



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Propuesta de compensación de emisiones difusas en gestión forestal sostenible de montes de utilidad pública en condiciones mediterráneas

YAGÜE HURTADO, C.¹, OLIVER VILLANUEVA, J.V.², MORENO PÉREZ, O.M.³, LORENZO SÁEZ, E⁴, LERMA ARCE, V.⁵ y BRUNET NAVARRO, P.⁶

¹ Universitat Politècnica de València. Instituto Universitario de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. ORCID: 0000-0002-7904-1686

² Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Rural. Unidad de Industrias Forestales. ORCID: 0000-0003-2842-7834

³ Universitat Politècnica de València. Departamento de Economía y Ciencias Sociales. ORCID: 0000-0003-2976-3661

⁴ Universitat Politècnica de València. Instituto Universitario de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. ORCID: 0000-0003-3766-1198

⁵ Universitat Politècnica de València. Instituto Universitario de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. ORCID: 0000-0002-0433-7204

⁶ Universitat Politècnica de València. Instituto Universitario de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. ORCID: 0000-0001-9615-4810

Resumen

Los mercados voluntarios de carbono abren una oportunidad para establecer mecanismos de compensación entre sectores no sujetos al régimen de derechos de emisiones (EU ETS), y la gestión forestal sostenible (GFS), orientada a conservar los sumideros de carbono. La finalidad del trabajo es proponer la inclusión de un tercer esquema de compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero en Registro Huella de Carbono (RHC), tomando como caso de estudio el Puerto de València (demanda de bonos). Para cuantificar la oferta, se analizan actuaciones selvícolas de prevención de incendios en montes de utilidad pública (MUP) de la provincia de València. Estos bonos ponen en valor tanto la disminución del riesgo de emisión de CO₂, como el efecto sumidero y sustitutivo del aprovechamiento de la biomasa. Los resultados prevén que para el año 2025, las emisiones del Puerto de València incrementen un 61,5% con respecto a la actualidad. Tras considerar la reducción del riesgo de emisión se obtienen 5,7 millones de bonos anuales potenciales, 267.000 de los cuales serían adquiridos por el Puerto de València. Adicionalmente, quedarían 5,5 millones disponibles para otros agentes interesados. El mercado tiene capacidad para expandirse a la Comunitat Valenciana y puede ser replicado en otras regiones mediterráneas.

Palabras clave

Cambio climático, gases de efecto invernadero, Puerto de València, selvicultura preventiva de incendios forestales, mercados de compensación de carbono.

1. Introducción

Entre los compromisos derivados del protocolo de Kioto aprobado en 1997, a nivel europeo se establece el sistema EU ETS que se reglamenta por la Directiva EU 2018/410. Según la Comisión Europea (COMISIÓN UE 2020), este sistema constituye su herramienta fundamental para reducir de forma rentable las emisiones de GEI de los principales sectores emisores (directos), siendo el principal mercado de carbono del mundo y el de mayor tamaño. En España, el comercio de derechos de emisión de GEI está regulado por la Ley 1/2005, que se puso en marcha como medida fundamental para fomentar la reducción de emisiones de CO₂ en los sectores industriales y de generación eléctrica. En la actualidad, este régimen afecta a casi 1.100 instalaciones y un 45% de las emisiones totales nacionales de GEI (MITECO 2020b). Según la Oficina Española contra el Cambio Climático (OECC), en el año 2019 en la Comunitat Valenciana, el total de emisiones de instalaciones sujetas a EU ETS ha sido de 8,9 millones de t CO₂ eq./año del total de 35,5 millones

de t CO₂ eq./año, es decir, un 25% (MITECO 2020c). Así, el restante 75% (26,6 millones de t CO₂ eq./año) pertenecen a los sectores difusos, los cuales quedan totalmente excluidos del alcance del sistema regulado. Entre ellos destacan sectores como la movilidad y transporte, distribución y consumo de energía a nivel doméstico e industrial en sectores no intensivos o la agricultura y ganadería (LORENZO-SÁEZ et al. 2021).

En los montes de la Comunitat Valenciana existe actualmente una escasa gestión debido fundamentalmente a tres factores: la baja rentabilidad de los aprovechamientos forestales, el inexorable proceso de abandono del medio rural y la falta de inversión por parte de la Administración Pública (PATFOR 2012). Todo ello ha propiciado un incremento anual de 3.000 ha de superficie forestal, y en consecuencia del carbono almacenado en sus ecosistemas, los cuales representan los principales sumideros de carbono en la región (CABANES-SÁNCHEZ et al. 2016). Los IF suponen una de las mayores amenazas en los ecosistemas mediterráneos, tanto para la persistencia de los mismos como para la liberación a la atmósfera de grandes cantidades de carbono en forma de CO₂, almacenados tanto en suelo como en vegetación (MMA 2002 y CHIRIACO et al. 2013). Sin embargo, algunas políticas actuales que rigen los créditos de carbono forestales promueven evitar la liberación de CO₂ y penalizan acciones que incrementarían el almacenamiento de carbono a largo plazo, aunque supongan la emisión de una pequeña cantidad CO₂ a corto plazo (HURTEAU et al. 2008). Éste es el caso de la selvicultura preventiva de incendios forestales (IF). De hecho, algunos autores (HURTEAU et al. 2008) apuntan que, mediante el tratamiento de las masas de forma sostenible, no solo se disminuye el riesgo de IF, sino que además se pueden reducir las emisiones de CO₂ hasta el 98% en algunos casos.

En las últimas décadas los esquemas de compensación para los servicios ecosistémicos, entre los que destacan los mercados de carbono, están adoptando una relevancia cada vez mayor en el contexto europeo (FISHER et al. 2009 y FOREST TRENDS 2013). Dichos mercados persiguen estabilizar las concentraciones de CO₂ atmosférico mediante dos mecanismos: la reducción de las emisiones de GEI o la fijación de CO₂ a través de los sistemas forestales (MITECO 2020d). Estos sistemas, además de los beneficios ambientales implícitos, presentan ventajas a nivel socioeconómico, creando empleo y derivando recursos financieros a las áreas rurales (ENRÍQUEZ-DE-SALAMANCA et al. 2017). Según CEVALLOS et al. (2019), el mercado a nivel europeo se está consolidando. Al menos 3 Mt CO₂ están disponibles para ser adquiridas y desde el 2015 han surgido cinco nuevos esquemas de compensación. En España, Registro Huella De Carbono (RHC) es el único esquema de compensación de carbono que existe actualmente. La principal problemática de dicho mercado reside en el hecho de que solo es posible compensar con proyectos de repoblaciones y plantaciones forestales (MITECO 2020c), excluyendo los proyectos relacionados con los tratamientos selvícolas propios de la GFS, especialmente en monte mediterráneo, p.e. de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) (tratamientos preventivos de IF, claras preparatorias para la regeneración natural, aclareos sistemáticos o selectivos en masas jóvenes hiperdensas tras regeneración natural post-incendio o en proceso de silvogénesis procedentes de tierras agrícolas abandonadas, etc.) (DELGADO-ARTÉS 2015).

2. Objetivos

El objetivo principal del estudio es elaborar una propuesta para la compensación de la emisión de GEI derivados de las actividades de operación y mantenimiento del Puerto de València tras la ejecución de su Proyecto de Ampliación, al sector forestal valenciano por la fijación de carbono en los MUP de dicha provincia. Con la finalidad de alcanzar este objetivo se definen los siguientes objetivos específicos: (1) cuantificar las emisiones de GEI derivadas de las actividades de operación y mantenimiento del Puerto de València en distintos escenarios y alcances (análisis de la demanda de bonos), (2) cuantificar la reducción del riesgo de IF derivado de la implementación de actividades de selvicultura preventiva en los MUP de los ayuntamientos de la provincia de València

(análisis de la oferta de bonos), y (3) proponer un mecanismo de compensación local entre la oferta y la demanda de bonos de carbono en base a un sistema de pagos por servicios ambientales (PSA).

3. Metodología

Área de estudio

Por la parte ofertante, el estudio se centra en los MUP de los ayuntamientos de los municipios del interior de la provincia de València (España). Dichos ecosistemas forestales son muy variados y están altamente adaptados al intenso régimen de incendios forestales y a la gran variabilidad climática y orográfica (PATFOR 2012). Dentro de la superficie arbolada, que ocupa más de un 54% del terreno forestal, domina el pino carrasco (PATFOR 2012). Según PATFOR (2012), se estima que la reserva de carbono de los bosques valencianos oscila alrededor de los 26,58 millones de t CO₂, con un incremento anual de 961.187 t CO₂/año capturadas. Adicionalmente, el contenido total de carbono en los suelos forestales de la Comunitat Valenciana asciende a más de 150 millones de toneladas de CO₂, en una primera aproximación (CABANES-SÁNCHEZ et al. 2016). En lo relativo a la propiedad, del total de la superficie forestal de la provincia de València, 325.811 ha son de titularidad pública (51,8% del total de la superficie forestal), siendo 80,9% de los ayuntamientos (PATFOR 2012).

Por la parte demandante, se presenta el Puerto de València, gestionado por la Autoridad Portuaria de València (APV), que posee el liderazgo entre los puertos comerciales del Mediterráneo occidental debido a su dimensión y posición estratégica (VALENCIAPORT 2020). El puerto está actualmente desarrollando la segunda fase de su proyecto de ampliación norte, la cual se espera que finalice para el año 2025 (GISBERT 2019). Dicha ampliación cuenta con una inversión público-privada de 1.400 millones de euros e implica la construcción de una nueva terminal de contenedores, mediante el cual pretende adquirir una posición de liderazgo en el ámbito del tráfico de contenedores (VALENCIAPLAZA 2019). Esta nueva terminal permitirá doblar su capacidad actual, aumentando consecuentemente las emisiones de GEI de las actividades de operación y mantenimiento de puerto (ZARAGOZÁ 2019).

Caracterización y cuantificación de la demanda de bonos

La metodología empleada para la caracterización y cuantificación de las emisiones de GEI derivadas de las actividades de operación y mantenimiento del Puerto de València se basa en IPCC (2006) y en ISO 14064-1:2006, dado que esta ha sido la norma utilizada por la APV en sus informes (VALENCIAPORT 2016). Para el cálculo de la huella de carbono se consideran los siguientes GEI, cuyas emisiones son expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (CO₂ eq.): CO₂, CH₄ y N₂O. Las emisiones se analizan en los tres alcances: (1) directas, (2) indirectas y (3) otras emisiones, quedando excluidas del estudio las actividades emisoras que acontecen fuera del recinto portuario.

Con la finalidad de calcular las emisiones de GEI del Puerto de València antes de la implementación del proyecto de ampliación y tras la puesta en marcha del mismo y de analizar su dinámica, se establecen tres escenarios:

1. Escenario 2016: analiza los últimos datos publicados por la APV permitiendo compararlos con los factores de emisión y el mix eléctrico actualizados y comprobar si existe una diferencia significativa (VALENCIAPORT 2016, IPCC 2014 y REE 2019).
2. Escenario 2018: muestra las emisiones de GEI del año 2018, teniendo en cuenta las obras de ampliación que se han realizado hasta dicho momento (VALENCIAPORT 2020).
3. Escenario 2025: muestra las emisiones de GEI esperadas para el año 2025, basándose en los datos disponibles sobre las obras del proyecto de ampliación en su segunda fase (ZARAGOZÁ 2019).

Caracterización y cuantificación de la oferta de bonos

Para la caracterización y cuantificación de las actividades selvícolas dirigidas a la prevención de incendios forestales en los MUP de la provincia de València, se seleccionan únicamente los estratos 1 y 2 del 3^{er} IFN (MITECO 2007), que son los ecosistemas mediterráneos más abundantes en dicha provincia. Esto es debido al doble objetivo de favorecer la regeneración natural y la persistencia de las masas, así como la prevención de IF. Las características de ambos estratos aparecen descritas en la tabla 1.

Tabla 1 Estratos del 3er Inventario Forestal Nacional abarcados en el estudio. Fcc = fracción de cabida cubierta. Fuente: elaboración propia.

Estrato	Formación forestal dominante	Ocupación (%)	Estado de masa	Fcc (%)	Superficie total (ha)	Superficie de utilidad pública (ha)
1	Pinus halepensis	>=70	Fustal. Latizal	70-100	39.041	19.934
2	Pinus halepensis	>=70	Fustal. Latizal	40-69	117.701	49.904
Todos					156.742	69.838

Con la finalidad de analizar la evolución de la masa en la que se realizan actuaciones de prevención de IF a lo largo del tiempo, se han establecido tres horizontes temporales:

- (a) Línea de base (t_0): representa el año 2020, previo a la realización de las actuaciones selvícolas.
- (b) Tiempo 1 (t_1): representa el momento inmediatamente posterior a la realización de las actuaciones. Dichas actuaciones implican una extracción de biomasa y, en consecuencia, un aumento del carbono del carbono asociado a ésta (carbono no en riesgo, CNR), frente a la biomasa remanente que disminuye (carbono en riesgo, CR).
- (c) Tiempo de recuperación (t_r): es el momento en el que la masa forestal ha recuperado la biomasa extraída en la actuación selvícola (t_1) hasta volver a ser como la del momento inicial (t_0).

La cuantificación de las existencias de biomasa (tanto aérea como subterránea) de la línea de base (t_0), se calcula como la biomasa almacenada en el año de la realización del 3^{er} IFN (2006) adicionándole el incremento anual que experimenta cada estrato hasta el año 2020 (t_0), a partir de los volúmenes con corteza de cada especie, multiplicándolos por su densidad básica para obtener biomasa en peso seco. Para cuantificar el incremento anual de los pies menores (PME) y mayores (PMA) se emplean las metodologías descritas por MONTERO et al. (2005) y LERMA-ARCE (2015), respectivamente. Posteriormente, se emplea la fracción de carbono en la biomasa en peso seco de 0,5 como el valor medio de los autores consultados (IPCC 2006, MCGRODDY et al. 2004, FELDPAUSCH et al. 2004, MONTERO et al. 2005 y LAMLOM & SAVIDGE 2003). Finalmente, se aplica la relación estequiométrica entre carbono y CO₂ para obtener la cantidad de CO₂ eq.

En lo relativo a las actuaciones selvícolas, el estudio se centra en aquellos tratamientos parciales de prevención de incendios más adaptados a ambos estratos:

- (a) Claras preparatorias: se propone una densidad final de 450 pies/ha para masas de pino carrasco cuya finalidad es fundamentalmente preventiva, según las conclusiones del proyecto de investigación *Interreg MED ForBioEnergy* (AMUFOR 2013). El sistema de cortas consiste en la apertura de calles de saca cada 20 metros donde se realizará una corta de naturaleza sistemática y el aclareo por lo bajo, de intensidad fuerte y de naturaleza selectiva entre las mismas. El destino final de la biomasa extraída será: 25% para madera de sierra y 75% para bioenergía en PMA, y 100% para bioenergía en PME.
- (b) Desbroces: se harán sistemáticamente y por roza, eliminando la totalidad de las especies del sotobosque (GONZÁLEZ et al. 2014). Los restos serán astillados y dejados en monte.

La cuantificación de la biomasa extraída (áerea y subterránea) se basa en metodologías diferenciadas para cada tipo de actuación:

- Claras preparatorias: se calcula la densidad de PMA y PME extraídos. Mediante una regla de proporcionalidad directa, se relaciona la densidad de pies iniciales y el carbono de la línea de base (t_0), con la densidad de pies extraídos y el carbono de la biomasa extraída tras la actuación (t_1), expresado en valor unitario (t CO₂ eq./ha).
- Desbroces: se sigue la descrita por MONTERO *et al.* (2017). Posteriormente, se emplea la fracción media de carbono en la biomasa en peso seco para las especies de matorral mediterráneo de 0,499 (MONTERO *et al.* 2013). Finalmente se transforma en t de CO₂ eq. aplicando la relación estequiométrica entre carbono y CO₂.

La generación de bonos de GFS mediterránea se basa en la adicionalidad producida a partir del mecanismo propuesto. Ésta se produce en el arco temporal entre t_1 y t_r y se expresa en t de CO₂ eq (unidad de los bonos). Consiste en las emisiones de CO₂ evitadas como consecuencia de tres factores: la disminución del riesgo de incendio (RI) derivado de la implementación de las actuaciones de selvicultura preventiva de IF propuestas, y el efecto sumidero de carbono dinámico y sustitutivo derivados de la biomasa extraída. Así, los bonos incluyen los beneficios directos e indirectos generados mediante la producción del servicio ambiental.

$$\text{Bono de GFS mediterránea (i años)} = \Delta\text{RE} + \text{E}_{ss}, \text{ siendo:}$$

ΔRE = disminución del riesgo de emisión de CO₂ por reducción del RI, expresado en t CO₂ eq.
 E_{ss} = emisiones evitadas por efecto sustitutivo más carbono secuestrado por efecto sumidero, expresado en t CO₂ eq.

Para el cálculo del ΔRE se establece la siguiente metodología: $\text{RE}_i = \text{CR}_i * \text{RI}_i$, siendo:

RE_i = riesgo de emisión de CO₂ en el año i, expresado en t de CO₂ eq.

CR_i = carbono en riesgo en el año i, expresado en t de CO₂ eq.

RI_i = riesgo de incendio en el año i, expresado en %

En primer lugar, se aplica dicha fórmula para los tres horizontes temporales:

- En el momento t_0 se espera que tanto la biomasa (CR) como el RI y, en consecuencia, el RE sean máximos.
- En el t_1 se prevé que la biomasa restante, es decir, el CR disminuya con respecto al momento inicial (t_0) hasta alcanzar el valor mínimo (MOYA *et al.* 2014), así como el RI y el RE, en consecuencia.
- Desde que tenga lugar la actuación en t_1 se incrementarán anualmente la biomasa (CR), RE y RI, siendo t_r el mínimo número de años tras los cuales los tres valores volverán a ser máximos.

A continuación, se obtiene un modelo que refleja la evolución del t_1 al t_r de las tres variables, representadas mediante una ecuación lineal para simplificar los cálculos:

- Para el cálculo de CR_i se crea una ecuación que refleja la suma de ambas actuaciones:

En el caso de la biomasa arbórea se emplea como coeficiente el crecimiento corriente calculado en base al 3^{er} IFN del estrato 4 (presenta características similares a los estratos 1 y 2 tras la realización de las actuaciones de prevención de IF) y como ordenada en el origen el valor de la biomasa en el t_1 .

En el caso del matorral se emplea el crecimiento corriente medio del sotobosque mediterráneo como coeficiente (MONTERO *et al.* 2017), y el valor 0 como ordenada en el origen, puesto que se propone como actuación la eliminación sistemática de la biomasa.

- En el cálculo de RI_i se decide aumentar el dato obtenido de la literatura sobre la disminución del RI tras la realización de las actuaciones (REGOS *et al.* 2016) al 80% tras una consulta a expertos regionales (ordenada en el origen). La pendiente de la función se calcula mediante la fórmula: $\Delta RI \text{ anual} = (RI_r - RI_1)/(t_r - t_1)$.
- El cálculo de RE_i se basa en la fórmula anteriormente descrita.

Finalmente, $\Delta RE = \Delta \sum_{t_1}^{t_r} (RE_{t_0} - RE_{t_r})$, expresado en t CO₂ eq.

Para el cálculo del E_{ss}, se considera el destino final de la biomasa extraída. Así,
 $E_{ss} = \text{biomasa PMA extraída actuación}^* (0,25 * \text{coef. sierra} + 0,75 * \text{coef. bioenergía}) + \text{Biomasa PME extraída actuación}^* \text{coef. Bioenergía}$,

Donde,

E_{ss} = emisiones evitadas por efecto sumidero y sustitutivo, expresadas en t CO₂ eq.

Coef. Sierra: coeficiente de emisiones evitadas por efecto sustitutivo de producción de madera de sierra y de sumidero dinámico. Se adopta el valor 2 (BEYER *et al.* 2006).

Coef. Bioenergía: coeficiente de emisiones evitadas por efecto sustitutivo de producción de bioenergía frente a otras fuentes no renovables. Se adopta el valor 3 (CABANES-SÁNCHEZ *et al.* 2016).

Gobernanza del SA

El estudio aborda la posibilidad de incluir el mecanismo de compensación diseñado como un tercer esquema de compensación de carbono basado en la GFS dentro del mercado voluntario nacional español, el RHC. Para ello, se realiza un análisis del mecanismo de pago y sus condiciones, sobre las reglas que rigen las relaciones entre actores y la existencia de intermediarios.

Para la determinación del precio del bono considera el precio establecido para los proyectos de compensación del RHC (MITECO 2020c), como plataforma de referencia. Adicionalmente, se compara con el precio de mercados europeos e internacionales de similares características.

Por otro lado, se analizan los requisitos para los procesos de medición, revisión y verificación (MRV) con la finalidad de dar credibilidad al sistema por parte de terceros, partiendo de los requisitos existentes en el RHC (MITECO 2020c). Adicionalmente, se valora la inclusión de nuevas TIC como la teledetección, con la finalidad de reducir los costes de transacción relacionados con esos procesos puesto que constituyen una de las principales debilidades de los mercados voluntarios de carbono (CEVALLOS *et al.* 2019).

4. Resultados

Emisiones de GEI del Puerto de València

Siguiendo la metodología descrita en la sección anterior, se han obtenido los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Emisiones de GEI del Puerto de València en el escenario actual y tras el proyecto de Ampliación. Fuente: elaboración propia.

ALCANCES	EMISIONES DE GEI			
	Escenario 2 (2018)		Escenario 3 (2025)	
	t CO ₂ eq.	%	t CO ₂ eq.	%
Alcance 1	185	0,11	185	0,07
Alcance 2	2.265	1,37	3.138	1,18
Alcance 3	162.750	98,52 (Escala de buques 59,21)	263.547	98,75
Total	165.200	100,00	266.870	100,00

Conforme a la tabla 2, el Puerto de València emite un total de 165.200 t de CO₂ eq. en la actualidad. El escenario del año 2025 revela un potencial aumento de las emisiones anuales del puerto a 266.870 t de CO₂ eq. durante las actividades de operación y mantenimiento del mismo tras la implementación del Proyecto de Ampliación. Ello supone un incremento del 61,5% de las emisiones de GEI con respecto al escenario presente.

Adicionalmente, los cálculos indican que las emisiones procedentes de las empresas concesionarias (alcance 3) son las responsables de más del 98% de las emisiones en ambos escenarios, siendo la escala de buques la actividad más emisora, contribuyendo con un 60% aproximadamente al total de las emisiones cuantificadas. Así, una cantidad inferior al 2% de las emisiones dependen exclusivamente de la APV.

Disminución del riesgo de emisión de GEI por actuaciones de selvicultura preventiva de incendios forestales

Siguiendo la metodología descrita en la sección anterior para la cuantificación de biomasa arbórea y de matorral existente en el año 2020 en los MUP de la provincia de València (t_0), se han obtenido los siguientes resultados:

- (a) Biomasa arbórea: los estratos 1 y 2 en conjunto contienen 135 t de CO₂ eq./ha acumuladas en la actualidad, lo cual supone un total de 9,5 millones t de CO₂ eq. como línea de base, aproximadamente (tabla 3). El estrato 1 posee más cantidad de biomasa (209 t CO₂ eq./ha) debido a que está caracterizado por una mayor densidad de pies, contribuyendo con 4,2 millones t de CO₂ eq. No obstante, aporta menos carbono al cómputo total debido a que abarca una menor superficie. En cambio, en el estrato 2 sucede al contrario. Éste aporta un total de 5,3 millones t de CO₂ eq en el año 2020.

Tabla 3. Existencias de biomasa arbórea por estratos del año 2006 y 2020 (t_0) en los MUP de la provincia de València. Fuente: elaboración propia.

Estratos	EXISTENCIAS DE BIOMASA ARBÓREA (t CO ₂ eq.)						
	Pies mayores			Pies menores			Total
	Año 2006	Incremento anual	Año 2020	Año 2006	Incremento anual	Año 2020	
1	2.591.086	89.598	3.845.452	50.374	18.921	315.262	4.160.715
2	2.971.266	113.582	4.561.413	91.875	43.300	698.069	5.259.482
Total	5.562.352	203.180	8.406.865	142.249	62.221	1.013.331	9.420.197

- (b) Biomasa en matorral: se parte de una línea de base de 23 t CO₂ eq./ha considerando ambos estratos, lo cual supone 1,5 millones t CO₂ eq., aproximadamente (tabla 4).

Debido a que la cantidad de biomasa en peso seco del matorral está inversamente relacionada con la Fcc del estrato arbolado, el estrato 1 es el que menor cantidad de carbono almacena (350.000 t CO₂ eq.). El estrato 2 cuenta con 24,46 t CO₂ eq./ha, dando lugar a un total de 1,2 millones t CO₂ eq. almacenadas.

Tabla 4. Existencias de biomasa de matorral en los estratos 1 y 2 en el año 2020 (t₀). Fuente: elaboración propia.

Estratos	Biomasa matorral (t/ha)	Crecimiento anual medio (t/ha*año)	Biomasa matorral 2020 (t CO ₂ eq./ha)	Biomasa matorral 2020 (t CO ₂ eq.)
1	9,69	1,67	17,72	353.268
2	13,40	1,67	24,46	1.220.483
Total	12,32	1,67	22,53	1.573.751

En relación a la cuantificación de biomasa extraída (CNR) en las actuaciones de prevención de IF se obtienen los siguientes resultados:

- (a) Claras preparatorias: considerando ambos PMA, PME y estratos 1 y 2, se extraería un carbono total potencial de 1,8 millones t CO₂ eq. aproximadamente tras la realización de esta actuación (tabla 5). La extracción de PMA es la que más aporta al total, contribuyendo con 1 millón de t CO₂ eq., procedentes en su totalidad del estrato 1. La extracción de PME aporta un total de 0,8 millones t CO₂ eq., contribuyendo el estrato 2 con un poco más de la mitad del total.

Tabla 5. Cuantificación de la biomasa extraída en el t₁ tras las claras preparatorias. PMA= Pies mayores. PME= Pies menores. Fuente: elaboración propia.

	Claras preparatorias					
	Biomasa extraída (pies/ha)		Carbono extraído (t CO ₂ eq./ha)		Carbono extraído (t CO ₂ eq.)	
Estratos	PMA	PME	PMA	PME	PMA	PME
1	167	490	52,10	15,82	1.038.598	315.262
2	0	226	0,00	8,86	0,00	442.170
Total	48	301	32,34	10,85	1.038.598	757.432

- (b) Desbroces: el carbono total extraído tras la realización de esta actuación asciende a 1,6 millones t CO₂ eq. De éstos, el estrato 2 aporta tres veces más carbono que el estrato 1 (en torno a 1,2 y 0,4 millones t CO₂ eq., respectivamente) (tabla 6).

Tabla 6. Cuantificación de la biomasa extraída en el t₁ tras los desbroces. Fuente: elaboración propia.

Estratos	Biomasa extraída (%)	Carbono extraído (t CO ₂ eq./ha)	Carbono extraído (t CO ₂ eq.)
1	100	17,72	353.268
2	100	24,46	1.220.483
Total	100	22,53	1.573.751

Tras la realización de ambas actuaciones de prevención de IF en los estratos 1 y 2, se extraería un carbono potencial total de 3,4 millones t CO₂ eq. aproximadamente en la provincia de València. Del cómputo total, los desbroces son responsables del 47% del carbono total extraído, perteneciendo el 53% restante a las claras preparatorias (1,8 y 1,6 millones t CO₂ eq., respectivamente).

En contraposición, con respecto a la biomasa remanente (CR) se obtienen unos modelos que reflejan la evolución de la biomasa tras las actuaciones de prevención de IF:

- (a) Claras preparatorias: se concluye que la biomasa de PMA del estrato 1 se recupera a los 56 años. Sin embargo, la biomasa de PME del estrato 1 tarda 0 años en recuperarse, pues en ella no se realiza ninguna extracción. En el estrato 2 la biomasa de PMA tardará 38 años en recuperarse y la de PME, 21.
- (b) Desbroces: se concluye que la biomasa de matorral del estrato 1 se recupera a los 11 años, mientras que la del estrato 2 lo hace a los 15 años.

A continuación, se muestra el modelo que refleja la evolución del RE, así como del CR total y del RI, tras la realización de las actuaciones de prevención de IF propuestas en los estratos 1 y 2 para un periodo de 20 años (figura 1). Los resultados apuntan que la biomasa total (CR total) se recuperará a los 16 años. RI presenta un crecimiento lineal dependiente del CR de la biomasa, con un incremento anual de 0,05%, por lo que alcanza su valor máximo en el año 16. RE es un producto del CR total y el RI, y presenta en consecuencia un crecimiento de tipo lineal con un incremento anual de 434.112 t CO₂ eq. hasta el año 16. A partir de ahí, el incremento anual del RE disminuye como consecuencia de la asignación de un RI constante de 1 en los años siguientes, puesto que este valor es el máximo que RI puede alcanzar.

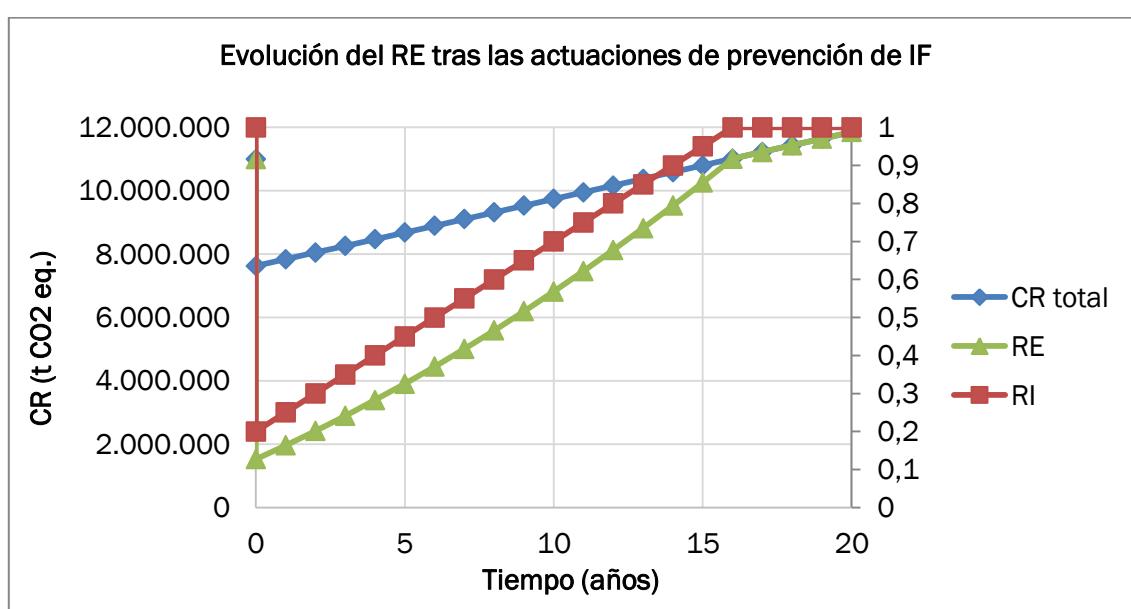


Figura 1. Evolución del RE tras las actuaciones de prevención de IF (t_1) en función del crecimiento del CR y el RI para un periodo de 20 años. Fuente: elaboración propia. RE= Riesgo de emisión. CR= Carbono remanente. RI= Riesgo de incendio forestal.

En base a la metodología descrita en la sección anterior se ha cuantificado el número de bonos potenciales expedidos por parte de la oferta en un total de 92.694.054 para un periodo de 16 años, siendo el número total de bonos expedidos anualmente de 5.793.379 (tabla 7). De éstos, el 95% aproximadamente proceden de la disminución del RE por reducción del RI como consecuencia de las actuaciones de prevención de IF realizadas (beneficio directo), mientras que el 5% restante se ha obtenido del efecto sumidero y sustitutivo la biomasa extraída (beneficio indirecto).

Tabla 7. Bonos de GFS mediterránea potenciales en la provincia de València. Fuente: elaboración propia. GFS= Gestión forestal sostenible. ΔRE = Disminución del riesgo de emisión. E_{ss} = Efecto sustitutivo + Efecto sumidero dinámico.

BONOS DE GFS MEDITERRÁNEA (t CO ₂ eq.)		
ΔRE	E_{ss}	Total

16 años	anual	16 años	anual	16 años	anual
87.565.610	5.472.851	5.128.444	320.528	92.694.054	5.793.379

Propuesta de compensación

El objetivo del estudio es la creación de una nueva tipología de proyectos (Tipo C) en la sección de proyectos de absorción de CO₂ (sección B) de RHC, en la que tenga cabida la compensación mediante GFS basada en actuaciones selvícolas de prevención de IF. Los proyectos inscritos en esta nueva subsección deberán cumplir una serie de requisitos: la superficie mínima debe ser de 1 ha, el periodo mínimo de permanencia será de 16 años (arco temporal para el cual se han calculado los bonos), no existe fecha límite de puesta en marcha, y será obligatorio disponer de un Plan de Gestión Forestal aprobado por la autoridad competente en el momento de la inscripción. A la hora de realizar el acuerdo entre las partes el RHC no interviene en las condiciones del mismo, únicamente actúa como intermediario, ofreciendo una plataforma donde se puedan establecer relaciones entre las partes interesadas.

Tras el análisis del funcionamiento del RHC, se ha observado que no existe un precio fijo para las t CO₂ absorbidas, sino que se negocia entre las partes, siendo el precio medio de 25 €/t CO₂ absorbida (MITECO 2020c). De este modo, y tras consultar otros mercados existentes similares, se ha determinado un rango que oscila entre 8 y 27 €, como mínimo y máximo, respectivamente. En base a este rango de precios, el valor total de los bonos de GFS mediterránea generados con este tipo de actuaciones de prevención de IF en los MUP de la provincia de València oscilaría entre 741.552.427 € y 2.502.739.441 € para un periodo de 16 años, y siendo el valor anual de 46.347.027 y 156.421.215 €, como mínimo y máximo, respectivamente. En el caso del Puerto de València, el valor económico de las emisiones de GEI del escenario futuro oscilaría entorno a los 2,1 millones como mínimo y 7,2 millones € como máximo, lo cual supone entre el 6,36 y el 21,82% de sus ganancias netas anuales (BUREAU VAN DIJK ELECTRONIC PUBLISHING 2018).

Con respecto a la medición, el RHC dispone de una metodología de cálculo de las absorciones de CO₂ de uso obligatorio (MITECO 2020c). En ella se distinguen dos tipos de cálculo, con metodologías diferenciadas: *ex ante* (previo a la realización de las actualizaciones y de carácter predictivo) y *ex post* (posterior a la realización de las actuaciones y basado en datos reales de la masa). Para adaptar dicha metodología a esta nueva tipología de proyectos, se cuantificarán las emisiones de CO₂ evitadas en lugar de las absorbidas, mediante la metodología descrita en el estudio. Adicionalmente, con la finalidad de reducir los costes de transacción se propone el empleo de tecnología basada en la teledetección satelital para la cuantificación de las existencias de biomasa (cálculo de la línea de base), así para su seguimiento. Con respecto a la verificación de las emisiones de CO₂ evitadas, se seguirá con la metodología empleada actualmente por RHC.

5. Discusión

Los resultados obtenidos, aunque interesantes, son una primera aproximación a la cuestión, puesto que se trata de algo innovador. Por este motivo, el estudio se ha tenido que enfrentar a numerosas limitaciones en cuanto a la información disponible, tanto por falta de producción científica como por inaccesibilidad a datos clave.

Emisiones de GEI del Puerto de València

Tan solo una proporción inferior al 2% del total de las emisiones de GEI del Puerto de València dependen de la APV, siendo aproximadamente el 98% originadas por las empresas concesionarias. La APV está en actual posesión del certificado "CALCULO" y en trámites de conseguir el certificado

de “REDUZCO”. En la reunión de trabajo con la Fundación Valenciaport y la APV en diciembre de 2019 se expresó la intención de compensar sus emisiones dando el siguiente paso, la compensación. Dado que no existe ningún documento legalmente vinculante que obligue a las empresas concesionarias realizar el cálculo de la huella de carbono y a compensar sus emisiones, se pretende suscitar el interés de la misma, lo cual supone una oportunidad futura para la materialización del presente estudio. Por este motivo, se planteó la organización de un evento con la finalidad de presentar el estudio a las empresas concesionarias durante primavera del 2020, el cual fue aplazado por la pandemia de la COVID-19.

Disminución del riesgo de emisión de GEI por actuaciones de selvicultura preventiva de incendios forestales

El componente que cuantifica el efecto sumidero y sustitutivo posee un valor elevado, no obstante, pone en valor la economía circular y la descarbonización de los sectores más emisores de la sociedad, claves en la lucha contra el CC.

Adicionalmente, es necesario recalcar la necesidad de profundizar en numerosos aspectos relativos a la metodología de cálculo seguida con la finalidad de mejorarla:

- El cálculo de la biomasa requiere tanto del desarrollo de una metodología más precisa que incluya el resto de especies presentes en la provincia de València, como de la disponibilidad de datos de inventario actualizados sobre las mismas.
- El estudio de la aplicación de desbroces de tipo selectivo, en los que se eliminan exclusivamente las especies inflamables durante el verano. El objetivo es no afectar a las especies de baja inflamabilidad presentes en el rodal, favoreciendo así la conservación de la biodiversidad.
- Abordar la posible inclusión de otro tipo de actuaciones selvícolas encaminadas a la prevención de IF adaptadas a los restantes 9 estratos del 3^{er} IFN, como son las áreas cortafuegos o los aclareos de monte bravo.
- Indagar en la modelización del crecimiento de la biomasa, probablemente mediante una ecuación de segundo grado que se ajuste mejor al crecimiento real.
- Profundizar en aspectos como el factor de disminución del RI para diversas actuaciones de prevención de IF o la inclusión en la fórmula matemática del RE de otros factores que le afectan (como la vulnerabilidad de emisión del ecosistema). Desde el proyecto europeo *Interreg Sudoe REMAS*, se está investigando en esta última cuestión (AMUFOR 2020).

Propuesta de compensación

Tras la realización de un análisis exhaustivo sobre el funcionamiento del mercado voluntario de compensación de carbono español, RHC, se ha concluido que es viable la inclusión de los proyectos de compensación de GFS basados en actuaciones selvícolas de prevención de IF. No obstante, se podría abordar la inclusión de otro tipo de actuaciones de GFS en un futuro.

El valor mínimo se ha obtenido del precio medio de la t de carbono para actuaciones de GFS en los mercados difusos a nivel internacional (FOREST TRENDS 2018), mientras que el máximo se ha establecido en base al precio actual del mercado regulado EU ETS (COMISIÓN UE 2020a), puesto que debe ser un valor inferior para incentivar la compra de bonos de manera voluntaria.

El empleo de tecnología satelital como alternativa complementaria a la realización de inventarios de campo en los procesos de MRV resulta viable y proporciona numerosas ventajas entre las que destacan: la reducción de tiempo, costes y esfuerzo, una aceptable capacidad computacional, la obtención de datos en tiempo real.

6. Conclusiones

Tras el estudio realizado sobre el caso piloto de propuesta de compensación entre el Puerto de València tras el Proyecto de Ampliación y el sector forestal valenciano en materia de GFS de prevención de IF, se han extraído las siguientes conclusiones:

- 1) Se ha estimado que las emisiones del puerto aumentarán un 62% tras la implementación de dicho proyecto, siendo destacable la aportación de las empresas concesionarias, y especialmente las actividades relacionadas con la escala de buques, responsables del 60% de las emisiones totales. Dado el debate político que ha suscitado el Proyecto de Ampliación, y ante la imposibilidad de reducir sus emisiones, la solución más plausible es abogar por la compensación de las mismas. Para ello deberá invertir entre 2,1 y 7,2 millones €, lo cual supone entre el 6 y el 22% de sus ganancias netas anuales. Con respecto a la APV, se celebró una reunión en la que expresaron la intención de compensar sus emisiones y así adquirir el sello “Compenso” del RHC. Con respecto a las empresas concesionarias, está previsto realizar una jornada informativa para incentivar su participación.
- 2) La GFS no solo favorece el crecimiento y la fijación de CO₂ de la masa remanente, sino que además reduce el RE de CO₂ derivado de la disminución del RI. Adicionalmente, favorece la transición a una economía descarbonizada gracias al aprovechamiento de la biomasa extraída, actuando como sumidero dinámico de carbono y como sustituto de otras fuentes de energía que generan mayores cantidades de GEI. Estos beneficios, tanto directos como indirectos, se ponen en valor mediante la expedición de bonos de GFS mediterránea, en los que la adicionalidad son las emisiones evitadas y se miden en t CO₂ eq. Mediante la aplicación de claras preparatorias y desbroces en los estratos 1 y 2 del 3^{er} IFN de la provincia de València se extraerían un total de 3.369.782 t CO₂ eq. Todo ello conlleva la expedición de un total de 5.793.379 bonos anuales potenciales de GFS mediterránea para un periodo de 16 años.
- 3) El mecanismo de compensación se llevará a cabo mediante la plataforma de RHC en la cual se propone la inclusión de una nueva tipología de proyectos de compensación (tipo C) en la sección B que abarque los proyectos de GFS basados en la prevención de IF. Para ser inscritos, éstos deberán contar con los siguientes requisitos: superficie mínima de 1 ha, periodo mínimo de permanencia 16 años y obligatoriedad de contar con un Plan de Gestión aprobado. El promotor del proyecto debe realizar el cálculo emisiones de CO₂ ex ante y ex post, siguiendo la metodología descrita en este estudio, los cuales verificará RHC. Con la finalidad de reducir los costes de transacción de los procesos de MRV, se propone el empleo de tecnología de teledetección satelital. RHC únicamente actúa como intermediario sin intervenir en el acuerdo entre las partes interesadas. Por ello, se decide establecer un rango de precios para el bono de 8 y 27 € como mínimo y máximo, a convenir entre ambas.

7. Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas físicas y jurídicas que han mostrado preocupación e interés por el presente estudio, desde la Autoridad Portuaria de València, la Fundación Valenciaport, la Comunidad Europea de Innovación y Conocimiento EIT Climate-KIC y la Oficina Española de Cambio Climático, hasta el Ministerio competente en materia de medioambiente y el Ayuntamiento de València, y que han colaborado de un modo u otro para que este estudio se haya podido realizar y para que sus resultados tengan un beneficio directo en nuestra sociedad.

8. Bibliografía

AMUFOR; 2013. *Pilot Action 1.4: Assessment of the environmental impact of forest biomass harvesting or extraction. Progress report WP4.* Promotion of residual forestry biomass in the Mediterranean Basin (PROFORBIOMED). 59 pp. Project cofinanced by European Regional Development Fund (ERDF). Unpublished document.

AMUFOR; 2022. *Proyecto Interreg Sudoe REMAS -Gestión del riesgo de emisión de gases de efecto invernadero en incendios forestales.* Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) <> [Consulta: 10 de enero de 2022]

BEYER, G.; DEFAYS, M.; FISCHER, M., FLETCHER, J.; DE-MUNCK, E.; DE-JEAGER, F.; VAN-RIET, C.; VANDEWEGHE, K.; WIJNENDAELE, K. ;2006. *Tackle Climate Change: Use Wood.* Edited by: European Parliament. 84 pp.

BUREAU VAN DIJK ELECTRONIC PUBLISHING; 2018. Base de datos de empresas de España y Portugal “SABI”. Consulta de datos de la Autoridad Portuaria de València. <https://sabi.bvdinfo.com>List.serv?_CID=47&context=EDQUHZL4382X491> [Consulta: 23 de mayo de 2020]

CABANES-SÁNCHEZ, M.; ESCRIG-DEL-VALLE, A.; OLIVER-VILLANUEVA, J.V.; 2016. *El carbono en los ecosistemas forestales valencianos.* II Congreso Forestal de la Comunitat Valenciana: 228-241.

CEVALLOS, G.; GRIMAUT, J.; BELLASSEN, V.; 2019. *Domestic carbon standards in Europe. Overview and perspectives.* Institute for Climate Economics. EIT Climate-KIC. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. 44 pp.

COMISIÓN UE; 2020. *Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE).* Unión Europea. <https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es> [Consulta: 30 de abril de 2020]

COMISIÓN UE; 2020a. *Informe sobre el mercado europeo del carbono. Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al consejo.* 57 pp.

CHIRIACO, M.V.; PERUGINI, L.; CIMINI, D.; D'AMATO, E.; VALENTINI, R.; BOVIO, G.; CORONA, P.; BARBATI, A.; 2013. Comparison of approaches for reporting forest fire-related biomass loss and greenhouse gas emissions in southern Europe. *Int. J. Wildland Fire*, 22 (6): 730-738. DOI: 10.1071/WF12011.

DELGADO-ARTÉS, R.; 2015. *Análisis de los patrones de evolución de las coberturas forestales en la provincia de Castellón en los últimos 50 años.* Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València. Documento no publicado. DOI: 10.4995/Thesis/10251/56823.

ENRÍQUEZ-DE-SALAMANCA, A.; MARTÍN-ARANDA, R.M.; DÍAZ-SIERRA, R.; 2017. Towards an Integrated Environmental Compensation Scheme in Spain: Linking Biodiversity and Carbon

Offsets. *J. Environ. Assess. Policy Manag.*, 19 (1): 1750006 (25 pp). DOI: 10.1142/S1464333217500065.

FELDPAUSCH, T.R., RONDON, M.A., FERNANDES, E.C.M.; RIHA, S.J.; WANDELLI, E.; 2004. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecol. Appl.*, 14: S164-S176

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P.; 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.*, 68 (3): 643-653. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

FOREST TRENDS (2018). *State of the Voluntary Carbon Markets 2017*. Ecosystem Marketplace. 52 pp

FOREST TRENDS; 2013. *Innovative markets and market-like instruments for ecosystem services. The matrix*. Ecosystem Marketplace. PROFOR. Gordon and Betty Moore Foundation. <https://www.ecosystemmarketplace.com/wp-content/uploads/2015/09/the_matrix.pdf> [Consulta: 22 de abril de 2020]

GISBERT, A.; 2019. Llevar València a buen Puerto. *El Periódico de Aquí*. <<https://www.elperiodicode aqui.com/epda-noticias/llevar-valencia-a-buen-puerto/192820>> [Consulta: 11 de diciembre de 2019]

GONZÁLEZ, V.; TOLOSANA, E.; AMBROSIO, Y.; LAÍNA, R.; 2014. *Manual de mecanización de los aprovechamientos forestales*. Ed. Mundiprensa. Madrid, 376 pp.

HURTEAU, M.D.; KOCH, G.W.; HUNGATE, B.A.; 2008. Carbon protection and fire risk reduction: toward a full accounting of forest carbon offsets. *Front. Ecol. Environ.*, 6(9): 493-498. DOI: 10.1890/070187.

IPCC; 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published by: IGES, Japan.

IPCC; 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

LAMLOM, S.H.; SAVIDGE, R.A.; 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass Bioenergy*, 25: 381-388. DOI: 10.1016/S0961-9534(03)00033-3.

LERMA-ARCE, V.; 2015. *Planificación, logística y valorización de biomasa forestal residual en la provincia de València*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València. Documento no publicado. DOI: 10.4995/Thesis/10251/52391.

LORENZO-SÁEZ, E; OLIVER-VILLANUEVA, J.V.; LERMA-ARCE, V.; YAGÜE-HURTADO, C.; LEMUS-ZUÑIGA, L.G.; 2021. Potential Analysis of Mediterranean Forestry for Offsetting GHG Emissions at Regional Level: Evidence from Valencia, Spain. *Sustainability*, 13: 4168. DOI: 10.3390/su13084168.

MCGRODDY, M.E., DAUFRESNE, T.; HEDIN, L.O.; 2004. Scaling of C:N:P stoichiometry in forests worldwide: Implications of terrestrial Redfield-type ratios. *Ecology*, 85: 2390-2401. DOI: 10.1890/03-0351.

MITECO; 2007. *Tercer Inventory Forestal Nacional*. Consulta de datos de la provincia de València. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 274 pp.

MITECO; 2020b. *El comercio de derechos de emisión en España*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

<<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/>> [Consulta: 30 de abril de 2020]

MITECO; 2020c. *Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/que_es_Registro.aspx> [Consulta: 15 de mayo de 2020]

MITECO; 2020d. *Sumideros de carbono*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>> [Consulta: 5 de mayo de 2020]

MMA; 2002. *Plan Forestal Español*. Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medioambiente. 145 pp.

MONTERO, G.; ONRUBIA, R.; LÓPEZ-LEIVA, C.; RUIZ-PEINADO, R.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; PASALODOS-TATO, M.; 2017. Producción de biomasa aérea por los matorrales españoles. *Montes*, 129: 54-56.

MONTERO, G.; PASALODOS-TATO, M^a; MONTOTO, R.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; ONRUBIA, R., BRAVO-OVIEDO, A.; RUIZ-PEINADO, R.; 2013. *Contenido de carbono en la biomasa de las principales especies de matorral y arbustos de España*. Uva-INIA. VI Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz (País Vasco). 11 pp.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. *Monografías INIA: serie forestal* (13). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. 270 pp.

MOYA, D.; ALFARO-SÁNCHEZ, R.; LÓPEZ-SERRANO, F.; DADI, T.; HERNÁNDEZ-TECLES, E.; FERRANDIS, P.; DE LAS HERAS, J.; 2014. Post-fire management of Mediterranean forests: carbon storage in regenerated areas in eastern Iberian Peninsula. *Cuad. de Investig. Geogr.*, 40 (2): 371-386.

PATFOR; 2012. *Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana*. Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. Generalitat Valenciana. 582 pp.

REE; 2019. *Informe del Sistema Eléctrico Español 2018*. Red Eléctrica de España. 104 pp.

REGOS, A.; AQUILUÉ, N., LÓPEZ, I., CODINA, M.; RETANA, J.; BROTONS, LL.; 2016. Synergies Between Forest Biomass Extraction for Bioenergy and Fire Suppression in Mediterranean Ecosystems: Insights from a Storyline-and-Simulation Approach. *Ecosystems*, 19: 786-802. DOI: 10.1007/s10021-016-9968-z.

VALENCIAPLAZA; 2019. Así es el proyecto de MSC para el Puerto de València, 1.021 millones de inversión y 3.000 empleos. <<https://valenciaplaza.com/asi-es-el-proyecto-de-msc-para-el-puerto-de-valencia-1021-millones-de-inversion-y-3000-empleos>> [Consulta: 11 de diciembre de 2019]

VALENCIAPORT; 2016. *Informe de emisiones de gases de efecto invernadero del puerto de València del año 2016*. Universitat Politècnica de València. 33 pp.

VALENCIAPORT; 2020. *Autoridad Portuaria*. <<https://www.valenciaport.com/>> [Consulta: 23 de mayo de 2020]

ZARAGOZÁ, J.L.; 2019. Así será la ampliación del puerto y su base automática de contenedores. *Levante, el mercantil valenciano*. <<https://www.levante-emv.com/economia/2019/11/27/ampliacion-norte-puerto-de-valencia/1949465.html>> [Consulta: 11 de diciembre de 2019]