

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

El agua del suelo



CONAMA 2024

EL AGUA DEL SUELO

Autor Principal: Raúl Contreras Comeche (Nittúa)

Otros autores: María José Sales Montoliu (Véolo); María del Carmen González Sanchis (CFTC); David González Sánchez (Sustraiak habitat desing); Salvador Pérez Sempere (Del camp a la taula)

ÍNDICE MÍNIMO

1. Resumen
2. Fundamento de la propuesta
3. Objetivos del proyecto
4. Desarrollo
5. Cuidado del suelo
6. Metodología de medición
7. Cuidado del aire , medición y vinculación con el agua
8. Sistema de validación
9. Materialización e intercambio
10. Bibliografía

RESUMEN

El agua del suelo es un proyecto social y ambiental que trabaja en el ámbito de las primeras necesidades, el agua. El proyecto persigue el incremento del agua infiltrada en los acuíferos subterráneos y para ello propone el cuidado de los suelos forestales y agrícolas como medio.

La recuperación del cuidado del suelo, abandonado conforme ocurre lo mismo con el medio rural, aporta numerosos beneficios: captura de CO₂, mejora de la biodiversidad, reducción del riesgo de incendios y la mayor infiltración de agua en los acuíferos subterráneos. Para obtener estos beneficios se requiere que el cuidado del suelo obtenga un retorno económico por esta acción, de lo contrario esta acción no se dará. Derivado de la existencia de un retorno económico se suma a los anteriores beneficios la dinamización de la economía local del medio rural.

Contamos con la evidencia científica que relaciona el incremento del agua en los acuíferos con el cuidado del suelo. Tenemos una metodología, contrastada en su uso, para la medición de los m³ que hemos infiltrado. Con la aplicación de esta metodología conseguiremos que cada productor conozca lo que realmente aporta con su trabajo en términos de agua. No es el total de su aportación pero si es una parte importante que puede modificar las rentas familiares en porcentajes sustanciales.

Para mostrar, demostrar e iniciar esta realidad se trabaja en un piloto que nos posibilita realizar un proceso completo de aportación de "cuidados - incremento del agua infiltrada - materialización de los m³ - intercambio económico"

Con el desarrollo del piloto conseguiremos validar la propuesta, mejorar su implementación y abrir el espacio de aplicación en otros territorios hasta su normalización.

FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA

Partimos de un problema que es la situación hídrica de España. Según el último informe disponible de la UNESCO la huella hídrica (HH) anual de España se sitúa en torno a los 2,5 millones de litros por persona, el doble que el promedio mundial (1.385.000 litros por persona al año). Esto supone unos 6.700 litros por habitante al día, frente a la media mundial de 3.795 litros por persona al día.

Nuestro país ocupa el octavo puesto en la clasificación mundial de países con mayor huella hídrica (producción y consumo) y el segundo puesto en el ranking europeo.

La situación climática general y española en particular no ayuda nada al gran consumo. Somos un país de escasas precipitaciones y una elevada temperatura media anual. El resultado es que nuestros acuíferos subterráneos están a un 10% de uso de la capacidad total, siendo que la extracción de agua de éstos es una fuente crucial para el uso agrícola e industrial la necesidad de una reversión es elevada.

En este sentido encontramos pronunciamientos de entidades como las siguientes:

NACIONES UNIDAS, en su informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos, dice:

“Basándose en un escenario de “medio camino”, un estudio apunta a que la demanda de agua del sector industrial y energético aumentará de un 24% de aquí a 2050”

MITECO, en su informe sobre la gestión de la sequía en 2023, dice:

El año hidrológico 2022/23 está teniendo un carácter globalmente seco en el conjunto de España: el 14,6% del territorio nacional está en emergencia por escasez de agua y el 27,4% en alerta debido a que la precipitación media global se sitúa un 17,1% por debajo del valor normal de referencia de los mismos meses del periodo 1991-2020.

La Fundación Nueva Cultura del Agua, en voz de su presidenta, dice:

La sobreexplotación de los acuíferos subterráneos ya está afectando al abastecimiento humano de un número creciente de poblaciones pequeñas y núcleos rurales.

PNUMA, según los datos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, dice:

Los acuíferos recogen las aguas subterráneas que representan el 98% del agua dulce disponible en la Tierra, según datos del Programa de Naciones Unidas para el Medio

EL AGUA DEL SUELO

Ambiente (PNUMA). Este tipo de aguas son la fuente de, aproximadamente, la mitad del agua potable mundial. Y es que la mayoría de las zonas áridas del planeta dependen por completo de este recurso.

Ante esta situación el proyecto propone incrementar la cantidad de agua en los acuíferos subterráneos. Para ello identifica el cuidado de los suelos como un medio idóneo adecuado, desde diferentes perspectivas, para incrementar la infiltración de agua en estos acuíferos y por lo tanto la disponibilidad de la misma. Un agua en unas condiciones de alta calidad. Es decir, en términos económicos incrementamos la oferta de agua y especialmente la de calidad.

Partimos de la evidencia científica y práctica de que la conservación de los suelos es esencial para, entre otras cosas, capturar agua y filtrarla al interior de la tierra. Es importante para prevenir la contaminación y mejorar la calidad del agua e influir en la salud humana. Del mismo modo también ayuda a prevenir la inundación y la erosión. Los suelos bien conservados pueden absorber más agua, lo que reduce el riesgo de inundaciones.

Sin embargo nos encontramos con una realidad de abandono del suelo forestal y agrícola. Este abandono que actúa en sentido contrario, agravando la situación hídrica del país. Es condición por lo tanto recuperar el cuidado del suelo lo que no se conseguirá nunca si no tiene un reconocimiento en el mercado como valor aportado y por lo tanto obtiene un retorno económico. ¿Por qué se va a cuidar el suelo cuando no hay una recuperación del valor añadido como si existe en la mayoría de servicios y productos? Antes eran las personas de los pueblos las que cuidaban del suelo pues su subsistencia dependía de ello. Conforme estas personas y sus formas de vida han dejado de existir, bien por la migración o por el envejecimiento de esta población, el suelo ha sido abandonado.

Es absolutamente necesario pasar del no mercado al mercado los cuidados del suelo. De esta forma se crea un ciclo económico completo que permite a nuevas personas dedicarse a esos cuidados a cambio de un retorno económico.

Llegados a este punto el reto es conseguir ese retorno que provoque un desplazamiento desde otras actividades económicas y/o territorios de personas que incorporarán el cuidado del suelo entre sus aportaciones a la sociedad y el mercado.

Existe el conocimiento del cuidado del suelo y tenemos la evidencia de la infiltración del agua. El proyecto recoge las respuestas a las siguientes necesidades:

EL AGUA DEL SUELO

MEDICIÓN DEL AGUA INFILTRADA

Sabemos medir el agua infiltrada como diferencial por los cuidados del suelo proporcionados. Para ello hemos contado con un grupo de investigación de la Universidad Politécnica de València. Aplicando esta metodología sabemos los m³ aportados. Aprovechamos este conocimiento para facilitar, desde uno de los beneficios que aporta el cuidado del suelo, el retorno económico.

VALIDACIÓN/CERTIFICACIÓN DEL CORRECTO USO DE LA METODOLOGÍA

El proyecto aborda un nuevo reto para conseguir materializar los m³ infiltrados. Es necesario validar el uso de la metodología por los diferentes actores económicos que la van a utilizar. Cada agricultor, ganadero extensivo o gestor forestal aporta desde su gestión m³ que le han de procurar el retorno económico justo. Para ello la validación del uso de la metodología, osea certificación del agua infiltrada, es una condición necesaria. El reto real se complica si buscamos que esa validación no sea un coste elevado para el agente económico, especialmente cuando su dimensión es tan reducida que es un autónomo o una micro pyme.

En el piloto se trabajará sobre una realidad de certificación con coste muy bajo para el pequeño. Para ello se contará con administraciones públicas, grandes empresas, consultoras y entidades sociales y ambientales. Será un contraste sobre la propuesta que ha de facilitar en adelante su aplicación en cualquier territorio.

MATERIALIZACIÓN DEL CUIDADO DEL SUELO

El proyecto trabaja en los retornos económicos sobre el cuidado del suelo. Sin embargo la extremada complejidad de trasladar este servicio al mercado ha provocado que escojamos uno de sus beneficios para mostrar el cuidado realizado. El agua infiltrada que es el beneficio elegido y que ya tenemos medidos y validado no ha de ser trasladada para su intercambio. Tenemos la seguridad del agua infiltrada y un documento electrónico será el que recoja ese valor, un token digital. Cada token representa el cuidado del suelo que ha aportado un número concreto y limitado de m³. Son estos tokens la materialización que se lleva al intercambio. Un estricto control de la emisión de esos tokens se contempla en el proyecto y se construirá durante el piloto.

INTERCAMBIO DE LOS TOKENS

El encuentro entre la oferta y la demanda requiere de un espacio que lo facilite. Una plataforma digital ha de posibilitar tanto el registro de los tokens como su intercambio por unos importes que vuelven e incrementan la renta del productor del valor. Es requisito de esta plataforma la seguridad absoluta del control sobre

los tokens emitidos y los intercambios realizados. Se plantea en el proyecto el uso de una tecnología digital que aporte la seguridad en el mercado de los tokens del cuidado del suelo.

MEDICIÓN DE LOS VALORES SOCIALES Y AMBIENTALES

Si bien la construcción del retorno se centra en los m³ infiltrados en los acuíferos subterráneos, somos plenamente conscientes de que hay otros valores que no quedarán debidamente reflejados en el retorno económico que se consiga. Es decisión del proyecto evidenciar el conjunto de beneficios sociales y ambientales que genera el proyecto. Para ello se realizará durante el piloto una primera medición de estos valores utilizando la metodología SROI, de aplicación internacional y especialmente adecuada en los entornos microeconómicos.

Todos y cada uno de los retos a resolver tienen ya una solución planteada. El objeto del piloto es demostrar su funcionalidad a la vez que se somete a examen todo lo diseñado con el ánimo de mejorar antes de implementar de una manera generalizada.

Queda, no obstante, el reto de encontrar aquel que aporta el retorno económico. El proyecto plantea que son las grandes empresas consumidoras de agua las que tienen gran parte de la responsabilidad, de la apropiación del valor generado, de la necesidad y de la capacidad. Sus escenarios futuros con una debilidad creciente de la oferta eleva sus costes pudiendo hacerlo por encima del coste del retorno al cuidado del suelo.

El proyecto se enfoca con dos grupos de empresas:

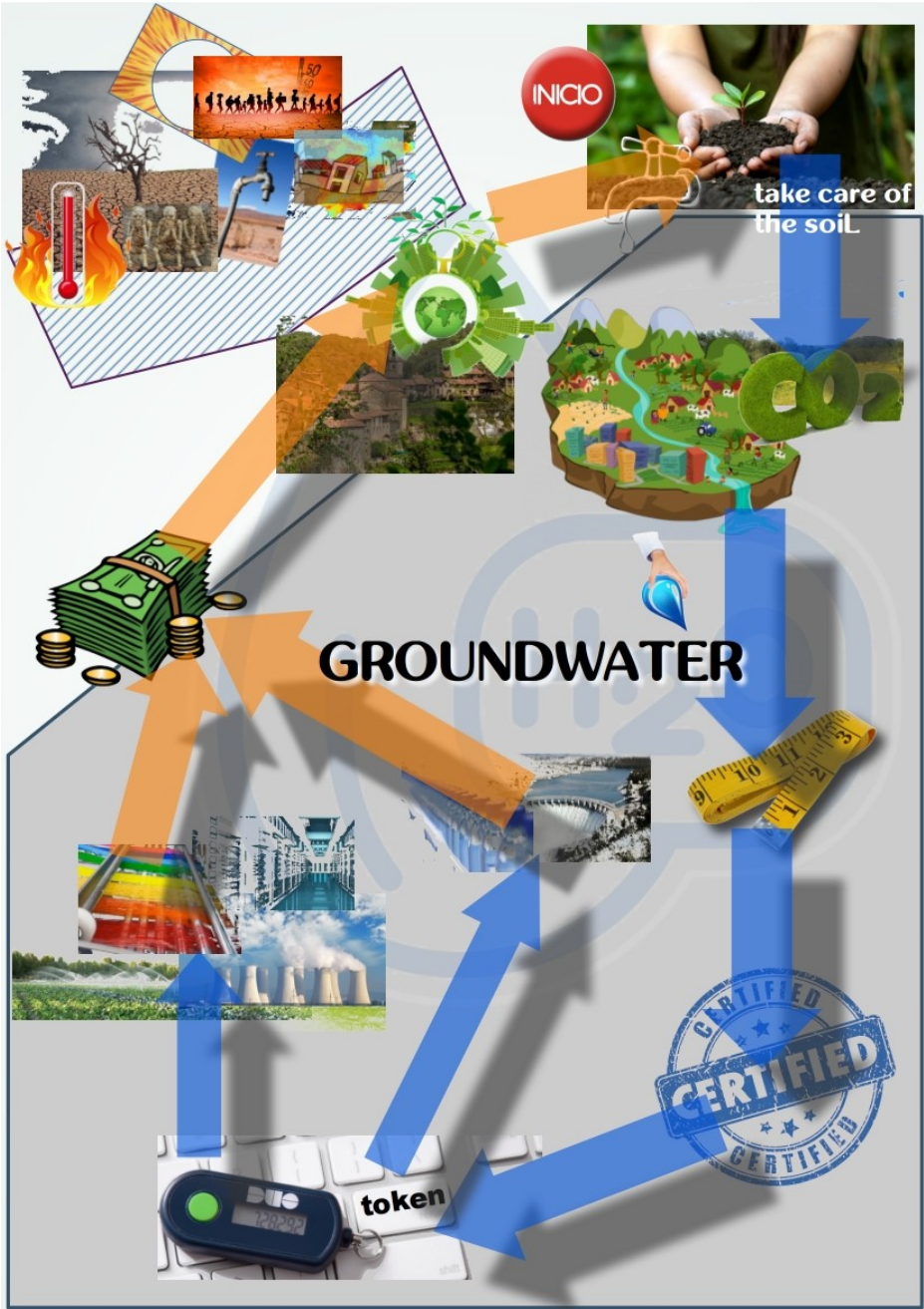
Las empresas que incorporan en su producto el agua. Quizá el caso más claro es el de las embotelladoras y el de más dimensión, la agroindustria.

Las empresas que mantienen importantes consumos de agua en los procesos de producción. Es el caso, entre otros del textil, gran parte de la energía, las papeleras, el acero o los centros de cálculo.

El piloto implica desde el inicio a estos sectores empresariales en la financiación del mismo. Tras el mismo la aportación para el arranque será transformado en la adquisición de los tokens que permiten trasladar rentas al medio rural para continuar e incluso ampliar los cuidados del suelo.

CONAMA 2024

EL AGUA DEL SUELO



OBJETIVOS DEL PROYECTO

En el marco de una economía más justa y sostenible el objetivo general del proyecto es

INCREMENTAR LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS

Este objetivo alcanzará su resultado a la vez que generará otros no menores como :

- Captación de CO2
- Mejora de la biodiversidad
- Reducción del riesgo de incendios
- Dinamización de las economías locales del medio rural

Para conseguir este resultado de cambio es necesario alcanzar una serie de resultados operativos:

- Contrastar la metodología de medición en la experiencia piloto
- Validar/certificar la aplicación del sistema de medición del agua infiltrada
- Utilizar los residuos orgánicos para el cuidado del suelo tanto en la población de estudio productora de agua como en la de destino consumidora de agua.
- Evitar que el retorno económico se vea reducido sustancialmente por las exigencias de la validación
- Materializar el cuidado del suelo en un token digital que se referencia en m³ infiltrados
- Crear una plataforma de registro e intercambio seguro
- Asegurar tras el piloto las primeras implementaciones del sistema

El desarrollo que se realiza en este proyecto crea, en términos económicos, una vía para pasar del no mercado al mercado un servicio, el cuidado del suelo, cuyos beneficios son incuestionables en cuanto a la realidad e importancia de los mismos así como a la necesidad real y urgente de los mismos.

CONAMA 2024

EL AGUA DEL SUELO

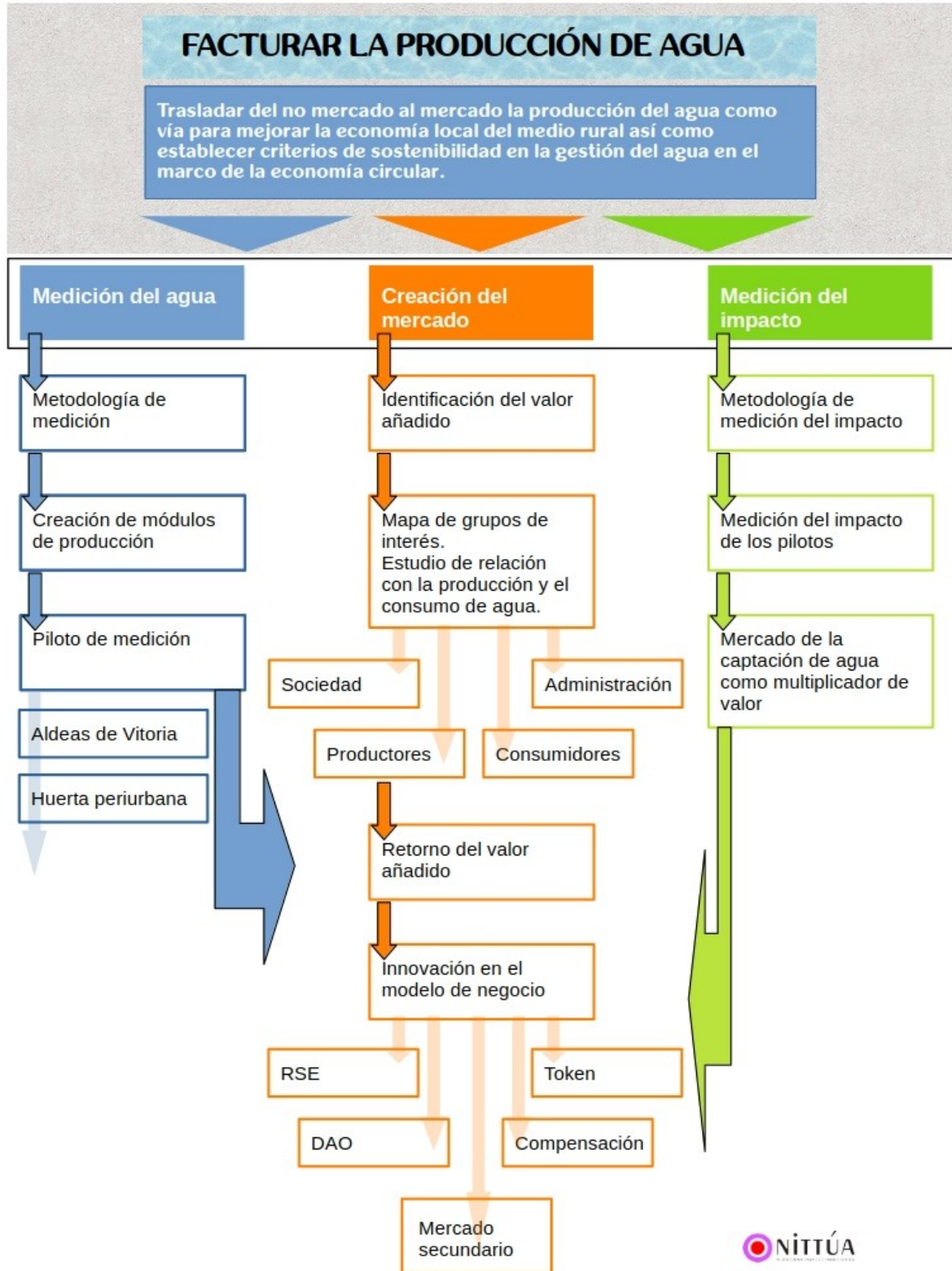
Todo el proyecto será desarrollado de forma colaborativa con los diferentes agentes implicados, de hecho ya se ha trabajado con ellos durante el periodo del diseño. Los resultados que se obtengan son de conocimiento libre y con voluntad clara de escalabilidad internacional.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto plantea su implementación en varios bloques:

- Creación del valor social y ambiental. El cuidado del suelo como base de la ejecución que aporta la mayoría de los valores.
- Reconocimiento del valor generado. Sistemas de medición del agua aportada, CO2, biodiversidad y resto de valores sociales y ambientales que aporten una visión completa y en términos económicos de lo creado.
- Gestión del valor para provocar el retorno económico hacia las personas generadoras de estos valores. Completar el ciclo económico del cuidado del suelo.
- Creación de herramientas financieras que faciliten la colocación financiera de los valores materializados en tokens digitales.
- Creación de una empresa de gestión del mercado de tokens de agua.

El esquema sería el siguiente:



EL AGUA DEL SUELO

El proyecto, tras su diseño, realizará un piloto, ya preparado para su ejecución, en las provincias de Álava y Valencia. En ese piloto será demostrado todo lo expuesto en su diseño y se crearán las herramientas que no existen previamente. De esta manera tras el piloto se estará preparado para iniciar la actividad del cuidado del suelo como una actividad mercantil con su retorno económico para todas aquellas personas que participan de los cuidados del suelo.

A fecha del Conoma 2024 contamos ya con tres potenciales territorios donde llevar adelante la actividad ya no como un piloto sino como una acción ordinaria en un nuevo emplazamiento. La empresa que durante el piloto se pondrá en funcionamiento tendrá dos funciones principales:

- gestionar la creación y comercialización de los tokens
- ampliar los territorios que aprovechan la herramienta para desarrollar su transformación

La viabilidad del proyecto está asegurada por la actividad de la empresa que asegurará la escalabilidad del proyecto y el incremento continuo del impacto social y ambiental.

En apoyo a la acción de escala que ha de realizar la empresa se está trabajando, desde el diseño, en sumar actores al desarrollo del proyecto y muchos de ellos tendrán su principal acción en el desarrollo de la escala:

- Diputaciones provinciales como puentes hacia los pequeños ayuntamientos rurales.
- FEMP como red nacional de apoyo a la difusión del proyecto.
- La red CIT, Centros de Innovación Territorial, del MITECO. Red que comparte plenamente el propósito del proyecto y por lo tanto se alinea para introducirlo en todos los territorios CIT del estado.
- Entidades sociales y ambientales que participan del propósito y desarrollan su actividad en todo el territorio del estado.
- Redes de emprendedores sociales como la red Ashoka donde nos unimos a fellows de todo el mundo para compartir proyectos alineados con el agua y el cambio climático.
- Grandes empresas principales responsables de la compra de los tokens que tiene actividad internacional y trasladarán el proyecto a otros territorios.

CUIDADO DEL SUELO

¿Qué es eso que exige el retorno económico?

El objetivo es el desarrollo de un proyecto piloto que por medio de la transformación de tierras de cultivo convencionales a un modelo productivo basado en la agroecología por medio de técnicas sostenibles que se agrupan bajo el concepto de agricultura regenerativa, por tienen como fin la mejora de la salud y la fertilidad de los suelos y del conjunto del ecosistema donde se asienta el piloto.

Como consecuencia del modelo de agricultura actual, basado en un continuo y excesivo laboreo del suelo, cada vez que el suelo es arado, se lanzan a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ que estaban acumuladas en forma de humus, es decir, carbono estable fijado por las plantas y que es el gran almacén de la fertilidad en el suelo.

Pero no solo eso. El humus, cuando se une a las arcillas del suelo, forma una estructura tridimensional, que permite al suelo almacenar, entre otras cosas, grandes cantidades de agua. Es lo que se conoce como complejo húmico-arcilloso que permite que los suelos tengan una estructura en cuyo interior se forman poros de diferente tamaño, capaces de albergar aire, microbiología, agua, etc. De esta forma, el suelo puede almacenar agua que la planta podrá utilizar en momentos de ausencias de lluvia. Se trata, por tanto, de un sistema de almacenamiento natural del suelo y que hace aumentar su capacidad de resiliencia frente a períodos prolongados de sequía



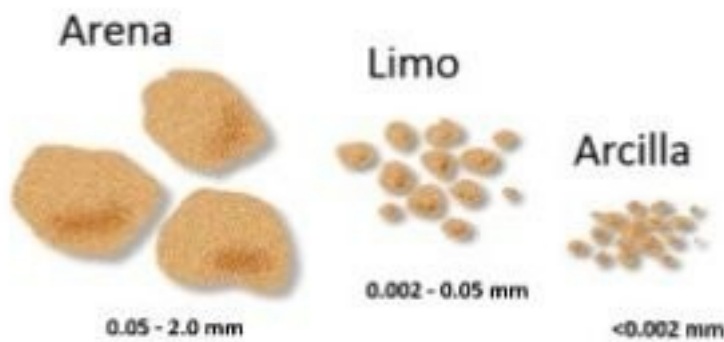
Gange in the capacity of soll to store water (litres/ha) with changes in levels of soll organic carbon (OC) to 30cm of soll depth. Bulk Density 1,2g/cm ³				
Change in OC level	Change in OC (kg/m ²)	Extra water (litres/m ²)	Extra water (litres/ha)	CO ₂ seq. (t/ha)
1%	3,6	14,4	144.000	132
2%	7,2	28,8	288.000	264
3%	10,8	43,2	432.000	396
4%	14,4	57,6	576.000	528

Fuente: Dr. Christine Jones

EL AGUA DEL SUELO

En la tabla podemos ver cómo al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta de manera espectacular la capacidad de retener y almacenar agua.

Dicha estructura (y el humus que tan necesario es para su formación) es destruida cada vez que se aran los suelos, con lo que perdemos capacidad de almacenamiento de agua. Pero, además, después del labrado de los suelos, estos quedan completamente desnudos, por lo que si en esa época, vienen lluvias, se forma una costra superficial que impide que el suelo pueda absorber el agua. El motivo es que para un suelo desnudo, las gotas de lluvia suponen un impacto muy fuerte que hace que las partículas de suelo salgan despedidas.



Si atendemos a su tamaño, estas partículas las podemos clasificar en 3 tipos: arena, limo y arcilla. Al salir despedidas, debido a su menor peso, las partículas de arcilla son las últimas en caer, por lo que se forma esa costra superficial en los suelos de cultivo desnudos, que actúa a modo de capa impermeable que impide la absorción de agua (o se generen fenómenos de escorrentía superficial que generan la pérdida de suelo fértil). Si a esto le sumamos la pérdida de capacidad de absorción por la oxidación del humus o materia orgánica (bien sea por el uso de arado o por utilización de fertilizantes químicos de síntesis), tenemos como resultado campos que se inundan, lo que supone una pérdida económica como de fertilidad del suelo muy importante.

Por medio del presente proyecto, se pretende mejorar la estructura del suelo, incrementando el contenido de materia orgánica, lo que permitirá una mayor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y su filtrado para la recarga de los niveles freáticos del subsuelo.

Para ello la utilización del diseño hidrológico en Línea Clave o metodología Keyline Design, es una de las principales herramientas a emplear en el proyecto para conseguir la infiltración de agua en el subsuelo.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LOS M3 4PG - MA

La cuantificación del incremento en la provisión de agua azul derivada de la gestión forestal combina modelación numérica con registro y análisis de datos de campo. En una primera fase, fase de cálculo, se calcula el escenario base o "business as usual" para posteriormente estimar el rango potencial de mejora en la provisión de agua azul mediante la implementación de gestión forestal. Este rango se analiza a través de la implementación de la plataforma de simulación ecohidrológica Medfateland (REF). Se trata de una plataforma de libre uso e implementada en el programa RStudio para simular la función y dinámica de masas forestales con escalas temporales de días a años. Medfate combina una serie de modelos ecológicos, biofísicos, hidrológicos y fisiológicos para simular los balances diarios de energía, agua y carbono dentro de las masas forestales. De la misma forma permite simular los procesos de crecimiento, mortalidad y regeneración de un conjunto de cohortes de plantas leñosas que compiten por la luz y el agua dentro de una masa forestal así como relacionar la cantidad de biomasa vegetal y el estado hídrico de los tejidos vivos y muertos de las plantas con las características del combustible y, por tanto, estimar el riesgo de incendio.

Par aplicar Medfateland es necesario caracterizar la estructura (distribución diamétrica y alturas) y composición de la masa (distribución de especies), el suelo (textura, profundidad y densidad aparente), la topografía (pendiente y orientación) y la meteorología (temperatura, humedad relativa y precipitación). Una vez se dispone de la información necesaria, se introduce en la plataforma y se realiza el cálculo de la línea base. A partir de ahí, se plantean diferentes escenarios de gestión forestal acorde con las normativas y necesidades del lugar, y se calculan en la misma plataforma. Dichos escenarios utilizan el área basimétrica y/o en el índice de Hart-Becking como variables de decisión, que además pueden discriminarse por especies o aplicarse a la totalidad de la masa por igual. De esta forma se desarrollan una serie de posibles alternativas de gestión forestal en las que se analizará además del incremento en la provisión de agua respecto a la línea base, la producción de madera y/o biomasa, el secuestro de carbono y el riesgo de incendio.

En una segunda fase, tras la implementación del escenario de gestión forestal seleccionado, se validan las estimaciones realizadas en la fase de cálculo mediante el desarrollo y aplicación de un diseño experimental que evidencie el efecto de la gestión forestal en la provisión de agua. Dicho diseño contempla el registro en continuo del conjunto suelo-planta-atmósfera de forma que se caractericen las entradas y salidas de agua del sistema, así como a los distintos compartimentos de almacenamiento. De esta manera, conociendo las

necesidades y el aporte atmosférico (precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar), el consumo por parte de la vegetación (transpiración) y el estado hídrico del suelo, se puede estimar de forma bastante precisa la cantidad de agua consumida por el bosque y su excedente. Además, este monitoreo combinado con el registro de variables sencillas como la estructura forestal y su crecimiento, permite también realizar un cálculo y una previsión a futuro no sólo del agua, sino que también del secuestro de Carbono. Este planteamiento requiere de la adquisición e instalación de una estación meteorológica para la parte de la atmósfera, sensores de flujo de savia con los que monitorizar el consumo por parte de la vegetación, y sensores de humedad de suelo y de nivel piezométrico para registrar el agua en el suelo y en el acuífero. Esta instalación, a la que denominamos eco-hidrológica, requiere además de un datalogger con el que registrar los datos. Una vez recogidos y procesados los datos, éstos se emplearán para la validación de las previsiones de la fase de cálculo, su posible ajuste y para la extrapolación de los resultados tanto a futuro como a otras zonas del territorio.

SISTEMA DE MEDICIÓN DEL VALOR SOCIAL Y AMBIENTAL

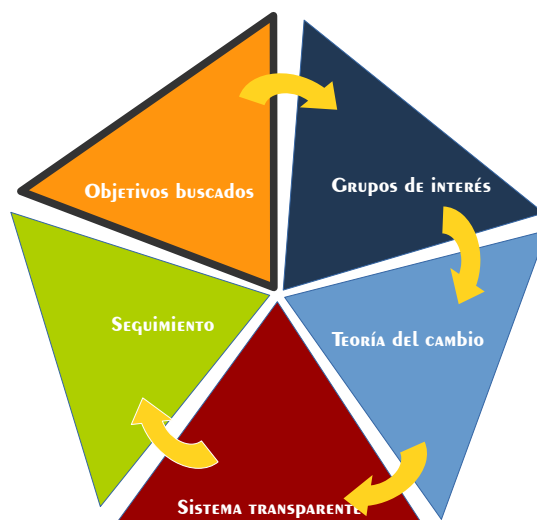
La medición de los valores sociales y ambientales como valor económico es condición necesaria para el correcto y completo desarrollo del proyecto El agua del suelo. La gran mayoría de valores que genera el mismo no están reconocidos por la gestión financiera como parte del valor y esto finalmente anula, al menos cuantitativamente, a la mayor parte de ellos. Si no se miden no existen.

El proyecto plantea, por lo tanto, la medición de estos valores y lo hace con la metodología SROI (retorno social de la inversión). Una metodología que posibilita la integración en la ecuación económica de los valores sociales y ambientales. Metodología alineada con el informe GECES, de la subcomisión de medición del Parlamento Europeo.

El SROI tiene como propios los siguientes principios:

- Involucrar a los grupos de interés
- Entender qué cambia y cómo
- Valor de lo importante
- Incluir información y evidencia sustanciales
- Atribuir justamente
- Ser transparente
- Verificar el resultado

Principios alineados con las exigencias del informe GECES



La medición se realiza con la siguiente secuencia de acciones:

- Determinar el alcance del análisis SROI
Es importante plantearse hasta dónde queremos llegar en el análisis. Se debe aclarar hasta donde queremos llegar en el análisis y que situación/proyecto queremos evaluar y cuáles son nuestras prioridades de evaluación.

- Identificar e incorporar a los actores involucrados
Para identificar a los actores involucrados, hay que enumerar a todos aquellos que puedan afectar o verse afectados por las actividades dentro de su alcance, sea el cambio o el resultado positivo o negativo, previsto o accidental.

- Elaborar un mapa de impacto

Las actividades se realizan contando con una serie de inputs y se obtienen unos outputs. Los outputs de un proyecto son los productos o servicios generados por la ejecución de las actividades, mientras que los resultados son cambios en condiciones sociales, ambientales y económicas, generados por los outputs.

- Crear indicadores para los resultados
Los indicadores son referencias cuantitativas y cualitativas para evidenciar el avance en el cumplimiento de una actividad, output o resultado

- Monetizar los resultados no financieros de los indicadores
Necesitamos cuantificar el valor de los resultados para poder reflejar este valor y poder transmitir la importancia de un resultado en comparación con otros. La forma más común de cuantificar el valor de algo es a través de expresándolo en unidades monetarias.

- Separar el impacto
Se valora qué cantidad del resultado se habría producido aún cuando el proyecto no se hubiera realizado y que proporción de éste es debido exclusivamente a las actividades que componen el proyecto.

- Valorar los insumos

Valoraremos, pues, los insumos de todos los grupos de interés del proyecto, tanto monetarios como no monetarios.

- Calcular el valor presente de la inversión y los retornos
Cuando los periodos de generación del valor superan el año es preciso

actualizar todos los valores futuros al valor de la moneda en punto de partida.

- Calcular el ratio y reportar
El ratio es la relación entre los recursos invertidos y todos los resultados obtenidos. El reporte o informe explicará la aplicación de la metodología y las decisiones que en el proceso se han tomado y cerrará con propuestas de mejora.

El resultado de la medición es un ratio y una memoria explicativa donde se evidencia una mirada 360° de los beneficios generados por el proyecto. Cada grupo de interés implicado en el proyecto tiene su mapa de cambio y muestra los resultados de cambio que consigue gracias al proyecto. Una correcta depuración del valor social y ambiental generado permitirá conocer el impacto real provocado por la acción del proyecto. En la memoria la metodología nos proporciona no solo un ratio que relaciona lo invertido con los resultados, la eficiencia, sino una batería de propuestas para la mejora del impacto del mismo.

De esta manera monetizamos los diferentes valores sociales y ambientales que el proyecto ha creado. Si bien el mercado de los tokens no está recogiendo estos valores el proyecto si los identifica y los mide para su incorporación en otros espacios del mismo. Además de la importancia del reconocimiento de estos valores y su inclusión en los resultados económicos, se plantea remunerar la inversión en tokens de agua mediante la recepción de partes alícuotas del SROI medido. Una práctica que vendrá directamente relacionada con la creación del mercado secundario para las adquisiciones de los tokens de agua. Hablamos de tokens SROI sobre un valor real, cuantificado y monetizado.

CUIDADO DEL AIRE, MEDICIÓN Y VINCULACIÓN CON EL AGUA

El aire es esencial para el desarrollo de la vida en la Tierra y el intercambio de gases que se produce entre la atmósfera, el agua, el suelo y la vegetación es clave para asegurar el equilibrio de los ecosistemas. La buena calidad del aire en un territorio asegura la salud y bienestar de su población y también asegura un suelo fértil y sano, sin contaminación ácida, una vegetación fuerte, capaz de realizar la fotosíntesis y proteger el suelo, y masas de agua limpias, con equilibrios químicos saludables para mantener los cultivos y la biodiversidad. Si el aire está contaminado, se puede alterar el equilibrio entre estos elementos, lo que afecta no sólo a los ecosistemas locales, sino también al bienestar humano y al clima. Para explicar la vinculación del aire con el agua es esencial profundizar en las interacciones que se producen entre estos elementos dentro un ecosistema:

El aire y el agua

Una de las principales conexiones entre el aire y el agua es la lluvia ácida. Contaminantes atmosféricos procedentes de actividades de generación de energía, transporte terrestre, aéreo o marítimo, y otras actividades industriales emiten contaminantes a la atmósfera como son el dióxido de azufre (SO₂) o los óxidos de nitrógeno (NO_x) que pueden pasar a los ecosistemas terrestres y acuáticos a través de la lluvia. Cuando llegan a ríos o al mar, aumenta la acidez del agua afectando a organismos acuáticos, y la química del agua puede afectar a los ecosistemas circundantes.

Por otra parte, el aire también desempeña un papel crucial en el ciclo del agua, ya que regula la distribución de la humedad en la atmósfera aportada en los procesos de evaporación. La contaminación atmosférica puede alterar este ciclo, pudiendo influir en los patrones de precipitación y la distribución del agua en el suelo, con impactos directos en la vegetación y la agricultura.

Los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) o el vapor de agua son responsables del calentamiento global de la atmósfera y una de sus consecuencias puede ser la modificación de los patrones de precipitación. Además, el cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos adversos como son las olas de calor o las lluvias torrenciales. Los recursos hídricos están comprometidos por las sequías meteorológicas e hidrológicas debido principalmente al aumento de la evapotranspiración y la reducción de las precipitaciones. Así por ejemplo, como consecuencia del cambio climático, la temperatura del nivel del Mar Mediterráneo está aumentando y esto provoca un aumento de la evaporación del agua que

pasa posteriormente a la atmósfera. Esto sumado al cambio en los usos del suelo, especialmente de las zonas costeras, hace que se esté modificando el régimen de precipitaciones. Las condiciones del pasado suministraban suficiente vapor de agua a la masa de aire sobre el mar para disparar las tormentas a una determinada altitud en territorios alrededor de la costa, lo que mantenía una gran cantidad de agua circulando por la superficie y los acuíferos de las zonas costeras. Las condiciones actuales implican menos vapor de agua aportado por superficies cada vez más secas y valores de evapotranspiración más bajos que no son suficientes para disparar las tormentas que venían produciéndose en determinadas zonas costeras en determinados momentos del año.

Y finalmente, como consecuencia de las emisiones antropogénicas a la atmósfera podemos encontrar un exceso de contaminantes como son el nitrógeno y fósforo que por la dinámica atmosférica pueden ser transportados hasta llegar a las aguas superficiales a través de la lluvia y provocar eutrofización, un proceso que causa el crecimiento excesivo de algas, lo que reduce los niveles de oxígeno en el agua.



Figura. Esquema de interrelación entre el aire y el agua. Elaboración propia VÉOLO.

EL AGUA DEL SUELO

El aire y el suelo

Los contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno (NO_x) emitidos por el tráfico y algunas actividades industriales, el dióxido de azufre (SO_2) y otros compuestos químicos, pueden depositarse en el suelo a través de la lluvia, la niebla o el viento en un proceso conocido como deposición atmosférica. Esto puede llevar a la acidificación del suelo y afectar a la vegetación. Por otra parte, si existe un exceso de nitrógeno debido a la contaminación atmosférica y la lluvia ácida puede alterar el equilibrio natural del suelo, el ciclo del nitrógeno se puede alterar promoviendo el crecimiento excesivo de algunas especies y afectando la biodiversidad.

El aire y la vegetación

La vegetación depende del aire, específicamente del dióxido de carbono (CO_2) para realizar la fotosíntesis. Un aire limpio y con unos niveles adecuados de CO_2 es esencial para la salud y el crecimiento de las plantas. Con respecto al ciclo del carbono, la vegetación tiene un rol clave capturando CO_2 del aire y liberando oxígeno. Cuando la calidad del aire se ve comprometida, este ciclo natural se desequilibra afectando el crecimiento de las plantas y contribuyendo al cambio climático.

Si el aire está contaminado se producen efectos sobre la vegetación porque también es sensible a la contaminación del aire. La contaminación, especialmente por dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y ozono troposférico (O_3), afecta tanto la salud humana como la vegetación, causando daños en hojas, reduciendo la fotosíntesis y el crecimiento vegetal, y afectando la capacidad de las plantas para capturar carbono y mantener los suelos. Un ejemplo de este impacto es la Central Térmica de Andorra (Teruel), que generó episodios de lluvia ácida y la devastación de bosques entre 1984 y 1987. Debido a estos problemas, se instalaron sistemas de desulfuración y la planta fue cerrada en 2020.

El aire, el agua, el suelo y la vegetación

En resumen, la contaminación atmosférica provoca problemas de salud pública y contribuye al cambio climático y como se ha expuesto anteriormente tiene importantes repercusiones sobre el agua, el suelo y la vegetación. Estos medios están estrechamente interconectados y un desequilibrio entre ellos puede tener importantes repercusiones sobre los ecosistemas de un territorio. Un buen estado del aire favorece la resiliencia de un ecosistema.

¿Por qué medir el estado del aire en un territorio, y más aún, el grado de cuidado del aire que se realiza en un territorio?

El estado del aire en un territorio

El aire es un bien común porque es un recurso vital que compartimos, de acceso libre, cuyo uso beneficia a toda la colectividad; sin embargo, también puede ser vulnerable al deterioro si no se gestiona adecuadamente. Se trata de un recurso que se utiliza de manera gratuita y constante, no pertenece a nadie en particular, pero está disponible para todas las personas, independientemente de su lugar de residencia o condición económica. Por lo tanto, el aire requiere una gestión basada en la responsabilidad colectiva.

Sin embargo, debido a que el aire en movimiento no encuentra delimitaciones ni fronteras, dependiendo de la circulación atmosférica, los contaminantes pueden ser transportados a corta, media y larga distancia desde su fuente de emisión, afectando territorios distantes. La contaminación atmosférica puede, por tanto, impactar múltiples territorios conectados por la circulación atmosférica. Un ejemplo de ello es el ozono, un gas de efecto invernadero y contaminante que afecta la salud respiratoria. Este gas se encuentra en elevadas concentraciones en áreas alejadas de las fuentes de emisión porque es un contaminante que necesita para su formación de otros contaminantes como son los óxidos de nitrógeno, procedentes del tráfico y determinadas actividades industriales. Estos contaminantes emitidos por ejemplo en las ciudades, son transportados por efecto del viento y el ozono se produce y acumula en territorios más lejanos principalmente en la dirección de los vientos predominantes, afectando la salud de las personas que allí habitan. Esto significa que el impacto de una actividad realizada en un territorio puede producirse en otro distinto, quedando ambos territorios conectados por vía aérea a través de la circulación atmosférica. La relación entre la causa (emisión de un contaminante a la atmósfera) y los efectos (daños a la salud humana y/o a los ecosistemas) está espacialmente desacoplada; es decir, no se produce en el mismo lugar.

Además, los efectos de la contaminación atmosférica pueden manifestarse en momentos posteriores, ya sea horas, días, meses o incluso años después de la emisión. Esto implica que la relación causa-efecto también está desacoplada temporalmente. Por estos motivos, asignar o asumir responsabilidades en relación con la contaminación del aire puede ser un proceso complejo, con barreras significativas, y representa un importante reto a la hora de plantear una gestión colectiva del aire en territorios que puedan estar conectados.

El cuidado del aire que se realiza en un territorio

El cuidado del aire en un territorio determinado implica asumir una responsabilidad colectiva y llevar a cabo una gestión también colectiva en relación con las causas de la contaminación atmosférica y sus efectos sobre la salud de las personas y los ecosistemas. Este cuidado debe extenderse a todos los territorios

EL AGUA DEL SUELO

conectados por vía aérea, afectados por la compleja relación causa-efecto que caracteriza el problema de la contaminación atmosférica.

Medir es el primer paso para gestionar adecuadamente cualquier aspecto medioambiental. Actualmente, se dispone de herramientas, metodologías y normativas para medir y gestionar la calidad del aire con éxito. No obstante, medir el cuidado que un territorio realiza del aire presenta retos importantes, como:

- Reconocimiento y asunción de responsabilidades que no son siempre evidentes debido a la compleja relación causa-efecto de la contaminación atmosférica. Esto conlleva asumir los costes económicos, sociales y ambientales de la contaminación del aire, incluso cuando los efectos no se manifiestan en el propio territorio.
- Alcanzar acuerdos y adoptar medidas y regulaciones comunes entre diferentes territorios, actividades y medios.

El proyecto "El Agua del Suelo" ofrece un marco favorable para medir el cuidado del aire, ya que su objetivo es valorar el agua en función de los cuidados realizados sobre otros recursos naturales, como el suelo. La línea de trabajo del proyecto relacionada con el aire se enfoca en medir la contribución del cuidado del aire a la mejora de la cantidad y calidad de los recursos hídricos en un territorio determinado. En este contexto, se consideran principalmente los efectos de la contaminación atmosférica sobre:

- Los patrones de precipitación, que pueden afectar la disponibilidad de agua.
- La calidad de las aguas superficiales.
- La contaminación del suelo, que puede comprometer la calidad de las aguas subterráneas.
- Los daños a la vegetación.

El objetivo de la línea de trabajo sobre el aire del proyecto "El Agua del Suelo" es desarrollar una metodología para medir el cuidado del aire, permitiendo integrar este valor como una variable más en el sistema de valoración y mercado del agua propuesto por el proyecto.

La metodología de medida del cuidado del aire se basa en:

1. Identificación de fuentes y sumideros de contaminación en el territorio.

2. Recopilación de datos de emisiones a la atmósfera, diferenciando contaminantes que afectan al clima, la salud humana y ecosistemas.
3. Medición de contaminantes atmosféricos que impactan el agua, suelo y vegetación.
4. Análisis de conexiones entre territorios por transporte aéreo de contaminantes.
5. Evaluación de impactos sobre el agua, suelo y vegetación, considerando territorios conectados.
6. Detección de medidas y acciones para el cuidado del aire y minimización del impacto.
7. Integración del valor del aire en la medición del valor del agua.
8. Incorporación del valor en una bolsa de compensación.

VALIDACIÓN

Partiendo de una metodología científica contrastada que nos aporta la cantidad de m³ infiltrados en los acuíferos subterráneos, el proyecto aborda la validación de las mediciones que las personas y empresas cuidadoras aportan como resultado de su actividad. Se debe validar que la metodología ha sido correctamente aplicada y por lo tanto el resultado es fiel y puede tokenizarse.

El punto de partida es que no existe regulación que permita en un primer momento certificar los m³ conforme a una norma. Estamos trabajando con diferentes administraciones públicas y empresas vinculadas al sector del agua con el objeto de conseguir una validación, no regulada, a esperas de que se regule. Alguna gran empresa ya está validando desde sus metodologías particulares.

Es importante en la resolución de la validación tener presente la diferente realidad de las empresas cuidadoras. Un pequeño agricultor no estará en posición de pagar a un agente certificador por el coste que esto supone y que resta del rendimiento que el cuidado del suelo le había provocado. Hemos estudiado la realidad de validación sin certificación de CO₂ en el estado de Querétaro para preservar que el incremento de renta derivado de la captura de CO₂ sea privativo del productor. Esto ya existe y ha sido aceptado por el grupo de París.

Desde lo aprendido y con el conocimiento propio el proyecto se propone crear en el piloto el sistema de validación de forma que se diferencie el volumen de producción para establecer las obligaciones y costes que conlleva. Todo ello sin menos cabo del rigor dentro de un espacio de racionalidad económica.

MATERIALIZACIÓN E INTERCAMBIO

Los procesos naturales, aunque no siempre reconocidos explícitamente, son generadores de valores intrínsecamente vinculados a la vida, los cuales presentan dos características esenciales: por un lado, su aporte puede traducirse en términos económicos; por otro, el mercado no reconoce dicho valor.

Estos valores son fundamentales para la salud del planeta y, por ende, para todas las especies, incluida la humana. Sin embargo, se suelen dar por sentado, sin considerar que, debido a las continuas agresiones al medio ambiente, están disminuyendo de manera paulatina. El reconocimiento de estos valores podría generar un cambio de tendencia, promoviendo su aplicación en procesos de regeneración en los entornos donde se manifiestan.

En particular, nos referimos a funciones clave como la captura de CO₂ y la filtración del agua. La importancia de estos procesos no radica únicamente en los resultados medibles (como las cantidades de CO₂ capturado o los litros de agua filtrada), sino en la capacidad continua de los ecosistemas para realizar estas funciones. Al tratarse de procesos vivos, tienen la capacidad de regenerarse y crecer, lo que asegura su sostenibilidad a largo plazo.

A pesar de esta realidad, y con miras a acercarnos al mercado tal y como está configurado actualmente, necesitamos mediciones que nos permitan asignar un valor concreto a las unidades que definamos para estos procesos. Afortunadamente, el siglo XXI nos ha provisto de tecnologías capaces de simbolizar esos valores de una manera más abstracta que la representación habitual en términos meramente monetarios.

La blockchain, una tecnología de contabilidad distribuida, permite la creación de registros digitales inmutables y transparentes (Juan et al, 2023). A través de la tokenización, los activos físicos y digitales pueden ser representados como tokens en una blockchain, facilitando su intercambio de manera eficiente y segura. Todo esto cobra un nuevo sentido desde una perspectiva transformadora, si el objetivo de utilizar estos tokens es el reconocimiento de valores que hasta hoy no han sido tomados en cuenta por el mercado (McKinsey, 2023), y no simplemente como una representación alternativa de los valores ya marcados en dinero fiat.

En nuestro ámbito, el interés en blockchain reside, por una parte, en su capacidad de ofrecer un modelo de representación con programabilidad, componibilidad y mayor transparencia (McKinsey, 2023). Por otra parte, también es relevante por las diferentes plataformas ya existentes, que permiten construir el mercado secundario necesario para poner en marcha proyectos que promueven la inclusión financiera y la regeneración ambiental.

Así encontramos ecosistemas blockchain como Celo¹ o Polygon², donde ya se están desarrollando proyectos que impulsan acciones dentro del marco de las Finanzas Regenerativas (ReFi)³. Este movimiento busca utilizar la tecnología blockchain para financiar y promover iniciativas de regeneración ambiental y social. Como ejemplo, encontramos tokens y mercados que reconocen y valorizan la captura de CO₂, transformándola en activos que pueden ser comercializados en mercados que sí reconocen su valor ecológico.

En Celo, un ejemplo destacado es Flow Carbon⁴, un proyecto que tokeniza⁵ créditos de carbono, permitiendo su compra y venta de manera transparente y segura en la blockchain. Esto facilita la creación de un mercado secundario para la captura de CO₂, dándole valor y reconocimiento en la economía. Por su parte, en Polygon, proyectos como KlimaDAO⁶ están construyendo un mercado descentralizado de créditos de carbono, incentivando la compra y retiro de estos activos para aumentar su demanda y, al mismo tiempo, apoyar iniciativas que promueven la acción climática.

La creación de un token para valorizar el agua del suelo encaja perfectamente en el marco de las Finanzas Regenerativas (ReFi), que buscan utilizar tecnologías como blockchain para apoyar la regeneración ambiental y social. En el proyecto "El Valor del Agua", donde se subraya la importancia de los suelos en la captación y filtración de agua, un token que represente el valor de este proceso no solo monetizaría el resultado tangible (el agua captada), sino también el proceso continuo de regeneración del suelo. Este token podría medirse y verificarse utilizando tecnologías de monitoreo y blockchain, permitiendo crear un mercado transparente y descentralizado donde actores interesados en la sostenibilidad inviertan en la preservación de suelos y acuíferos, obteniendo tokens a cambio.

Este enfoque se alinea con la filosofía de las ReFi, que busca crear economías regenerativas donde el valor no se base solo en productos finales, sino en los procesos que sostienen la vida en el planeta. La tokenización del agua captada

¹ <https://celo.org/>

² <https://polygon.technology/>

³ <https://ethereum.org/es/refi/>

⁴ <https://www.flowcarbon.com/>

⁵ Tokenizar: proceso de convertir un activo, valor, o recurso en un token digital que puede ser registrado, gestionado y transferido a través de una red blockchain

⁶ <https://www.klimadao.finance/>

por los suelos encajaría en esta lógica al proporcionar incentivos económicos para la conservación y regeneración del suelo. A través de blockchain, se podría garantizar la transparencia y verificación de estos procesos, creando un flujo constante de inversión hacia proyectos de regeneración que no solo benefician a las comunidades locales, sino que también contribuyen al equilibrio de los ecosistemas globales.

En lugar de utilizar blockchain para perpetuar un sistema de mercado centrado en el intercambio de bienes ya existentes, este enfoque propone emplear la tecnología para representar el flujo continuo de servicios ecosistémicos que sostienen la vida. Es un uso regenerativo y transformador de la blockchain, donde lo que se valora no es únicamente el resultado tangible, sino también la capacidad de la naturaleza para seguir proporcionando esos servicios de manera sostenible. Este enfoque reconoce la importancia de los procesos naturales y busca incentivarlos, destacando su valor continuo más allá del simple producto final.

BIBLIOGRAFÍA

- Sequía en el Mediterráneo e inundaciones en Reino Unido y Centro Europa. Millán M. Millán. Cuadernos CUIDES, Monográfico 2010. Fundación Cajamar.
- La calidad del aire en las comarcas de Els Ports-Maestrat. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Octubre 2004.
- Ozone Dynamics in the Mediterranean Basin (A collection of scientific papers resulting from the MECAPIP, RECAPMA and SECAP projects). Millán, M. Artiñano, B. Alonso, L. Navazo, M. Gangoiti, G. Castro, M. Martin, M. 2002. Air pollution Research Report, Vol. 78.
- Juan, A. A., Perez-Bernabeu, E., Li, Y., Martin, X. A., Ammouriova, M., & Barrios, B. B. (2023). Tokenized markets using blockchain technology: Exploring recent developments and opportunities. *Information*, 14(6), 347. <https://doi.org/10.3390/info14060347>
- McKinsey & Company. (2023). From ripples to waves: The transformational power of tokenizing assets. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/from-ripples-to-waves-the-transformational-power-of-tokenizing-assets>