



# Protocolo para el cálculo de la huella de carbono

---

Proyecto: Gestión forestal para la adaptación y mitigación: diversificación estructural y específica de pinares mediterráneos de repoblación (AGL2016-77863-R)

# Introducción y objetivos del protocolo

---

Este documento pretende ser la referencia metodológica que ayude al cálculo y monitorización del indicador Huella de Carbono (HC) del proyecto del proyecto de investigación "Gestión Forestal para la Adaptación y Mitigación: diversificación estructural y específica de pinares mediterráneos de repoblación" financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia AGL2016-77863-R) con acrónimo FORADMIT. Este proyecto de investigación ha sido desarrollado por personal investigador, técnicos y colaboradores de la Universidad Politécnica de Madrid durante el periodo de cuatro años que comprende desde enero de 2017 a diciembre de 2020.

El cambio climático es un fenómeno global que está introduciendo perturbaciones en todos los ecosistemas del planeta, entre ellos los sistemas forestales. De manera específica, el cambio climático supone una grave amenaza a la persistencia de las repoblaciones de pinares españoles de la segunda mitad del siglo XX, gracias al Plan General de Repoblación Forestal en España. Por eso, es importante conocer el impacto de estas actividades para mejorar y demostrar los beneficios gestión forestal.

La HC es un indicador de sostenibilidad ambiental que consiste en la elaboración de un inventario cuantificado de las emisiones y remociones de los gases de efecto invernadero (GEI). Es un indicador que permite identificar las fuentes de emisión y tener un conocimiento global del impacto climático de las actividades que se desarrollan.

Esta HC ha sido considerada por el equipo investigador un paso necesario con el que conocer con mayor detalle los efectos que las actividades asociadas a la gestión forestal poseen en cuanto a emisiones de GEI, completando y mejorando el reconocimiento generalizado de los sistemas forestales como sumideros naturales de GEI.

Para continuar con la esencia propia del proyecto, el equipo de FORADMIT ha incluido entre sus prioridades conocer el impacto climático del proyecto y ha calculado la huella de carbono del proyecto FORADMIT, incluyendo las acciones financiadas por el Ministerio de Economía y Competitividad y los proyectos ejecutados.

## Metodología

---

Las metodologías que se han seguido para el cálculo de la huella de carbono del proyecto FORADMIT son:

- Norma UNE-EN ISO- 14064-1:2019: Estándar que define los principios y requisitos para el desarrollo y gestión de los inventarios de GEI.
- GHG Protocol: Estándar desarrollado por World Resources Institute (WRI) y el Consejo Económico Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD siglas en inglés)

## Definición del alcance de la huella de carbono

---

### Límites del estudio de la huella de carbono

Este es el primer paso para conocer la huella de carbono y consiste en determinar los límites del proyecto a analizar según los requisitos establecidos en los estándares de referencia (ISO14064 y GHG Protocol)

Siguiendo lo estipulado en estos manuales, el proyecto FORADMIT incluye todas las acciones definidas dentro del proyecto (figura 1)

Figura 1. Tareas incluidas en los límites de la huella de carbono del Proyecto FORADMIT

Gestión forestal para la adaptación y mitigación: diversificación estructural y específica de pinares mediterráneos de repoblación		Proyecto FORADMIT			
	Personal	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Coordinación	JO, AR	[Gantt chart for Coordination]			
<b>Trabajos preliminares</b>					
Tarea 00: Localización de zonas de trabajo e instalación dispositivo experimental	PI, COL	[Gantt chart for Tarea 00]			
<b>Objetivo 1. Diversificación estructural y específica de pinares de repoblación según calidad de estación y tratamientos selvícolas</b>					
<b>Objetivo esp.1.1. Crecimiento y estructura forestal según tipo de clara</b>					
Tarea 111. Inventarios dasométricos tras claras	AB, SR, JO, TC	[Gantt chart for Tarea 111]			
Tarea 112. Inventarios dasométricos en parcelas de estudio a medio plazo	AB, TC	[Gantt chart for Tarea 112]			
Tarea 113. Análisis crecimiento	SR, AB, TC	[Gantt chart for Tarea 113]			
Tarea 114. Evaluación efecto de los regímenes de clara sobre crecimiento y estructura del vuelo	SR, AB, JO, AL, TC	[Gantt chart for Tarea 114]			
<b>Objetivo esp.1.2. Evolución de la composición florística del sotobosque tras claras</b>					
Tarea 121. Inventarios de vegetación	SR, AL, AA, AB, TC	[Gantt chart for Tarea 121]			
Tarea 122. Caracterización funcional de las especies	SR, AL, PF	[Gantt chart for Tarea 122]			
Tarea 123. Análisis de los cambios en la composición del sotobosque	SR, AL, PF	[Gantt chart for Tarea 123]			
<b>Objetivo esp.1.3. Crecimiento y estructura forestal tras entresaca por bosquetes</b>					
Tarea 131. Inventario dasométrico a nivel rodal	AB, SR, JO, TC	[Gantt chart for Tarea 131]			
Tarea 132. Control de regeneración en ensayos entresaca por bosquetes	AB, JO, TC	[Gantt chart for Tarea 132]			
Tarea 133. Análisis de los cambios en estructura y crecimiento del vuelo	AB, SR, JO, TC	[Gantt chart for Tarea 133]			
<b>Objetivo 2. Capacidad de almacenamiento de C y descomposición de MO en suelos de pinares de repoblación: efecto de la calidad de estación y tratamientos selvícolas.</b>					
<b>Objetivo esp.2.1. C en biomasa: efecto de gestión selvícola y calidad de estación</b>					
Tarea 211. Cálculos de biomasa y stocks de C en vuelo	AB, AR, CO, TC	[Gantt chart for Tarea 211]			
<b>Objetivo esp.2.2. C orgánico en Hor orgánico y suelo mineral: efecto peso de clara y calidad de estación</b>					
Tarea 221. Caracterización edafológica en parcelas estudios a medio plazo	AR, SR, AA, PF	[Gantt chart for Tarea 221]			
Tarea 222. Determinación de stocks de C y N en parcelas estudios a medio plazo	AR, CO, PF, MF	[Gantt chart for Tarea 222]			
Tarea 223. Seguimiento estacional de variación C y N en parcelas estudios a medio plazo.	AR, PA, FP, TC, MF	[Gantt chart for Tarea 223]			
<b>Objetivo esp.2.3. C orgánico en Hor orgánico y suelo mineral: efecto tratamiento (tipo de clara y entresaca)</b>					
Tarea 231. Caracterización edafológica de masas en parcelas estudios a corto plazo	AR, SR, AA	[Gantt chart for Tarea 231]			
Tarea 232. Determinación de stocks de C y N en parcelas estudios a corto plazo	AR, CO, PF, MF	[Gantt chart for Tarea 232]			
<b>Objetivo esp.2.4. Interacciones suelo-planta: efecto tratamiento (tipo de clara y entresaca)</b>					
Tarea 241. Cuantificación tasa caída de hojarasca	AR, AA, MF, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 241]			
Tarea 242. Evaluación descomposición de hojarasca	AR, SR, MF, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 242]			
Tarea 243. Monitorización de factores abióticos	AR, SR, MF, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 243]			
Tarea 244. Seguimiento estacional de variación de C y N disponibles para microorganismos	AR, PA, MF, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 244]			
Tarea 245. Evaluación abundancia y composición comunidad microbiana del suelo	AR, MF, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 245]			
<b>Objetivo 3. Respuesta postrransplante de especies introducidas bajo cubierta y tras tratamientos de claras en pinares de repoblación.</b>					
<b>Objetivo esp.3.1. Efecto del peso y tipo de clara</b>					
<b>Objetivo esp.3.2. Relaciones entre atributos funcionales de las especies introducidas y respuesta postransplante</b>					
Tarea 31. Creación de núcleos de dispersión bajo pinar	JO, SR, AL, TC	[Gantt chart for Tarea 31]			
Tarea 32. Caracterización y seguimiento de cond. ambientales de las plantaciones bajo cubierta y bosq	JO, AB, SR, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 32]			
Tarea 33. Seguimiento de la plantación	JO, AL, PF, TC	[Gantt chart for Tarea 33]			
Tarea 34. Estudio del enraizamiento de las especies empleadas en la plantación bajo cubierta	JO, AL, TC	[Gantt chart for Tarea 34]			
<b>Objetivo 4. Huella de carbono en la gestión de pinares de repoblación</b>					
<b>Objetivo esp.4.1. Valoración de propuestas selvícolas según huella de carbono</b>					
Tarea 411. Establecimiento de unidades de actividad y análisis de inventarios	AR, CA, AR, MF	[Gantt chart for Tarea 411]			
Tarea 412. Cálculo de Huella de Carbono	AR, CA, AR, MF	[Gantt chart for Tarea 412]			
Tarea 413. Informe de resultados, análisis de alternativas y oportunidades de mejora	AR, CA, AR, MF	[Gantt chart for Tarea 413]			
Preparación y elaboración de resultados	PI	[Gantt chart for Preparación y elaboración de resultados]			
Preparación de informes anuales y final	PI	[Gantt chart for Preparación de informes anuales y final]			
Comunicaciones a Congresos	PI	[Gantt chart for Comunicaciones a Congresos]			
Publicaciones	PI	[Gantt chart for Publicaciones]			
Seminarios/Reuniones Científico-Técnicas	PI	[Gantt chart for Seminarios/Reuniones Científico-Técnicas]			

## Límites operacionales

Se deben identificar y documentar todas las fuentes de emisión importantes incluidas en sus límites de informe, de acuerdo con las categorías definidas en la Norma UNE-EN ISO 14064-1:2019 (tabla 3)

### CATEGORÍA 1. Emisiones directas de GEI

Emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles en combustión móvil, asociado al uso de vehículos y maquinaria forestal en propiedad o en alquiler.  
Emisiones directas a partir de biomasa.

### CATEGORÍA 3. Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte

Emisiones causadas por los viajes de trabajo. Se incluyen los desplazamientos realizados en cualquier medio de transporte externo y las estancias de hotel

### CATEGORÍA 4. Emisiones indirectas de GEI causadas por productos o servicios que utiliza el proyecto

Emisiones derivadas del uso de servicios que no se describen en ninguna de las subcategorías anteriores. Se incluyen las emisiones causadas por el consumo de combustibles fósiles en combustión móvil por parte de los vehículos y maquinaria forestal

**Tabla 3: Clasificación de las fuentes de emisiones de GEI de FORADMIT, años 2017-2020.**

## Recopilación de datos

### Sistema de recopilación de datos

Los datos se obtienen de la información financiera destinada a cada una de las tareas del proyecto, que consiste en una hoja donde se encuentra el presupuesto total del proyecto y los gastos ejecutados en cada una de las tareas del proyecto. Los gastos ejecutados se dividen en las siguientes categorías:

- Personal: gastos relacionados con los salarios del personal asignado al proyecto
- Transporte-viajes: gastos destinados al transporte y alojamiento del personal del proyecto
- Equipos: gastos relacionados con los equipos necesarios para la ejecución del proyecto
- Material fungible: gastos relacionados por la compra de productos y materiales necesarios para la ejecución del proyecto
- Otros costes: gastos adicionales relacionados con el proyecto
- Costes generales del proyecto: gastos internos que soportan el proyecto

## Responsable de la información y los datos

En el proyecto FORADMIT se ha asignado una persona responsable de la información y los datos para el cálculo de la huella de carbono.

## Documentación y mantenimiento de registro

Toda la información necesaria para el cálculo de la huella de carbono del proyecto se proporcionará en archivos Excel y serán controlados y completados por los responsables a tal efecto. Se establece una revisión anual del inventario para identificar actualizaciones y nuevos flujos que sean para la mejora del cálculo del indicador.

## Gestión de la calidad de la información

Se establecen chequeos rutinarios y consistente durante el proyecto de elaboración del inventario de GEI para identificar y abordar los posibles errores que puedan ocurrir. Para ello, se asignará un responsable de la huella de carbono para garantizar la gestión y revisión de la información para que los resultados sean coherentes con los objetivos planteados en el proyecto.

## Reporting

Elaboración de un informe de cuantificación de huella de carbono y acciones de divulgación para facilitar el conocimiento que proporciona el indicador.

## Cálculo de emisiones de GEI

### Método de cuantificación

Para el cálculo de las emisiones y remociones directas e indirectas de GEI se ha empleado una metodología basada en cálculos numéricos a partir de **datos directos** de los consumos energéticos justificados en el control de gastos del proyecto. de todas las actividades realizadas en el proyecto de investigación FORADMIT que para alcanzar los objetivos científicos realiza en el monte (M.U.P. 261, "Jócar", provincia de Guadalajara) una serie de actividades selvícolas homologables a algunas de las que habitualmente se desarrollan en la gestión de cualquier masa forestal. El monte fue repoblado en 1970 por el Patrimonio Forestal del Estado, a través del PGRFE. con una densidad de plantación de unos 2.500 pies/ha. Una zona del monte se dividió en dos rodales (de unas 25 ha), en los cuales se configuró un dispositivo experimental para desarrollar entresaca por bosquetes (rodal 1) y otro para llevar a cabo distintas claras y posterior plantación de núcleos de dispersión (rodal 2) (figura 2).

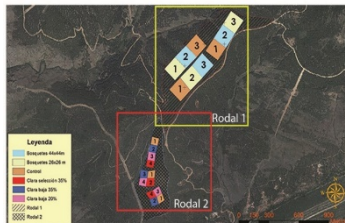


Figura 2. Plano general del monte. Distribución de rodales, bloques y parcelas.

Durante el final del invierno y principio de la primavera de 2018 se cortaron 9 bosquetes grandes y 27 bosquetes pequeños. El apeo de los árboles se realizó con motosierra y la saca por arrastre con skidder. Los restos de corta se eliminaron mediante apilado y quema.

## Resultados

Los resultados obtenidos para las emisiones de GEI de FORADMIT se expresan en toneladas de CO<sub>2</sub>e, según las fuentes de emisión (tabla 4).

Alcance	Categ.	Fuente de emisión	Emisiones CO <sub>2</sub> e (t)
			2017-2020
Alcance 1	1	Combustión móvil	21,67
		Combustión de biomasa	74,25
Alcance 3	3	Viajes de trabajo	1,72
		Viajes en avión	0,43
		Viajes en tren	0,18
		Estancias de hotel	1,14
Alcance 3	4	Combustión móvil de las actividades de proveedores	3,22
<b>TOTAL</b>			<b>102,59</b>

Tabla 4: Cuantificación de las emisiones de GEI de FORADMIT, años 2017-2020.



## Incertidumbre

La incertidumbre del inventario de GEI de las Categorías 1 y 4 de FORADMIT para el periodo de tiempo considerado en este proyecto (2017-2020) se ha estimado en un **5,41%**.