

# Balance Neto de Carbono en carreteras

Caso de estudio: Vías de alta  
capacidad en la isla de Tenerife



**Autor Principal:** Gara Ramos Morales (Cabildo Insular de Tenerife)

**Otros autores:** Josefina Hernández Márquez (Cabildo Insular de Tenerife); Miguel Pintor Sepúlveda (Cabildo Insular de Tenerife); Ignacio Demaria Castañeda (Grupo Eulen); Raul J. Pradana Yuste (Grupo Eulen); Marta Espejo Rayo (Grupo Eulen)

## ÍNDICE

1. Resumen
2. Introducción
3. Balance Neto de Carbono
4. Resultados
5. Conclusiones
6. Bibliografía

### 1. RESUMEN

El **Servicio Técnico de Carreteras, Paisaje y Movilidad del Cabildo Insular de Tenerife** ha elaborado el primer estudio de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de las carreteras de la Isla de Tenerife donde se ha incorporado la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de la vegetación y del suelo de las zonas verdes adyacentes a las vías (unos dos millones de metros cuadrados de superficie).

El **Balance Neto de Carbono** se convierte en un estudio pionero en el marco de la gestión de las vías de alta capacidad de transporte por carretera que ayudará a planificar nuevas estrategias que persigan la neutralidad y resiliencia climática de la red viaria.

El resultado del Balance Neto de Carbono se incorpora como un **indicador ambiental** adicional para la gestión de las carreteras, a través de la evaluación de las emisiones de los flujos de tráfico e iluminación de las autovías y la tipología y capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, tanto de las especies vegetales plantadas, como del suelo, de las zonas verdes conservadas por el Cabildo. De este modo, permitirá diseñar diferentes escenarios futuros según las intensidades de tráfico detectadas para mitigar sus efectos localmente mediante el aumento de zonas verdes que, como sumideros de carbono, contribuirán a una mayor absorción.

Con este proyecto se pone en valor la importancia de la vegetación en la mitigación y adaptación al cambio climático, al tiempo de disponer de un criterio más a tener en cuenta en la selección de especies a plantar en las zonas verdes de las carreteras de Tenerife. Se suma a ello, el nuevo cambio en la dinámica y tipología de las emisiones que supondrá el **Plan Insular de Movilidad Sostenible de Tenerife**, logrando cobeneficios de mitigación en la isla.

#### Palabras claves.

Carreteras; zonas verdes; huella de carbono; balance neto de carbono; GEI; emisiones; sumideros; vegetación; suelo; cambio climático; neutralidad; resiliencia; adaptación; mitigación; movilidad

### 2. INTRODUCCIÓN

Desde principios del siglo pasado, los registros climáticos globales documentan cambios crecientes, apreciándose aumentos significativos en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, así como un aumento de la temperatura media mundial. De estos gases, el CO<sub>2</sub> es especialmente importante por su efecto en el clima de la Tierra y por su permanencia, ya que es un gas que permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo.<sup>1</sup>

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el fuerte aumento de la temperatura desde mediados del siglo XX sólo puede explicarse por la actividad humana, y la causa es el rápido aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero<sup>2</sup>. Por ello, el cambio climático, sumado a acciones antrópicas, han contribuido a la

---

<sup>1</sup> Solomon et al., 2007

<sup>2</sup> Quinto informe de evaluación del grupo IPCC, 2014

degradación de diversos ecosistemas naturales en nuestro planeta, generando que existan cambios en los valores de su biomasa y en su dinámica de carbono.<sup>3</sup>

El sector transporte, al ser una actividad intensiva en el uso de combustible de origen fósil, representa el 29%<sup>4</sup> de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente por lo que contribuye de manera relevante a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera.

Por tanto, el **Servicio Técnico de Carreteras, Paisaje y Movilidad del Cabildo Insular de Tenerife** ante la importancia del sector del transporte en la huella de carbono global y su preocupación por el calentamiento global, encarga al Grupo Eulen la realización del servicio *“Cálculo y registro de la Huella de Carbono del Servicio Técnico y el Estudio de Balance Neto de Carbono para determinadas vías competencia del Cabildo Insular de Tenerife”*. El cual pretende profundizar en el conocimiento del impacto, en términos de emisiones GEI, de las infraestructuras que gestiona y sus potenciales acciones de mitigación, dentro de un contexto de emergencia climática.

El estudio de Balance Neto de Carbono para determinadas vías competencia del ECIT, una vez calculada la Huella de Carbono del Servicio Técnico para el año 2020<sup>5</sup>, pretende avanzar más allá en el conocimiento sobre la capacidad de absorción de GEI de las zonas verdes existentes en los márgenes de las carreteras en su relevante papel como sumideros de carbono.

Ello permitirá el desarrollo de una metodología y criterios de cálculo del balance neto que incorpore la información sobre la tipología y el comportamiento de la selección de las especies vegetales plantadas en las zonas verdes e incluso información sobre la capacidad de absorción de los suelos que los soportan.

El Balance Neto de Carbono se define como la diferencia existente entre aquellas operaciones que conllevan una emisión de carbono (efecto “fuente”) y el propio efecto fijador del sistema (efecto “sumidero” o capacidad de captación de carbono). Una evaluación del balance de carbono puede ayudar a construir nuevas estrategias para adaptar y prevenir consecuencias del cambio climático.<sup>6</sup>

El principal objetivo es el análisis y estudio del balance neto de carbono para las carreteras objeto de estudio en el año 2020; por un lado, mediante la cuantificación de las emisiones de GEI asociadas al flujo de tráfico de vehículos que transcurren por éstas, así como la huella de carbono asociada al alumbrado público de las vías de estudio, y por otro, mediante las remociones de carbono asociadas a las zonas verdes (patrimonio vegetal y medio edáfico) dependientes del Servicio Técnico.

Por tanto, el alcance del balance neto se limita a los tramos sobre los que se tiene un control operacional y, en concreto, las de mayor impacto de emisiones, como son las vías de alta capacidad: **TF-1, TF-2 y TF-5**.

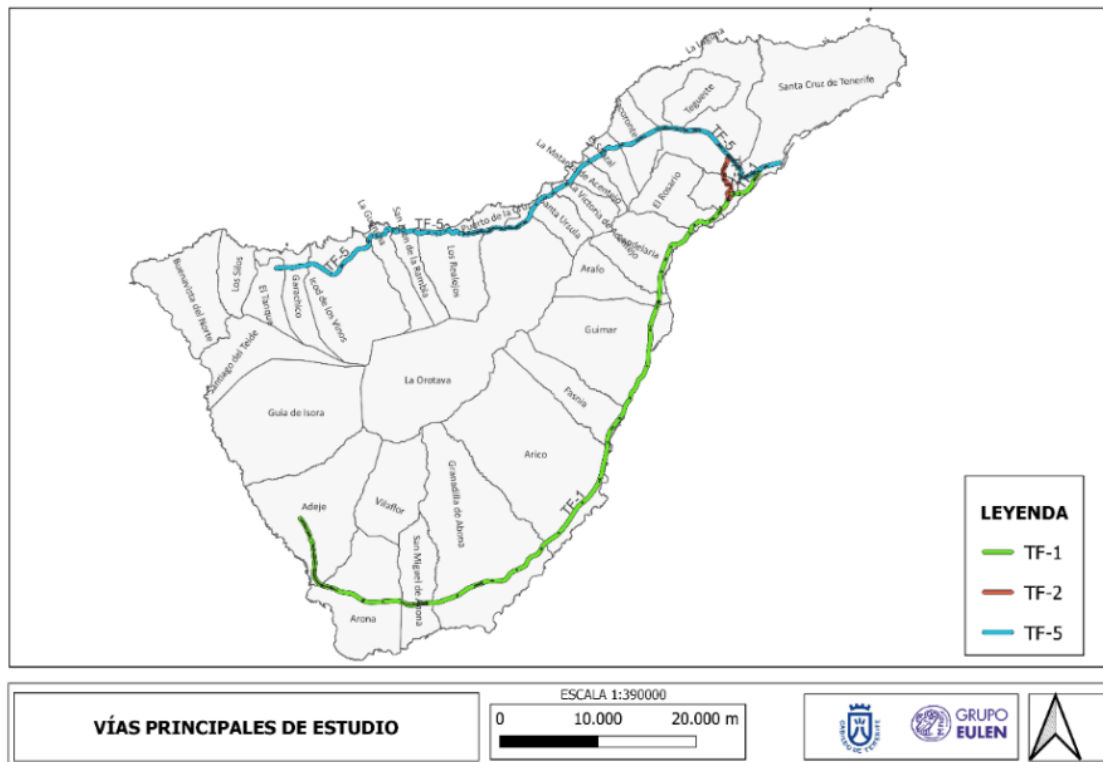
---

<sup>3</sup> Palmroth et al., 2006

<sup>4</sup> Inventario Nacional de GEI, Oficina Española de Cambio Climático, 2019

<sup>5</sup> Inscrita en la Oficina Española de Cambio Climático, sello nivel “cálculo”, 2020

<sup>6</sup> Chen et al., 2020



**Figura 1.** Vías de alta capacidad seleccionadas para el estudio de Balance Neto de Carbono en carreteras de la isla de Tenerife. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

Por medio de herramientas de cálculo de huella de carbono y uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS), es posible estimar la dinámica de balance de carbono en las zonas verdes en los diferentes ambientes<sup>7</sup> en torno a las principales vías de comunicación de la isla de Tenerife.

### 3. BALANCE NETO DE CARBONO

#### Metodología

##### Emisiones.

Para cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de combustibles de los vehículos que transcurren por los tramos de estudio (desglosados según estaciones aforadoras) y las emisiones del alumbrado público gestionado por el Servicio Técnico asociados a estos tramos de carretera se utilizará la Intensidad Media Diaria (IMD)<sup>8</sup>, considerado como la intensidad de tráfico que corresponde al día medio del año.

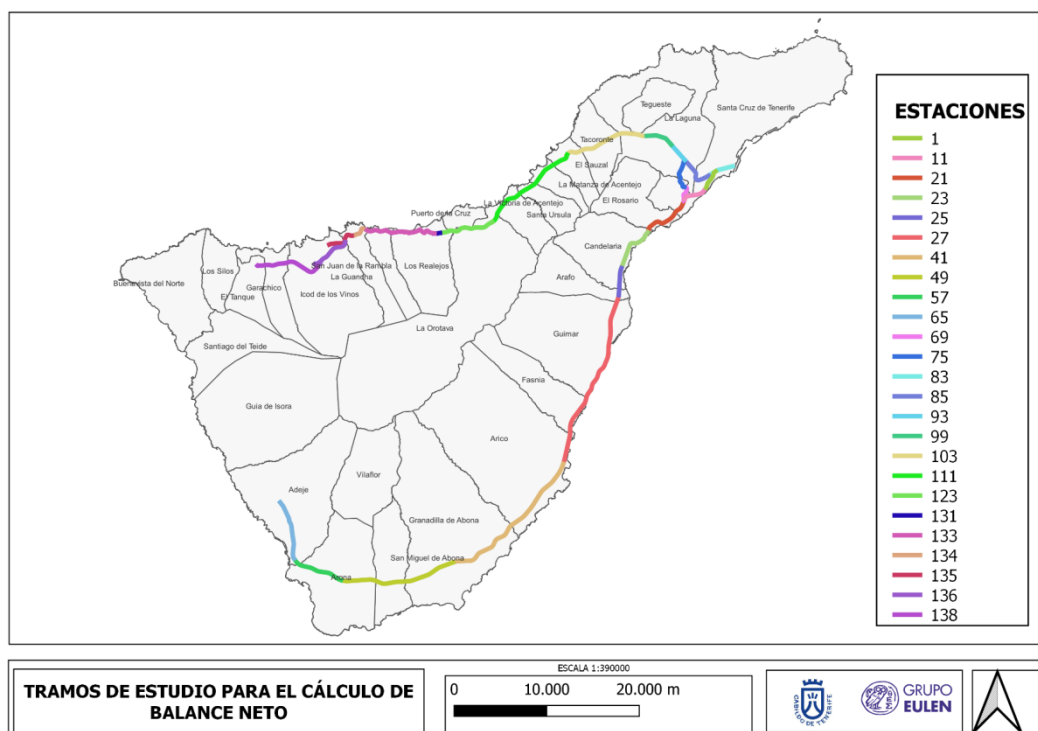
Para la obtención del valor IMD, hay colocadas una serie de estaciones de aforo con observaciones de larga duración que emplean aparatos automáticos que funcionan con el programa "Velocidad-ligeros-pesados" (estaciones permanentes y primarias), con el fin de

<sup>7</sup> Naturales, seminaturales, periurbanos y antrópicos

<sup>8</sup> Número de vehículos que pasan por una sección durante un año, dividido por 365 días

obtener de dichas estaciones unos coeficientes o factores de transformación que definen los ciclos generales del tráfico.

Por tanto, partiendo de los tramos seleccionados para el estudio con datos de IMD<sup>9</sup> de vehículos ligeros y pesados que transcurren por las vías seleccionadas, se ha realizado un análisis de las emisiones por tramo, teniendo un total de **25 tramos**, que equivalen a aproximadamente **150 km** de red viaria.



**Figura 2.** Tramos asociados a cada estación aforadora de las vías de estudio. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

Con respecto al tipo de combustible empleado por el parque vehicular se ha considerado vehículos de gasolina y diésel. Por tanto, se han tomado datos de la Dirección General de Tráfico del parque de anuarios 2020 para así obtener un dato aproximado del porcentaje de vehículos por tipos de carburante que transcurren por estas vías. Según estos datos, aproximadamente el 32% de los vehículos ligeros son diésel y el 67% gasolina.

**Cuadro 1.** Emisiones anuales por tipo de vehículo

TIPOS DE VEHÍCULOS	FACTOR DE EMISIÓN <sup>10</sup>	T CO <sub>2eq</sub> /año
Vehículos ligeros diésel	0,16844 kgCO <sub>2e</sub> /km	142.386,00
Vehículos ligeros gasolina	0,1743 kgCO <sub>2e</sub> /km	308.498,00
Vehículos pesados diésel	0,86540 kgCO <sub>2e</sub> /km	92.491,00

Fuente: Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT

<sup>9</sup> Cabildo de Tenerife, 2020. Resumen de IMD

<sup>10</sup> DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). Reino Unido

Adicionalmente, como dato de actividad para el alumbrado público gestionado por el Servicio Técnico de Carreteras, Paisaje y Movilidad, se referirá sólo las emisiones de enero 2020, ya que los meses siguientes cuentan con suministradora que cumple con Garantía de Origen renovable (GdO), y por tanto computa como emisiones 0 para los restantes meses de 2020.

En definitiva, se ha obtenido una emisión total, asociada al flujo de vehículos y alumbrado, de **543.452 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales** por los 25 tramos de estudio de las estaciones aforadoras.

**Cuadro 2.** Resumen emisiones

VÍA	Nº TRAMOS	LONGITUD (Km)	EMISIONES (TCO <sub>2</sub> eq/año)
TF-1	10	80	314.776,00
TF-2	2	5	20.914,00
TF-5	13	65	207.685,00
ALUMBRADO PÚBLICO	-	-	77,00
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>150</b>	<b>543.452,00</b>

Fuente: Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT

### Remociones o sumideros de carbono.

#### Vegetación

El balance entre el carbono acumulado en el árbol como resultado de su crecimiento y el liberado por el desprendimiento y descomposición de hojas, ramas, frutos, cortezas, etc., determina la fijación neta de carbono por el árbol<sup>11</sup>.

Por tanto, para el cálculo del factor de absorción por la vegetación se utiliza una metodología basada en el CO<sub>2</sub> total acumulado (toneladas) para cada tipología de bosque característico en España (bosque de Frondosas, bosque de Coníferas y bosque de Laurisilva-Faya brezal (bosque característico de las Islas Canarias el cual se engloba en la comunidad Monteverde)<sup>12</sup> y datos obtenidos de la calculadora de factores de absorción del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (MITECO)<sup>13</sup>.

Para el caso de los arbustos y matorrales, debido a que este tipo de formaciones están ganando importancia en las zonas verdes y que nos encontramos con una gran masa en la isla de Tenerife, principalmente en la zona sur. Se utiliza otra metodología<sup>14</sup> para obtener un valor de factor de absorción para las formaciones arbustivas.

A cada especie se le asigna su factor de absorción<sup>15</sup> correspondiente, el cual puede ser tanto el extraído del estudio del CIFOR-INIA, como el obtenido de las tablas del MITECO (si se dispone de él), así como el valor de absorción estimado para los arbustos. Para las especies de las que no se disponga valor de factor de absorción, se realiza una asimilación según tipología.

<sup>11</sup> Meneses et al., 2020

<sup>12</sup> Montero et al., 2005

<sup>13</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021. Calculadora de absorciones Ex Ante de dióxido de carbono V4

<sup>14</sup> González-González et al., 2017

<sup>15</sup> Toneladas CO<sub>2</sub> total acumulado a 25 años

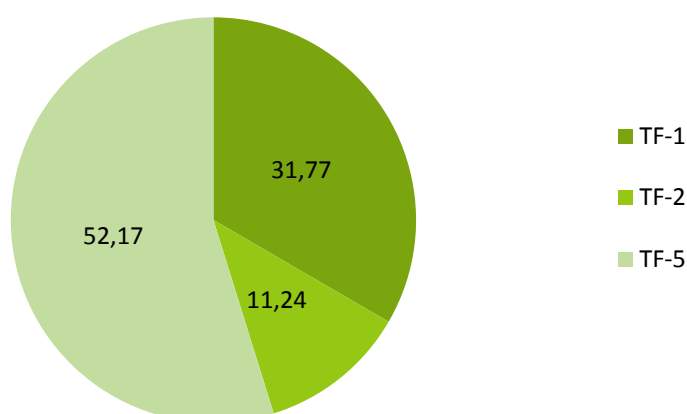


**Cuadro 3.** Resumen vegetación zonas verdes

VÍAS	Nº ZONAS VERDES	ÁREA (m <sup>2</sup> )
TF-1	324	663.396
TF-2	51	83.471
TF-5	359	419.168
<b>TOTAL</b>	<b>734</b>	<b>1.166.035</b>

Fuente: Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT

### Absorción vegetación (TCO<sub>2</sub>eq/año)

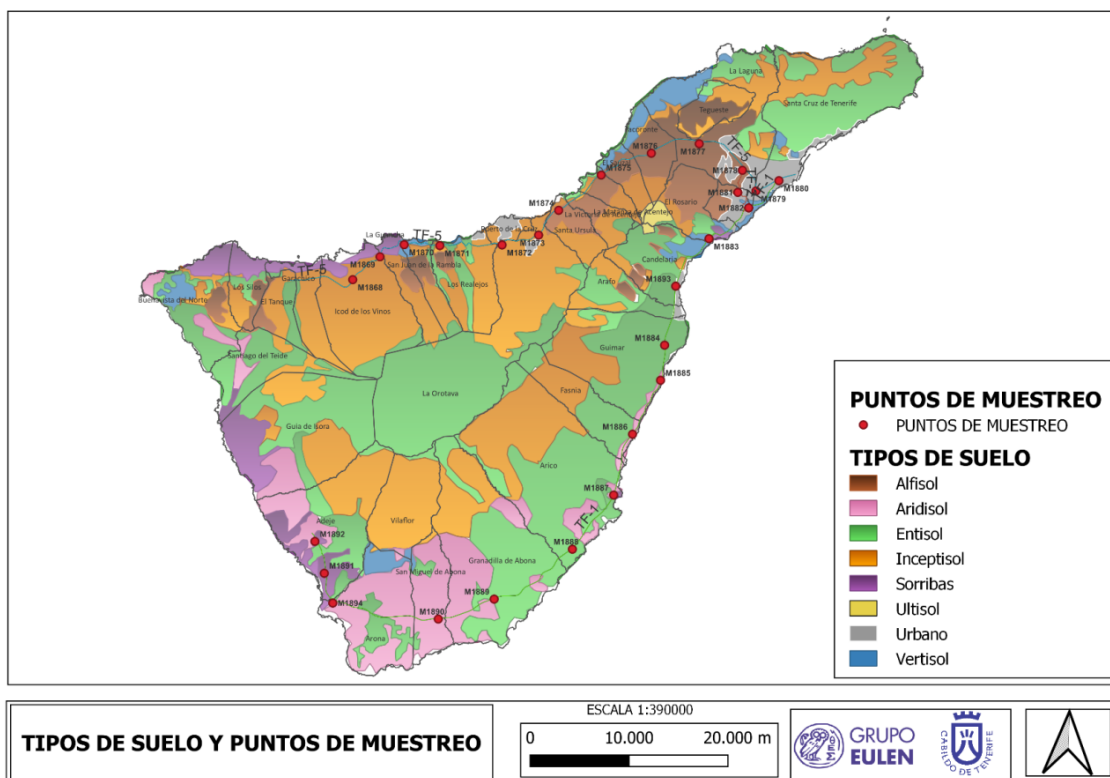


**Figura 3.** Distribución de la absorción de la vegetación por vías. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

### Suelos

Tal y como ya se ha mencionado, el suelo también supone un importante sumidero de carbono y ha de incorporarse en la ecuación del cálculo del balance neto, al acumularse en él tanto la hojarasca y demás partes desprendidas de las plantas, como otros restos orgánicos.

Para caracterizar el suelo en referencia al estudio del carbono orgánico contenido en él, la campaña de muestreo se ha planificado asegurando la cobertura de todos los tipos de suelo presentes en la zona de estudio, teniendo en cuenta las variaciones climáticas presentes (microclimas, zonas geográficas, etc.). Además, se ha asegurado un número suficiente de réplicas que permitan tratar los resultados obtenidos como valores de referencia, para su posterior aplicación al resto de puntos que no se vayan a muestrear. También se ha planteado el muestreo de tal forma que permita, en la medida de lo posible, observar cualquier tendencia espacial que pueda haber dentro de un mismo tipo de suelo por cualquier circunstancia.



**Figura 4.** Puntos de muestreo de suelo realizados en las zonas verdes. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

Las muestras de suelo recogidas durante la campaña de campo fueron enviadas para su análisis<sup>16</sup>. Tras los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico de los datos de carbono orgánico del suelo de las zonas verdes se concluye que la capacidad de absorción de los suelos se encuentra condicionada por su alta antropización, derivando un contenido en carbono orgánico sin diferencias significativas entre tipos de suelo y zonas. Por tanto, se determina que el contenido medio para los suelos de las zonas verdes, será de  $6,59E-06$  Tonelada C/m<sup>2</sup>. Si este valor lo multiplicamos por el área que ocupa el suelo en las diferentes zonas verdes, se obtendrán las toneladas asociadas a cada zona verde.

## 4. RESULTADOS

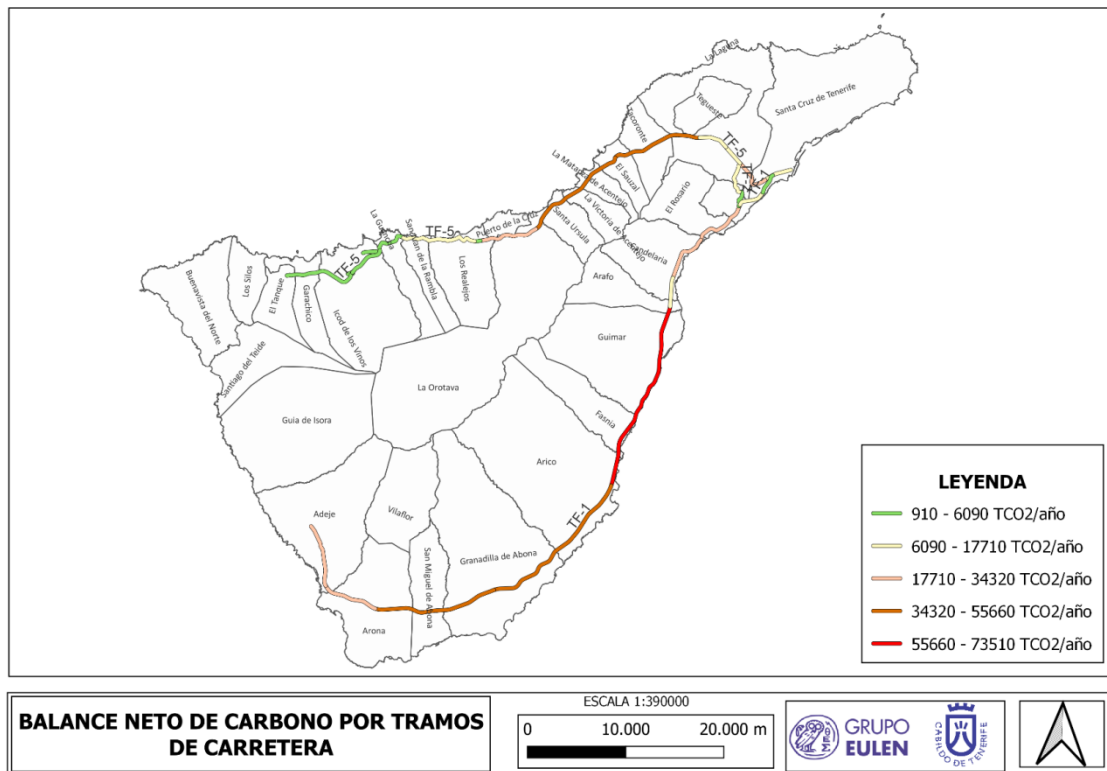
### Balance Neto por tramos IMD

Los resultados del estudio del Balance Neto de Carbono en carreteras de la isla de Tenerife nos permiten conocer el grado de aportación a las emisiones totales de la isla, además de poner en valor la capacidad sumidero de la vegetación y el suelo en el que se ubican.

<sup>16</sup> Laboratorios del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid



**Figura 5.** Diagrama Balance Neto de Carbono (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)



**Figura 6.** Balance Neto de Carbono en carreteras de la isla de Tenerife (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)



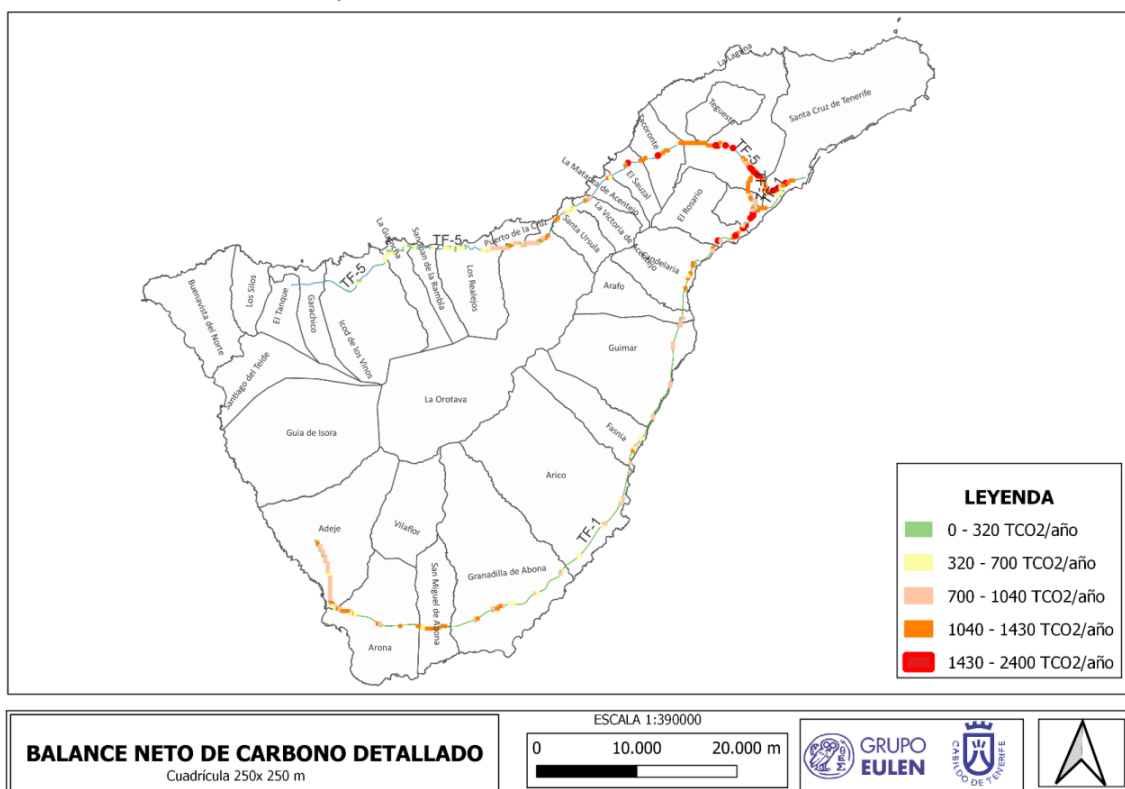
**Figura 7.** Procedimiento de estudio del balance neto de carbono. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

### Programa de Plantación (Balance Neto Detallado)

Las emisiones en la red viaria pueden variar mucho en escalas de tiempo tan cortas como minutos y en escalas de longitud tan cortas como decenas de metros, principalmente en zonas urbanas. Los datos detallados sobre las emisiones a estas escalas son un requisito previo para cuantificar con precisión las emisiones al medio ambiente e identificar los puntos críticos.

Por este motivo, con el objeto de que el Programa de Plantación tenga una base consistente, se realiza un balance de emisiones de carbono detallado, seleccionando cuadrículas de tramos de 250 x 250 m.

Por tanto para el **balance neto detallado**, atendiendo sólo a las cuadrículas que contengan zonas verdes<sup>17</sup> tendremos un total de 323 cuadrículas, lo que nos facilita un estudio más minucioso de las emisiones y absorciones.

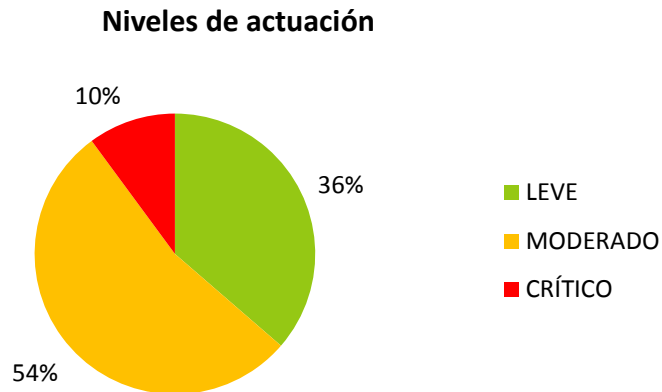


**Figura 8.** Balance Neto de Carbono Detallado (cuadrículas 250x250 m) en carreteras de la isla de Tenerife. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

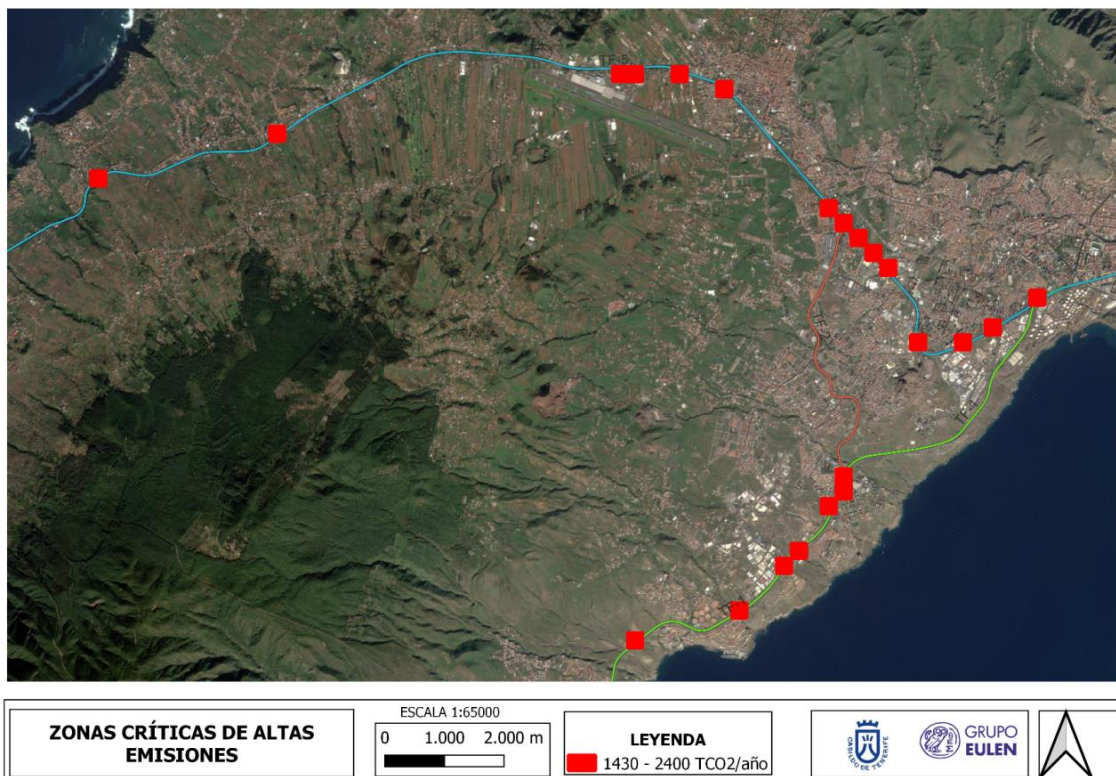
Como resultado, se ha establecido un **Programa de Plantación** para aumentar la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de las zonas verdes, acorde a los datos obtenidos, con un total de 1.492 unidades plantadas para un periodo de 5 años, contribuyendo así de manera activa a la mitigación del cambio climático.

<sup>17</sup> Hay zonas verdes que por su longitud y área comparten cuadrículas, por lo que para la estimación de las remociones en el cálculo del balance neto detallado, los valores de remoción serán estimados teniendo en cuenta toda su área

Para obtener las zonas verdes a intervenir<sup>18</sup>, se calcula una serie de niveles de actuación en el que se prioriza el nivel más desfavorable, donde el balance de emisiones es más elevado. Resultando 22 cuadrículas en nivel crítico, con déficits que superan los 1.430 TCO<sub>2</sub>eq/año, y por tanto, aquellas que requieren más urgencia en su actuación, todas en zonas próximas a las ciudades.



**Figura 9.** Distribución de niveles de actuación para Programa de Plantación. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)



**Figura 10.** Cuadrículas con nivel crítico de actuación. (Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT)

<sup>18</sup> Hay zonas verdes que por su longitud y área comparten niveles, pero primará la gradación de colores de las cuadrículas.

### OTROS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Con la metodología utilizada ha sido posible obtener datos sobre los factores de absorción de las principales especies plantadas en las zonas verdes de las carreteras de Tenerife. Además de crearse un primer **listado de especies de mayor absorción** que precisa ser reforzado con nuevos estudios por parte del ámbito científico para mejorar el conocimiento sobre la capacidad de absorción de la vegetación, principalmente del tipo arbustiva, y la singularidad y variedad de la flora local canaria.

**Cuadro 4.** Ranking de especies que más absorben presentes en las zonas verdes

Especie	Ud.	Factor de absorción (25 años)	Vía
<i>Pinus canariensis</i>	252	0,62	TF-1, TF-2, TF-5
<i>Phoenix spp.</i>	2841	0,57	TF-1, TF-2, TF-5
<i>Populus alba L.</i>	23	0,46	TF-5
<i>Ceratononia siliqua</i>	17	0,24	TF-1, TF-5
<i>Prunus spp.</i>	22	0,19	TF-5
<i>Myrica faya</i>	127	0,11	TF-5
<i>Laurus novocanariensis</i>	128	0,11	TF-5
<i>Juniperus cedrus</i>	123	0,10	TF-5
<i>Tamarix spp.</i>	2090	0,07	TF-1, TF-2, TF-5
<i>Olea europaea L.</i>	308	0,05	TF-1, TF-2, TF-5

Fuente: Estudio de Balance Neto de Carbono para Determinadas Vías Competencia del ECIT

Además, se recogen una serie de **recomendaciones** para mejorar la capacidad de remoción de los elementos vegetales, preservar las reservas de carbono orgánico en el suelo y propiciar que éstas aumenten con el tiempo y, en general, en relación a la gestión de las zonas verdes.

## 5. CONCLUSIONES

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992, un sumidero es “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero”.

Es importante destacar que según el artículo 26 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética<sup>19</sup>, las Administraciones Públicas competentes promoverán la identificación, clasificación, cartografía, aumento y mejora de los sumideros de carbono, incluidos los sumideros de carbono azul definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, así como su evaluación y contabilización a partir de las fuentes de información existentes

Una cuestión clave en los sumideros es la permanencia del carbono almacenado. Las cantidades de CO<sub>2</sub> absorbidas por un sumidero, pueden volver a la atmósfera si esa formación vegetal desaparece por cualquier circunstancia. En consecuencia, el mantenimiento del

<sup>19</sup> Boletín Oficial del Estado, 121, de 21 de mayo de 2021, 62009 a 62052



carbono almacenado en estos sumideros y el impulso del aumento de su capacidad de absorción juegan un papel muy importante en el balance de carbono<sup>20</sup>.

Con este estudio de Balance Neto de Carbono se ha constatado que la movilidad de vehículos cotidiana en la isla de Tenerife, genera anualmente en algunos tramos, emisiones de alrededor de 1.400 toneladas de CO<sub>2</sub>. El hecho de que en este caso, las emisiones en las carreteras sean bastante elevadas, es debido a que se tratan de vías principales por las que transcurren un alto número de vehículos. Se confirma así que las zonas de mayor emisión comprenden las zonas de mayor flujo de tráfico.

Es por esto que cabe destacar la importancia del papel de las zonas verdes asociadas a las carreteras en la isla de Tenerife. Éstas poseen un carácter multifuncional es decir; por una parte, la fragmentación del territorio provocada por la construcción de infraestructuras de transportes como las carreteras hace que estas infraestructuras verdes jueguen un papel relevante en la conectividad ecológica y paisajística en territorios rurales y naturales, y en la conectividad social en ambientes urbanos o semiurbanos. Y por otra, su importancia como sumideros de CO<sub>2</sub> como herramienta de mitigación frente al cambio climático, tal y como se ha constatado en el presente estudio de Balance Neto de Carbono.

El resultado aporta información sobre la tipología y el rol de las especies vegetales plantadas actualmente en las zonas verdes conservadas por el Servicio Técnico de Carreteras, Paisaje y Movilidad del Cabildo Insular de Tenerife, e incluso datos sobre la capacidad de absorción de los suelos, así como el comportamiento del parque móvil de la isla de Tenerife en relación al combustible y las intensidades medias diarias. Información útil a emplear en aras de mejorar la gestión de la red de carreteras, atendiendo a dichos criterios.

Por todo, con este proyecto se pone en valor la importancia de la vegetación en la mitigación y adaptación al cambio climático, al tiempo de disponer de un criterio más a tener en cuenta en la selección de especies a plantar en las zonas verdes de las carreteras de Tenerife. Se suma a ello, el nuevo cambio en la dinámica y tipología de las emisiones que supondrá el Plan Insular de Movilidad Sostenible de Tenerife, logrando cobeneficios de mitigación en la isla.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M.M.B.; LeRoy, H.; Chen, Z. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- [2] IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (and L. L. W. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy S. MacCracken, P.R. Mastrandrea (ed.)). Cambridge University Press.
- [3] Palmroth, S., Oren, R., McCarthy, H. R., Johnsen, K. H., Finzi, A. C., Butnor, J. R., Ryan, M. G., & Schlesinger, W. H. (2006). Aboveground sink strength in forests controls the allocation of carbon below ground and its [CO<sub>2</sub>]-induced enhancement. *Proceedings of*

---

<sup>20</sup> Fernández-Martínez et al., 2017

- the National Academy of Sciences of the United States of America, 103 (51), 19362–19367. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609492103>
- [4] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2019). Informe de inventario nacional gases de efecto invernadero. 2019, 990. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx>
- [5] Chen, J., Zhao, F., Zeng, N., & Oda, T. (2020). Comparing a global high-resolution downscaled fossil fuel CO<sub>2</sub> emission dataset to local inventory-based estimates over 14 global cities. *Carbon Balance and Management*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00146-3>
- [6] Cabildo de Tenerife (2020). Informe Resumen de IMD 2020, 440. <https://www.tenerife.es/portalcabtfe/es/temas/carreteras/monitorizacion-del-trafico-en-tiempo-real>
- [7] Meneses Retamal, L. (2020). Estimación del balance de Carbono de los ecosistemas naturales de Chile continental en el siglo XXI. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176411>
- [8] Montero, G.; Ruiz-Peinado, R.; Muñoz, M. (2005). Producción de Biomasa y Fijación de CO<sub>2</sub> Por Los Bosques Españoles. Monografías INIA (Vol. 13, p. 275). Eفا, S.A.
- [9] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021). Calculadora de absorciones Ex Ante de dióxido de carbono V4. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>
- [10] González-González, B. D., Sixto, H., Alberdi, I., Esteban, L., Guerrero, S., Pasalodos, M., Vázquez, A., & Cañellas, I. (2017). Estimation of shrub biomass availability along two geographical transects in the Iberian Peninsula for energy purposes. *Biomass and Bioenergy*, 105, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.07.011>
- [11] Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética (2021). Boletín Oficial del Estado, 121, de 21 de mayo de 2021, 62009 a 62052. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/05/21/pdfs/BOE-A-2021-8447.pdf>
- [12] Fernández-Martínez, M., Vicca, S., Janssens, I. A., Ciais, P., Obersteiner, M., Bartrons, M., Sardans, J., Verger, A., Canadell, J. G., Chevallier, F., Wang, X., Bernhofer, C., Curtis, P. S., Gianelle, D., Grünwald, T., Heinesch, B., Ibrom, A., Knohl, A., Laurila, T., ... Peñuelas, J. (2017). Atmospheric deposition, CO<sub>2</sub>, and change in the land carbon sink. *Scientific Reports*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08755-8>