos opciones: extra coste en el menú por los mantelillos de papel y destinar lo recaudado a organizaciones que plantan árboles, o bien venderlos reutilizables, de tela.
- Poner carteles bilingües señalando dónde reciclar cada cosa. Usar la pantalla de la cafetería para mostrar la forma de uso de los contenedores un día de cada semana.
- En la contratación del servicio de Cafetería tener en cuenta:
 - Promover el uso de materiales reutilizables
 - Promover compra de productos locales y de temporada.
 - Disminuir el consumo de carne. El IAC podría unirse a iniciativas como "Meat Free Monday", lanzada hace 10 años por Paul McCartney^[18], y que ha sido adoptada recientemente por las cantinas de las universidades francesas.

ANEXO-VI: DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS

- (1) Minimiza el número de impresiones en papel, evitando el color.
- (2) Apaga luces e hiberna pantallas y ordenadores cuando no estén en uso. Desconecta los enchufes de aparatos en hibernación y cargadores, que siguen consumiendo electricidad.
- (3) Disminuye el uso de plásticos. Cambia los recipientes de plástico por los de acero inoxidable o vidrio, especialmente al calentar comida en el microondas.
- (4) Participa activamente en el reciclaje electrónico (pilas, bombillas, etc.), de plásticos y de papeles.
- (5) Evita la utilización de materiales de "un solo uso". Aprovecha las fuentes de agua para evitar el uso de botellas de plástico.
- (6) Evita cualquier derroche de agua. En Canarias es un bien escaso. Avisa a Mantenimiento sobre cualquier pérdida por avería.
- (7) Si puedes climatizar tu zona de trabajo, hazlo de forma razonable, evitando derroches energéticos, p.ej., calentadores con ventanas o puertas abiertas.
- (8) Intenta racionalizar tu transporte al IAC. Dependiendo de la distancia, da preferencia a caminar, usar bicicleta, el transporte público y compartir coche.
- (9) Piensa dos veces antes de comprar un nuevo aparato electrónico. Basa las compras de material informático en criterios técnicos y de absoluta necesidad. Prolonga la vida de los dispositivos, recurriendo a reparaciones, si fueran viables. Evita compras para cuadrar presupuesto.
- (10) Pregúntate si el viaje que piensas hacer es necesario. Limita los viajes a reuniones en razón de su necesidad y teniendo en cuenta su impacto en el medioambiente.

REFERENCIAS:

- [1] Williamson, K.; Rector, T.A.; Lowenthal, J., 2019, *Embedding Climate Change Engagement in Astronomy Education and Research*, 2019BAAS...51g..49W
- [2] Matzner, C.; Cowan, N. B.; Doyon, R. et al., 2019, *Astronomy in a Low-Carbon Future*, arXiv:1910.01272
- [3] Stevens, A. R. H.; Bellstedt, S.; Elahi, P. J.; Murphy, M. T., 2019, *The imperative to reduce carbon emissions in astronomy*, arXiv1912.05834
- [4] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_es
- [5] <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>
- [6] <https://skepticalscience.com/small-electric-plane-promise.htm>
- [7] https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2019/05/A471_Greenpace_Ana%CC%81lisis-de-Movilidad-en-Ciudades-Neopolitan_201920514.pdf
- [8] <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/movilidad/>
- [9] <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/movilidad/>
- [10] <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Informes-2015/Noviembre/Revolucion-energetica/index.html>
- [11] <https://greenwire-russia.greenpeace.org/system/files/ru/document/d8a2e62a-1081-4f26-85e9-a53395313ada.pdf>
- [12] <http://research.iac.es/sieinvens//SINFIN/Main/supercomputing.php>
- [13] <https://www.iac.es/es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia/medios-tecnicos/superordenador-lapalma>
- [14] <https://i.dell.com/sites/content/corporate/corp-comm/en/Documents/dell-laptop-carbon-footprint-whitepaper.pdf>
- [15] <http://www.fao.org/gleam/results/es/#c303617>
- [16] <https://www.statista.com/statistics/713287/energy-consumed-by-paper-production/>
- [17] <https://info.ecosia.org/what>
- [18] <https://www.meatfreemondays.com/>