

9CFE-1754



1. Introducción

La deforestación es uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI, vinculada directamente al cambio climático, la pérdida de biodiversidad y las amenazas a la seguridad alimentaria global. Según estimaciones de la FAO, se pierden anualmente cerca de 10 millones de hectáreas de bosques a nivel mundial (FAO, 2020). Esta situación ha llevado a la adopción de regulaciones como el Reglamento (UE) 2023/1115 sobre productos libres de deforestación (EUDR), diseñado para garantizar que los productos comercializados en la Unión Europea no contribuyan a la deforestación o la degradación forestal.

En este contexto, la innovación tecnológica juega un papel esencial para abordar las limitaciones en la evaluación y monitoreo forestal. Open Foris Whisp (D'ANNUNZIO *et al.*, 2024) surge como una herramienta estratégica para superar desafíos asociados con datos fragmentados, sesgos en análisis y dificultades en la implementación de regulaciones.

El cumplimiento de regulaciones relacionadas con la deforestación, como la EUDR, depende de datos confiables y consistentes. Sin embargo, la falta de estandarización en los conjuntos de datos disponibles y la ausencia de directrices claras sobre su uso generan incertidumbre entre las partes interesadas. Actualmente, no existen conjuntos de datos oficialmente reconocidos para realizar evaluaciones de riesgo y cumplir con los requisitos de diligencia debida, lo que supone un gran desafío para quienes buscan cumplir con las expectativas regulatorias (COLDITZ *et al.*, 2024). Por ejemplo, aunque el Observatorio de la UE sobre Deforestación y Degradación Forestal creó el mapa de cobertura forestal de 2020 (BOURGOIN *et al.*, 2024) para respaldar la implementación de la EUDR, que aunque útil, no es jurídicamente vinculante, lo que deja a los usuarios sin una fuente de referencia clara.

Además, ciertos conjuntos de datos están protegidos por licencias propietarias o sistemas de pago, lo que limita la transparencia y dificulta la evaluación de su calidad y pertinencia. Los datos globales, por su parte, no siempre se ajustan a los marcos legales nacionales, y los métodos de detección de deforestación pueden diferir significativamente en precisión y aplicabilidad según la región o el producto agrícola monitoreado (FAO, 2020).

El uso exclusivo de datos globales puede provocar errores de mapeo, como la exclusión involuntaria de pequeñas parcelas agrícolas, lo cual restringe el acceso de los pequeños productores a los mercados. Esto es especialmente crítico para cultivos bajo sombra como el cacao y el café, que plantean dificultades adicionales para los métodos de mapeo tradicionales. Para evitar impactos adversos, es esencial adoptar un enfoque desde la base, que integre datos específicos por región y refleje las perspectivas locales, garantizando así regulaciones más justas y eficaces (NEEFF *et al.* 2024).

Open Foris es un conjunto de soluciones de software desarrollada por la FAO para facilitar el monitoreo forestal y la recopilación de datos geoespaciales. Estas soluciones están diseñadas para ser accesibles y de código abierto, con el fin de empoderar a los países y las comunidades locales en la recopilación, análisis y uso de datos relacionados con la cobertura forestal y el cambio en el uso del suelo (SANDKER *et al.*, 2024).

En este contexto, Open Foris Whisp (D'ANNUNZIO *et al.*, 2024) es una solución desarrollada por la FAO para satisfacer una amplia gama de necesidades de



usuarios en la evaluación de riesgos de deforestación y el monitoreo de uso del suelo. Este sistema se centra en una API robusta que permite procesar grandes volúmenes de datos geoespaciales, realizar análisis personalizados de parcelas y devolver resultados detallados para cada geometría ingresada. Los usuarios pueden interactuar con Open Foris Whispa través de una interfaz gráfica (GUI) o mediante solicitudes HTTP directas. El código, escrito en Python, está disponible públicamente en GitHub, lo que permite su inspección, reproducción y adaptación. Además, los análisis personalizados pueden ejecutarse como Jupyter Notebooks, brindando flexibilidad para modificar capas de entrada y adaptar las evaluaciones a necesidades específicas.

Además se han desarrollado soluciones complementarias a Open Foris Whisp como Open Foris WhispMap, una solución de visualización diseñada para explorar y gestionar datos geoespaciales de manera intuitiva. Los usuarios pueden cargar geometrías, generar GeoIDs con la API de Open Foris Whisp y realizar análisis detallados de parcelas individuales. Esta funcionalidad ha sido integrada en aplicaciones como Open Foris Ground, permitiendo a pequeños productores recopilar y analizar datos directamente desde dispositivos móviles, generando información completa en solo unos pasos. Open Foris Whispno solo facilita el cumplimiento de regulaciones ambientales como la EUDR, sino que también fomenta la participación comunitaria mediante soluciones tecnológicas abiertas, accesibles y adaptables.

Otra solución específica dentro de Open Foris es Open Foris Ground, una solución de código abierto desarrollada por la FAO en colaboración con Google. Combina una consola web para configurar formularios y analizar datos, con una aplicación móvil Android optimizada para la recopilación de datos en campo, incluso en áreas sin conectividad. Su diseño intuitivo, centrado en mapas, permite a usuarios no técnicos recolectar información georreferenciada para proyectos de restauración, producción sostenible y entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automático, devolviendo el control de los datos a las comunidades locales y fomentando acciones sostenibles a gran escala.

Iniciativas como el Forest Data Partnershipy el Programa AIM4Forests trabajan para mejorar la transparencia mediante la colaboración con las principales partes interesadas. Estas iniciativas buscan detener y revertir la pérdida de bosques causada por la producción de productos de primera necesidad, mejorando el monitoreo global de los bosques y el rastreo de cadenas de suministro. La transparencia en el manejo de datos fomenta la confianza en los resultados, asegurando que las cadenas de suministro sean inclusivas y no perpetúen desigualdades económicas ni ambientales. Integrar la voz de los pueblos indígenas y los actores locales y garantizar que los datos sean accesibles y confiables son pasos esenciales hacia un sistema más justo y sostenible.

ElForest Data Partnership es una colaboración global que busca detener y revertir la pérdida de bosques impulsada por la producción de materias primas, al mejorar el monitoreo global y el rastreo de cadenas de suministro. Trabaja en la creación de datos geoespaciales abiertos, consistentes y validados para materias primas como aceite de palma, cacao y soya, alineando esfuerzos entre gobiernos, empresas y sociedad civil. Su objetivo es garantizar la transparencia, la verificación y la rendición de cuentas, fomentando prácticas sostenibles y restaurando tierras degradadas. El Forest Data Partnership se enfoca en habilitar tecnologías abiertas y estándares globales para facilitar el cumplimiento de normativas como la EUDR, al tiempo que respalda iniciativas de deforestación cero en cadenas de suministro de productos.



La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte han puesto en marcha en 2024 AIM4Forests, un programa de cinco años cuyo objetivo es apoyar el monitoreo forestal basado en modernas tecnologías de monitoreo e innovación técnica, así como en el uso de datos espaciales y teledetección. Este programa pretende aprovechar la innovación técnica para crear datos e información que guíen hacia acciones adecuadas para reducir la deforestación y restaurar los bosques. AIM4Forests aprovechará todo el potencial de la tecnología y la innovación, como la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático. También se asegurará de que estas capacidades se transfieran a los países, incluidos los Pueblos Indígenas y las comunidades locales que gestionan los bosques.

2. Objetivos

El principal propósito de Open Foris Whisp es ofrecer un marco robusto y transparente para:

- Evaluar el riesgo de deforestación en áreas específicas.
- Proveer datos de monitoreo confiables para cadenas de suministro.
- Fortalecer la capacidad técnica de los países productores para cumplir con las regulaciones internacionales.

La herramienta combina datos abiertos y metodologías avanzadas para abordar los desafíos técnicos, regulatorios y económicos del monitoreo forestal. A través de análisis personalizables, permite a una diversidad de actores —desde grandes empresas hasta pequeños productores— cumplir con estándares de sostenibilidad y fomentar cadenas de valor libres de deforestación (D'ANNUNZIO *et al.*, 2024).

- **Facilitar el cumplimiento normativo:** Whisp responde a los requerimientos de regulaciones como la EUDR, que demandan evaluaciones precisas del impacto de los productos agrícolas en los ecosistemas forestales. Al integrar diversas fuentes de información y aplicar un enfoque probabilístico, permite identificar parcelas que cumplen con los criterios de “deforestación cero”.
- **Promover la transparencia en la gestión de datos:** Whisp prioriza el uso de datos abiertos y un flujo de trabajo transparente para asegurar que las evaluaciones puedan ser verificadas por todas las partes interesadas. Esto fortalece la confianza en los resultados y fomenta la colaboración entre actores locales, empresas y reguladores internacionales.
- **Incluir perspectivas locales en el monitoreo forestal:** Whisp adopta un enfoque inclusivo, combinando datos recolectados en campo con mapas globales para reflejar las realidades locales de manera más precisa.
- **Proporcionar herramientas accesibles para pequeños productores:** A través de aplicaciones como Open Foris Ground, Whisp facilita la recolección y análisis de datos por parte de agricultores. Esto no solo permite cumplir con regulaciones, sino también acceder a mercados sostenibles, promoviendo la inclusión económica.
- **Reducir los riesgos asociados con la dependencia de datos únicos:** La metodología de convergencia de evidencias (CoE) permite combinar múltiples fuentes de información para generar evaluaciones más robustas, minimizando sesgos y aumentando la fiabilidad de los análisis en entornos complejos.

3. Metodología

Open Foris Whisp combina múltiples fuentes de datos satelitales de alta resolución, integradas mediante análisis zonales. Este enfoque se sustenta en la “convergencia



de evidencias”, que permite corroborar resultados al cruzar varias capas de información, reduciendo sesgos y discrepancias inherentes a datos individuales. Además, su accesibilidad mediante API y plataformas móviles fomenta su adopción a diferentes niveles, desde productores locales hasta autoridades regulatorias.

3.1 Convergencia de Evidencias (CoE): Un Enfoque Integral

La **Convergencia de Evidencias (CoE)** es una metodología diseñada para superar las limitaciones de los datos geoespaciales individuales. Al combinar información de distintas fuentes —como cobertura forestal, alertas de deforestación y usos agrícolas— se obtiene una visión más precisa del riesgo de deforestación y del uso del suelo.

El concepto de CoE para integrar flujos de datos no es nuevo. El ensamblaje de datos existentes combinado con un marco de decisión es un método bien establecido para crear productos derivados de datos. Por ejemplo, Clinton et al. (2015) y Healey et al. (2018) utilizaron métodos de apilamiento (Wolpert, 1992) para aumentar la precisión en la cartografía del uso y cambio del suelo. De manera similar, el **SBTN Natural Lands Map**, desarrollado por el World Resources Institute (WRI), Systemiq y World Wildlife Fund (WWF) (Mazur *et al.*, 2023), utilizó un marco basado en árboles de decisión para combinar diversos productos de datos, generando mapas de tierras naturales con mayor precisión que cualquier producto individual. Asimismo, el Observatorio de la UE creó el mapa global de cobertura forestal de 2020 utilizando datos combinados y procesamiento Booleano posterior (Bourgoin et al., 2023).

El CoE ofrece varios enfoques para integrar flujos de datos, que van desde métodos simples hasta complejos, cada uno con sus propios compromisos. Métodos más simples, como el modelo de árbol de decisión de Whisp, son más accesibles y permiten integrar datos de diferentes jurisdicciones para evaluar riesgos de deforestación. Sin embargo, a medida que aumentan el volumen y la complejidad de los datos, se requieren métodos más avanzados, como **BULC** (Actualización Bayesiana de la Cobertura del Suelo), ensamblaje y apilamiento. Estas técnicas avanzadas proporcionan conocimientos más profundos y evaluaciones más precisas de los riesgos de deforestación, aunque a menudo requieren información adicional, como matrices de confusión, para funcionar de manera efectiva.

El CoE, como cualquier análisis, sigue el principio de “basura entra, basura sale”, lo que hace que la selección cuidadosa y la comprensibilidad de un conjunto de datos sean cruciales. Los datos abiertos son particularmente importantes en este contexto, ya que fomentan la transparencia, la confianza y la colaboración entre las partes interesadas involucradas en el monitoreo de la deforestación.

Para lograrlo, se han iniciado esfuerzos comunitarios que aprovechan fuentes de datos existentes y crean oportunidades de retroalimentación por parte de los usuarios. Este proceso iterativo corrige errores y mejora continuamente los mapas, basándose en métodos de aprendizaje estadístico bien establecidos que utilizan datos abiertos para apoyar evaluaciones de riesgo y actividades de diligencia debida en cadenas de suministro libres de deforestación. Un ejemplo destacado de este enfoque es el reciente mapa de uso del suelo de 2020 de Côte d’Ivoire, que integra conjuntos de datos geoespaciales, incluyendo datos de cobertura forestal, para mejorar las evaluaciones de riesgo en la producción de cacao y garantizar el cumplimiento con la EUDR. Este esfuerzo impulsado por datos abiertos no solo mejora la transparencia, sino que también genera confianza a lo largo de las cadenas de suministro, permitiendo un monitoreo de la deforestación más efectivo.

El CoE también aborda el desafío de que no se puede utilizar un único conjunto de



datos para tomar una decisión definitiva de sí/no sobre la deforestación. Ninguna fuente de datos puede capturar completamente las complejidades del uso del suelo en diferentes regiones, ya que cada conjunto tiene sus propias limitaciones, ya sea en resolución, metodología o alcance temporal. Depender de una sola fuente a menudo simplifica excesivamente la situación, introduciendo sesgos o inexactitudes que dificultan la evaluación precisa de los riesgos de deforestación. Por el contrario, la integración de varios conjuntos de datos ayuda a crear una comprensión más completa y precisa de lo que probablemente está ocurriendo en el terreno, ya que la combinación de múltiples capas de datos reduce los errores individuales presentes en cada fuente.

El CoE permite un cambio hacia un nuevo paradigma, pasando de los mapas tradicionales de cobertura y cambio de uso del suelo a datos que transmiten información probabilística. En lugar de proporcionar una respuesta simple de sí/no, los conjuntos de datos integrados pueden producir evaluaciones de riesgo, evaluando la probabilidad de deforestación en una ubicación dada. Este enfoque probabilístico ofrece una perspectiva más matizada, ayudando a las partes interesadas a comprender mejor los riesgos potenciales y navegar las incertidumbres en los datos.

La CoE, implementada mediante herramientas como Whisp, marca un cambio de paradigma en el monitoreo forestal y la gestión sostenible de recursos. Al integrar múltiples fuentes de datos y adoptar un enfoque probabilístico, este método proporciona evaluaciones más precisas y útiles, abordando las complejidades del uso del suelo y los riesgos de deforestación. En un contexto de creciente demanda de sostenibilidad y transparencia, el CoE se posiciona como una metodología esencial para garantizar cadenas de suministro responsables y cumplir con normativas globales.

3.2 Fuentes de datos

El análisis geoespacial robusto y adaptable de Open Foris Whisp depende de la integración de diversas fuentes de datos. Este enfoque se fundamenta en el principio de que ningún conjunto de datos por sí solo puede proporcionar una comprensión completa y precisa de los patrones de uso del suelo y la deforestación. Por ello, Open Foris Whisp combina datos satelitales, mapas temáticos y datos recolectados en campo para realizar evaluaciones exhaustivas que son útiles tanto para reguladores como para actores privados en las cadenas de suministro.

Las imágenes satelitales son la base de muchos análisis geoespaciales realizados por Whisp. Fuentes como Sentinel-2 y Landsat proporcionan datos de alta resolución que permiten detectar cambios en la cobertura forestal y el uso del suelo. Estas imágenes son esenciales para monitorear patrones de deforestación, perturbaciones y la regeneración de bosques.

Además, Whisp utiliza otras capas satelitales especializadas, como la capa de cobertura forestal global del Global Forest Change (GFC), que identifica cambios en la cobertura forestal desde 2001, y los datos de radar de RADD, que detectan alertas de deforestación en tiempo casi real. Estas fuentes aseguran una cobertura amplia y actualizada, ofreciendo perspectivas tanto históricas como recientes. Complementando los datos satelitales, Whisp integra mapas temáticos que ofrecen información contextual adicional. Estos mapas incluyen datos sobre biodiversidad, tenencia de la tierra, uso agrícola y áreas de conservación. Estas capas incluyen información sobre la cobertura arbórea y forestal al final de 2020, plantaciones de cultivos y otros usos agrícolas, así como perturbaciones ocurridas antes y después de 2020. Esta integración permite a Whisp proporcionar análisis detallados y



precisos sobre los riesgos de deforestación en parcelas específicas, facilitando la toma de decisiones informadas en la gestión sostenible de los recursos forestales. El listado completo se puede encontrar aquí:

https://github.com/forestdatapartnership/whisp/blob/main/layers_description.md

La información recolectada en campo es fundamental para garantizar que las evaluaciones reflejen las condiciones específicas del terreno. A través de herramientas como **Open Foris Ground**, los usuarios pueden registrar directamente los límites de parcelas y datos asociados en dispositivos móviles. Este enfoque garantiza que los análisis geospaciales incluyan una representación precisa de la realidad local, lo que es crucial para identificar riesgos específicos y evaluar el cumplimiento normativo.

Un ejemplo práctico es el proyecto en Camerún, donde cooperativas agrícolas utilizaron Whisp para mapear más de 2,000 polígonos de parcelas de cacao proporcionados por el Interprofessional Council of Cocoa and Coffee (CICC), combinando datos locales con capas globales de cobertura forestal. Esto permitió categorizar cada parcela según su riesgo de deforestación, destacando la importancia de integrar datos recolectados en campo.

El núcleo técnico de Whisp es su API abierta, que permite procesar datos geospaciales en formatos estándar como .shp, .kml y .geojson. Los usuarios pueden cargar geometrías de parcelas y recibir análisis detallados, incluyendo estadísticas zonales y tendencias de cambio en el uso del suelo.

La flexibilidad de Open Foris Whisp permite personalizar los análisis según las necesidades específicas del usuario. Por ejemplo, mediante los Jupyter Notebooks, los usuarios pueden ajustar las capas de entrada y diseñar flujos de trabajo personalizados, facilitando análisis adaptados a distintos contextos regulatorios y comerciales.

Whisp incluye numerosos conjuntos de datos disponibles públicamente, lo que permite una gran flexibilidad en su aplicación. Para este análisis en Camerún, se utilizaron los conjuntos de datos enumerados a continuación debido a su reconocida fiabilidad, relevancia para la región y capacidad para proporcionar información detallada sobre la cobertura del suelo y los patrones de deforestación. Los tipos de conjuntos de datos utilizados se clasifican de la siguiente manera (D'ANNUNZIO *et al.*, 2024):

- Cobertura forestal y arbórea al final de 2020.
- Plantaciones de cultivos y otros usos agrícolas.
- Deforestación y perturbaciones de la cobertura arbórea antes de 2020.
- Deforestación y perturbaciones de la cobertura arbórea después de 2020.

Para cada una de estas categorías, Whisp utiliza múltiples conjuntos de datos. Los usuarios pueden consultar la lista completa y actualizada de estos conjuntos directamente en la plataforma. Whisp verifica las parcelas proporcionadas por los usuarios ejecutando estadísticas zonales sobre ellas, respondiendo preguntas clave como:

- ¿Había cobertura arbórea en 2020?
- ¿Había plantaciones de materias primas u otros usos agrícolas en 2020?
- ¿Hubo perturbaciones antes del 31 de diciembre de 2020?
- ¿Hubo perturbaciones después del 31 de diciembre de 2020, es decir, a partir del 1 de enero de 2021?

Si ningún conjunto de datos de cobertura arbórea indica cobertura arbórea para una parcela al final de 2020, Whisp considerará que el riesgo de deforestación es bajo. Por otro lado, si uno o más conjuntos de datos de cobertura arbórea indican que había cobertura arbórea al final de 2020, pero un conjunto de datos de

materias primas señala que había uso agrícola al final de 2020, Whisp también considerará el riesgo de deforestación como bajo.

En casos donde los conjuntos de datos de cobertura arbórea indiquen cobertura al final de 2020, no haya uso agrícola según los datos de materias primas y las perturbaciones ocurrieron antes del 31 de diciembre de 2020, Whisp clasifica el riesgo de deforestación como bajo. Este escenario indica que la deforestación ocurrió antes de la fecha límite de la EUDR, por lo que no cuenta como de alto riesgo bajo esta regulación.

Sin embargo, si los datos muestran que había cobertura arbórea al final de 2020, pero no hubo agricultura ni perturbaciones antes de esa fecha, el algoritmo de Whisp verifica si se han reportado degradaciones o deforestación después del 31 de diciembre de 2020. Si estas degradaciones están presentes, Whisp clasificará el riesgo de deforestación como alto. Por otro lado, si bajo las mismas condiciones no se reportan perturbaciones después del 31 de diciembre de 2020, Whisp emitirá el resultado “Se necesita más información”. Esto puede aplicarse a casos como el cacao o el café cultivados bajo la sombra de árboles o en sistemas agroforestales, donde los datos disponibles pueden no ser suficientes para determinar el riesgo con claridad.

El algoritmo de Whisp sigue un árbol de decisión que visualiza estos escenarios y clasificaciones, proporcionando un marco claro y estructurado para evaluar los riesgos de deforestación, respaldado por datos transparentes y accesibles públicamente.

El análisis consistió en extraer estadísticas zonales de los conjuntos de datos públicos para cada parcela de tierra, que luego se incorporaron a un marco basado en un árbol de decisión para evaluar el riesgo de deforestación. La Figura 1 ilustra cómo el árbol de decisión categorizó cada parcela de cacao en función del riesgo de deforestación:

- **Riesgo bajo:** Parcelas fuera de los bosques mapeados, que se superponen con un mapa de cultivos comerciales o con perturbaciones detectadas antes de 2020.
- **Riesgo alto:** Parcelas dentro de bosques mapeados, que no se superponen con ningún mapa de cultivos comerciales y con perturbaciones detectadas únicamente después de 2020.
- **Se necesita más información:** Parcelas sin perturbaciones o sin evidencia suficiente para determinar el riesgo, lo que requiere una investigación adicional.

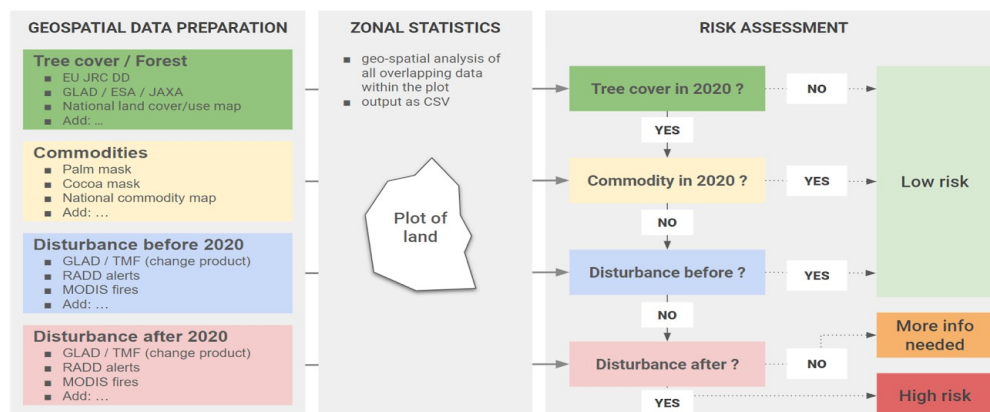


Figura 1: Árbol de toma de decisiones para categorización de riesgo de deforestación. Autor: Elaboración propia.

3.3 Implementación tecnológica



Uno de los pilares de la metodología de Open Foris Whisp es su diseño tecnológico centrado en la accesibilidad y la facilidad de uso. La herramienta incluye:

1. **API robusta:** La API de Open Foris Whisp permite procesar grandes volúmenes de datos, generando análisis detallados para parcelas específicas. Su diseño abierto y documentado en GitHub facilita la adopción por desarrolladores externos.
2. **Jupyter Notebooks:** Estos cuadernos interactivos en Python ofrecen una plataforma flexible para realizar análisis avanzados, ajustar capas de datos y experimentar con nuevos enfoques analíticos.
3. **Integración móvil:** La solución móvil Open Foris Ground está plenamente integrada con Whisp y permite la recopilación de datos en campo mediante dispositivos Android. Su diseño, centrado en mapas y con funcionalidades intuitivas, posibilita la recolección de información georreferenciada incluso en zonas sin conectividad. Los formularios personalizables pueden configurarse desde una consola web, y los datos recolectados se sincronizan automáticamente cuando se restablece la conexión.
4. **Diseño centrado en la inclusión:** El enfoque “map-first” (centrado en mapas) de Whisp y sus herramientas complementarias garantizan que usuarios con poca experiencia técnica puedan participar en actividades de monitoreo y evaluación. Además, la herramienta está diseñada para operar en condiciones de conectividad limitada, haciendo posible su implementación en regiones rurales y remotas.
5. **Modelo colaborativo y evolución constante:** El ecosistema de Open Foris fomenta la innovación abierta. Los usuarios pueden contribuir directamente al desarrollo de Whisp mediante sugerencias y “pull requests” en GitHub, promoviendo una evolución continua en respuesta a las necesidades emergentes. Esta colaboración activa permite mantener la herramienta actualizada y adaptada a los retos cambiantes del monitoreo forestal y la sostenibilidad.

En conjunto, la arquitectura tecnológica de Open Foris Whisp permite su implementación en diversos contextos, desde pequeñas iniciativas comunitarias hasta programas nacionales o internacionales de monitoreo, asegurando escalabilidad, flexibilidad y sostenibilidad.

4. Resultados

4.1 Precisión en evaluaciones

Open Foris Whisp ha demostrado una notable capacidad para reducir la incertidumbre en la evaluación de riesgos mediante la integración de capas de datos diversas. Esta combinación mejora la fiabilidad de los análisis en contextos geográficos y regulatorios complejos.

Gracias al uso de imágenes satelitales de alta resolución y datos locales, Whisp ha logrado detectar con precisión áreas de alto riesgo de deforestación, incluso en zonas con cobertura nubosa persistente. La combinación de datos ópticos y de radar resulta especialmente útil en regiones tropicales, donde las condiciones climáticas limitan la observación terrestre.

El sistema genera evaluaciones zonales detalladas, adaptadas a parcelas individuales. Esta granularidad permite identificar diferencias entre áreas de conservación, uso agrícola y zonas alteradas por la actividad humana, lo que resulta fundamental para estrategias de intervención localizadas.

Además de la EUDR, Whisp se adapta a otros marcos normativos como la Ley de Deforestación del Reino Unido (FRC) y propuestas legislativas en Estados Unidos, lo que amplía su utilidad para empresas y gobiernos que operan en múltiples



jurisdicciones.

Gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y generar resultados precisos, Whisp no solo apoya la regulación, sino que también es una herramienta crítica para proyectos de planificación, como la zonificación agrícola y la gestión de áreas protegidas.

4.2 Accesibilidad y escalabilidad

Al tratarse de una herramienta de código abierto, Whisp se adapta fácilmente a diferentes entornos operativos y niveles de capacidad técnica. Esto lo convierte en un recurso estratégico para países en desarrollo y actores con recursos limitados. Su diseño intuitivo y multiplataforma garantiza su uso por comunidades locales y pequeños productores. La integración con Open Foris Ground permite cargar geometrías, realizar análisis y obtener resultados directamente desde dispositivos móviles, incluso en áreas sin acceso continuo a internet.

Whisp ha sido implementado eficazmente en contextos rurales y remotos, empoderando a comunidades vulnerables mediante el control directo de sus datos. Esto promueve una participación activa en la gestión territorial y fortalece la equidad en el acceso a los mercados sostenibles.

Su escalabilidad lo hace apto para programas regionales e internacionales de restauración y monitoreo forestal. Se ha integrado con iniciativas como Forest Data Partnership y proyectos financiados por agencias multilaterales, demostrando su versatilidad y adaptabilidad.

4.3 Monitoreo de restauración con Open Foris Ground

La combinación de Whisp y Ground proporciona una solución integral para el seguimiento de proyectos de restauración ambiental, desde la recolección de datos hasta la evaluación de impactos.

Los usuarios pueden registrar actividades de restauración en tiempo real —como reforestación, regeneración natural y conservación del suelo— mediante datos georreferenciados. Esta información se analiza con Whisp para identificar tendencias y medir el progreso.

Apoyo a metas globales de restauración

Open Foris Whisp contribuye directamente a iniciativas como el **Desafío de Bonn** y la **Iniciativa 20x20**, que buscan restaurar millones de hectáreas de tierra degradada. Al proporcionar datos confiables y análisis detallados, Open Foris Whisp ayuda a los responsables de políticas y a los implementadores de proyectos a priorizar áreas de intervención y garantizar que las inversiones en restauración se destinen de manera eficiente.

Uso combinado con normativas internacionales

Además de los proyectos de restauración, Open Foris Whisp es compatible con regulaciones internacionales que exigen monitoreo y reportes de sostenibilidad.

Por ejemplo:

- **Reglamentos de sostenibilidad corporativa:** Empresas que buscan cumplir con la Directiva de Diligencia Debida en Sostenibilidad Corporativa de la UE pueden usar Open Foris Whisp para rastrear actividades de restauración y reportar impactos positivos en sus cadenas de suministro.
- **Compromisos climáticos nacionales:** Países que implementan contribuciones determinadas a nivel nacional (NDCs) en el marco del Acuerdo de París pueden utilizar Open Foris Whisp para monitorear avances en reforestación y mitigación de carbono.

5. Discusión

La discusión sobre los logros y desafíos de **Open Foris Whisp** se puede organizar en tres áreas clave: cómo aborda las brechas en el monitoreo forestal, su impacto



en las cadenas de suministro y la integración de tecnologías abiertas para comunidades locales.

5.1 Brechas en el monitoreo forestal

El monitoreo forestal enfrenta desafíos fundamentales en términos de calidad de datos, integración de múltiples fuentes y validación sistemática. Estas brechas, si no se abordan, dificultan el cumplimiento de normativas internacionales como la **EUDR** y otros marcos similares. Sin embargo, herramientas como **Open Foris Whisp**, basadas en el enfoque de **CoE**, han demostrado ser eficaces para superar estas limitaciones. Su capacidad para integrar fuentes de datos diversas y generar evaluaciones precisas está transformando la manera en que se monitorean los recursos forestales.

Calidad e integración de datos

El volumen y la diversidad de datos satelitales han crecido exponencialmente gracias a avances tecnológicos en observación terrestre y computación en la nube. Sin embargo, esta abundancia de información también genera desafíos significativos. En particular, las inconsistencias entre productos de datos son una preocupación constante. Por ejemplo, comparaciones entre Global Forest Change y Tropical Moist Forest han mostrado solo un 60% de coincidencia en las clasificaciones de pérdida de cobertura forestal. Estas discrepancias subrayan la necesidad de metodologías que puedan sintetizar estas fuentes y reducir los sesgos inherentes a cada una.

Otra limitación importante es la falta de estandarización. Actualmente, no existe una directriz clara que defina qué productos de datos deben utilizarse en evaluaciones de riesgo bajo la EUDR. Aunque herramientas como el Observatorio de la UE generan mapas útiles, estos no tienen carácter vinculante. Esto deja a los usuarios, especialmente a los reguladores y empresas, en una posición de incertidumbre sobre cómo cumplir plenamente con las normativas.

Aquí es donde Open Foris Whisp y el enfoque de CoE sobresalen. Al combinar múltiples capas de datos —incluyendo imágenes satelitales, mapas de biodiversidad y datos recolectados en campo—, Open Foris Whisp no solo mejora la precisión de las evaluaciones, sino que también minimiza los sesgos individuales. A diferencia de sistemas como Global Forest Watch, que suelen ofrecer respuestas binarias (como “deforestación sí” o “no”), Open Foris Whisp aplica un marco probabilístico que permite estimar riesgos de forma matizada. Esta capacidad es particularmente útil en áreas donde los patrones de deforestación son complejos o irregulares.

Validación y decisiones basadas en evidencia

La validación de datos es uno de los componentes más importantes del enfoque CoE. Los métodos tradicionales suelen depender de una única fuente o modelo, lo que aumenta la probabilidad de errores sistemáticos. En contraste, CoE utiliza múltiples fuentes, incluyendo imágenes de radar y ópticas, mapas de cobertura forestal y datos de campo. Esta integración de datos mejora significativamente la calidad y confiabilidad de los análisis.

Por ejemplo, en un estudio piloto en Camerún, Open Foris Whisp combinó datos proporcionados por el Consejo Interprofesional de Cacao y Café (CICC) con capas de conservación y perturbación forestal. Este enfoque permitió categorizar parcelas de cacao según su nivel de riesgo de deforestación, lo que facilitó la implementación de estrategias de mitigación adaptadas al contexto local. Además, al incorporar datos locales y globales, Open Foris Whisp aborda la falta de representatividad de productos de primera necesidad como café, caucho y cacao en sistemas globales de monitoreo. Esto garantiza que las evaluaciones reflejen las



dinámicas locales y no se limiten a enfoques genéricos.

Desafíos técnicos y de gobernanza

Aunque Open Foris Whisp y el enfoque CoE han demostrado su efectividad, su implementación enfrenta desafíos, especialmente en países en desarrollo. Uno de los principales obstáculos es la capacidad técnica limitada. La adopción de tecnologías avanzadas requiere inversiones iniciales en infraestructura y programas de capacitación para usuarios locales. Esto puede ser un impedimento significativo para comunidades que carecen de recursos financieros y humanos. Otro desafío importante es la gobernanza de datos. La falta de claridad sobre la propiedad de los datos y las restricciones en su acceso generan barreras adicionales para la colaboración. Por ejemplo, en algunos países, los productores enfrentan dificultades para compartir datos debido a regulaciones nacionales sobre privacidad o soberanía de datos. Para superar estos desafíos, es crucial establecer marcos de gobernanza que equilibren la accesibilidad y la protección de los derechos de los usuarios.

Comparación con otras herramientas

En el ámbito del monitoreo forestal, herramientas como Trase y Copernicus4GEOGLAM tienen roles importantes pero presentan limitaciones en comparación con Open Foris Whisp. Trase, por ejemplo, se centra en flujos comerciales globales y genera mapas útiles para identificar patrones macro de deforestación. Sin embargo, carece de la capacidad para realizar evaluaciones personalizadas a nivel de parcela, algo que Open Foris Whisp proporciona de manera eficiente. Copernicus4GEOGLAM, por otro lado, es ideal para monitoreo agrícola a gran escala, pero su enfoque generalizado no permite adaptaciones específicas para productos de primera necesidad o regiones locales. En contraste, Open Foris Whisp combina datos locales, como los proporcionados por cooperativas agrícolas, con mapas globales de deforestación, generando análisis detallados y adaptados a necesidades específicas. Además, su diseño de código abierto permite a los usuarios personalizar flujos de trabajo y análisis a través de su API y Jupyter Notebooks. Esto lo hace más flexible y accesible para una variedad de actores, desde pequeños productores hasta grandes exportadores. El monitoreo forestal es un componente crucial para la sostenibilidad global, pero enfrenta desafíos significativos en términos de calidad de datos, integración y validación. Open Foris Whisp y el enfoque de Convergence of Evidence ofrecen soluciones innovadoras que no solo abordan estas brechas, sino que también establecen un nuevo estándar para el análisis geoespacial. Su capacidad para integrar múltiples fuentes de datos, validar información en contextos locales y proporcionar análisis personalizados lo convierte en una herramienta indispensable para el cumplimiento de normativas como la EUDR y la gestión sostenible de recursos naturales en mercados globales.

5.2 Impacto en las cadenas de suministro

La transparencia y trazabilidad son pilares fundamentales para la sostenibilidad de las cadenas de suministro, particularmente en productos de primera necesidad agrícolas como café, cacao, soja y palma de aceite. El cumplimiento de normativas internacionales, como la EUDR, requiere herramientas que no solo rastreen los productos desde su origen hasta el consumidor final, sino que también generen análisis detallados y confiables. En este contexto, **Open Foris Whisp** se posiciona como una solución integral, gracias a su diseño basado en el enfoque de **Convergence of Evidence (CoE)** y sus capacidades avanzadas de análisis geoespacial.

El diseño de Open Foris Whisp permite a los reguladores y actores privados



evaluar y documentar el cumplimiento de normativas como la EUDR (Regulación de Deforestación de la Unión Europea), la Ley de Deforestación de Productos Básicos del Reino Unido (FRC) y regulaciones emergentes en los Estados Unidos. A diferencia de herramientas convencionales que ofrecen evaluaciones binarias, Open Foris Whisp emplea modelos probabilísticos que generan una evaluación de riesgos matizada. Esta capacidad es crucial para adaptarse a la complejidad de las cadenas de suministro modernas y sus múltiples niveles de actores, desde pequeños productores hasta grandes exportadores.

Trazabilidad: un requisito regulatorio clave

La trazabilidad en las cadenas de suministro es esencial para garantizar que los productos cumplan con estándares de sostenibilidad y no estén vinculados a actividades de deforestación o degradación forestal. Open Foris Whisp sobresale en este ámbito al ofrecer análisis a nivel de parcela individual, permitiendo rastrear productos agrícolas hasta su lugar de origen con precisión geoespacial. Por ejemplo, su capacidad para integrar múltiples fuentes de datos —como mapas de cobertura forestal, alertas de deforestación y registros agrícolas— lo diferencia de otras soluciones.

En términos comparativos, herramientas como **Trase** y **GeoTraceability** son útiles para evaluar flujos comerciales globales, pero presentan limitaciones en la granularidad de los datos. Trase, por ejemplo, ofrece una visión macro basada en mapas de comercio y deforestación, pero no permite identificar riesgos a nivel de parcela, algo que Whisp realiza de manera eficiente. Por otro lado, GeoTraceability proporciona trazabilidad básica, pero carece de los análisis dinámicos avanzados que Whisp incorpora, como correlaciones entre riesgos y datos de conservación. Además, Whisp está diseñado para cumplir con requisitos regulatorios específicos de normativas internacionales. En el caso de la EUDR, permite identificar parcelas que cumplen con los criterios de “deforestación cero” exigidos por la regulación. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en un marco probabilístico lo hace particularmente adecuado para regulaciones que requieren análisis complejos, como las propuestas legislativas emergentes en los Estados Unidos.

Integración con actores privados

Las empresas privadas han comenzado a adoptar Open Foris Whisp para optimizar sus cadenas de suministro y cumplir con normativas ambientales, aprovechando su API abierta y su flexibilidad para personalizar análisis según las necesidades específicas de sus operaciones. Por ejemplo, Open Foris Whisp puede integrar datos locales de cooperativas agrícolas con mapas globales de deforestación, generando informes más completos que apoyen las decisiones comerciales y regulatoria

Apoyo a pequeños productores

Uno de los mayores logros de Open Foris Whisp es su capacidad para integrar a pequeños productores en cadenas de suministro sostenibles, superando las barreras técnicas y económicas que suelen excluirlos. Gracias a su diseño accesible y de código abierto, Open Foris Whisp permite que estos actores recojan, analicen y gestionen sus propios datos de manera independiente.

La integración con **Open Foris Ground** facilita el uso de herramientas móviles para registrar geometrías de parcelas y generar identificadores únicos (GeoIDs). Esta funcionalidad es especialmente valiosa en regiones rurales donde el acceso a tecnología avanzada es limitado. Además, al ser una solución de código abierto, Whisp elimina costos de licencia, reduciendo significativamente las barreras económicas para los pequeños productores. Por ejemplo, cooperativas agrícolas en



Camerún han utilizado Open Foris Whisp para documentar prácticas sostenibles en plantaciones de palma de aceite, permitiéndoles demostrar cumplimiento normativo y acceder a mercados internacionales.

Otro beneficio clave es el empoderamiento de los productores locales. A través de Open Foris Whisp, los agricultores pueden generar y controlar sus propios datos, eliminando la necesidad de intermediarios costosos. Esto les permite no solo cumplir con normativas internacionales, sino también adoptar prácticas más sostenibles basadas en los análisis personalizados que Open Foris Whisp proporciona. Por ejemplo, en Perú, pequeños productores de café han utilizado Open Foris Whisp para identificar riesgos de deforestación en sus parcelas y desarrollar estrategias de mitigación.

Impacto global y sostenibilidad

La combinación de tecnologías avanzadas y metodologías inclusivas hace de Open Foris Whisp una herramienta esencial para construir cadenas de suministro más justas y sostenibles. Su enfoque en la trazabilidad, la colaboración y el empoderamiento local fomenta una mayor equidad en los mercados globales, garantizando que los pequeños productores no queden rezagados en el cumplimiento normativo. Al mismo tiempo, su flexibilidad y capacidad de personalización aseguran que las grandes empresas puedan adaptarse a las regulaciones cambiantes y responder a las demandas de los consumidores por productos sostenibles y responsables.

En resumen, Open Foris Whisp no solo aborda los desafíos técnicos y regulatorios de las cadenas de suministro, sino que también promueve un modelo más inclusivo y transparente. Esto lo posiciona como una herramienta imprescindible en la transición hacia un comercio más sostenible y justo.

5.3 Tecnologías abiertas e impacto comunitario

El uso de tecnologías abiertas, como **Open Foris Whisp**, en combinación con el enfoque de **Convergence of Evidence (CoE)**, está transformando la gestión de los recursos naturales y el monitoreo forestal a nivel global. Estas herramientas no solo democratizan el acceso a datos y análisis avanzados, sino que también fomentan la transparencia y la participación de actores locales en cadenas de suministro sostenibles. Al garantizar que los datos sean accesibles, reutilizables e interoperables, Whisp ha permitido a comunidades locales, pequeños productores y reguladores trabajar de manera más eficiente y coordinada para cumplir con normativas como la EUDR y otras regulaciones emergentes.

Un pilar fundamental de estas tecnologías abiertas es el acceso a datos reutilizables y de alta calidad. Open Foris Whisp integra múltiples fuentes de datos abiertos, como mapas de cobertura forestal, registros de uso del suelo y alertas de pérdida de árboles, para realizar evaluaciones de riesgo basadas en modelos probabilísticos. Este enfoque contrasta con herramientas tradicionales que ofrecen resultados dicotómicos (como “deforestación sí” o “deforestación no”), ya que Whisp proporciona un análisis más matizado, considerando probabilidades y niveles de riesgo. La capacidad de integrar y analizar datos en una plataforma abierta fomenta la confianza entre usuarios y permite validar las metodologías utilizadas. Esto es particularmente importante en contextos donde los actores necesitan demostrar cumplimiento normativo de manera verificable y adaptada a estándares internacionales.

Otro aspecto clave es la interoperabilidad técnica, que se logra mediante estándares como los GeoIDs, identificadores geoespaciales únicos que permiten rastrear parcelas y sincronizar datos entre sistemas y jurisdicciones. Esto garantiza que las plataformas sean compatibles y se complementen, permitiendo que los



datos fluyan sin restricciones entre actores globales, nacionales y locales. Por ejemplo, Open Foris Whisp se ha utilizado en proyectos piloto para vincular datos de parcelas gestionadas por pequeños agricultores con mapas globales de deforestación, mejorando la precisión y la utilidad de los análisis. Estas capacidades han sido particularmente valiosas en mercados regulados, donde los compradores requieren información detallada sobre el origen y la sostenibilidad de los productos.

El diseño centrado en el usuario de Whisp ha sido un catalizador para empoderar a comunidades locales y pequeños productores. A través de herramientas como Open Foris Ground, las comunidades pueden recopilar datos de manera autónoma y usarlos para gestionar sus recursos naturales de forma más eficiente. Esta capacidad de autogestión es esencial para reducir la dependencia de intermediarios y fomentar la autonomía de los productores, especialmente en regiones donde el acceso a tecnología avanzada es limitado. Por ejemplo, en Camerún, Open Foris Whisp se ha implementado con éxito en cooperativas de cacao, donde los pequeños productores han utilizado la herramienta para analizar el estado de sus parcelas y cumplir con los estándares de sostenibilidad exigidos por mercados internacionales. Este modelo inclusivo asegura que las comunidades locales sean reconocidas como actores clave en las cadenas de suministro globales, fortaleciendo su posición frente a compradores y reguladores.

La gobernanza de datos también juega un papel esencial en el éxito del enfoque CoE. El diseño de Open Foris Whisp garantiza que los datos sean administrados de manera transparente y respetuosa con los derechos de las comunidades. Procesos como el consentimiento informado previo y libre (FPIC) se implementan para garantizar que las comunidades locales comprendan cómo se utilizarán sus datos y tengan control sobre su uso. Este enfoque no solo protege la privacidad, sino que también fomenta la confianza y la colaboración entre productores, gobiernos y empresas. En varias regiones de África, los productores han recibido formación sobre cómo utilizar Open Foris Whisp para documentar sus prácticas agrícolas de manera sostenible, asegurándose de que los datos recolectados benefician directamente a sus comunidades.

La colaboración internacional también ha sido fundamental para escalar el impacto de Whisp. Iniciativas como el **Forest Data Partnership** han unido a actores globales para desarrollar estándares y marcos de datos que respalden la sostenibilidad en las cadenas de suministro. Estas colaboraciones han permitido que herramientas como Whisp se utilicen en proyectos de gran escala, contribuyendo a objetivos internacionales de conservación y restauración forestal. Además, al ser una plataforma de código abierto, Whisp fomenta contribuciones de desarrolladores externos, lo que garantiza una evolución constante y adaptaciones a las necesidades locales.

En conclusión, el enfoque de tecnologías abiertas de Whisp y el CoE están revolucionando el monitoreo forestal y la sostenibilidad en las cadenas de suministro. Al integrar datos diversos, garantizar la interoperabilidad y empoderar a las comunidades locales, estas herramientas están construyendo un futuro más equitativo y transparente. Su impacto va más allá del cumplimiento normativo, fomentando una gestión más justa y sostenible de los recursos naturales en beneficio de las generaciones futuras.

6. Conclusiones

Open Foris Whisp es un avance crucial en la gestión forestal sostenible, promoviendo transparencia en las cadenas de valor y cumplimiento con regulaciones como la EUDR. Su enfoque innovador en la convergencia de



evidencias establece un estándar en el monitoreo ambiental y apoya a pequeños productores en mercados globales .

La implementación de enfoques innovadores como la Convergencia de Evidencias (CoE) ha demostrado ser una solución integral para abordar los desafíos del monitoreo de la deforestación y la evaluación de riesgos en cadenas de suministro de productos de primera necesidad. A continuación, se presentan las conclusiones clave que sintetizan los avances logrados, la relevancia del CoE y las perspectivas futuras basadas en el análisis realizado.

El CoE permite integrar múltiples conjuntos de datos, como imágenes satelitales, información local y mapas temáticos, ofreciendo una visión más completa y matizada de los riesgos de deforestación. Este enfoque probabilístico reduce los sesgos asociados a fuentes individuales y facilita la toma de decisiones informadas. Por ejemplo, la herramienta Whisp aplica árboles de decisión para clasificar parcelas en categorías de bajo, alto o riesgo indeterminado, permitiendo priorizar acciones específicas basadas en datos confiables .

Esta metodología es particularmente relevante en el contexto de regulaciones como la EUDR y marcos emergentes similares en el Reino Unido y Estados Unidos, que requieren una evaluación sólida del impacto de las materias primas en los ecosistemas forestales. La capacidad del CoE para combinar datos globales y locales asegura que los análisis cumplan con los estándares regulatorios y reflejen las dinámicas específicas de cada región .

La falta de directrices claras sobre qué conjuntos de datos deben emplearse para cumplir con normativas como la EUDR ha generado incertidumbre entre las partes interesadas. Actualmente, productos como el mapa de Cobertura Forestal Global de 2020 (GFC 2020) no son obligatorios ni legalmente vinculantes, dejando una brecha en los marcos de cumplimiento. El CoE aborda este problema al proporcionar un modelo flexible que permite incorporar fuentes de datos abiertas y confiables, como los mapas nacionales de uso del suelo de países productores de materias primas .

Además, la integración de perspectivas locales y la participación de actores comunitarios aseguran que los análisis no solo sean precisos, sino también inclusivos. Este enfoque evita errores sistemáticos que podrían excluir a pequeños productores de mercados internacionales y refuerza la transparencia en la gestión de datos .

El éxito continuo del CoE dependerá de la colaboración entre la comunidad científica, los formuladores de políticas, los actores empresariales y los actores locales. Iniciativas como el **Forest Data Partnership** y el programa AIM4Forests ofrecen un marco para alinear a las partes interesadas y desarrollar modelos de evaluación de riesgos más robustos y accesibles. Estas plataformas fomentan la transparencia y la confianza mediante el uso de datos abiertos y la participación activa de comunidades locales y pequeños agricultores .

La adopción de tecnologías avanzadas, como el aprendizaje automático y los modelos bayesianos de actualización de la cobertura del suelo (BULC), ampliará aún más las capacidades del CoE para manejar volúmenes de datos complejos y ofrecer evaluaciones de riesgos más precisas. Esto permitirá a las organizaciones no solo cumplir con las normativas, sino también liderar la transición hacia cadenas de suministro más sostenibles y responsables .

La implementación de CoE y herramientas como Open Foris Whisp representa un cambio de paradigma en el monitoreo forestal global. Al superar las limitaciones de las metodologías tradicionales y promover la integración de datos abiertos y colaborativos, el CoE sienta las bases para una nueva era de sostenibilidad e



inclusión en las cadenas de suministro de materias primas. La clave estará en seguir refinando estas metodologías y garantizar que se adapten a las necesidades dinámicas de un entorno regulatorio y ecológico en constante evolución.

7. Agradecimientos

Este trabajo no habría podido ser posible sin la colaboración con el Forest Data Partnership, y el apoyo del programa AIM4Forests, y el Proyecto AIM4Commodities.

8. Bibliografía

- Bourgoïn, Clement; Verhegghen, Astrid; Carboni, Silvia; Ameztoy, Iban; Ceccherini, Guido; Colditz, Rene; Achard, Frederic (2024): Global map of forest types 2020 - version 0. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID:<http://data.europa.eu/89h/037ca376-ba92-49db-a8f7-0c277c1e5436>
- Clinton, N., Vollrath, A., D'Annunzio, R., Liu, D., Glick, H.B., Descals, A., Sullivan, A., Guinan, O., Abramowitz, J., Stolle, F. and Goodman, C., 2024. A community palm model. arXiv preprint arXiv:2405.09530.
- Colditz, R. R., Bourgoïn, C. ; Ameztoy, I.; Verhegghen, A.; Carboni, S.; Desclée, B., 2020, "A Global Forest Cover Map for Year 2020: Purpose, Methodology and First Assessment," IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, Greece, 2024, pp. 4114-4117, doi: 10.1109/IGARSS53475.2024.10641802.
- Cosimo, L.H.E.; Masiero, M.; Mammadova, A.; Pettenella, D. Voluntary sustainability standards to cope with the new European Union regulation on deforestation-free products: A gap analysis. *For. Policy Econ.* **2024**, 164, 103235. [Google Scholar]<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103235>
- D'Annunzio, R., et al. (2024). Towards a digital public infrastructure for deforestation-related trade regulations. FAO.
- D'Annunzio, R., O'Brien, V., Arnell, A., Neeff, T., Fontanarosa, R., Valbuena Perez, P., Shapiro, A.C., Sanchez-Paus Díaz, A., Merle, C., Vega, J. & Fox, J. 2024. Towards a digital public infrastructure for deforestation-related trade regulations - What is in that plot? (Whisp) solution to implement convergence of evidence. Rome, FAO.<https://doi.org/10.4060/cd0957en>
- European Commission, Joint Research Centre, Bourgoïn, C., Ameztoy, I., Verhegghen, A. et al., Mapping global forest cover of the year 2020 to support the EU regulation on deforestation-free supply chains, Publications Office of the European Union, 2024,<https://data.europa.eu/doi/10.2760/262532>
- European Union. (2023). Regulation (EU) 2023/1115. Official Journal of the European Union.
- FAO. (2024). EUDR Implementation FAQ.
- FAO. 2020.*Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*.Rome.<https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Jonckheere, I., Hamilton, R., Michel, J.M. & Donegan, E., eds. 2024.*Good practices in sample-based area estimation. White paper*.Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc9276en>
- Kalischek, N., Lang, N., Renier, C. et al. Cocoa plantations are associated with deforestation in Côte d'Ivoire and Ghana. *Nat Food* 4, 384–393 (2023).<https://doi.org/10.1038/s43016-023-00751-8>
- Neeff, T., Merle, C., D'Annunzio, R., O'Brien, V., Gill, G., Poultouchidou, A. and Fox, J. 2024. Forest monitoring for transparent commodity supply chains. Rome, FAO.<https://doi.org/10.4060/cd3280en>



- Reiche, J., Mullissa, A., Slagter, B., Gou, Y., Tsendbazar, N., Odongo-Braun, C., Vollrath, A., Weisse, M., Stolle, F., Pickens, A., Donchyts, G., Clinton, N., Gorelick, N., & Herold, M. (2021), Forest disturbance alerts for the Congo Basin using Sentinel-1, Environmental Research Letters, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd0a8>.
- Sandker, M., Lindquist, E., Poultouchidou, A., Gill, G., Santos-Acuña, L., Neeff, T. & Fox, J. 2024. *Technological innovation driving transparent forest monitoring and reporting for climate action*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0143en>
- Sandker, M., Lindquist, E., Poultouchidou, A., Gill, G., Santos-Acuña, L., Neeff, T. & Fox, J. 2024. *Technological innovation driving transparent forest monitoring and reporting for climate action*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0143en>
- Vancutsem, C., Achard, F., Pekel, J.-F., Vieilledent, G., Carboni, S., Simonetti, D., Gallego, J., Aragão, L.E.O.C., Nasi, R. (2021) Long-term (1990-2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. Science Advances 2021