



**2025** | **16-20**  
GIJÓN | JUNIO

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1319**

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

Organiza



## "*Basoko sistema*": la implantación en Euskadi de un mercado de carbono basado en el cambio de gestión forestal

ONAINDIA BEREZIARTUA, A. (1), URIA PEÑA, A. (2), MAIOZ MALKORRA, J. (2), DEL CAMPO GARCÍA, A. (3), BLANCO CANO, L. (3), ARNAL ROIG, L. (3), ASTORKIZA IKAZURIAGA, I. (4), CALVO CALZADA, E. (5), ALBIAC MURILLO, J. (5), TAPIA BARCONES, J. (5), XABADIA PALMADA, A. (6), CARRILLO GALÁN, E. (7) y SUDUPE UNANUE, J.A. (8)

(1) Basoa Fundazioa.

(2) Confederación de Forestalistas del País Vasco.

(3) Universitat Politècnica de Valencia.

(4) Universidad del País Vasco.

(5) Universidad de Zaragoza.

(6) Universitat de Girona.

(7) PEFC España.

(8) Elkarmedia S.L.

### Resumen

Al mercado vasco actual de la madera se pretende sumar la posibilidad adicional de un mercado voluntario de créditos equivalentes de carbono logrados mediante la gestión forestal sostenible, estableciendo un puente entre quienes emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero con los que gestionan los bosques y promueven su absorción. Implantar este mercado adicional requiere de un innovador sistema de certificación (*Basoko sistema*) reconocible por la CE (criterios C.A.L.IDAD) y que sea aplicable más allá de la mera reforestación. Se ha desarrollado para ello una herramienta de valoración de alternativas de gestión selvícola que generen adicionalidad de absorciones de carbono, integrando un modelo mecanicista de cálculo de absorción de carbono adicional con un submodelo de valoración económica para ayudar a los silvicultores y operadores del sistema a seleccionar la alternativa a ejecutar (*Karbo-kalku*). Las alternativas de absorción seleccionadas siguen un proceso de certificación (*Karbo-ziurtagiria*, PEFC+C) vigente para un periodo de permanencia de 20 años. Aquellas propuestas que logran la certificación se registran públicamente en un registro (*Karbo-errola*) y entran en un mercado de compensación frente a entidades emisoras que acuerdan compensar su huella de carbono con la absorción certificada (*Karbo-merkatua*). En la presente comunicación se detallan los distintos componentes de *Basoko* aplicados sobre un caso piloto para entender el funcionamiento integrado de todo el sistema.

### Palabras clave

Mercados de compensación de carbono, cambio climático, adicionalidad, gestión forestal sostenible, certificación, reglamento 2024/3012.

## 1. Introducción

Los bosques son agrupaciones de ecosistemas que mantienen importantes procesos biofísicos y bioquímicos, los cuales proveen múltiples servicios que son esenciales para el bienestar humano (MEA, 2005). Estos servicios de los ecosistemas pueden valorarse para calcular su valor económico total (PAGIOLA et al., 2004) y con ello, establecer rangos, criterios y políticas de conservación de los ecosistemas (MURUA MÚGICA et al., 2016). Pero tan solo una pequeña parte de todos estos posibles servicios ecosistémicos tiene un posible mercado comercial. También existe una falta de equidad en la repartición de costes entre quienes deterioran un bien o servicio y entre quienes generan los beneficios (GARCÍA FERNÁNDEZ-VELILLA, 2009). Al igual que la salud o la educación son valores intangibles: tienen valor, pero no precio.

Por ello, las variables de tipo ecológico y social, al emparejarse con servicios ecosistémicos que no son objeto de remuneración, apenas cuentan en las decisiones de los propietarios o gestores de los ecosistemas vascos (ETXEGARAI et al., 2011). Pero esta situación cambia cuando se establece un marco (especialmente si es económico) donde el gestor forestal vasco se vea recompensado suficiente y aceptablemente (ONAINDIA BEREZIARTUA, 2013) y estos nuevos incentivos nuevas situaciones pueden promover cambios voluntarios en las decisiones de los gestores forestales vascos (ASTORKIZA IKAZURIAGA et al., 2022).

Los bosques y la gestión forestal contribuyen significativamente al ciclo global del carbono y a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro del CO<sub>2</sub> atmosférico y su almacenamiento en la biomasa forestal, el suelo y en los productos madereros con largos ciclos de vida (NABUURS et al., 1997). Por ello, la *Convención Marco de Naciones Unidas para Cambio Climático* (UNFCCC) establece que las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y gestión forestal (denominadas LULUCF por sus siglas en inglés) se deben incluir como un sector más.

Concretamente en la Unión Europea, la primera vinculación entre las políticas climáticas y los sumideros de carbono en el ámbito forestal se produjo tras el *Acuerdo de París*. Para cumplir los compromisos adquiridos en esa cumbre, el Parlamento y el Consejo europeos adoptaron el *Reglamento 2018/841* sobre la inclusión de las emisiones y absorciones del sector LULUCF para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el período de 2021 a 2030 (PARLAMENTO EUROPEO, 2018). En él y, a efectos de contabilidad de emisiones, las posibles actividades económicas fueron clasificadas en tres categorías:

1. *Las sometidas al mercado de derechos de emisión*: son actividades de grandes cuantías de emisión de carbono a la atmosfera (denominadas actividades ETS por sus siglas en inglés)
2. *Las correspondientes a sectores difusos*: son actividades relacionadas con el transporte, lo residencial, agrícola y ganadero, y gestión de residuos

### 3. Las correspondientes al sector LULUCF

En base a esto, cada Estado miembro debe contabilizar sus emisiones y sus absorciones resultantes de las tierras forestales gestionadas. Estas absorciones de referencia se utilizarán para cumplir con el compromiso de la *norma de deuda cero* (que las emisiones del conjunto del sector LULUCF del estado no superen sus propias absorciones).

Además, en el *Protocolo de Kioto*, la Unión Europea se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los niveles de 1990. En consecuencia, se estableció un tope o límite sobre la cantidad total de determinados gases de efecto invernadero que podrían emitir ciertas fábricas, las centrales eléctricas y otras instalaciones del sistema de producción y servicios (actividades ETS). Esto genera un *derecho de emisión* de carbono por cada tonelada de dióxido de carbono emitida por estas actividades ETS (PARLAMENTO EUROPEO, 2003). Estos derechos pueden ser ahorrados para cubrir sus necesidades futuras, comercializados entre sí (vender o comprar entre diferentes empresas y entidades) o adquiridos nuevos (hasta un número limitado) procedentes de proyectos de reducción de emisiones. Aunque esta última opción abre la puerta a proyectos relacionados con los bosques y su fijación de carbono, su ejecución se limita a los países en vías de desarrollo, quedando imposibilitada su aplicación en los bosques establecidos en la Unión Europea.

Queda por tanto la otra opción, la de los mercados voluntarios. Estos otros mercados funcionan ajenos a los mercados de actividades ETS, pero en paralelo. En ellos, interactúan empresas públicas, privadas y personas particulares, con cabida para los sumideros LULUCF de la Unión Europea, ofreciendo y adquiriendo compensaciones de carbono de manera voluntaria. Por una parte, la empresa o la entidad emisora debe calcular su huella de carbono: la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto medido llevando a cabo un inventario de emisiones o un análisis de ciclo de vida y siguiendo normativas internacionales reconocidas. Por otra, debe haber un proyecto que genere una absorción equivalente de carbono, medido en *Créditos de Reducción Verificada de las Emisiones de carbono* (VERs por sus siglas en inglés) que compensará esta huella. En estos mercados voluntarios, las empresas y particulares pueden adquirir o comprar créditos de carbono directamente de los proyectos, de las empresas o de los fondos de carbono.

Aunque en los últimos años ha habido una gran explosión de estos mercados voluntarios de carbono, su credibilidad está cuestionada, ya sea porque numerosos proyectos que las sustentan no cuantifican correctamente el carbono, no verifican la consecución real de los objetivos del proyecto, y/o venden o contabilizan los mismos créditos más de una vez, por lo que en ocasiones están siendo consideradas un fraude (DEV y KRISHNAMURTHY, 2023).

Por ello, la UE está adoptando y desarrollando diferentes sistemas y mecanismos para garantizar una mejor correlación entre políticas y acciones climáticas y los sumideros de carbono en el ámbito forestal:

- El *Reglamento 2018/841* (PARLAMENTO EUROPEO, 2018) establece un sistema que sólo contabiliza las absorciones o emisiones resultantes de la *acción directa del ser humano*, independientemente del carbono que se fije en la vegetación por su crecimiento en libre evolución o regeneración natural.
- En la categoría de la *tierra forestal gestionada*, para poder diferenciar las absorciones derivadas de la gestión forestal de las debidas al crecimiento natural de los bosques, el reglamento establece un *nivel forestal de referencia* que debe proponer cada país dentro de su *Plan de Contabilidad Forestal Nacional*. Se trata de una estimación, expresada en toneladas equivalentes de dióxido de carbono anuales, de la media anual de emisiones o absorciones netas derivadas de las tierras forestales gestionadas en el territorio de un Estado miembro de la UE. De aquí, surge el concepto de la *adicionalidad* (lo que se absorbe de más con respecto del nivel forestal de referencia).
- El recién aprobado *Reglamento 2024/3012* (PARLAMENTO EUROPEO, 2024) por el que se establece un marco de certificación de la Unión para las absorciones permanentes de carbono, la carbonocultura y el almacenamiento de carbono en productos establece los requisitos bajo los cuales la eliminación de carbono puede ser elegible para certificación en la UE, lo que supone que la eliminación de carbono se cuantifica con robustez y precisión, y que se hace solo mediante actividades de eliminación de carbono que generen un beneficio neto de eliminación de carbono, que sean adicionales, que tengan como objetivo garantizar el almacenamiento de carbono a largo plazo y que tengan un impacto neutro o un beneficio sobre otros objetivos de sostenibilidad. Se basa en cuatro criterios de CALIDAD: cuantificación, adicionalidad y línea base, almacenamiento a largo plazo y sostenibilidad.
- Además, este marco establece que la eliminación de carbono debe estar sujeta a auditorías independientes de terceros para garantizar la credibilidad y confiabilidad del proceso de certificación.

Bajo estos parámetros, la adicionalidad se podría conseguir mediante el incremento de las existencias de biomasa por hectárea (dinamizando la gestión), mediante el incremento de las cortas de madera y productos derivados e incrementando el ritmo de reforestación (cambio de uso de la tierra a forestal). Sin embargo, analizando el sistema de contabilidad actual, se favorece tan solo la utilización de las absorciones asociadas a las reforestaciones. Es lo que ocurre en el País Vasco, donde ya hay una gran superficie forestal arbolada, hasta del 55% de su superficie total y con provincias como Gipuzkoa que ronda el 62% (HAZI, 2024). En un paisaje con tanto uso forestal, el margen para incrementar la fijación del carbono de la atmósfera mediante los sumideros LULUCF y sin generar un conflictivo desequilibrio con respecto de la también necesaria obtención de alimentos o del destino urbano e industrial, es muy reducido. En este caso, la clave para impulsar y mejorar la mitigación del cambio climático radica en ahondar en la gestión forestal sostenible.

Aunque la absorción terrestre del carbono es un aspecto fundamental en la pretendida

mitigación del cambio climático, la biosfera terrestre, también sufre los efectos que el cambio del clima implica en su desarrollo. Es decir, el crecimiento vegetativo que ayuda en la mitigación se puede ver frenado (e incluso anulado) por las implicaciones de la subida de las temperaturas en la Tierra (y otras perturbaciones como sequías, inundaciones, vendavales, nevadas, incendios, plagas y enfermedades que afectan a la biosfera) (DUPUY et al., 2015). La gestión forestal, reorganiza el bosque pudiendo fomentar y/o fortalecer la adaptación a estas afecciones. Es decir, puede incidir en reducir la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático (LLORET et al., 2015). Por tanto, la gestión forestal sostenible no solo es una herramienta clave para la mitigación del cambio climático, sino también para poder adaptarse a sus efectos negativos.

Según el Órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, esta gran superficie forestal arbolada produjo en 2022 un Valor de la Producción Final Forestal de 140 millones € corrientes, lo que supone el 20% del valor de la Producción Final Agraria. Además, según EGUÍA PEÑA et al. (2021) y a la vista de los principales indicadores económicos, número de empresas, empleo generado o valor de la producción, califican a la industria vasca de la madera como relativamente importante dentro del conjunto de la industria vasca. Por ello, la posible implantación de un mercado voluntario de carbono en el País Vasco, debe ser paralela al ya implantado mercado de la madera. Debe ser un añadido que entre también a jugar en la toma de decisiones de los gestores forestales vascos.

Con respecto a esto último, es importante considerar que cerca del 80% de la superficie forestal del País Vasco es de propiedad privada (HAZI, 2024). A esto hay que añadir que la inmensa mayoría de la superficie pública restante pertenece a entidades administrativas locales (municipios, concejos, etc.). Esas superficies públicas no pertenecen a todos los ciudadanos vascos, sino tan solo a los habitantes de dichos municipios o concejos. Por ello, estas administraciones locales, en la práctica, funcionan como un colectivo privado. Por este motivo, las asociaciones vascas de propietarios forestales en los que se agrupan estos colectivos de propiedad son los principales actores clave que pueden desencadenar un cambio en el sector forestal del País Vasco (ZAFRA-CALVO et al., 2024).

## 2. Objetivos

El objetivo de esta comunicación es presentar los resultados del proyecto “Implantación de un mercado en Euskadi para el carbono fijado con la gestión forestal sostenible” (Consejería de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente, Gobierno Vasco Expte. Nº 00015-COO2022-30), cuyo objetivo ha sido implantar en Euskadi un mercado de carbono basado en la gestión forestal sostenible que ayude a mitigar el cambio climático y a adaptarse a sus efectos perjudiciales.

Los objetivos específicos han sido:

- Desarrollo de una herramienta o calculadora de carbono que permita estimaciones con resolución espacial fina del carbono acumulado en los distintos componentes o reservorios del ecosistema forestal, de su dinámica temporal, y que sea sensible a variables de gestión forestal y de escenarios climáticos futuros.

- Acoplar en esa calculadora valoraciones económicas relativas tanto a la producción y venta de la madera como del carbono adicional capturado.
- Establecer las bases para poner en marcha un mercado voluntario de carbono capturado procedente de la gestión forestal de los bosques de Euskadi.
- Establecer una norma específica de verificación del carbono que se ajuste al nuevo mercado generado.

### 3. Metodología

*Basoa Fundazioa*, como organización precursora de proyectos de innovación asociados a los servicios ecosistémicos de los bosques vascos, dinamizó la creación de un grupo de trabajo para acometer el diseño y la ejecución del proyecto de implantación del mercado voluntario de carbono en Euskadi. Por una parte, involucró a la *Confederación de Forestalistas del País Vasco* como entidad representante de más de 6.500 propietarios privados y administraciones públicas locales. Por otra, involucró al grupo de I+D+i en ciencia y tecnología forestal *Re-ForeST* de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), como entidad experta en la modelización y cálculo del flujo del carbono en el ámbito forestal. Paralelamente, involucró también a un grupo de investigadores en el ámbito de la ciencia económica procedentes de varias universidades (Universidad del País Vasco – UPV/EHU, Universidad de Zaragoza – UNIZAR y Universitat de Girona - UdG) para trabajar los aspectos económicos del proyecto. Contó también con la participación de *Elkarmedia S.L.*, una empresa informática vasca y *PEFC – España*, como asociación para la certificación española forestal del sistema PEFC en España.

#### 3. 1 Cuantificación física y económica de las absorciones adicionales de carbono

Las absorciones de carbono que el Reglamento Europeo permite vender solo son las generadas a través de adicionalidad. Es decir, se debe establecer una línea base o de referencia del carbono fijado a través de la gestión estándar o convencional y a continuación, proponer una gestión alternativa que permita aumentar dicha fijación de carbono respecto a la línea base. Por ello, en la herramienta de cálculo se estima tanto la línea de base como la gestión en varias alternativas encaminadas a obtener las absorciones adicionales.

Los cálculos de las absorciones de carbono se basan en el modelo basado en proceso (Thornton et al., 2002). Al ser un modelo basado en procesos permite comprender el estado y los cambios en los flujos del ecosistema en términos de carbono, agua y energía de una manera mecanicista. Este tipo de modelos tienen una gran necesidad de parametrización y calibraciones específicas según especie y bioma. Por ello, los datos de entrada deben ser precisos y satisfacer los requisitos de resolución espacial y temporal que permitan describir la variabilidad local y con ello permitir que el modelo represente correctamente los distintos procesos forestales. En cambio, una importante ventaja de estos modelos basados en procesos es su menor dependencia de ajustes y mediciones

empíricas que aumentan las fuentes de incertidumbre al estimar la biomasa. Concretamente, *Biome-BGC-Muso* es un modelo biogeoquímico que utiliza una escala de 1 m<sup>2</sup> con módulos de parámetros de: suelo multicapa, datos meteorológicos diarios, datos específicos del sitio, datos ecofisiológicos, concentración de dióxido de carbono atmosférico y datos de deposición de nitrógeno para simular los procesos biogeoquímicos del bioma dado. Además, permite simular tratamientos selvícolas como cortas y/o podas. El modelo trabaja con un paso de tiempo diario a partir del cual es posible agrupar los resultados en pasos de tiempo de menor resolución tales como mensual y/o anual. Finalmente se obtienen resultados del carbono acumulado, fijado y extraído del ecosistema en los diferentes reservorios: parte aérea y radical de la vegetación, hojarasca, madera muerta, suelo orgánico y carbono extraído en productos derivados de la madera.

Además, se ha desarrollado un análisis que permite comparar los beneficios conjuntos procedentes tanto de la venta de madera como de la venta de créditos de carbono entre las diferentes alternativas/itinerarios selvícolas analizados para cada rodal de ordenación. Para ello, se ha incorporado un análisis tanto de gastos previstos para desarrollarlos, como de los ingresos esperados. La información ha sido integrada en un análisis económico que posibilita el cálculo del *Valor Actual Neto* (VAN) de la madera extraída y del *Valor Actual del Carbono Adicional Capturado* (VAca) en cada itinerario alternativo necesario para la toma de decisiones.

### 3. 2 Cuantificación del riesgo por incendio

La gestión forestal adaptada al cambio climático es compleja debido a eventos imprevistos como incendios, plagas y otros riesgos. Estos eventos afectan directamente los mecanismos del mercado de absorciones de carbono, creando desajustes entre la oferta inicialmente calculada y la cantidad efectiva de carbono fijado. El riesgo inicialmente seleccionado en *Basoko sistema* es el de incendios forestales, para el cual, se calcula la pérdida económica potencial evitada en la fijación de CO<sub>2</sub>. Por ello la herramienta de cálculo incluye un índice de riesgo de ignición basado en el carbono lábil de la hojarasca y el déficit de presión de vapor (EASTAUGH y HASENAUER, 2014). Este índice se ha utilizado como variable proxy para la obtención de la probabilidad de ocurrencia de incendio (Dasgupta et al., 2006) aproximándolo con una distribución de probabilidad *Poisson*.

La siguiente incógnita para calcular la pérdida potencial anual será la emisión de carbono a la atmosfera en caso de producirse ese incendio. Dicha pérdida dependerá de muchos factores, no sólo de la especie sino también del tipo de incendio que se acabe produciendo. Esto, a su vez, vendrá determinado por las características de la vegetación, rodal, clima y extinción utilizada. Aunque cada caso será distinto, se puede estimar que en torno a un 50% del carbono almacenado en la biomasa vegetal (valor promedio) se puede liberar a partir de un incendio forestal. Pero un incendio no necesariamente afecta únicamente a la parte vegetal y aérea del bosque, ya que también puede perderse en promedio entre un 10 y un 30% del carbono almacenado en el suelo.

Del producto de la valoración del carbono fijado que vuelve a la atmósfera por causa del

incendio y la probabilidad anual de tal incendio se obtiene la pérdida potencial anual para cada rodal de ordenación, especie e itinerario de gestión escogido. Finalmente, los gestores forestales que reduzcan la probabilidad de incendios serán recompensados, haciendo que los contratos y las toneladas fijadas de CO<sub>2</sub> asociadas sean más seguros y menos propensos a ocurrencias de incendios.

### 3. 3 Sistema de certificación

El paso previo para desarrollar un marco de certificación fue una obligada revisión de los sistemas actuales que, tanto a nivel nacional como internacional, estuvieran desarrollando actividades similares.

La Comisión Europea, en consulta con expertos y otras partes interesadas, está desarrollando metodologías de certificación específicas para las prácticas de carbonocultura en el subsector de la silvicultura, a fin de armonizar la aplicación del *Reglamento 2024/3012* y de los criterios CALIDAD a través de sistemas de certificación reconocidos. Por ello, *Basoko sistema* deberá seguir esas metodologías para cumplir con dicho marco y sus criterios. Dado que a fecha de hoy aún no se conocen estas metodologías, se desarrolla un sistema de certificación propio pero reconocible por la CE, para lo que se anticipa una metodología lo más afín posible a lo expuesto en el Reglamento.

### 3. 4 Mercado voluntario de CO<sub>2</sub>

El desarrollo económico de la implantación del mercado partió, también, de un análisis de experiencias de mercados voluntarios de CO<sub>2</sub>, los precios establecidos en ellos y la tipología de contratos empleados, tanto a nivel internacional, como estatal y autonómico. Posteriormente, se abordaron aspectos esenciales para el mercado como son sus restricciones (requisitos a establecer para los distintos participantes en el mercado) su caracterización (establecer la tipología del mercado y la periodicidad de sus transacciones) y el estudio del precio de salida mediante una encuesta a 300 de los potenciales clientes con el objetivo de recopilar información sobre sus percepciones y disposición a pagar por los créditos de carbono.

Uno de los focos centrales del proyecto radica en atraer la atención y satisfacer las demandas de los consumidores locales, consolidando conexiones sólidas con el mercado circundante. Para iniciar este proceso, se llevó a cabo un análisis preliminar del mercado local a través de la consulta en el MITECO de las empresas de Euskadi que, de manera voluntaria, se han comprometido a compensar su huella de carbono.

### 3. 5 Casos piloto

La herramienta de cálculo ha sido testada aplicándola, y comparándola, a los datos reales procedentes de varios rodales de ordenación con especies diferentes de dos zonas piloto: Zestoa-Zunzunegi (en Gipuzkoa) y Junta administrativa de Goiuri-Ondona –

Urkabustaiz (en Araba). Además, también se ha repetido el testado, tanto de la oferta (carbono adicional fijado) como de la demanda (emisión de carbono), aprovechando el desarrollo del proyecto “*Basoa bizi*” por parte de Basoa Fundazioa (uno de los participantes del grupo de trabajo).

#### 4. Resultados

Se ha desarrollado un sistema o esquema de certificación reconocible por la CE denominada “*Basoko sistema*” (la traducción literal al castellano sería sistema del bosque) (<https://basokosistema.org/>). Este marco metodológico pretende establecer un estándar o norma de certificación de la gestión forestal sostenible para el carbono en Euskadi proporcionando el procedimiento y la metodología para certificar el secuestro neto de carbono resultante de la aplicación de prácticas de silvicultura del carbono dentro del marco de la gestión forestal sostenible. La metodología se centra en el secuestro de carbono adicional en la biomasa viva, el suelo, la madera muerta, la hojarasca y el ubicado en productos de larga duración derivados de los aprovechamientos forestales. Este sistema es aplicable, por una parte, a todos los gestores y/o titulares que deseen generar unidades o créditos certificados de secuestro de carbono a partir de prácticas de gestión forestal sostenible del carbono en bosques de los que son propietarios u ostentan el derecho legal de operar, y por otra, a todas las empresas, administraciones y particulares que desean ser neutrales en carbono y que están dispuestas a comprar créditos de carbono para equilibrar sus emisiones.

El sistema, inicialmente, trabaja en dos opciones de cálculo del escenario de referencia o línea base consideradas para el cómputo de la adicionalidad de carbono:

1. Línea de base normalizada. El carbono adicional en una superficie o unidad elemental a certificar será aquel que se secuestre por encima del carbono computable para esa unidad de explotación siguiendo la metodología del Ministerio para establecer el nivel forestal de referencia y que el gobierno español usó para reportar según lo establecido en el *Reglamento 2018/841* (PARLAMENTO EUROPEO, 2018).
2. Línea de base de proyecto. Aquel otro que se secuestre por encima del secuestro de carbono producido con la gestión forestal existente (sin la implantación del proyecto).

El sistema se articula en 4 partes o fases definidas en la Figura 1.

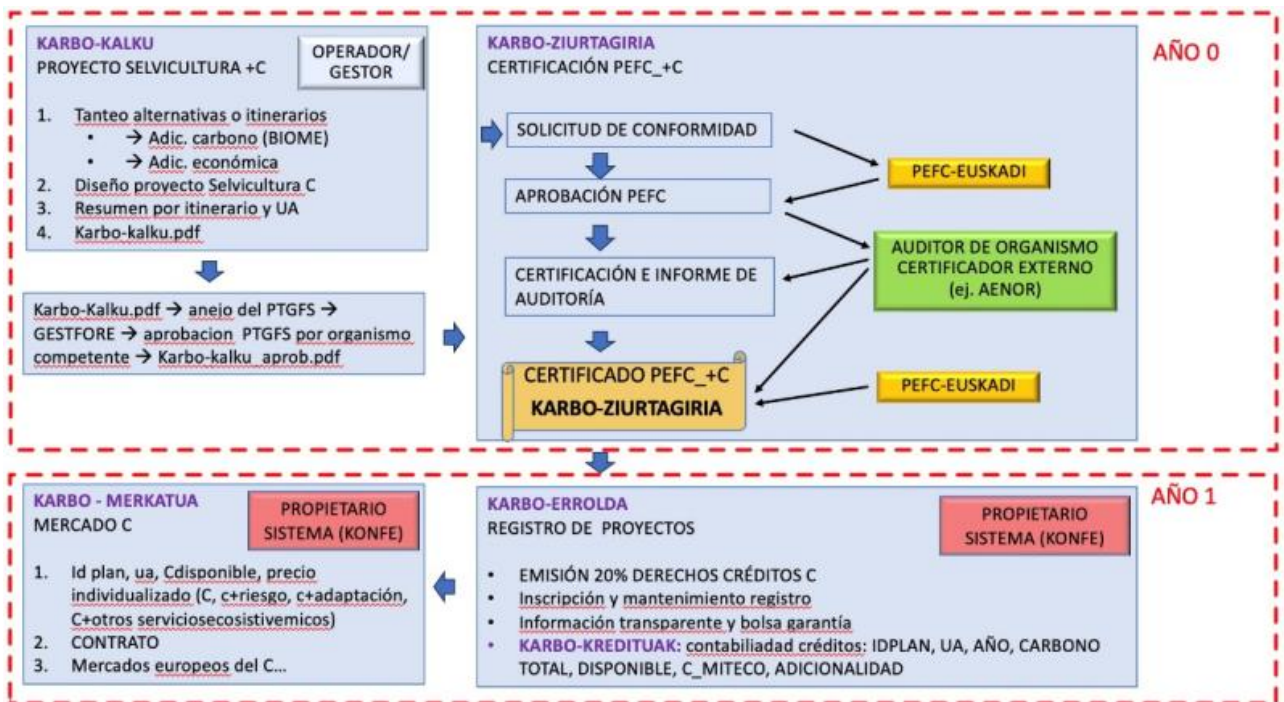


Figura 1: Funcionamiento de Basoko sistema y sus fases (léase el texto para su explicación)

**KARBO-KALKU:** es la herramienta de cálculo y el componente de valoración de las alternativas desde un punto de vista biofísico, técnico y económico. Integra un modelo mecanicista con otra información contrastada para seleccionar las alternativas con criterios de adicionalidad de carbono y económicos. En esta fase se prueban distintos itinerarios alternativos para estudiar cuánto carbono fija cada uno de ellos, así como el VAN y el VAca. Con ello, permite comparar los resultados biofísicos y económicos obtenidos en cada itinerario alternativo y optar por aquella alternativa concreta que produzca mayores ganancias o satisfacción en cada rodal de ordenación. Este componente lo desarrollarán operadores especializados que, no necesariamente, deben ser los mismos que trabajen la fase siguiente de adhesión a la certificación. Las variables con las que cada operador podrá jugar en cada rodal de ordenación serán: una cobertura *shape* para localizar el rodal y facilitar con ello el cálculo automático por la herramienta de gran parte de los resultados y el calendario de actuaciones selvícolas (facilitado mediante posibles itinerarios preestablecidos).

Una vez seleccionada la alternativa final, Karbo-Kalku genera un archivo pdf (*Karbo-Kalku.pdf*) que será anexo al instrumento de ordenación (Plan Técnico de Gestión Forestal Sostenible – *PTGFS*) que el operador suele redactar en una aplicación aparte (*GESTFORE*) que se utiliza para redactar los *PTGFS* con los que adherirse a la certificación de Gestión Forestal Sostenible. El *PTGFS* con *Karbo-Kalku.pdf* anexo aspirará a la certificación de carbono, lo que implica que ha establecido una cobertura de rodales con prácticas de selvicultura del carbono, un itinerario concreto por rodal de ordenación implicado y unos datos de fijación de carbono y económicos, también por cada rodal.

El PTGFS+Karbo-Kalku.pdf debe ser aprobado por la administración competente (Servicio de Montes de la Diputación Foral o en su defecto el visado del colegio profesional oficial del técnico redactor) y con ello se genera el archivo Karbo-Kalku\_aprob.pdf con el que se podrá continuar la siguiente fase.

**KARBO-ZIURTAGIRIA:** En esta fase comienza el proceso de certificación de las alternativas finalmente seleccionadas. En ella, el proyecto de secuestro de carbono del operador debe presentarse al administrador del esquema de certificación (PEFC Euskadi) para evaluar su conformidad con el mismo (mediante la presentación del archivo Karbo-Kalku\_aprob.pdf).

Esta certificación es emitida por un tercero (organismo certificador) dado que el proyecto se somete a una evaluación documental y de campo por parte de un organismo experto externo. La adhesión a la certificación tiene una duración de 20 años (la vigencia del PTGFS) y consta de los siguientes pasos:

- En el primer año, se emite la certificación. El organismo certificador evalúa la aplicación de la(s) práctica(s) selvícolas de adicionalidad del carbono, con los documentos que prueban la aplicación de la silvicultura del carbono según el itinerario escogido. Primero, se revisa la documentación que ha generado la calculadora (proyecto de carbono, línea base y adicionalidad). Segundo, se verifican las entradas de la calculadora con datos de campo y gabinete (entradas iniciales a "t0" al comienzo del proyecto). Tercero, si la certificación es positiva, se inscriben los créditos de carbono generados en el registro y se puede comercializar hasta un 20% del total.
- Periódicamente, se podrá llevar a cabo un control/auditoria interna de seguimiento por parte del administrador del sistema y, cada cinco años, siempre a petición del ofertante en el mercado, se podrá hacer una auditoría de confirmación para poner en venta créditos adicionales a ese 20% del total que se pudieran haber generado en ese periodo (Figura 2). En este momento, el administrador del sistema verificará la implementación del proyecto con respecto al contenido de éste en el momento de la certificación para confirmar el cumplimiento de esta metodología y comprueba la posible desviación para ese periodo en cuestión. El organismo de certificación realiza una auditoría y valida el dato. Si el operador hubiera utilizado el 20% de los créditos de carbono disponibles en t0 y el secuestro hasta este momento (t5, t10, t15, etc.) es superior a ese 20%, la diferencia restante de las unidades de carbono puede registrarse como comercializable. Si no ha usado el 20% en t0 todas las unidades certificadas en t5, t10, etc. son comercializables. Si habiendo usado el 20% inicial, el secuestro en t5, t10, etc. fuera inferior al 20%, las unidades de carbono certificadas auditadas no se validan para la liberación y no pueden ser vendidas.

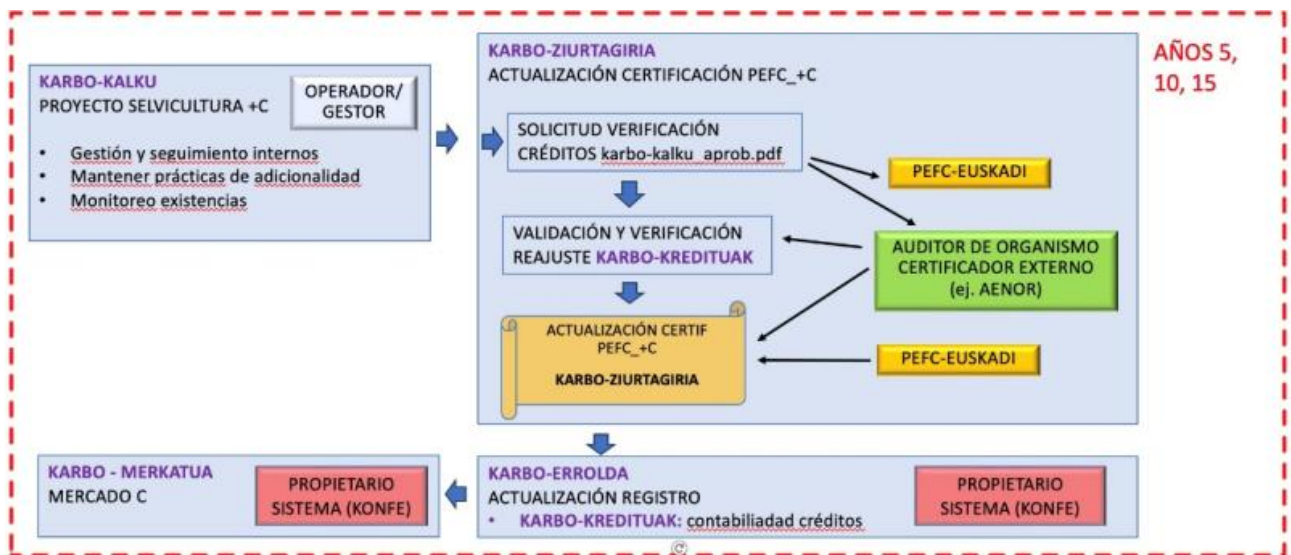


Figura 2: Proceso de certificación de créditos de carbono en quinquenios intermedios y en Basoko sistema

- Una auditoría final de seguimiento en el año 20 certificará la totalidad de la cuota acumulada, y la resta con las unidades utilizadas hasta ese momento se considera elegible para la liberación y puede ser vendida (Figura 3). El organismo de certificación realiza una auditoría final y valida el dato, es decir, verifica el secuestro neto de carbono generado.

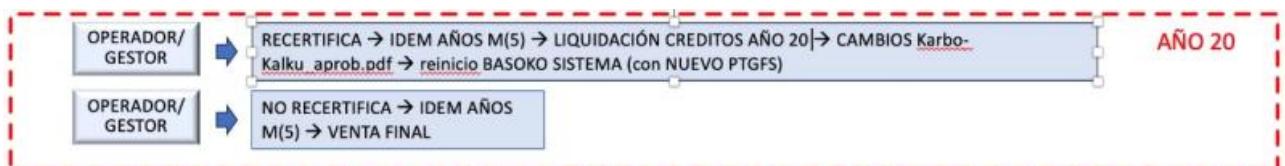


Figura 3: Proceso de certificación de créditos de carbono final en Basoko sistema

**KARBO-ERROLDA:** los proyectos de secuestro de carbono, después de la certificación, se inscribirán y publicarán en este registro público gestionado por el administrador del sistema. Este registro es la herramienta que garantiza la trazabilidad completa de los certificados de secuestro de carbono y minimiza el riesgo de doble contabilidad. Es un registro público de todos los certificados emitidos, así como del volumen de unidades de secuestro de carbono vendidas y del volumen de unidades de secuestro de carbono retiradas.

Para asegurar la permanencia, estabilidad y sostenibilidad a largo plazo del sistema se establece una *reserva de garantía*, de modo que, de los créditos generados a lo largo del tiempo, se sustrae un porcentaje para cubrir posibles pérdidas (incendios, vendavales,

plagas, etc.). Este valor es del 20% y no es recuperable.

**KARBO-MERKATUA:** será un único mercado para toda Euskadi. Será gestionado desde el propio sector forestal que es el propietario y administrador del sistema. Será libre de intermediarios, donde las partes acuerdan la compraventa del bien “a medida” de las partes (*Over the counter*). Estará basado en contratos individualizados con una vigencia de 5 años donde quedarán establecidas tanto las cantidades de secuestro de carbono ofertadas (calculados y certificados *ex ante*), como los precios, que vendrán fijados para el período de vigencia del contrato. Los contratos podrán ser revisables tras su finalización cuando la experiencia práctica así lo aconseje. Los precios serán los resultantes de la libre concurrencia de la oferta y la demanda en dicho mercado y recogerán el valor añadido (mitigación + adaptación) que ofrece el sistema.

El soporte para mostrar y trabajar todas estas partes del sistema ha de ser informático. Por tanto, todo este funcionamiento ha sido integrado en una aplicación informática en línea. Tiene algunas partes abiertas a todo el público general (funcionando a modo de escaparate del sistema). Pero otras, están restringidas a diferentes roles que pueda tener cada usuario (operador, administrador, ofertante, o demandante).

## 5. Discusión

*Karbo-Kalku* se presentó al público el 22 de noviembre de 2024 y el resto de *Basoko sistema* se pretende presentar durante el mes de febrero de 2025. Por tanto, aunque los elementos necesarios ya han sido creados, ahora falta practicar con ellos y adquirir experiencia. Sin embargo, la expectación creada en el ámbito forestal vasco ha sido remarcable (mucha afluencia de público y de ámbitos muy diversos).

La herramienta de cálculo es muy eficaz. Procesos de cálculo mediante métodos habituales que tardan alrededor de 3 días, se reducen a tan solo 3 minutos. La alta automatización incorporada facilita mucho la labor del operador, de forma que éste solo debe centrarse en aquellos aspectos esenciales de la gestión (especie y sus itinerarios). Esto ofrece una cómoda y rápida posibilidad de elegir la gestión selvícola en cada rodal de ordenación. Del mismo modo, los resultados del modelo contrastados con los datos reales tomados en inventarios de campo, están ofreciendo unas desviaciones muy pequeñas.

Sin embargo, conseguir dar con el itinerario selvícola satisfactorio que mejore los rendimientos económicos en los distintos rodales de ordenación, tanto desde el punto de vista de la venta de madera como el del carbono, no está resultando fácil. Rodales con selviculturas ya eficaces en la producción de madera (itinerarios selvícolas para plantaciones de coníferas de crecimiento rápido y medio) y masas forestales adultas con alta densidad y gran cantidad de existencias (hayedos) parecen tener, al menos en las pocas pruebas iniciales realizadas, unos márgenes de mejora poco obvios. Por ello, será necesario, en adelante, analizar profundamente diferentes itinerarios e ir descubriendo pautas y/o actividades de mejora en ellos.

El modelo está diseñado para plantaciones forestales monoespecíficas. Por ello, cuando

los rodales de ordenación están compuestos de múltiples especies y/o de árboles desarrollados en un periodo de regeneración no coetáneo, su aplicación puede ser muy forzada. Como futuras mejoras, se está considerando la posibilidad de acoplar distintos tipos de modelos al sistema, para que *Karbo-kalku* opere con el más apto en cada posible caso.

Algunas políticas de precio fijo implantadas por ciertas administraciones vascas pueden ser un desincentivo para que las empresas vascas participen en *Basoko sistema*. Sin embargo, dado que el carbono que se pretende comercializar a través de este sistema cumple requisitos más completos, estrictos y verificados e incorporan prácticas selvícolas de adaptación al cambio climático, sería lógico que obtuviese un precio más acorde con la calidad y seguridad que oferta su producto.

Cabe la posibilidad de seguir añadiendo al mercado otros servicios ecosistémicos. En ese fin, el sistema creado puede ser un buen marco donde ir incorporando nuevos acoples. Por una parte, cabría la posibilidad de utilizar los valores de salida adicionales que ofrece *Biome-BGC-Muso* (agua y nitrógeno). Por otra, cabría la posibilidad de acoplar posibles valoraciones relativas a la biodiversidad o paisaje, ya que estas, pueden ser un gancho extra para comercializar el mismo carbono, pero con unos precios de mercado más elevados. Del mismo modo, es oportuno acoplar más mecanismos que consideren la adaptación al cambio climático con la mejora en la permanencia del carbono fijado mediante la valoración de la minimización de más riesgos (propagación de incendios, vendavales, plagas, enfermedades, etc).

## 6. Conclusiones

Se ha desarrollado un mercado de carbono en Euskadi para hacer frente al problema del CO<sub>2</sub> atmosférico teniendo en consideración la oportunidad ofrecida por los bosques vascos y su gestión. Este mercado trata de construir un puente entre las entidades y personas que realizan actividades de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y las entidades y personas que realizan actividades de absorción del CO<sub>2</sub> desde la atmósfera a los bosques y a la madera de la que proveen. Un mercado voluntario donde las partes se transfieren derechos sobre ese carbono y consecuentes dotaciones económicas.

Para alcanzar este objetivo se ha desarrollado *Basoko sistema*, un innovador esquema de certificación reconocible por la CE y que aporta la posibilidad de considerar aspectos ecológicos y sociales en la toma de decisiones de los gestores y propietarios forestales vascos.

*Basoko sistema* incorpora una innovadora herramienta de cálculo tanto del flujo del carbono en los bosques vascos como del posible valor de su comercialización en el mercado. Es una herramienta robusta y eficaz que se adecua a las peculiaridades del macizo forestal vasco, del cambio climático y de la variable gestión forestal aplicable en él y ante ella.

## 7. Agradecimientos

Este ha sido un proyecto colectivo desarrollado por multitud de personas pertenecientes a varias entidades dispares, pero bien avenidas, a quienes quisiéramos felicitar y agradecer su dedicación y trabajo. Agradecer también a las entidades administrativas financiadoras que han hecho posible desarrollar el proyecto. Este proyecto ha sido financiado a través de la convocatoria para las ayudas a la cooperación e innovación del Gobierno Vasco (cofinanciadas mediante el Fondo comunitario FEADER) en su edición del 2022 (Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco 2022) que fue aceptada en la resolución del Gobierno Vasco.

## 8. Bibliografía

ASTORKIZA IKAZURIAGA, I.; ALBIAC MURILLO, J.; TAPIA BARCONES, J.; 2022. Evaluación socio-económica de la gestión forestal para la mejora de los servicios medioambientales: Proyecto SINCERE Comunicación. *8º Congreso Forestal Español*. Lleida.

Dasgupta, S.; Qu, J.J.; Hao, X.; 2006. Design of a susceptibility index for fire risk monitoring. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 3 140-144.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO, SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO VASCO; 2022. *BOPV*. 173 1 - 68

DEV, T.; Krishnamurthy, R.; 2023. The Voluntary Carbon Market in India: Do People and Climate Benefit?. *Centre for Science and Environment*. 122. Nueva Deli.

Dupuy, J.L.; Boivin, T.; Duché, Y.; Martin-StPaul, N.; Pimont, F.; Rigolot, E.; 2015. Impact du changement climatique sur les risques en forêt : le cas de l'incendie et de ses interactions avec la sécheresse et les pullulations d'insectes. *Innov. agron.* 47. 29 - 50

EASTAUGH, C. S.; HASENAUER, H.; 2014. Deriving forest fire ignition risk with biogeochemical process modelling. *Environmental Modelling & Software*, 55, 132-142.

EGUÍA PEÑA, B.; FERRERO RODRÍGUEZ, A.M.; MURUA MÚGICA, J.R.; 2021. Informe del Observatorio de la Madera de Euskadi 2021. *Baskegur*. 73. Vitoria – Gasteiz

ETXEGARAI LEGARRETA, O.; ESPARTA SOLOETA, I.; FERNÁNDEZ DE BOBADILLA GÜÉMEZ, S.; 2011. La inversión forestal como activo empresarial. Perspectivas económicas, medioambientales y sociales en el Territorio Histórico de Bizkaia. *Universidad del País Vasco*. 134. Bilbao

GARCÍA FERNÁNDEZ-VELILLA, S.; 2009. Instrumentos de mercado para la conservación de la biodiversidad y propuesta de actividades de difusión del mismo. *Fundación Fernando González Bernáldez*. 106. Madrid

HAZI; 2024. El bosque vasco en cifras 2023. *Gobierno Vasco*. 6. Vitoria – Gasteiz.

IPCC; 2001. Climate Change 2001. Mitigation. *ONU*. 753. Génova

LLORET, F.; ESCUDERO, A.; IRIONDO, J.M.; MARTINEZ-VILALTA, J.; VALLADARES, F.; 2015. Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. 369 – 375. Madrid

MEA, Millennium Ecosystem Assessment; 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press*. 137. Washington D.C.

MURUA MÚGICA, J.R.; ALBIAC MURILLO, J.; ASTORKIZA IKAZURIAGA, I.; EGUÍA PEÑA, B.; FERRERO RODRÍGUEZ, A.; MORENO DÍAZ, J.; 2016. Libro blanco del sector de la madera. *Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco*. 190. Vitoria – Gasteiz

Nabuurs, G.J.; Päivinen, R.; Sikkema, R.; Mohren, G.M.J.; 1997. The role of European forests in the global carbon cycle — a review. *Biomass Bioenergy*. 13 345-358

Nesterov, V.G.; 1949. Flammability of the Forest and Methods of its Determination. *USSR State Industry Press*.76. Moscú

ONAINDIA BEREZIARTUA, A.; 2013. Pago por bienes no madereros y servicios ambientales en la propiedad privada y de entidades administrativas locales de la CAE. *Montes*. 113 38 – 41

PAGIOLA, S.; VON RITTER, K.; BISHOP, J.; 2004. How much is an Ecosystem worth?. Assessing the Economic Value of Conservation. *Banco Mundial*. 33. Washington D.C.

PARLAMENTO EUROPEO; 2003. Directiva 2003/87/CE sobre el régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. *DOUE*. 275. 32 – 46

PARLAMENTO EUROPEO; 2018. Reglamento 2018/841 sobre la inclusión de las emisiones y absorciones del sector LULUCF para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el período de 2021 a 2030. *DOUE*. 156. 1 – 26

PARLAMENTO EUROPEO; 2024. *Reglamento 2024/3012* por el que se establece un marco de certificación de la Unión para las absorciones permanentes de carbono, la carbonocultura y el almacenamiento de carbono en productos.  
<http://data.europa.eu/eli/reg/2024/3012/oj>

Thornton, P. E.; Law, B.E.; Gholz, H.L.; Clark, K.L.; Falge, E.; Ellsworth, D.S.; Goldstein, A.H.; Monson, R.K.; Hollinger, D.; Falk, M.; Chen, J.; Sparks J.P.; 2002. Modeling and measuring the effects of disturbance history and climate on carbon and water budgets in evergreen needleleaf forests. *Agric. For. Meteorol.* 113:185-222

ZAFRA-CALVO, N.; ORTEGA, U.; SERTUTXA, U.; MOREAUX, C.; 2024. Identifying key actors, barriers and opportunities to lead a transition towards sustainable forest management: an application to the Basque Country, Spain. *Trees For. People*. 18.  
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100727>