



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1755

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Los Proyectos de Ordenación de Montes como instrumentos para el establecimiento de la línea base en proyectos de captura de carbono mediante gestión forestal mejorada (IFM).

MÍGUEZ GONZÁLEZ, A. (1), ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, E. (1), ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G. (3), BARREIRO, A. (1), CELA DABLANCA, R. (1), FERNÁNDEZ SANJURJO, M.J. (1), LÓPEZ FERNÁNDEZ, M. (2), NÚÑEZ DELGADO, A. (1), RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R. (2), RUÍZ GONZÁLEZ, A.D. (3), PÉREZ CRUZADO, C. (2).

(1) Departamento de Edafología y Química Agrícola. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.

(2) Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.

(3) Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría, Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.

Resumen

Los mercados de carbono consisten en compensar las emisiones de gases de efecto invernadero mediante proyectos que logran un secuestro neto de carbono o una reducción de emisiones en comparación con la no implementación del proyecto. Habitualmente, estos proyectos se han enfocado en reforestar terrenos previamente desarbolados, aunque tras la Conferencia de las Partes de Bali, se expandió el enfoque hacia proyectos de mejora en la gestión forestal (IFM, improved forest management), cuyo objetivo es revertir emisiones netas o mejorar la captura de carbono en masas arboladas existentes. Desde la Conferencia de las Partes de París, los proyectos IFM pueden implementarse en países del Anexo II del Protocolo de Kioto, incrementando el interés en desarrollar herramientas adecuadas para su adecuado desarrollo. Así, los Proyectos de Ordenación de Montes (POM) son esenciales para IFM, pues reflejan los planes de gestión forestal a largo plazo y tienen el potencial de establecer la línea base de carbono. El objetivo de este trabajo fue determinar los contenidos mínimos de los POM para establecer dicha línea base y garantizar la adicionalidad en la captura de carbono. Consecuentemente, los POM deben respaldarse con inventarios de campo que incluyan la masa arbolada y el sotobosque. Tras ser estudiados los POM, se determinó la imposibilidad de establecer la línea base por rodales, siendo preciso hacerlo a nivel monte dada la falta de datos de inventario y del índice de sitio.

Palabras clave

Compensación de emisiones, adicionalidad.

1. Introducción

Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos que provocan el cambio climático al retener el calor del sol e impiden que escape al planeta (IPCC, 2019). Una parte de los gases de efecto invernadero se producen de forma natural, pero la



actividad humana contribuye a que se acumulen más, descompensando el efecto regulatorio que tienen sobre el clima. Existen diferentes tipos de gases de efecto invernadero, siendo recogidos en la normativa internacional de emisiones (IPCC, 2019) los siguientes: dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) los hidrofluorocarburos, perfluorocarburos, el hexafluoruro de azufre y el trifluoruro de nitrógeno, entre otros (PARLAMENTO EUROPEO, 2023). Aunque existe esta gran variedad de gases de efecto invernadero, y con un potencial de calentamiento global mayor, se presenta más atención al CO_2 porque es el responsable del 70% de las emisiones de gases de efecto de invernadero puesto que se genera en muchas actividades humanas como la combustión de petróleo y otros agentes fósiles (TRESPALACIOS et al., 2018) y, además, es posible fijar CO_2 atmosférico mediante procesos naturales (biogénicos) como la fotosíntesis, y también artificiales (no biogénicos). Por otra parte, no siempre es posible actuar sobre otros gases de efecto invernadero y su presencia en la atmósfera es menor (IPCC, 2019).

A nivel mundial, la primera iniciativa que se tomó para actuar sobre los GEI fue con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de Kyoto a partir de la cual se aprobó el Protocolo de Kyoto en el año 1997, entrando en vigor en el año 2005 (UNFCCC, 1997). En este Protocolo se comprometen todas las partes a limitar y reducir las emisiones de GEI, marcando metas individuales a cada país para un período de tiempo concreto, adoptando estas partes políticas y medidas de mitigación. Los compromisos de reducción de emisiones se fundamentan en los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) elaborados por los países (IPCC, 2019). Estos inventarios detallan las emisiones y la capacidad de captura de carbono por sectores. Además, están respaldados por un sistema de créditos de emisión, los cuales pueden ser comercializados entre las entidades con obligaciones de reducción, dentro de lo que se conoce como mercado obligatorio. Paralelamente, opera un mercado voluntario de compensación de emisiones de GEI, al que las entidades que desean compensar sus emisiones pueden acceder, ya sea para ofrecer bienes o servicios libres de emisiones, generalmente en el marco de sus iniciativas de responsabilidad social corporativa (PÉREZ-CRUZADO et al., 2023). En un momento inicial, solo era aplicable en países en vías de desarrollo, pero más adelante, en la Conferencia de las Partes de París (UNFCCC, 2015), se permitió a los países desarrollados implementar proyectos de captura de carbono dentro de sus propios territorios. En este contexto, se enmarcan iniciativas como el Acuerdo de París y el Pacto Climático de Glasgow 2021, cuyo objetivo principal es estabilizar las concentraciones de CO_2 en la atmósfera y limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los $2\text{ }^\circ\text{C}$ con respecto a los niveles preindustriales, haciendo esfuerzos adicionales para no superar los $1,5\text{ }^\circ\text{C}$ (UNFCCC, 2015).

Una vez que los países desarrollados fueron contemplados para la implementación de estos proyectos, en Europa y América del Norte surge un gran interés por la captura de carbono, con la intención de reducir las emisiones de carbono y con la de comercializar créditos de carbono mediante los mercados de carbono. Estos consisten en compensar las emisiones de gases de efecto invernadero mediante proyectos que logran un secuestro neto de carbono o una reducción de emisiones en comparación con la no implementación del proyecto.



Comúnmente, estos proyectos se han centrado en reforestar terrenos previamente desarbolados, pero después de la Conferencia de las Partes de Bali, se expandió el enfoque hacia proyectos de mejora en la gestión forestal (IFM, improved forest management), cuyo propósito es revertir emisiones netas o mejorar la captura de carbono en masas arboladas existentes. Es por ello por lo que la gestión de los bosques desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático, tanto al evitar emisiones de carbono a la atmósfera como al aumentar su captura, pues los ecosistemas forestales actúan como vastos reservorios de carbono, almacenando aproximadamente entre 1500 y 2400 gigatoneladas de carbono (GtC) en biomasa viva, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo (SAINZ et al., 2021). Tanto cuando se reforestan terrenos desarbolados como cuando se aplican medidas de mejora de gestión forestal es preciso mostrar adicionalidad con respecto “business as usual”, es decir, en comparación con la evolución del sitio sin implementar ninguna medida adicional a lo previamente planificado. En consecuencia, es necesario definir lo que se denomina línea base de carbono, de forma que se pueda usar esta referencia para estimar la adicionalidad del proyecto.

Dada la incorporación de países europeos a partir del artículo VI de la Conferencia de las Partes de París (UNFCCC, 2015), los montes deben tener un instrumento de gestión. Existen diferentes tipos de estos instrumentos de gestión en función de las características del monte, destacando los siguientes en la legislación aplicable a los montes gallegos (DECRETO 52/2014, XUNTA DE GALICIA):

- Proyecto de ordenación: documento técnico que sintetiza la organización en el tiempo y el espacio de la utilización sostenible de los recursos forestales, maderables y no maderables, en un monte o grupo de montes. Se aplica en montes públicos, protectores y de gestión pública, en montes particulares con alguna parcela con una superficie superior a 25 hectáreas en coto redondo o en montes vecinales en mano común, agrupaciones forestales formalmente constituidas, montes de varas, abertales, de voces, de vocerío o de fabeo con una superficie superior a 25 hectáreas en coto redondo.
- Documento simple de gestión: documento aplicable a montes particulares, siendo todas las parcelas superficie inferior o igual a 25 hectáreas o en montes vecinales en mano común, agrupaciones forestales formalmente constituidas, montes de varas, abertales, de voces, de vocerío o de fabeo con una superficie inferior o igual a 25 hectáreas en coto redondo.
- Documento compartido de gestión: instrumento de gestión forestal, de iniciativa privada para un conjunto de propietarios, donde ninguna superficie de una misma propiedad supere las 25 hectáreas en coto redondo.
- Adhesión a modelos silvícolas orientativos y a referentes de buenas prácticas: se aplican en montes particulares, siendo todas las parcelas de superficie inferior a 15 hectáreas en coto redondo o en montes vecinales en mano común, agrupaciones forestales formalmente constituidas, montes de varas, abertales, de voces, de vocerío o de fabeo de superficie inferior a 15 hectáreas en coto redondo.



En este trabajo se analizan técnicamente los Proyectos de Ordenación de Montes (POM) de siete Montes Vecinales en Mano Común (MVMC) de Galicia para determinar en base a estos proyectos la línea base de carbono de cada monte. Es decir, se determinan los contenidos mínimos de los POM para establecer dicha línea base y garantizar la adicionalidad en la captura de carbono.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es determinar cuáles son los contenidos mínimos que deben presentar los POM para poder establecer la línea base de carbono a lo largo del tiempo.

3. Metodología

La metodología se basa en analizar técnicamente los POM de los siete MVMC para poder determinar la línea base de carbono. Los MVMC se encuentran en el sur de la provincia de A Coruña, en los ayuntamientos de Rianxo, Lousame, Dodro, Boiro y Porto do Son. Estos montes participan en un proyecto de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU, en el que se realizan diferentes acciones para obtener una rentabilidad de la manera más sostenible posible, y en el cual se engloba el trabajo que se presenta en este documento. Los montes estudiados son los siguientes: Araño; Ferrería e Campelo; Cestelo, Isorna, Quintáns e Penalioiras (Isorna); Leiro, Toxa, Atrema e Cotro, Pena, Moucho, Pedriñas Negras, Pedrouzo, Regueiro, Malladoira e Penouseira (Leiro); Paradela; Fieitoso de Taragoña; y Barbanza, Enxa, Xian, Drodó, Costa de Abaixo e O Sobrado (Baroña). Todos estos montes fueron víctimas de varios incendios en los últimos años. Pertenecen a la posición hidrográfica Demarcación Galicia-Costa/Augas de Galicia. Dado que los propietarios pretenden eliminar la *Acacia melanoxylon* no es una de las especies seleccionadas para el establecimiento de la línea base de carbono.

El MVMC de Araño se encuentra en tres ayuntamientos: Dodro, Lousame y Rianxo. Cuenta con una superficie de 623,21 hectáreas (ha), una pendiente y una altura media del 15% y de 229 metros, respectivamente. Su exposición dominante es al sur y la profundidad media del suelo es de 45 cm, originado a partir de rocas metamórficas. La cabida de estrato arbolado ocupa 567,20 ha mientras que el estrato arbustivo y el desarbolado ocupan 4,19 y 23,09 ha, respectivamente. Las especies más abundantes presentes son *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*. No obstante, también hay presencia de *Quercus robur*, *Castanea sativa* y *Betula* spp. En cuanto a especies invasoras, existe *Acacia melanoxylon* por todo el monte, pero están tomando medidas para su eliminación.

Con respecto al MVMC de Ferrería e Campelo, se encuentra situado en las estribaciones suroccidentales de la Sierra del Barbanza, situándose principalmente



en los ayuntamientos de Dodro, Lousame y Rianxo. Cuenta con un total de 802,18 ha, siendo objeto de la ordenación 321,19 ha de las cuales 205,47 ha son arboladas mientras el resto pertenecen al estrato desarbolado. Se encuentra a una altitud media de 490 metros, con exposición sueste y una pendiente media del 30%. Este monte se asienta sobre rocas graníticas de forma que la profundidad del suelo es escasa. Las especies dominantes son *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*, fundamentalmente en estado de Latizal. Existen también masas arboladas de frondosas como *Castanea x hybrida*, pero en menor superficie.

El MVMC de Isorna se ubica en los ayuntamientos de Dodro y Rianxo. Cuenta con un total 188,26 ha de las cuales solo se someterán a ordenación 166,51 ha, con una exposición sur. La cabida de estrato arbolado comprende un total de 124,42 ha, mientras que la no arbolada son 26,13 ha. Se sitúa a una altitud media de 138 metros, con una pendiente media del 20% y una profundidad de suelo de 30 cm originado a partir de rocas graníticas. Las especies dominantes son *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*, pero también hay masas mixtas en las que se encuentran presentes *Pinus radiata* y *Quercus robur*.

El MVMC de Leiro está situado únicamente en el ayuntamiento de Rianxo y cuenta con una superficie total de 365,87 ha de las cuales son estrato arbolado 220,63 ha y estrato arbustivo 29,19 ha, siendo objeto de ordenación 192,38 ha. Presenta una pendiente media del 11,8% y una profundidad media de suelo 10 cm, originado a partir de rocas metamórficas. Su altitud media es de 31,9 metros. Las especies dominantes son *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*, habiendo de manera secundaria diferentes frondosas como *Quercus rubra*, *Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Quercus pyrenaica* y *Betula* spp. En este monte también hay *Acacia melanoxylon* que se prevé sea eliminada.

El MVMC de Paradela se sitúa en los ayuntamientos de Boiro y Rianxo. Tiene una superficie de 172,36 ha de las cuales son objeto de ordenación 54,61 ha. La cabida de estrato arbolado es de 50,61 ha. Su exposición dominante es suroeste/oeste, presenta una pendiente media del 23% y su altitud media es 194 metros. Tiene suelos muy finos, sin apenas profundidad, asentados sobre rocas metamórficas. Las especies dominantes son *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster* y hay 23,91 ha afectadas por *Acacia melanoxylon* que será eliminada.

Con respecto al MVMC de Fieitoso de Taragoña también está ubicado únicamente en el ayuntamiento de Rianxo y engloba una superficie total de 169,98 ha de las cuales son objeto de ordenación 95,96 ha. La cabida de estrato arbolado es de 58,98 ha. Se encuentra a una altitud media de 187,5 metros, expuesto principalmente al oeste y presenta una pendiente media del 25%. Se asienta sobre rocas graníticas hercínicas y la profundidad media de sus suelos es de 100 cm. En cuanto a especies invasoras, existen 28,8 ha cubiertas con *Acacia melanoxylon* que será eliminada. Las especies forestales dominantes son *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*, existiendo masas mixtas de frondosas y coníferas, en menor proporción.

Por último, el MVMC de Baroña se encuentra en los ayuntamientos de Boiro y



Porto do Son, contando con un total de 1869,73 ha de las cuales son objeto de instrumento 777,10 ha. La cabida de estrato arbolado cuenta con 542,18 ha mientras que la de estrato arbustivo son 214,48 ha. Se sitúa a una altitud media de 345 m y presenta una pendiente media del 15%. Los suelos tienen una profundidad media de 75 cm y se originan a particas de granitos y esquistos. En cuanto a especies invasoras, existen 21,3 ha de *Acacia dealbata* que serán eliminadas. Las dos especies dominantes son *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*, existiendo en menor proporción *Eucalyptus nitens*, *Quercus robur* y *Castanea sativa*.

4. Resultados

Una vez analizados los datos proporcionados por los POM se ha podido comprobar que no se presentan mediciones o estimaciones de pares de valores edad-altura dominante (o el índice de sitio) para cada rodal, lo que permitiría estimar de forma precisa la línea base en función de modelos de crecimiento disponibles para la especie en Galicia (DIÉGUEZ-ARANDA et al., 2009). Al no presentar tales datos es imposible establecer la línea base de carbono por rodales, siendo necesario hacerla a escala monte.

Además de lo expuesto anteriormente, no existen datos de inventario de pies mayores para aquellos rodales que no entran en corta en el período de aplicación de dicho POM, tales como la altura o el diámetro. Tan solo hay valores de biomasa arbórea aérea total del rodal (Tm/ha) para todos los rodales, pero los valores son estimados.

Tras analizar los POM y la información proporcionada en los mismos, a continuación, se realiza una propuesta para el establecimiento de la línea base de carbono por monte en función de la biomasa arbórea aérea total del rodal (Tm/ha) y el modelo silvícola asociado a cada rodal. El procedimiento consiste en seleccionar aquellos rodales en los que se explicita el modelo silvícola y se dispone de mediciones de la biomasa total del rodal, o esta se puede obtener en base al volumen mediante el uso de factores de expansión de biomasa. Mediante el modelo silvícola se asignan estados de desarrollo (edades) para las distintas mediciones, y se simulan distintos valores de índice de sitio, eligiendo el valor para el cual la media de los residuos entre los valores observados en las mediciones de campo y los predichos mediante los modelos más se aproxima a cero.

5. Discusión

La falta de mediciones o estimaciones de pares de valores edad-altura dominante (o el índice de sitio) para cada rodal supone un problema añadido, debido a que trabajar a escala monte puede suponer que la adicionalidad de las actuaciones que se planteen se diluya por el efecto de disponer de una línea base común para todos los rodales.

Con respecto a la falta de datos de inventario de pies mayores (tales como altura y diámetro) para los rodales que no entran en corta en el período de aplicación del POM, supone una falta de homogeneidad en la incertidumbre en el inventario para



los rodales que entran en corta durante el próximo plan especial con respecto a aquellos con menor estado de desarrollo, lo que complica la determinación de la línea base conjunta para todo el monte. Sin embargo, los POM aportaron información sobre el modelo silvícola que se pretende seguir en la mayoría de los rodales, lo que, a falta de la información descrita anteriormente, supone una buena referencia para la determinación de la línea base. Con todo, debería aparecer el modelo silvícola para todos los rodales.

A pesar de que la metodología descrita permite determinar de forma cuantitativa la línea base de carbono para las zonas de estudio, la incertidumbre en el proceso es muy elevada, debido al error asociado a las determinaciones de biomasa por hectárea sin realización de inventarios de pies mayores, y a la asunción de una determinada edad para cada rodal sin conocer la calidad de estación asociada. Se propone por lo tanto mejorar ambos elementos en futuros POM, a los efectos de una mayor objetividad en la determinación de la línea base.

6. Conclusiones

Los POM de Galicia no permiten establecer la línea base de carbono por rodales debido a la falta de valores de inventario que permitan la determinación de los stocks de biomasa y la calidad de estación. Se propone una metodología para poder establecer dicha línea base en función del modelo silvícola y de las estimaciones de biomasa, para lo que es preciso estimar el valor del índice de sitio. Dicha línea base únicamente puede ser obtenida a nivel monte, y presenta una incertidumbre que puede ser inasumible para proyectos de captura de carbono. Se recomienda por lo tanto que los Proyectos de Ordenación de Montes mejoren la estimación de las existencias de carbono en aquellas masas que no entrarán en corta durante el próximo plan especial, y una mejor determinación de la calidad de estación por rodal.

7. Agradecimientos

El Laboratorio Ecosocial do Barbanza cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU. Cela-Dablanca, R. recibió una beca predoctoral del Campus Terra (Universidad de Santiago de Compostela).

7. Bibliografía

DIÉGUEZ ARANDA, U.; ALBORECA, A. R.; CASTEDO DORADO, F.; GONZÁLEZ, J. Á.; BARRIO ANTA, M.; CRECENTE CAMPO, F.; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, J.M.; PÉREZ CRUZADO, C.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; LÓPEZ SÁNCHEZ, C.A.; BALBOA MURIAS, M.A.; GORGOSO VARELA, J.J.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F.; 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. *Forestry*. 1-16.



IPCC; 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

PARLAMENTO EUROPEO; 2023. Cambio climático: gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.

PÉREZ CRUZADO, C.; BRUÑA-GARCÍA, X.; SEOANE CONDE, I.; RODRÍGUEZ RUÍZ, J.; MAREY PÉREZ, M. F.; 2023. Aspectos técnicos de los proyectos forestales de captura de carbono. *AEIPRO*.

SAINZ, R. C.; DE LA CRUZ MATEOS, S.; SÁNCHEZ, A. R.; 2021. El papel de los bosques como sumideros de carbono. *Forum calidad*. 40-44.

TRESPALACIOS, J.; BLANQUICETT, C.; CARRILLO, P.; 2018. Gases y efecto invernadero. *BASILEA*.

UNFCCC; 1997. United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto. 1-21.

UNFCCC; 2015. Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change.16-1104.

XUNTA DE GALICIA; 2014. Decreto 52/2014, de 16 de abril, por el que se regulan las instrucciones generales de ordenación y de gestión de montes de Galicia. *Diario Oficial de Galicia (DOG)*, núm. 87, 25 de abril de 2014.