



TECNOLOGÍAS

FORESTALES

COMUNITARIAS:

UN

INFORME

INTERINO

DE

SMART

FORESTS

# TECNOLOGÍAS FORESTALES COMUNITARIAS: UN INFORME INTERINO DE SMART FORESTS

Phoebe Hamilton-Jones, Jennifer Gabrys, Michelle  
Westerlaken, Yuti Ariani Fatimah, Trishant Simlai, y Noel  
Chung

# TABLA DE CONTENIDOS

1	Resumen	5
2	Introducción: Tecnologías forestales comunitarias	7
3	Principales conclusiones: Garantizar mundos forestales equitativos y prósperos	13
4	Lo que leemos: Comunidad, tecnología y medioambiente	20
5	Cómo hicimos la investigación	28
6	Revisión de iniciativas tecnológicas forestales comunitarias	35
7	Cuatro historias: Casos prácticos de Smart Forests	43
8	Propuestas de tecnologías forestales	87
9	Conclusión	98
10	Agradecimientos	102
11	Referencias y recursos	104



Imagen de la película *Smart Forests* que muestra el bosque Bukit Barisan y el uso de la aplicación Avenza. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.

# 1 Resumen

Las tecnologías digitales «inteligentes» se utilizan cada vez más para gestionar, supervisar y transformar los entornos forestales en todo el mundo. Esta tecnologización se está produciendo en un contexto en el que los bosques se consideran herramientas para cumplir objetivos medioambientales (en concreto, objetivos de carbono y biodiversidad) y prestar otros servicios ecosistémicos. El proyecto de investigación Smart Forests estudia cómo están proliferando las tecnologías emergentes de cámaras trampa, ecoacústica, GPS y sensores remotos, y cuáles son o podrían ser sus repercusiones sociopolíticas. Analizamos la bibliografía al respecto y nos preguntamos cómo son utilizadas las tecnologías por parte de las comunidades forestales, junto a las comunidades y contra ellas. A continuación, nos centramos en cuatro historias de interacción comunitaria con las tecnologías forestales extraídas de nuestros estudios de caso en Chile, Indonesia, Países Bajos e India. Analizamos los cambios en la gobernanza y las redes; las alteraciones en la dinámica de poder entre comunidades, Estados y empresas tecnológicas; los cambios en la forma en que se perciben y conocen los bosques; y las discrepancias en la forma en que se distribuyen las tecnologías dentro de las comunidades y entre ellas. Estas conclusiones nos llevan a proponer estrategias para garantizar que se puedan diseñar, aplicar y apoyar eficazmente diversos enfoques comunitarios de las tecnologías forestales. Pretendemos que las comunidades, el público, los diseñadores de políticas públicas, las industrias y las ONGs comprendan mejor las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías forestales como usuarios, reguladores, financiadores y desarrolladores de estos dispositivos e

infraestructuras. Esperamos que esta investigación pueda contribuir a crear mundos forestales justos y prósperos en una época de cambios planetarios de gran alcance.

## 2 Introducción: Tecnologías forestales comunitarias

*Mira, escucha atentamente: los bosques se han convertido en lugares de reunión de las tecnologías digitales. Los drones zumban sobre las copas de los árboles, los satélites transmiten imágenes granuladas de la cubierta arbórea, los robots labran la tierra en regímenes de plantación, los sensores sintonizan con el sonido subterráneo del bosque, las cámaras trampa registran los ojos reflectantes, el calor de un cuerpo moviéndose en la noche.*

Las tecnologías forestales «inteligentes» han empezado a proliferar, surgiendo en el contexto más amplio de las tecnologías climáticas, las tecnologías de la naturaleza y los ecosistemas digitales. Sin embargo, a diferencia del término más familiar, «ciudades inteligentes», mediante el cual se llevan a cabo soluciones digitales para el mejoramiento o sustitución de las redes y servicios urbanos tradicionales, el concepto de «bosques inteligentes» aún está tomando forma.

Los términos «inteligente» y «bosque» pueden ser fluidos, plurales y multivalentes, ya que abarcan espacios políticos, industriales, públicos y académicos. Durante nuestra investigación, hemos adoptado esta pluralidad siguiendo los términos a través de su uso y las prácticas que activan, en lugar de ofrecer definiciones singulares. Por «bosques inteligentes» nos referimos en general a las numerosas

tecnologías e infraestructuras digitales que actualmente están gestionando, controlando, conectando en red y reconstruyendo los bosques en su intento de optimizar los recursos forestales, detectar el cambio medioambiental e intervenir en lugares pérdida forestal.

Los bosques inteligentes ("smart forests" en inglés) se encuentran en lugares de todo el mundo, tanto en zonas remotas como urbanas. Sin embargo, a pesar de la creciente presencia de tecnologías forestales inteligentes, ha habido una comparativa falta de compromiso con las implicaciones sociopolíticas de estos dispositivos. Lejos de ser operadores neutrales en espacios medioambientales, estas tecnologías pueden tener repercusiones sociopolíticas de gran alcance. Nuestras preguntas centrales se refieren a estas repercusiones:

- ¿Cómo están cambiando las tecnologías forestales inteligentes las prácticas de vigilancia, gestión y gobernanza medioambientales?
- ¿Cuáles son las consecuencias sociopolíticas de los entornos forestales inteligentes, especialmente para las comunidades dedicadas a los bosques como medio de vida, conservación y regeneración, y esparcimiento?
- ¿Cómo pueden desarrollarse y mantenerse prácticas y relaciones forestales (más) equitativas mediante tecnologías forestales dirigidas por las comunidades?

Nuestra investigación con las comunidades se pregunta cómo están afectando las tecnologías forestales inteligentes a la dinámica comunitaria, las relaciones y medios de subsistencia en torno al bosque, además de las interacciones con los agentes estatales y las industrias.

Al igual que con los términos «inteligente» y «bosque», nos referimos a conceptos amplios de comunidad. Aunque las comunidades pueden ser locales y delimitadas en términos de espacio y lugar, también pueden ser digitales, geográficamente dispersas y autónomas. Las comunidades pueden operar en múltiples niveles de gobernanza o

incorporar entidades más-que-humanas. Las comunidades pueden crearse a través de proyectos participativos o con el fin de desplegar tecnologías. Las comunidades pueden ser momentáneas, episódicas o duraderas.

Este informe provisional pretende que las comunidades, el público, diseñadores de políticas públicas, las industrias y las ONGs comprendan mejor estas repercusiones sociopolíticas como usuarios, reguladores, financiadores y desarrolladores de las tecnologías forestales inteligentes. Tras familiarizar a los lectores con el modo en que los bosques se están convirtiendo en entornos digitales, ponemos en primer plano el modo en que las diversas comunidades se relacionan con y se ven afectadas por las tecnologías forestales y las cambiantes prácticas de gobernanza. A través de esta investigación, también consideramos cómo las tecnologías digitales no son más que un tipo de tecnología que ha sido movilizada o podría ser movilizada en entornos forestales, ya que las tecnologías ancestrales, analógicas y ecológicas son igualmente propensas a utilizarse en los bosques. Este informe provisional documenta y analiza cómo se despliegan las tecnologías forestales inteligentes en cuatro estudios de caso de Chile, India, Indonesia y los Países Bajos. Publicamos este material en formato provisional para generar conversaciones entre las comunidades, los diseñadores de políticas públicas, los tecnólogos e los investigadores, que servirá de base para la versión final del informe. El informe final también incorporará nuestro quinto estudio de caso sobre las tecnologías comunitarias y la regeneración del paisaje en el Reino Unido.

En las dos últimas décadas se ha producido un repunte de las intervenciones políticas para alcanzar objetivos medioambientales mediante la gestión forestal y la reforestación masiva. Los bosques, que contribuyen de manera crucial a la biodiversidad y a los ciclos del agua, el aire y el carbono, están siendo movilizados como ecosistemas clave para la acción medioambiental. Si bien los objetivos se han desviado en este período, con ninguna de las Metas de Aichi (2011-2020) plenamente alcanzadas a nivel mundial y el incumplimiento de

los objetivos iniciales de la Declaración de Nueva York sobre los Bosques (2014), persisten las intervenciones políticas y las promesas internacionales. En 2019, surgieron propuestas para restaurar 350 millones de hectáreas de tierras degradadas como parte del decenio de las Naciones Unidas para la restauración de los ecosistemas; y en 2021 se incorporaron acuerdos para detener la deforestación ilegal para 2030 en la Declaración de Glasgow sobre los Bosques (COP26), respaldando la Declaración de Nueva York sobre los Bosques.

Para cumplir y validar objetivos medioambientales como estos, los agentes de los sectores público y privado utilizan cada vez más tecnologías digitales que controlan y gestionan los bosques. Las empresas y los investigadores tecnológicos se están centrando en el desarrollo de soluciones digitales para los problemas medioambientales, como la teledetección y la recopilación de datos «AI for Earth» o los desarrollos en la línea de «Internet de los árboles» para la gestión forestal a través de sensores. Las tecnologías digitales pueden rastrear las actividades de tala, optimizar el uso de los recursos, cartografiar las redes forestales urbanas, controlar la captura de carbono y evaluar la salud y las enfermedades de los bosques. Se están desarrollando gemelos digitales forestales, o representaciones virtuales de sistemas forestales físicos, para predecir cambios en la estructura de los bosques y modelar escenarios futuros. El aumento de los incendios forestales en todo el mundo también ha impulsado el despliegue de redes de sensores inalámbricos, drones y aprendizaje automático para detectar y extinguir incendios en tiempo real.

Nuestra intención en esta investigación no ha sido ni defender ni criticar los bosques inteligentes. En su lugar, esbozamos cómo se están constituyendo los bosques inteligentes para hacer mundos más o menos habitables, y a través de qué medios. El objetivo principal de este informe es documentar y proponer estrategias para garantizar que los diversos enfoques comunitarios de las tecnologías forestales puedan diseñarse, aplicarse y apoyarse eficazmente. En las siguientes secciones, destacamos nuestras preguntas y conclusiones principales,

situamos nuestra contribución en relación con las investigaciones y políticas paralelas y, a continuación, revisamos la investigación que hemos llevado a cabo, incluyendo el recuento de las cuatro historias de estudios de casos forestales en la India, Chile, Indonesia y los Países Bajos. A partir de estos involucramientos con las comunidades forestales, los residentes y los trabajadores, destacamos cómo podrían abordarse las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías forestales y consideramos cómo podrían trabajar las comunidades con estas tecnologías para crear entornos forestales prósperos y justos.



Imagen de película *Smart Forests* que muestra cámara trampa en el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.



Imagen de película *Smart Forests* que muestra la ecoaldeia Ecodorp Boekel. Países Bajos. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

## 3 Principales conclusiones: Garantizar mundos forestales equitativos y prósperos

### 1) Las tecnologías forestales inteligentes están cambiando las interacciones y sustentos de vida en torno al bosque

Nuestra investigación ha revelado que las tecnologías forestales inteligentes pueden influir en el modo en que las comunidades se relacionan con los bosques para ganarse la vida, alterando y acelerando la concepción de los bosques como recursos extraíbles.

Por ejemplo, las herramientas de observación a distancia pueden permitir a las comunidades controlar la deforestación para monetizar el carbono. Al mismo tiempo, estas herramientas pueden generar visiones dominantes de lo que son los bosques y de cómo deberían ser identificados y valorados. Si no se diseñan y utilizan con cuidado, las formas peculiares de visión y percepción propias de las tecnologías forestales inteligentes pueden oscurecer la comprensión pluralista, local e indígena de los procesos forestales.

Del mismo modo, las tecnologías de seguimiento de especies, como las aplicaciones de identificación de especies, pueden aumentar el conocimiento de las especies forestales y las oportunidades de empleo para la conservación de especies emblemáticas. Sin embargo, esto también podría llevar a descuidar organismos menos carismáticos. Al mismo tiempo, estas tecnologías de seguimiento de especies podrían fomentar una priorización de las especies más fáciles de observar, pasando por alto relaciones ecológicas menos detectables que pueden ser vitales para la supervivencia de las comunidades forestales.

## 2) Las tecnologías forestales inteligentes están desigualmente distribuidas y los recursos suelen ser escasos

Las discrepancias en el acceso a las tecnologías forestales inteligentes, tanto dentro de las comunidades como entre ellas, pueden dar lugar a asimetrías de poder y de acceso a la información. Estas discrepancias también pueden verse agravadas por la escasez de recursos en términos de financiamiento, de personal y de conocimiento para obtener, aplicar y utilizar tecnologías digitales en unas condiciones que a menudo ya son de por sí limitadas.

*Al interior de muchas comunidades forestales la distribución de tecnologías y recursos es desigual. Nuestra investigación ha revelado que, en algunas comunidades, las tecnologías forestales inteligentes pueden ser más utilizadas por personas pertenecientes a determinadas generaciones, géneros y niveles educativos. Esta distribución desigual de las tecnologías puede alterar, reconfigurar o amplificar las dinámicas de poder existentes en la comunidad.*

También puede que las tecnologías forestales inteligentes sean distribuidas de forma desigual entre las comunidades. Algunas comunidades forestales tienen más probabilidades de recibir ayudas para tecnologías forestales inteligentes de fuentes privadas y públicas. Las comunidades pueden tener más probabilidades de atraer tecnologías forestales inteligentes si habitan en «bosques emblemáticos» (un término que la organización Climate Outreach utiliza para describir bosques como el Amazonas que se han convertido en «iconos mundiales» debido a una importante cobertura mediática). Del mismo modo, las comunidades pueden tener más probabilidades de recibir tecnologías forestales inteligentes si están mejor equipadas para atraer financiación (por ejemplo, debido al idioma, los conocimientos o el personal dedicado). Esta discrepancia en el apoyo y la financiación puede llevar a perpetuar ciclos que excluyen aún más a las comunidades menos conectadas y profundizan las desigualdades.

La distribución de tecnologías y recursos a determinadas comunidades puede tener consecuencias perjudiciales para otras. Por ejemplo, un entrevistado de una organización brasileña de medioambiente, ciencia y tecnología explicó cómo, cuando sólo unas pocas comunidades forestales seleccionadas reciben las herramientas y la asistencia necesarias para identificar y controlar la deforestación ilegal, las actividades de tala ilícita pueden desplazarse a zonas forestales circundantes donde otras comunidades no han podido acceder a las mismas tecnologías y recursos.

### 3) Las tecnologías forestales inteligentes están transformando la gobernanza forestal

Dado que las empresas multinacionales suelen diseñar, desarrollar y controlar las tecnologías y las redes, los bosques inteligentes también están provocando cambios en algunos aspectos de la gobernanza medioambiental, alejándose de los líderes comunitarios o los agentes gubernamentales y acercándose a las start-ups (“empresas emergentes”) y las industrias tecnológicas, incluidos los «gigantes tecnológicos». Paralelamente, la evolución de los mercados de carbono y la biodiversidad han suscitado un mayor interés e implicación del sector privado en el seguimiento de los servicios ecosistémicos de los bosques. Por lo tanto, los gobiernos y las comunidades de todo el mundo dependen cada vez más de tecnologías que pertenecen y son gestionadas por empresas privadas. Por otra parte, las características informáticas cada vez más complejas de las tecnologías forestales inteligentes las vuelven difíciles de usar para algunas personas no expertas.

Un ejemplo de gobernanza cambiante puede verse cuando la Corporación Nacional Forestal de Chile, Conaf, utiliza WhatsApp para coordinar la ayuda de emergencia y emitir avisos de incendios a la población. Las dinámicas de poder y recursos están en juego cuando los gobiernos dependen de corporaciones privadas para construir y otorgar acceso a infraestructuras digitales. Del mismo modo, los servicios públicos y de emergencia pueden volverse dependientes de infraestructuras tecnológicas privadas que podrían carecer de normativas que garanticen su accesibilidad y continuidad durante acontecimientos críticos.

## 4) Las tecnologías inteligentes forestales están cambiando la dinámica de poder entre comunidades, estados y empresas tecnológicas

Tanto los agentes estatales como las empresas tecnológicas pueden utilizar las tecnologías forestales inteligentes para aumentar la observación, la informatización, la regulación y la transformación no sólo de los ambientes forestales, sino también de las comunidades forestales. Por ejemplo, nuestra investigación descubrió que ciertos actores estatales y empresas tecnológicas están utilizando tecnologías forestales inteligentes para vigilar a las poblaciones forestales. El papel de las empresas tecnológicas y los agentes estatales en las tecnologías forestales inteligentes plantea nuevas cuestiones sobre la propiedad de los datos, su protección y su explotación.

Las tecnologías forestales inteligentes también pueden alterar las dinámicas de poder tradicionales, permitiendo a las comunidades documentar y compartir los abusos de poder y generar movimientos de solidaridad. Por ejemplo, las tecnologías forestales inteligentes pueden permitir a las comunidades forestales utilizar herramientas geoespaciales para cartografiar sus tierras y hacer valer sus derechos territoriales ante el estado. Sin embargo, estas formas de evidencia pueden recibir un reconocimiento desigual en función de las comunidades que presenten la evidencia o hagan las reclamaciones.

## 5) Las tecnologías forestales inteligentes pueden reforzar y hacer posibles las redes forestales

Las tecnologías forestales inteligentes también pueden generar y reforzar redes forestales, conectando a las comunidades más allá de sus límites geográficos y facilitando el intercambio de conocimientos.

Las tecnologías digitales pueden generar redes comunitarias dinámicas, interdisciplinarias y expansivas que atraviesen instituciones y niveles de gobernanza, conecten a los habitantes urbanos y rurales y participen en conversaciones internacionales. Ejemplos de redes forestales fortalecidas son el intercambio digital de recursos forestales educativos, los movimientos de solidaridad con los pueblos indígenas y locales que protegen los bosques tropicales de la deforestación (como el apoyo internacional al pueblo karipuna) y los ciudadanos científicos urbanos que participan en comunidades digitales mientras vigilan desde lejos las cámaras trampa de los bosques (como se ve en Mammal Web). Las comunidades también pueden utilizar las redes digitales para compartir conocimientos sobre la mejor manera de formar y movilizar personas y recursos para hacer frente a los incendios forestales u otros fenómenos forestales turbulentos.

Estas redes forestales digitalmente facilitadas pueden tanto ampliar complicar las nociones de comunidad. Al mismo tiempo, existe el riesgo de que las comunidades y los gobiernos se vuelvan dependientes de aplicaciones y plataformas patentadas sobre las cuales no tienen control ni influencia. Estas redes digitales también plantean cuestiones sobre qué comunidades tienen tiempo y recursos para fomentar conexiones más allá de sus límites geográficos.



Película *Smart Forests* mostrando el uso de drones en un entorno boscoso. Cambridge, Reino Unido. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.



Imagen de la película *Smart Forests* que muestra a los participantes en la Escuela de Campo. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.

## 4 Lo que leemos: Comunidad, tecnología y medioambiente

Para elaborar este informe, hemos analizado la literatura política y gris relevante para las interacciones comunitarias en torno a los bosques inteligentes, la que complementa nuestra revisión en desarrollo de la literatura académica. Revisamos más de cuarenta artículos sobre políticas y de literatura gris, que abarcaban una amplia gama de temas medioambientales, de interacción social y tecnológicos. Los documentos iban desde herramientas accesibles dirigidas a comunidades o financiadores hasta documentos muy técnicos dirigidos a diseñadores de políticas públicas, actores de la industria y ONGs. Nuestros términos de búsqueda incluían bosques inteligentes, comunidad, carbono, agricultura inteligente, observación terraquea, bosques digitales, incendios forestales, incendios descontrolados, biodiversidad y monitoreo medioambiental. Cabe destacar que esta revisión de artículos sólo representa una selección de la literatura gris publicada sobre estos temas y no puede considerarse exhaustiva.

Estas publicaciones ofrecieron ideas útiles, sobre todo a la hora de recomendar formas innovadoras de implicar uniformemente a diversas comunidades, ya sea junto a las tecnologías o con sus entornos locales. Hemos dejado que estos principios informen nuestra investigación sobre las tecnologías forestales comunitarias y que den forma a las consideraciones políticas que figuran al final de este informe.

También nos ha inspirado el diseño creativo y el contenido de gran parte de la literatura gris. Por ejemplo, las publicaciones que invitan a las comunidades a utilizar sus herramientas cartográficas y compartir mapas en una plataforma en línea, o los trabajos que generan una conversación entre medios audiovisuales y el texto (como en «Power, Ecology and Diplomacy in Critical Data Infrastructure», del ODI). Nuestro informe se inspira en un grupo de estas prácticas más inventivas con la esperanza de atraer a diversos lectores y fomentar nuevos modelos de pensamiento.

La literatura gris abarcaba a grandes rasgos tres temas:

1. Impacto sociopolítico de las tecnologías digitales
2. Interacción comunitario con el medioambiente
3. Tecnologías y medioambiente

Aunque los trabajos en estas áreas ofrecieron agudas conclusiones, sólo unos pocos triangularon los tres temas. Los que lo hicieron se centraron en un solo lugar, como el documento de Global Systems for Mobile Communications Association sobre «Tecnología móvil para la gestión forestal participativa: co-diseño y testeo de prototipos en Kenia», o se dirigían sobre todo a las comunidades para su uso práctico, como en el caso de

“Manual Básico Tecnológico del Bosque Lluvioso”, producido por The Engine Room y Rainforest Foundation Norway.

En respuesta a ello, este informe se propone conectar estas tres áreas temáticas a través de los medioambientes forestales, las comunidades y las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías. Además, va más allá de ejemplos aislados con el fin de sintetizar visiones de locaciones a lo largo del mundo y dirigirse a un público más amplio de comunidades locales, diseñadores de políticas públicas, ONGs, agentes de la industria, financiadores de tecnología e investigación, periodistas, académicos y público en general.

## Impactos sociopolíticos de las tecnologías digitales

En nuestra revisión de la literatura gris, leímos artículos relacionados con la distribución y el acceso a las tecnologías digitales. Por ejemplo, en su documento «Módico, Accesible, y Fácil de Usar: Una visión radicalmente inclusiva para la construcción de una mejor sociedad», la empresa social Promising Trouble sostiene que el acceso digital es un factor significativamente influyente de la salud. El documento propone vías para lograr una inclusión digital radical, como la eliminación de las barreras económicas al acceso digital a través de la legislación y la creación de un estándar de «inclusión-por-diseño», que también ofrezca opciones no digitales. Otros documentos expresan preocupación por la accesibilidad de las tecnologías digitales para las personas analfabetas (Mapping for Rights). En particular, mientras que en muchos documentos se utiliza la terminología de «inclusión y exclusión digital», nosotros empleamos el concepto más pluralista y matizado de «distribución y acceso a las tecnologías digitales». Este término más abierto fomenta una comprensión más pluralista de la tecnología digital más allá de la inclusión o la exclusión de un modo más singular en relación al involucramiento tecnológico.

Otro tema tratado en la literatura gris fue el codiseño de la tecnología por parte de las comunidades. Variados informes sugieren que las herramientas e infraestructuras creadas por, con y para las comunidades podrían fortalecer a las comunidades, aumentar el impacto de las organizaciones comunitarias y promover diversos sistemas tecnológicos sostenibles. Algunos documentos ofrecen guías prácticas para las organizaciones que quieran codiseñar productos tecnológicos, como el de Data & Society, «Democratizar la IA: Principios para la Participación Pública Significativa». Al mismo tiempo, se critica la conceptualización de la «democratización de la IA», ya que la IA podría no ser compatible con prácticas democratizadoras debido a su costo, consumo de energía y requisitos

técnicos.. El deseo de codiseñar los productos tecnológicos plantea interrogantes sobre qué comunidades se consultan, cómo y para quién.

Por último, en relación con las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías digitales, revisamos trabajos sobre los retos sociopolíticos y los riesgos de las infraestructuras de datos críticas, como los cables submarinos de fibra óptica, los satélites y los centros de datos. Por ejemplo, el Open Data Institute (ODI) analizó cómo los «aspectos físicos del internet revelan su vulnerabilidad ante problemas globales como el cambio climático y las estructuras geopolíticas». Su artículo destaca la dependencia de un internet funcional por parte de la mayoría de las sociedades; su dependencia de las dinámicas de poder internacionales involucradas en la propiedad de la infraestructura crítica de datos, y los riesgos ecológicos de esta infraestructura.

Esta bibliografía nos ayudó a comprender mejor las implicaciones sociopolíticas de las infraestructuras digitales público-privadas y puso en relieve la desigual distribución de las tecnologías digitales dentro de las comunidades y entre ellas. También nos alertó sobre las formas en que las comunidades podrían participar de mejor manera en el co-diseño de las tecnologías forestales inteligentes.

## Vinculación comunitaria con el medioambiente

Nuestra revisión de la literatura gris nos llevó a evaluar un sólido conjunto de trabajos que abogan por una mayor implicación de la comunidad en el medio ambiente. Esta literatura abarcaba temas como la protección comunitaria de la tierra, las transiciones socialmente justas en el cambio de uso del suelo y la participación pública en cuestiones medioambientales.

Muchos de estos documentos están estructurados como guías prácticas o conjuntos de herramientas y escritos para el público comunitario. Conjuntos de herramientas como la «Guía metodológica para el monitoreo participativo comunitario» de Community Sentinels están construidas de forma lúdica, con ilustraciones y páginas no lineales, lo que sugiere la importancia de las narrativas y el diseño creativos a la hora de facilitar una diversa vinculación. La guía de Community Sentinels enmarca el monitoreo como una labor de cuidado colectivo que genera relaciones interpersonales entre los seres humanos y la naturaleza. Anima a los participantes de la comunidad a utilizar sus sentidos para prestar atención a la biodiversidad, el cambio climático y los riesgos medioambientales, así como a los paisajes, actividades, historias y recuerdos culturales.

Otros documentos están más dirigidos a quienes pretenden implicar a las comunidades en el cambio del uso del suelo y el medio ambiente. La literatura gris ofrece a los diseñadores de políticas públicas y a las organizaciones indicaciones sobre cómo el público puede participar significativamente en el cambio medioambiental. Los métodos van desde la realización de consultas reiterativas hasta el apoyar a mensajes confiables, la búsqueda de asociaciones de confianza a largo plazo, la delegación de poder y recursos a nivel local y la creación de mecanismos de gobernanza en diferentes niveles. Algunos informes también proponen métodos interdisciplinarios experimentales, como la participación de las comunidades en la «Imaginación Moral», que «pretende integrar tres pilares en la toma de decisiones: la naturaleza y el mundo más-que-humano, las futuras generaciones por nacer y los antepasados y el pasado». De forma diferente pero complementaria, el estudio «Restauración socialmente justa del paisaje en las Highlands escocesas», de la Universidad de East Anglia, insta a los proyectos de restauración del paisaje a dar prioridad a cuestiones de justicia social como las privaciones y el acceso a la tierra, los servicios y la vivienda. Sugiere que la regeneración del paisaje ponga en primer plano las formas de subsistencia locales y los valores y prioridades no

económicos de la población local, invirtiendo en acuerdos de reparto de beneficios comunitarios y fomentando una participación significativa para reforzar la influencia de la comunidad.

Esta revisión de la literatura descubrió métodos prácticos, a menudo creativos, para dar protagonismo a las voces de las comunidades en sus entornos. También nos ha ayudado a comprender mejor cómo los proyectos medioambientales pueden afectar a las comunidades circundantes, tanto en términos de medios de subsistencia como de reparto de beneficios, salud y bienestar.

## Tecnologías y medioambientes

En nuestra revisión de la literatura gris, también leímos numerosos artículos que analizaban la tecnología en los medioambientes y la tecnologización de estos, centrándose en los bosques. Estos artículos tuvieron un enfoque más técnico y académico. Se pueden encontrar desde artículos técnicos sobre gestión forestal y agricultura climáticamente inteligentes hasta artículos sobre teledetección para la gestión de incendios forestales o sobre tecnologías para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo. En los artículos que analizaban la intersección entre tecnología y medioambiente a menudo se proponían vías para cumplir los objetivos climáticos y aumentar la inversión en el sector medioambiental a menudo. La literatura comentó el rápido ritmo de la innovación tecnológica en los bosques.

Otros artículos abordaron las repercusiones sociopolíticas de la naturaleza cambiante de la gestión forestal comercial y las transiciones energéticas a la luz del cambio climático y las nuevas tecnologías, en particular con el empleo. En general, estas ponencias estaban más dirigidas a diseñadores de políticas públicas, legisladores y académicos. Entre ellos cabe citar el titulado «La seguridad y la salud en el trabajo en el futuro de la gestión forestal», redactado por la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), y la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Este documento prevé cambios en el trabajo forestal en el contexto de las nuevas tecnologías, el cambio climático y las transformaciones demográficas, y considera los riesgos y oportunidades resultantes para la salud y la seguridad humanas. Teniendo en cuenta el impacto de las tecnologías digitales en el sector, el documento sugiere que el uso de la robótica, los sistemas de detección de la fatiga y los sensores remotos podría impactar simultáneamente en el empleo y, sin embargo, mejorar la seguridad y la salud en el trabajo.

Esta literatura sobre las tecnologías en entornos forestales fue a menudo muy técnica. El carácter menos accesible de estos trabajos podría indicar una falta de interés en la participación comunitaria y pública por parte de muchos desarrolladores, investigadores y reguladores de tecnologías forestales inteligentes.

## Nuestras contribuciones

Aunque existe abundante literatura gris sobre las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías, el involucramiento de las comunidades con el medioambiente y las tecnologías en el medio ambiente, hemos encontrado muy pocas publicaciones que agrupen estos tres temas. Las que encontramos eran o bien muy específicas en cuanto a la ubicación de la investigación, o bien dirigidas a comunidades para su uso práctico. Este informe de Smart Forests pretende aportar resultados investigativos que demuestren la importancia del involucramiento y el liderazgo de las comunidades. Nuestro informe pretende dirigirse y serle útil a un público amplio e impulsar alianzas únicas entre diversos agentes forestales.



Imagen de *Smart Forests* donde los participantes de la escuela de campo debaten planes y prácticas de biodiversidad en Ecodorp Boekel. Países Bajos. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.



Imagen de *Smart Forests* que muestra un taller de senderismo en el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

## 5 Cómo hicimos la investigación

Hemos llevado a cabo nuestra investigación sobre los bosques inteligentes en dos fases.

La primera fase de la investigación consistió en un estudio de las principales tecnologías e iniciativas en relación con los bosques inteligentes. Este estudio se llevó a cabo mediante investigación documental, entrevistas y trabajo de campo. El estudio de las tecnologías consistió en identificar, probar y analizar las principales tecnologías forestales inteligentes, como las tecnologías de análisis y visualización de datos, las aplicaciones, las plataformas, los sensores y los drones. Probamos y estudiamos estas tecnologías, tratando de comprender su funcionamiento, proliferación, accesibilidad para el uso general y las redes necesarias para su funcionamiento.

Nuestra encuesta sobre iniciativas forestales inteligentes abarcó lugares de todo el mundo -desde los Cárpatos rumanos hasta la selva amazónica- y reveló cómo los bosques inteligentes generan nuevas prácticas de observación, datificación, participación, automatización y optimización, además de regulación y transformación.

Para comprender la diversidad de perspectivas sobre la aparición de los bosques inteligentes, el equipo de investigación entrevistó a tecnólogos, diseñadores de políticas públicas, científicos, miembros de comunidades, activistas, profesionales creativos y usuarios de las tecnologías forestales inteligentes. Identificamos y seleccionamos a los entrevistados en función de sus conocimientos y experiencia en entornos forestales inteligentes. Más de 60 de estas entrevistas

pueden escucharse como podcasts más breves en [Smart Forests Radio](#). Durante esta primera fase de estudio, el equipo de investigación también revisó la literatura sobre medioambientes y bosques inteligentes en relación con el cambio medioambiental.



Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de la página web de la radio. Smart Forests junto a Conocimiento Común, 2025.

La segunda fase de la investigación sobre los bosques inteligentes consiste en un exhaustivo trabajo de campo para elaborar cinco estudios de caso integrados. Estos estudios de casos revelan cómo diversas comunidades se encuentran y se relacionan con las prácticas y tecnologías digitales en sus mundos forestales. El trabajo de campo multisituado nos permite comparar la adopción y el uso de tecnologías en distintos entornos sociopolíticos. Este informe provisional presenta cuatro estudios para debatir y comentar. Estos cuatro estudios de casos abarcan distintos lugares, como los bosques cada vez más propensos a los incendios de la cuenca del Palguín, en La Araucanía (Chile); una ecoaldea y un «laboratorio viviente» en el sureste de los Países Bajos; el bosque de Bukit Barisan, en Indonesia; y las tierras fronterizas del disputado Parque Nacional de Rajaji, en Uttarakhand (India). Revisaremos los comentarios recibidos tras la publicación de este primer informe provisional y los tendremos en cuenta e

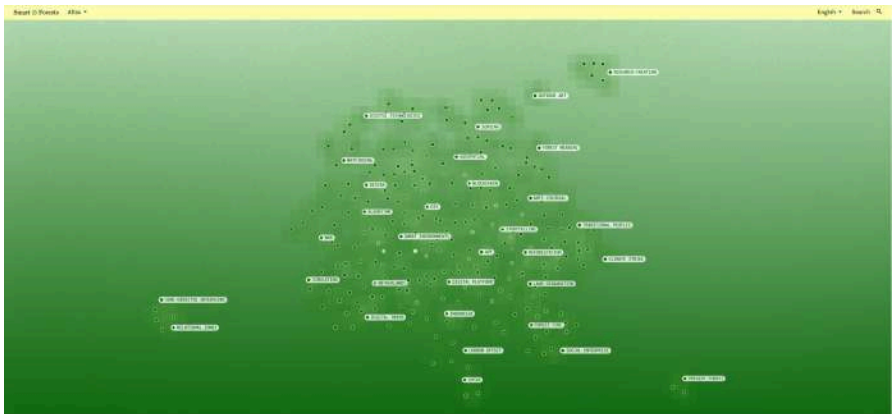
incorporaremos al quinto estudio de caso, que estamos desarrollando actualmente en el ámbito de la regeneración del paisaje en el Reino Unido.

En la segunda fase, movilizamos prácticas de investigación innovadoras junto con métodos de investigación más tradicionales, como las entrevistas. Los talleres participativos y las escuelas de campo sobre bosques inteligentes han utilizado tecnologías digitales para generar datos originales «en vivo» sobre las tecnologías forestales inteligentes. Los investigadores han organizado demostraciones prácticas de tecnologías como drones y aplicaciones ciudadanas para establecer un diálogo con los participantes. Por ejemplo, en la ecoaldea neerlandesa, los investigadores animaron a los participantes en el taller a escanear códigos QR vinculados a datos sobre biodiversidad y a producir debates abiertos sobre el monitoreo de la biodiversidad local. Mientras tanto, en Uttarakhand (India), los investigadores trabajaron con las comunidades Van Gujjar para cartografiar sus tierras tanto manual como digitalmente. En Bujang Raba (Indonesia), investigadores y participantes de la comunidad experimentaron con tecnologías digitales como drones, el software Avenza y GPS durante paseos por el bosque. Los enfoques interdisciplinarios de los también se vieron facilitados por esta investigación. También se facilitaron enfoques interdisciplinarios en torno a los bosques inteligentes, en los que artistas y científicos colaboraron en las respuestas a los incendios forestales y la «tecnología del fuego» en la región de la Araucanía, en Chile, y en la consideración de cómo el fuego es también una tecnología ancestral que toma forma a través de diferentes relaciones medioambientales y prácticas del territorio. Estos encuentros «en vivo» con las tecnologías digitales permitieron comprender el uso y abuso que los distintos agentes pueden hacer de las tecnologías, y sugirieron las luchas de poder que pueden producirse entre estas diferencias.

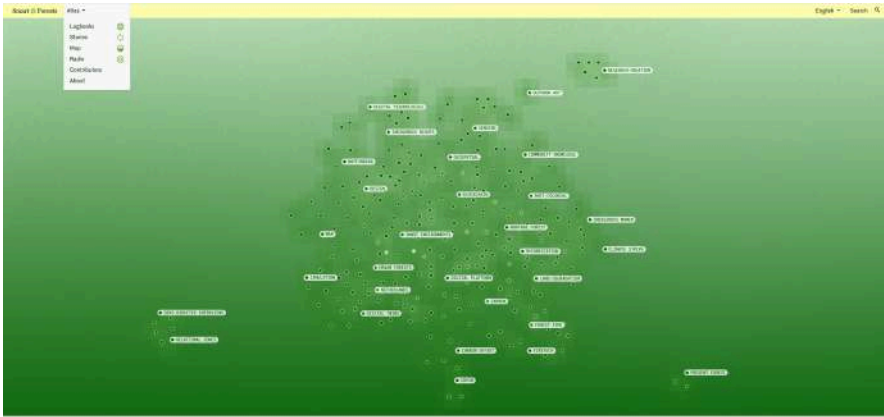
Los resultados de ambas fases de la investigación se han documentado y divulgado a través de [publicaciones](#) académicas y del [Smart Forests Atlas](#). El Smart Forests Atlas sirve de «archivo vivo» en

línea, red de investigación y herramienta para capturar y narrar datos del proyecto Smart Forests, incluidas notas de campo, entrevistas, mapas, historias y análisis de redes sociales. El Smart Forests Atlas funciona en seis idiomas (inglés, español, francés, portugués, hindi e indonesio) y pone los datos del proyecto a disposición del público.

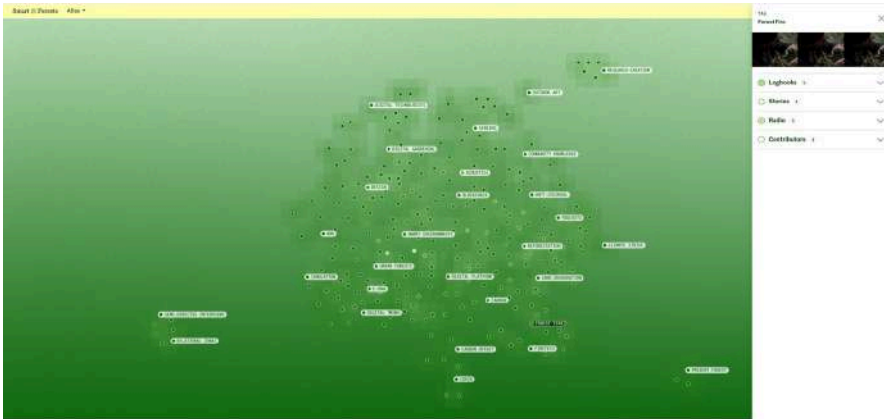
El equipo de investigación del proyecto Smart Forests está formado por un grupo transnacional de investigadores relacionados con el terreno, ya sea a través de residencias o becas. El grupo también incluye colaboradores creativos que contribuyen al diseño y la producción de sonido, vídeo, web y gráficos, así como una amplia red de colaboradores en los lugares de estudio de caso y otros lugares forestales de todo el mundo.



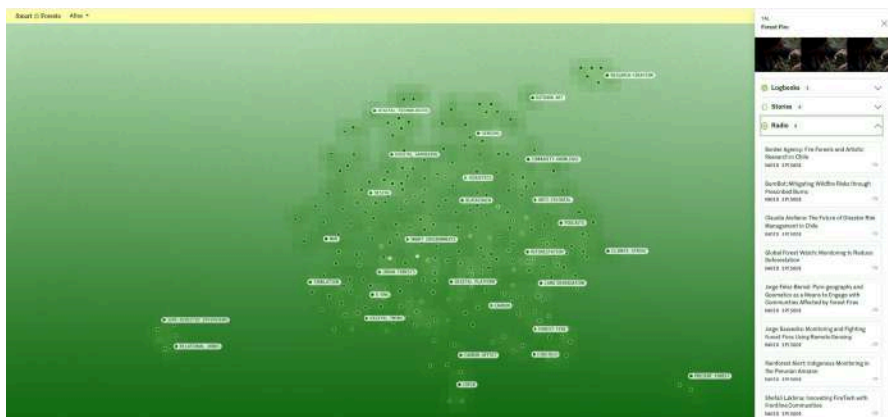
Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de la página de inicio. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2025.



Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de la página de inicio mostrando el menú superior. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2025.



Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de la página de inicio mostrando el panel Tag. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2025.



Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de la página de inicio con el panel de etiquetas ampliado para los episodios de radio. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2025.

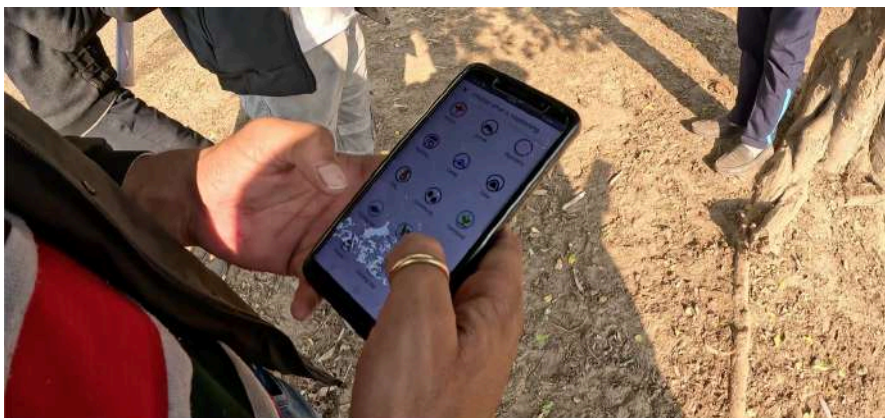
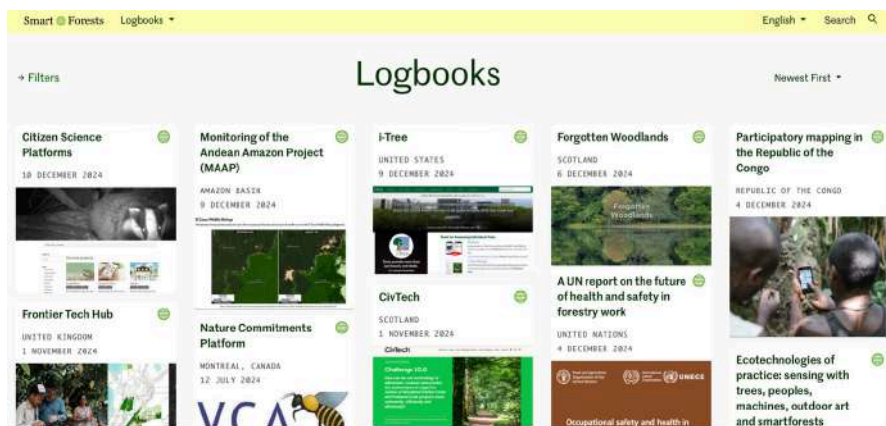


Foto del proyecto Smart Forests de un miembro de la comunidad van gujjar utilizando una aplicación móvil para designar el uso de la tierra. Uttarakhand, India. Trishant Simlai junto a Smart Forests, 2022.



Smart Forests Atlas: Captura de pantalla de los cuadernos de bitácora. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2025.

## 6 Revisión de iniciativas tecnológicas forestales comunitarias

Durante nuestro estudio de las iniciativas forestales inteligentes, nos encontramos con diversas tecnologías o prácticas diseñadas por, para o junto a las comunidades forestales. En la tabla siguiente se presentan ejemplos de herramientas e iniciativas forestales inteligentes especialmente orientadas a las comunidades y que ponen de relieve sus voces, derechos y experiencias medioambientales.

Descubrimos que las comunidades utilizaban las tecnologías forestales inteligentes para los siguientes fines: cartografía participativa del entorno; redes comunitarias de intercambio y educación; observación y regulación de la deforestación; recopilación de datos sobre el carbono y los servicios ecosistémicos (incluso con fines de monetización); mantenimiento de los bosques y el entorno natural; y seguimiento de los riesgos y automatización y optimización de las respuestas.

Actividad	Proyecto	Detalles
Cartografía participativa	Mapeo	<p><a href="#">Mapeo</a> es un conjunto de herramientas de código abierto para la vigilancia forestal y la cartografía territorial. Permite recopilar y compartir datos de forma participativa, reforzando la soberanía de las comunidades sobre sus tierras y datos. Desarrollado por Awana Digital, Mapeo ha permitido a las comunidades luchar contra la minería ilegal, reunir pruebas de la deforestación y lanzar campañas para cambiar las políticas.</p>
Cartografía participativa	Cartografía participativa	<p>Coilltean Caille (en gaélico "<a href="#">Bosques Olvidados</a>") es un proyecto que ha cartografiado digitalmente más de 15.000 topónimos escoceses que indican la presencia de bosques. El proyecto pretende utilizar los topónimos para leer el paisaje y profundizar en la comprensión cultural, ecológica e histórica de la tierra por parte de las comunidades.</p>
Cartografía participativa	Cartografía participativa en la República Congo	<p>Las comunidades de zonas remotas de la República del Congo utilizan la cartografía participativa para cartografiar los recursos forestales y documentar las prácticas insostenibles de agentes gubernamentales o empresas. Un equipo de <a href="#">ExCiteS de la UCL</a> (Ciencia Ciudadana Extrema) trabajó con la comunidad local para diseñar iterativamente una aplicación cartográfica para smartphones. La aplicación no depende de sistemas de terceros y está diseñada para incluir árboles de decisión pictóricos accesibles.</p>

Actividad	Proyecto	Detalles
Cartografía participativa	PhillyTreeMap	<p><a href="#">PhillyTreeMap</a> es un mapa comunitario participativo de árboles de la región de Filadelfia. Ha sido creado por la empresa Azavea con financiación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). El mapa permite a las comunidades, ONGs y organizaciones gubernamentales añadir información sobre los árboles, y su objetivo es crear un inventario preciso y actualizado del bosque urbano de Filadelfia. Cabe destacar que se han añadido más datos geográficos voluntarios a PhillyTreeMap en los barrios con mayor proporción de residentes blancos, lo que plantea interrogantes sobre cómo pueden agravarse las desigualdades en los datos medioambientales y contribuir a una representación desigual de unos miembros de la comunidad frente a otros.</p>
Redes comunitarias de intercambio y educación	El Forest Curriculum	<p><a href="#">Forest Curriculum</a> es una plataforma que pretende movilizar a las comunidades y posibilitar el aprendizaje conjunto a través de la investigación interdisciplinar, la práctica y la curatoría artísticas y la colaboración sobre el terreno. Diseñado para ser colaborativo y nómada, el Plan de Estudios Forestales tiene múltiples sedes y está vinculado al cinturón boscoso del sur y el sudeste de Asia.</p>
Redes comunitarias de intercambio y educación	Podcasts comunitarios	<p>Los medios y redes de comunicación indígenas, tales como <a href="#">Papo de Parente Podcast</a>, operan como herramientas para compartir conocimientos y movilizaciones sociopolíticas, conectando comunidades y creando redes.</p>
Redes comunitarias de		

Actividad	Proyecto	Detalles
intercambio y educación	La plataforma Redario	<p><a href="#">La plataforma Redario</a> apoya las redes de semillas en Brasil. La red nacional facilita el intercambio de conocimientos entre diferentes comunidades, organizaciones y actores mediante el uso de tecnologías digitales, incluidas plataformas colaborativas y aplicaciones para la planificación, gestión y comercialización del suministro de semillas.</p>
Observar y regular la deforestación	Global Forest Watch	<p><a href="#">Global Forest Watch</a> es una plataforma digital de seguimiento forestal lanzada por el Instituto de Recursos Mundiales en colaboración con otros socios en 2014. La plataforma facilita el seguimiento, la gestión y el intercambio de información relacionada con los bosques en todo el mundo. Diversos actores, entre ellos comunidades locales, organismos gubernamentales, investigadores y ONGs, utilizan el núcleo centralizado para acceder y contribuir a los datos, conocimientos y recursos forestales, incluidos los datos sobre deforestación.</p>

Actividad	Proyecto	Detalles
Observar y regular la deforestación	Rainforest Alert	<p><a href="#">Rainforest Alert</a> es un sistema comunitario de vigilancia forestal que opera en la Amazonia peruana. Rainforest Alert integra tecnologías de smartphones, alertas de deforestación de datos abiertos como Global Forest Watch, SIG offline, drones e imágenes de satélite para apoyar la vigilancia y protección de los territorios lideradas por comunidades indígenas.</p>
Observar y regular la deforestación	Proyecto de Monitoreo de la Amazonía Andina	<p><a href="#">El Proyecto de Monitoreo de la Amazonía Andina</a> (MAAP en sus siglas en inglés) se dedica a la observación de la deforestación casi en tiempo real. El análisis se basa en gran medida en sistemas de satélite (Landsat, Planet, DigitalGlobe, Sentinel y Perusat), y es de libre acceso. Pretende ser útil para las comunidades locales, el público en general, los investigadores, los medios de comunicación y los diseñadores de políticas públicas.</p>
Datos sobre carbono y servicios ecosistémicos	i-Tree	<p><a href="#">i-Tree</a> es un paquete de programas informáticos desarrollado por el Servicio Forestal del USDA y otros, que proporciona herramientas de análisis, orientación y evaluación de los beneficios de la gestión forestal urbana y rural. Las herramientas de i-Tree son de libre acceso y su objetivo es ayudar a las comunidades y otros agentes a reforzar la administración forestal y los esfuerzos de promoción cuantificando la estructura de los bosques y los beneficios medioambientales que aportan los árboles.</p>

Actividad	Proyecto	Detalles
Datos sobre carbono y servicios ecosistémicos	Programa medioambiental de la tribu Yurok	<p><a href="#">La tribu Yurok</a>, de la cuenca del río Klamath (en lo que actualmente se denomina California), ha negociado su participación en el programa de tope y comercio para la compensación de carbono de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB en su sigla en inglés).. La tribu Yurok ha utilizado tecnologías LiDAR y tecnología de imágenes aéreas junto con trabajo de campo sobre el terreno para medir el secuestro de carbono de sus tierras boscosas. Con los ingresos generados por los créditos de carbono, la tribu Yurok ha comprado más de 60.000 acres de tierras previamente desposeídas y ha desarrollado el Programa Medioambiental de la Tribu Yurok.</p>
Conservar los bosques y el entorno natural	Tiny Forest	<p><a href="#">Tiny Forest</a>, promovido en el Reino Unido por Earthwatch Europe, se basa en el método japonés Miyawaki y crea bosques nativos densos y de crecimiento rápido en zonas del tamaño aproximado de una pista de tenis. En la fecha de este informe, se habían plantado 293 bosques diminutos ("tiny forest" en inglés). Estos bosques ricos en vida silvestre se cultivan principalmente en terrenos baldíos, zonas urbanas o escuelas. Los bosques diminutos son supervisados por diversas comunidades, a menudo mediante dispositivos digitales, para hacer un seguimiento de los cambios, como el impacto del bosque en la temperatura urbana. Las redes digitales permiten a los bosques diminutos distribuidos conectarse y compartir recursos y resultados.</p>

Actividad	Proyecto	Detalles
Conservar los bosques y el entorno natural	MammalWeb	<p><a href="#">MammalWeb</a> es una plataforma de ciencia ciudadana que recopila y verifica datos de cámaras trampa para mejorar el conocimiento de la distribución, el estado y la ecología de los mamíferos salvajes. La plataforma, creada gracias a la colaboración entre la Universidad de Durham y Durham Wildlife Trust, se centra en el Reino Unido y Europa. MammalWeb pretende implicar a diversas comunidades de científicos ciudadanos invitándoles a clasificar especies y desplegar cámaras, mejorando así la conexión de las personas con la naturaleza y ofreciendo beneficios para su bienestar.</p>
Conservar los bosques y el entorno natural	SOMAI	<p><a href="#">SOMAI</a> es una plataforma de vigilancia forestal que pretende ayudar a los territorios y comunidades indígenas a preservar la Amazonia indígena. SOMAI fue desarrollada por el Instituto de Investigación Ambiental de la Amazonia de Brasil, que proporciona tecnologías y ofrece formación y fondos, lo que permite a los grupos indígenas gestionar de forma autónoma datos y sistemas.</p>

Actividad	Proyecto	Detalles
Seguimiento de los peligros y automatización y optimización de las respuestas	Sistema de Detección Temprana de Incendios Forestales en Pakistán	Este proyecto pakistaní, en el que participan las comunidades locales, el Departamento Forestal de Pakistán y WWF (“Fondo Mundial para la Vida Silvestre” en su sigla en inglés), permite hacer un seguimiento de los incendios forestales y coordinar las respuestas de emergencia, Universidad de Ciencias de Gestión de Lahore, Telenor y <a href="#">Frontier Tech</a> del FCDO británico, entre otros. El proyecto despliega sensores y aprendizaje automático para crear un sistema automatizado de alerta temprana que detecta los incendios forestales antes de que se propaguen y alerta a las autoridades locales. El sistema también utiliza sensores, imágenes y previsiones meteorológicas para identificar lugares vulnerables al fuego.
Seguimiento de los peligros y automatización y optimización de las respuestas	BurnBot	<a href="#">BurnBot</a> , con sede en California, es una tecnología semiautomatizada por control remoto para quemas prescritas. Esta tecnología facilita el aclareo de la vegetación y las quemas prescritas para reducir el riesgo de incendios forestales perjudiciales y proteger a las comunidades. La cámara de combustión del BurnBot RX2 y otros componentes han sido diseñados para producir un humo mínimo. BurnBot ha creado amplias redes y colaboraciones entre comunidades indígenas, bomberos, científicos, ingenieros, ecologistas, organismos gubernamentales, iniciativas privadas y ONGs.

## 7 Cuatro historias: Casos prácticos de Smart Forests

Esta sección reúne los resultados de nuestros cuatro estudios de caso sobre comunidades que interactúan con tecnologías forestales inteligentes. Estos estudios de caso no son fácilmente comparables entre sí: sus contextos, dinámicas y conflictos son distintos. En lugar de eludir las diferencias, trataremos de centrarnos en las complejidades que surgen de la interacción de cada comunidad con las tecnologías forestales inteligentes, al tiempo que prestamos atención a las resonancias entre las historias.

Un hilo conductor fundamental de todos los estudios de caso es que las tecnologías forestales inteligentes no son en sí mismas el objetivo principal de la mayoría de las comunidades. Se trata más bien de herramientas, pruebas, recursos y oportunidades para ampliar los proyectos medioambientales en curso. Las comunidades forestales con las que investigamos estaban interesadas en cómo desplegar tecnologías para abordar las preocupaciones medioambientales y lograr sus ambiciones más amplias de mejorar las prácticas de la tierra y las conexiones comunitarias. Estas herramientas forman parte de las interacciones estructurales, sistémicas y ecológicas a las que se enfrentan estas comunidades.

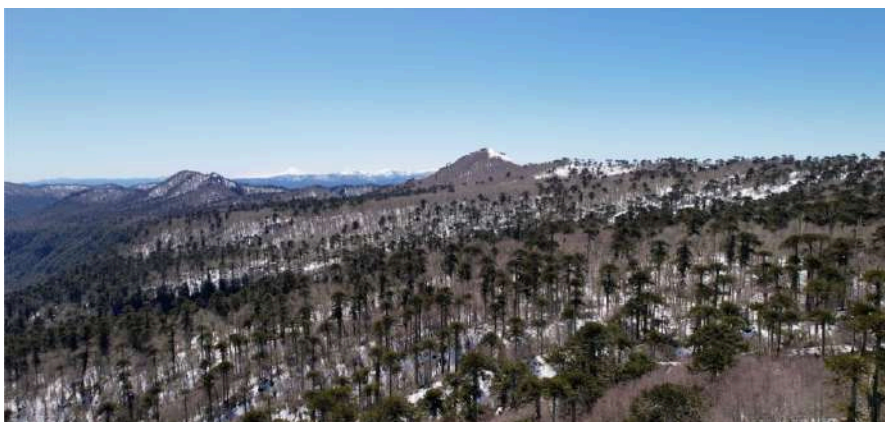


Imagen de dron del proyecto Smart Forests que muestra el Parque Nacional Villarrica adyacente al área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Jennifer Gabrys junto a Smart Forests, 2023.

*Un dron flota en el aire fijado por el zumbido de sus hélices. Está suspendido en lo alto de las montañas nevadas de Chile. Árboles oscuros se alzan sobre la cima congelada de un volcán cubierto de ceniza. En esta estación, los bosques están repletos de árboles invernales desnudos. Las ramas de color óxido se entrecruzan con las formas esculturales y aserradas de las araucarias de color verde oscuro. Los elevados cielos, fríos y brillantes, quedan al descubierto.*

Este estudio de caso sigue el desarrollo de un plan comunitario de prevención de incendios en la cuenca del Palguín, en la región de La Araucanía, Chile. Esta zona es también un territorio mapuche llamado *Wallmapu*, que significa «universo» o «tierras circundantes», la región fue la última en ser incorporada formalmente a la nación chilena en 1882. El Estado chileno fomentó la inmigración europea a la zona como parte de su proceso de asentamiento y colonización. En la actualidad, la región está formada por mapuches, chilenos, propietarios de segundas viviendas, turistas, investigadores, estudiantes, agricultores, fundaciones conservacionistas y poblaciones de paso que abandonan Santiago en busca de una vida más rural.

Una característica distintiva de La Araucanía son sus numerosas montañas y volcanes, con algunos de los volcanes más activos del mundo ubicados aquí. En toda la región, muchos bosques incluyen el árbol distintivo *Araucaria* (*Pehuén* en mapudungun), junto con otros árboles nativos de Chile.

Esta investigación, realizada en colaboración con la Fundación Mar Adentro, analiza cómo se utilizan las tecnologías forestales inteligentes para vigilar y prevenir los incendios en la región y en la reserva privada de conservación Bosque Pehuén, de 882 hectáreas, en la cuenca del Palguín. Se pregunta cómo las comunidades están participando y pensando en las tecnologías digitales, y el impacto que la tecnología privada y de propiedad pública está teniendo en las relaciones socio-políticas con este paisaje.



Un dron del proyecto Smart Forests muestra una zona boscosa en Bujang Raba, Indonesia. Yuti Ariani Fatimah junto a Smart Forests, 2023.

*El dron sobrevuela a baja altura un bosque tropical en Indonesia. Las nubes nadan entre suaves colinas boscosas. Nosotros también nos desplazamos al nivel de las nubes. El mundo de abajo es todo vegetación. Luego, los árboles se ven interrumpidos por brillantes arrozales, la terracota de los asentamientos, una voluta de humo, un río que pasa junto a un pueblo, plantaciones de aceite de palma que*

*marcan la ladera con rígidos patrones. Subiendo un poco más, miramos por encima de la cresta de esta colina hacia las colinas azules de más allá. El cielo está jaspeado como un jurel.*

Este estudio de caso se centra en Bujang Raba, uno de los primeros proyectos comunitarios de Indonesia cuyo objetivo es reducir las emisiones derivadas de la deforestación.

El proyecto fue propuesto por una organización no gubernamental, KKI Warsi, para evitar unas 630.000 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la protección de un bosque primario de 5.336 hectáreas entre 2014 y 2023. El proyecto responde a los importantes cambios en el uso de la tierra en la zona circundante desde la década de 1980, con nuevas plantaciones de aceite de palma, tala industrial y minería que tienen un profundo impacto en los bosques naturales del subdistrito de Bungo.

El proyecto abarca los cinco pueblos de Lubuk Beringin, Senamat Ulu, Sungai Mengkuang, Sangi Letung Buat y Sungai Telang. Al preservar este hábitat forestal, se espera que el proyecto proteja un valioso ecosistema que alberga plantas y animales en peligro de extinción, como el tigre de Sumatra, el oso sol malayo, el tapir y los cálaos sagrados. En este informe, seguimos cómo la comunidad implicada en Bujang Raba ha utilizado las tecnologías digitales para proteger el bosque vigilando las especies autóctonas, el almacenamiento de carbono y las actividades ilegales. También documentamos los retos que han surgido (incluidos los cambios normativos del gobierno) y cómo ha cambiado la dinámica de la comunidad tras la introducción de las tecnologías forestales inteligentes.



Imagen de dron del proyecto Smart Forests que muestran el espacio comunitario Ecodorp Boekel. Países Bajos. Michelle Westerlaken junto a Smart Forests, 2024.

*El dron capta la panorámica de una ecoaldea en los Países Bajos. Anillos arquitectónicos de casas en construcción, una charca de agua sucia que corre por un desagüe separa el mundo de la granja comercial, con sus campos arados de color marrón, del mundo de la ecoaldea. Gallinas de patas plumosas, perejil de vaca mecido por el viento, zarzas que crecen silvestres, un huerto. Una mujer llama a un perro que persigue a un pato. El dron se acerca en picada a una cabaña de tejado alto donde un grupo de personas están sentadas, deliberando.*

Ecodorp Boekel es una ecoaldea y un «laboratorio viviente» situado en el sureste de los Países Bajos. Aquí, sus habitantes han pasado los últimos doce años desarrollando y reflexionando sobre formas de vida sostenibles. El espacio comunitario consta de 36 viviendas de alquiler y un huerto-bosque alimentario en un terreno de dos hectáreas, rodeado de tierras de cultivo, un bosque protegido y las afueras de un pequeño pueblo. Los habitantes describen la ecoaldea como un «borde forestal» (*bosrand*, en neerlandés), donde los seres humanos tratan de vivir en armonía con su entorno natural. Se han creado zonas de transición ecológica y corredores para la vida salvaje.

La ecoaldea alberga a 62 residentes, en su mayoría neerlandeses, de entre 0 y 71 años y de diversos orígenes socioeconómicos. Los costes de alquiler de las viviendas de la ecoaldea, comparativamente asequibles, han atraído a personas de distintas partes del país. Dos viviendas están destinadas a personas con estatuto de refugiado; otras dos, a personas dependientes. Aparte de los refugiados, la mayoría de los nuevos residentes son seleccionados por los habitantes actuales. La comunidad es al mismo tiempo más diversa que la zona rural circundante y, paradójicamente, bastante homogénea en cuanto a los sistemas de valores de sus habitantes. Se espera de los residentes, que a menudo trabajan a tiempo parcial, que contribuyan voluntariamente al desarrollo de la comunidad (por ejemplo, con labores de jardinería, mantenimiento o encargándose de las actividades de difusión, las finanzas o la construcción de comunidad). Los habitantes suelen interesarse mucho por los temas relacionados con la sostenibilidad y tienen conocimientos en ámbitos como la ecología, la permacultura, las hierbas medicinales, la vida comunitaria o la salud, conocimientos indígenas y biodiversidad. Las prácticas de vida y comunicación se configuran mediante métodos comunitarios en continua evolución. La comunidad tiene vínculos internacionales a través de la Red Mundial de Ecoaldeas, así como vínculos con diseñadores de políticas públicas, organizaciones de sostenibilidad, financiadores y socios industriales.

En este informe seguimos la interacción de la comunidad de Ecodorp Boekel con las tecnologías forestales inteligentes, en particular sus experimentos de control de la biodiversidad, y analizamos las repercusiones e interacciones que estas tecnologías han generado en la ecoaldea y fuera de ella.



Imagen de dron del proyecto Smart Forests que muestran el asentamiento de la comunidad Van Gujjar. Uttarakhand, India. Trishant Simlai junto a Smart Forests, 2023.

*Desde la vista del dron, se ven senderos entrelazados tallados en el paisaje. La vegetación es espesa y está salpicada de árboles. Las cabañas se agrupan como si conversaran entre sí. El sol se refleja en las lonas tarp atadas a los graneros junto a las casas con tejados de paja. De vez en cuando, unos árboles de troncos blancos y desnudos se elevan por encima de la maleza. Un río dibuja una estrecha aguja brillante a través del paisaje. Las marcas de los rebaños de búfalos de los Van Gujjar trazan recorridos en la tierra. Es un día frío y luminoso, y el mundo brilla con un sol lúcido.*

Aquí, las familias van gujjar viven al margen de sus tierras forestales tradicionales, tras haber sido expulsadas a la fuerza del Parque Nacional Rajaji por el Estado indio entre 2010 y 2014. Los van gujjar, que se identifican como indígenas del sur de Asia, siguen el islam y practican la trashumancia y actividades seminómadas en los estados de Jammu y Cachemira, Himachal Pradesh y Uttarakhand. En Uttarakhand, donde se sitúa este estudio de caso, hay unos 70.000 van gujjars repartidos por varias circunscripciones en paisajes boscosos.

Este sitio de campo reúne a 80-90 familias, que han vivido y practicado el pastoreo nómada dentro de las generaciones actuales y pasadas durante los últimos 200 años. Cabe destacar que el término

«van» se traduce como bosque. Hay otras comunidades gujjar en la India, pero los gujjars del bosque son habitantes diferenciados del bosque y han sido perseguidos históricamente por las leyes penales coloniales. Este informe documenta cómo los van gujjars han sido discriminados mediante el uso de tecnologías digitales y cómo han utilizado tecnologías forestales inteligentes para cartografiar sus tierras y reclamar sus derechos consuetudinarios.

## Involucrar y pluralizar las tecnologías (digitales) dentro de las comunidades forestales

Las tecnologías forestales inteligentes interactúan con el mundo forestal y lo movilizan de muchas maneras. En nuestros cuatro estudios de caso, analizamos cómo y con qué fines comunidades muy diferentes se vinculan con múltiples tecnologías forestales.

Esbozamos las perspectivas específicas de cada comunidad sobre estas tecnologías e investigamos cómo las infraestructuras digitales se relacionan y contrastan con las prácticas comunitarias y la comprensión de los bosques. Nos preguntamos cómo pueden hacerse más plurales y equitativos los encuentros con las tecnologías forestales inteligentes, de modo que estas tecnologías no opaquen el conocimiento medioambiental local, sino que contribuyan a él y lo mejoren.



Smart Forests Atlas: Página web del mapa que muestra el área de estudio de caso de La Araucanía. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2024.

## PRÁCTICAS COMUNITARIAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN LA ARAUCANÍA, CHILE

El paisaje boscoso de la cuenca de Palguín en La Araucanía, Chile, está adaptado al fuego, pero no depende de él. Parte de la vegetación, como las araucarias, puede resistir los flujos de lava y el fuego a partir de las brasas que pueden producir los volcanes cercanos. En algunos casos, los incendios de baja intensidad pueden eliminar el mantillo del suelo y permitir el rebrote, aunque la vegetación de esta región no necesita el fuego para rebrotar (como ocurre en California, por ejemplo). Al mismo tiempo, el cambio climático, el aumento de las temperaturas y la sequía, la fragmentación de la tierra y los cambios en los usos del suelo, así como la actividad humana que crea un riesgo adicional de incendio, están haciendo que los paisajes sean más propensos a los incendios en lugares donde antes no lo eran. En estas complejas condiciones, los incendios forestales pueden plantear serios problemas tanto a la ecología como a la población, especialmente cuando son de reciente aparición.

En el contexto del cambio climático y el aumento de la presión a partir del uso del suelo, los incendios forestales en la región son cada vez más frecuentes e intensos. Por ello, distintos organismos del gobierno

chileno, organizaciones comunitarias y fundaciones conservacionistas están elaborando planes de prevención de incendios más localizados y tecnificados. Se están diseñando planes de prevención de incendios a nivel comunitario para que se ajusten a los planes nacionales contra incendios forestales ya existentes.

En La Araucanía, y en Chile en general, ya se utilizan muchas tecnologías para la vigilancia y gestión de incendios forestales y riesgos. Se invierte activamente en tecnologías SIG y plataformas de datos para generar planes de gestión de emergencias que identifiquen riesgos y desarrollen protocolos de respuesta ante catástrofes. También existen infraestructuras a escala nacional para cartografiar y gestionar las amenazas en forma de volcanes, terremotos y tsunamis.

Más allá de las infraestructuras más amplias de gestión de catástrofes, la Corporación Nacional Forestal de Chile, Conaf, utiliza dashboard de datos, SIG, teledetección, cámaras automatizadas, helicópteros, WhatsApp, conjuntos de herramientas en línea, seminarios web y sesiones de formación, y muchas otras herramientas para vigilar, identificar, prevenir, gestionar, y responder a los incendios. Algunas de estas tecnologías son compartidas por los sectores público y privado.



Imagen de película *Smart Forests* que muestra a los participantes de la Escuela de Campo durante una caminata en el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

En esta región, los propietarios de la tierra, los residentes, las fundaciones de conservación y los ecosantuarios también destacan el papel de la tecnología en el desarrollo de una interacción responsable con el medio ambiente, a menudo para la conservación del agua, la regeneración y restauración, y la plantación de especies nativas. Las fundaciones para la conservación utilizan cámaras para identificar especies y focos de biodiversidad, junto con oportunidades de regeneración.

Las Escuelas de Campo de Smart Forests y las entrevistas que fueron parte de ellas revelaron que las comunidades tienen una relación algo ambivalente e incluso contradictoria con la tecnología en La Araucanía y las regiones circundantes de Chile. Múltiples participantes en la investigación señalaron que Chile «no es muy tecnológico», lo que sugiere que va por detrás de naciones con enfoques más tecnológicos del desarrollo. En la región, la gente también siente que la tecnología está reñida con el carácter natural y boscoso de la zona. En nuestras entrevistas, talleres y escuelas de campo, algunos señalaron que desconfiaban del tecnosolucionismo y de la recopilación de datos.

Además de estas limitaciones tecnológicas percibidas o reales, la región de la Araucanía tiene una cobertura de datos móviles y Wi-Fi irregular debido al carácter montañoso y remoto de la región. No todos los adultos tienen un teléfono móvil, y la capacidad de recibir y transmitir datos puede verse gravemente limitada tanto para los teléfonos móviles como para las radios. La comunicación episódica es habitual y, en algunos casos, las comunidades que viven en montaña han adoptado distintos sistemas para comunicarse mediante códigos y silbidos.

Este estudio de caso reveló las transformaciones en la gobernanza medioambiental que pueden desencadenar las tecnologías forestales inteligentes, ya que el sector público chileno depende en gran medida de infraestructuras y redes privadas para vigilar y crear alertas sobre incendios. El proyecto de prevención de incendios, que reúne a

agentes interdisciplinarios de distintos sectores sociales, también sugiere el potencial de las tecnologías forestales inteligentes para mejorar las redes y comunidades forestales.



Imagen de película *Smart Forests* que muestra a los participantes de la Escuela de Campo en el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.



Smart Forests Atlas: Página web del mapa que muestra el material del estudio de caso de Indonesia. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2024.

## PROTECCIÓN FORESTAL COMUNITARIA EN EL PAISAJE DE BUJANG RABA, INDONESIA

El proyecto de carbono gestionado por la comunidad en el paisaje de Bujang Raba abarca las cinco aldeas de Lubuk Beringin, Senamat Ulu, Sungai Mengkuang, Sangi Letung Buat y Sungai Telang, y ha facilitado múltiples vinculaciones forestales.

El proyecto, propuesto por la organización no gubernamental KKI Warsi, es uno de los primeros proyectos comunitarios de Indonesia cuyo objetivo es reducir las emisiones derivadas de la deforestación. Centrado en la iniciativa REDD+ (Reducción de Emisiones a partir de Deforestación y Degradación Forestal), el proyecto pretendía evitar unas 630.000 toneladas de CO<sub>2</sub> de emisiones protegiendo un bosque primario de 5.336 hectáreas entre 2014 y 2023.

Para desarrollar créditos de carbono que funcionen en el mercado mundial, KKI Warsi siguió las normas establecidas por el organismo privado de certificación Plan Vivo. Para ello, el proyecto supervisa las reservas de carbono, los factores socioeconómicos, la biodiversidad, otros servicios ambientales y los factores de deforestación utilizando la teledetección Landsat para detectar el uso del suelo en la zona del

proyecto. El proyecto también utiliza cámaras trampa, fotografías de punto fijo, patrullas forestales y la aplicación Avenza Maps para cotejar los datos obtenidos por satélite. Avenza Maps permite a los patrulleros forestales registrar evidencia de tala ilegal de árboles, invasiones e incendios en el mapa georreferenciado del proyecto de carbono. Los datos de seguimiento trimestrales y anuales se almacenan en la oficina del proyecto de la aldea y en KKI Warsi. Las comunidades locales de Bujang Raba recibieron formación de KKI Warsi sobre el uso del GPS y Avenza Maps. En particular, la conexión a Internet es deficiente en las aldeas, sin proveedor de telecomunicaciones, y la conexión digital no es universal, ya que suele haber un teléfono por hogar. Aparte de la vigilancia forestal, las interacciones con la tecnología digital son limitadas.

Hasta la fecha, este proyecto facilitado por la tecnología ha permitido proteger los bosques y las ecologías comunitarias. Algunos participantes en nuestra investigación sugirieron que el proyecto comunitario había profundizado sus conocimientos sobre los mundos forestales. También se ha visto que el proyecto ha evitado que se produzcan más inundaciones en la región al detener parte de la deforestación por plantaciones de palma aceiteras, uso del suelo propenso a la rápida escorrentía del agua. Al mismo tiempo, el proyecto ha proporcionado aprendizaje y medios de subsistencia a algunos miembros de la comunidad, ya que los patrulleros forestales reciben una remuneración. En años anteriores, el proyecto del carbono también ha financiado la distribución de alimentos básicos durante el Ramadán. Sin embargo, esto se ha interrumpido debido a cambios en la normativa gubernamental que han perturbado el proyecto (algo que se trata más adelante en este informe).



Imagen de película *Smart Forests* de la Escuela de Campo. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto a *Smart Forests*, 2025.

Durante las Escuelas de Campo de Smart Forests, los investigadores trataron de pluralizar el uso de las tecnologías forestales digitales animando a los participantes a experimentar con la tecnología e imaginar posibles futuros forestales. A través de las escuelas de campo, los investigadores también trataron de entender cómo percibían las comunidades locales las tecnologías digitales y su lugar en los mundos forestales. A diferencia del estudio de caso de Ecodorp Boekel, donde los bosques se consideran integrados en la infraestructura humana, aquí los participantes concebían los bosques libres de actividades humanas y tecnología, situados lejos de las zonas de asentamiento. En particular, este binario se vio ligeramente alterado por la presencia de los llamados «árboles Wi-Fi» (árboles con una señal más potente), en torno a los cuales se reúnen los aldeanos para acceder a Internet.

Este estudio de caso puso de manifiesto cómo los medios de subsistencia locales y la interacción con los bosques pueden transformarse tras la introducción de tecnologías forestales inteligentes. Este proyecto de carbono comunitario facilitado por una ONG creó puestos de trabajo en patrullas de monitoreo y forestales, llevó a los miembros de la comunidad a desarrollar nuevos conocimientos ecológicos y digitales e influyó en ciertas dinámicas de

género y generacionales (por ejemplo, los hombres más jóvenes de la comunidad utilizaron con más frecuencia las tecnologías digitales). Este proyecto también puso de manifiesto una dinámica de poder compleja y desigual entre la comunidad local, los reguladores estatales, las empresas tecnológicas y las ONGs. Por ejemplo, la ONG determinó en gran medida las interacciones de las comunidades con el bosque, las tecnologías y los nuevos conocimientos técnicos. Esta dinámica plantea interrogantes sobre qué formas de gobernanza serían más eficaces para garantizar que los proyectos de carbono puedan ser dirigidos por la comunidad.



Imagen de la película *Smart Forests* de la ubicación de la Escuela de Campo. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.



Smart Forests Atlas: Página web del mapa que muestra el material del estudio de caso de los Países Bajos. Smart Forests junto a Common Knowledge, 2024.

## BIODIVERSIDAD COMUNITARIA MONITOREO DE LA ECOALDEA ECODORP BOEKEL, PAÍSES BAJOS

La comunidad ecoaldea y «laboratorios viviente» de Ecodorp Boekel, en el sureste rural de los Países Bajos, busca desarrollar formas de vida sostenibles y comprometerse con ellas. La comunidad utiliza muchas tecnologías, la mayoría relacionadas con métodos de construcción sostenible, eficiencia energética y prácticas de reciclaje (por ejemplo, una batería que almacena la energía generada por paneles solares y la convierte en calefacción para el invierno). La comunidad está interesada y dispuesta a aplicar tecnologías experimentales y a funcionar como banco de pruebas para desarrollar futuras prácticas sostenibles. Como laboratorio viviente, la comunidad pretende compartir abiertamente experiencias y posibilitar nuevas investigaciones sobre diversas tecnologías. Por ello, Ecodorp Boekel despierta un gran interés en el exterior.

Hasta este proyecto de investigación Smart Forests, los habitantes de Ecodorp Boekel apenas utilizaban tecnologías digitales para vigilar la biodiversidad local. A través de este proyecto, la comunidad

interactuó con diversas tecnologías digitales para la biodiversidad, como cámaras trampa, métodos de detección acústica con aplicaciones como Merlin y aplicaciones de ciencia ciudadana como ObsIdentify. Aunque estas tecnologías no son necesariamente métodos de alta tecnología para el monitoreo de la biodiversidad, las infraestructuras y plataformas digitales a través de las cuales se analizan y presentan estos datos se están desarrollando rápidamente y utilizan prácticas informáticas con cada vez más volúmenes de datos, como algoritmos automatizados de reconocimiento de especies y gemelos digitales.

A través de este estudio de caso, quisimos investigar cómo se relacionan estas infraestructuras de uso de grandes volúmenes de datos con las prácticas comunitarias y la comprensión de la biodiversidad a nivel local, así como entender las perspectivas de la comunidad sobre las tecnologías forestales inteligentes. Aunque las tecnologías digitales para la biodiversidad fueron generalmente aceptadas y consideradas de bajo riesgo por los miembros de la comunidad, quedó claro que era necesario que estas tecnologías digitales funcionaran junto con otras formas de conocimiento. Las tecnologías digitales para el seguimiento de la biodiversidad se centran principalmente en el reconocimiento automatizado de especies, pero este enfoque podría correr el riesgo de borrar otras formas de entender la biodiversidad local. Mediante actividades lúdicas en las escuelas de campo de Smart Forests, intentamos incorporar e imaginar diferentes formas de conocer la biodiversidad y el medio ambiente.



Imágen de *Smart Forests* en la que se muestra la cámara web birdbox instalada en Ecodorp Boekel. Países Bajos. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

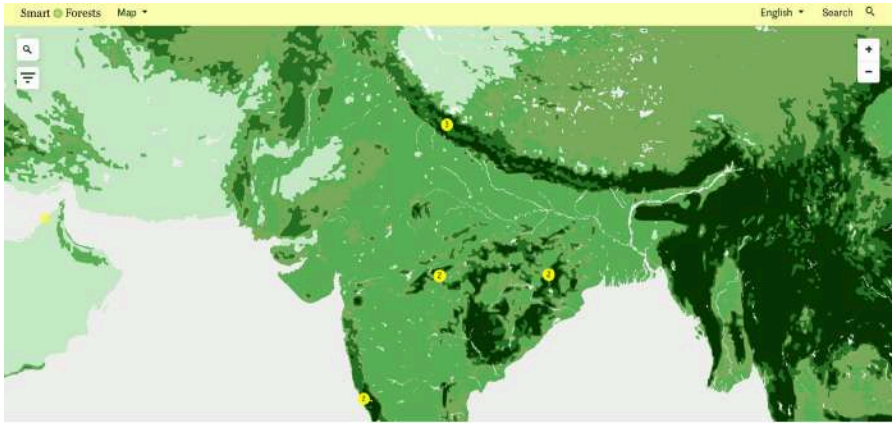
En particular, este estudio de caso se sitúa en los Países Bajos, país conocido por su desarrollo en tecnología digital y líder en el sector de la innovación tecnológica medioambiental. Los Países Bajos, uno de los países más densamente poblados de Europa, son testigos de un declive de la biodiversidad vinculado en parte a los excedentes de fósforo y nitrógeno. Las recientes políticas encaminadas a reducir las aportaciones de nitrógeno al medioambiente han provocado tensiones políticas y protestas de los agricultores. En este tenso contexto político y ecológico, casi todas las personas entrevistadas sobre tecnologías digitales de biodiversidad a escala nacional estaban familiarizadas con esta ecoaldea concreta, lo que revela cómo los laboratorios vivientes como Ecodorp Boekel se convierten en lugares primordiales para la aplicación experimental de tecnologías.

Este estudio de caso mostró cómo las tecnologías digitales pueden alterar el involucramiento con la ecología forestal y la biodiversidad, sugiriendo la necesidad de enfoques multiperspectivales de los bosques y las tecnologías. Ecodorp Boekel también demostró cómo las tecnologías, la investigación y el apoyo a los bosques inteligentes pueden estar distribuidos de forma desigual entre las regiones, con algunas comunidades más capaces de atraer financiación. A través de

la investigación con esta ecoaldea, fuimos testigos del potencial de las tecnologías forestales inteligentes para crear redes forestales locales, nacionales e internacionales.



Foto del taller de senderismo y trabajo de campo del proyecto Smart Forests en Ecodorp Boekel. Países Bajos. Michelle Westerlaken junto a Smart Forests, 2024.



Smart Forests Atlas: Página web del mapa que muestra el material del estudios de caso de la India. Smart Forests con conocimiento común, 2024.

## MAPEO PARTICIPATIVO DE LOS TERRITORIOS VAN GUJJAR EN UTTARAKHAND, INDIA

Las comunidades van gujjar de Uttarakhand, que viven al margen de sus tierras forestales tradicionales, utilizan tecnologías forestales inteligentes para mapear sus territorios y generar conocimientos indígenas. Estas comunidades están desplegando herramientas digitales, como imágenes por satélite de Google Earth, herramientas cartográficas para smartphones, sistemas GPS y drones.

Tras el violento desalojo de los van gujjars de sus tierras en el Parque Nacional Rajaji por parte del Estado indio (que tuvo lugar por fases entre 2010 y 2014), la comunidad ha tratado de hacer valer sus derechos sobre la tierra a través de la Ley de Derechos Forestales de la India de 2003. Esta ley histórica pretende devolver la propiedad de la tierra a los grupos indígenas históricamente desposeídos. Como parte de sus reclamaciones de tierras, los van gujjars han estado creando y entregando mapas digitales. Mientras que los mapas dibujados a

mano suelen ser rechazados en los procesos burocráticos del Estado, los mapas generados digitalmente se consideran que dan precisión y legitimidad a las reclamaciones de tierras.

El proceso de mapeo está dirigido principalmente por el Yuva Sanghatan Van Gujjar Tribal (VGTS en sus siglas en inglés), un grupo de hombres en su mayoría jóvenes y educados, en colaboración con investigadores individuales e instituciones académicas. Las redes sociales también han proporcionado a esta comunidad una plataforma para organizarse y participar. Por ejemplo, la página de Facebook y el grupo de WhatsApp de VGTS comparten periódicamente información sobre ganado o medio ambiente, así como incidentes de acoso, explotación y persecución por parte de instituciones estatales u otras comunidades. En los contextos estructurales más amplios, en los que las condiciones se acumulan en contra de la existencia de los van gujjars musulmanes nómades y de su identidad, las tecnologías forestales inteligentes pueden capacitar a los van gujjars para cartografiar sus tierras y resistirse a la producción estatal de conocimientos.



Imagen de la película *Smart Forests* que muestra a la comunidad van gujjar explorando tecnologías cartográficas con Trishant Simlai. Uttarakhand, India. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

Sin embargo, no todos los miembros de la comunidad han adoptado las tecnologías digitales. Los van gujjars de más edad se muestran especialmente reacios a utilizarlas debido a su profunda desconfianza en los procesos estatales. Nuestra investigación sugiere que estos miembros no sólo desconfiaban de la promesa de la Ley de Derechos Forestales, sino que también asociaban las tecnologías digitales forestales, como los drones y las cámaras trampa, con la vigilancia del departamento forestal estatal. Los problemas políticos y logísticos también se derivan del hecho de que el estado nacionalista hindú ha declarado técnicamente ilegal que los van gujjars lleven GPS o drones al bosque. En particular, el acceso y la capacidad de uso de la tecnología digital en esta comunidad no es universal, aunque la mayoría de los adultos tienen acceso a un smartphone. Durante las escuelas de campo de Smart Forests, los van gujjars también expresaron su escepticismo sobre los modos de percepción producidos por las tecnologías forestales inteligentes, que amenazaban con opacar las formas de conocimiento de la comunidad.

Este estudio de caso muestra cómo las tecnologías forestales inteligentes pueden crear puntos de vista dominantes que eluden otros modos de percepción y de relacionamiento con los bosques. También demuestra cómo las tecnologías forestales inteligentes pueden reconfigurar la dinámica de poder entre el Estado y la comunidad de distintas maneras. En este caso, las tecnologías forestales inteligentes se utilizan paradójicamente tanto para la vigilancia estatal como para la cartografía participativa. Por último, este estudio de caso sugiere los beneficios y las limitaciones de las redes forestales digitales y muestra cómo las tecnologías forestales inteligentes pueden remodelar la dinámica dentro de las comunidades en función del género y las generaciones.



Imagen de la película *Smart Forests* que muestra a mujeres van gujjar participando en la cartografía de zonas forestales. Uttarakhand, India. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.



Smart Forests Atlas: mapa en página web que muestra el material de investigación en el Reino Unido y la UE. Smart Forests junto con Common Knowledge, 2024.

## REGENERACIÓN DEL PAISAJE EN EL REINO UNIDO: UN QUINTO CASO DE ESTUDIO EN PROCESO

En nuestros cuatro primeros estudios de caso, las comunidades utilizaban y percibían de forma diversa las tecnologías forestales inteligentes, lo que demuestra la importancia de la investigación y las prácticas específicas de cada lugar. Algunas desconfiaban de los dispositivos de vigilancia forestal en el contexto más amplio de gobiernos hostiles; otras temían el tecnosolucionismo, mientras que otras consideraban que las tecnologías digitales poseen un mínimo riesgo. Algunas comunidades consideraron que la naturaleza está separada de las infraestructuras digitales humanas, mientras que otras consideraron que las infraestructuras naturales, culturales y digitales están integradas entre sí. Sin embargo, todas las comunidades tuvieron en común la necesidad de utilizar dispositivos y datos forestales inteligentes junto con otras formas de percibir el mundo forestal. Las escuelas de campo de Smart Forests trataron de encontrar formas de integrar las tecnologías digitales junto con las

tecnologías ancestrales, analógicas y ecológicas, e invitaron a las comunidades a considerar las repercusiones sociopolíticas que generan las tecnologías digitales.

Actualmente estamos desarrollando un quinto estudio de caso centrado en las tecnologías comunitarias utilizadas para la regeneración del paisaje en el Reino Unido. Este informe provisional documenta nuestra investigación hasta la fecha para generar la participación y el diálogo entre comunidades, diseñadores de políticas públicas, investigadores de ONGs y agentes de la industria. Utilizaremos los comentarios y opiniones de estas conversaciones para elaborar nuestro quinto estudio de caso y dar forma a nuestro informe final.

## Comprender el poder y la equidad en los mundos forestales inteligentes

Las tecnologías forestales inteligentes tienen repercusiones sociopolíticas en las comunidades que van más allá de la instalación y el uso de dispositivos e infraestructuras tecnológicas. Estos cuatro estudios de caso ofrecen una visión de la compleja dinámica sociopolítica de las tecnologías forestales inteligentes. Lejos de ser dispositivos neutrales, las tecnologías forestales inteligentes pueden configurar dinámicas de poder dentro de las comunidades y más allá de ellas, generar redes, transformar las estructuras de gobernanza y pluralizar los compromisos de las comunidades con los mundos forestales.

A continuación, detallamos nuestras principales conclusiones extrayendo las consecuencias o co-beneficios de las tecnologías forestales inteligentes que resultaron evidentes en las comunidades estudiadas.

## LAS TECNOLOGÍAS FORESTALES INTELIGENTES ESTÁN CAMBIANDO LA INTERACCIÓN CON LOS BOSQUES Y LOS MEDIOS DE SUBSISTENCIA [HALLAZGO 1]

Las tecnologías digitales pueden crear nuevos medios de subsistencia e interacciones en relación a los bosques, como se ha visto en Bujang Raba, donde las patrullas forestales han creado oportunidades de empleo. Estas tecnologías también pueden ampliar los conocimientos ecológicos ofreciendo acceso a recursos educativos, como aplicaciones de identificación de especies. Sin embargo, estas tecnologías también producen conocimientos y prácticas que pueden opacar otras forma de percibir y leer los bosques. Los acercamientos digitalizados a los bosques pueden acelerar la comprensión de los bosques como recursos extraíbles o como almacenes de carbono para compensar las emisiones de combustibles fósiles. Cada comunidad estudiada tuvo que encontrar un equilibrio entre la integración de formas digitales de experimentar los mundos forestales y el conocimiento ancestral, ecológico y analógico.

La comunidad de van gujjar, en particular, se mostró escéptica sobre los modos de visión y percepción producidos por las tecnologías forestales inteligentes. Los participantes de la investigación en esta ubicación discutieron cómo las imágenes satelitales y los mapas producidos por el estado, utilizados para mostrar las copas de los bosques como cobertura verde, funcionaban como representaciones erróneas, ocultando el sotobosque y otros indicadores ecológicos. La inclusión de plantaciones de monocultivos, como el eucalipto, causó especial frustración, ya que se considera que estas plantaciones degradan la biodiversidad forestal, generan muy poco sotobosque y agotan las aguas subterráneas. Para los van gujjars, la cartografía va más allá del recuento de elementos en un espacio, ya que actúa como una oportunidad para revivir los aspectos geográficos, ecológicos, culturales, económicos y sociales de un lugar. Por ejemplo, los lugares locales llevan el nombre de acontecimientos significativos en la vida

de los van gujjars y de sus búfalos. Un arroyo recibe el nombre de «si' talai», que significa abrevadero del tigre, debido a los frecuentes encuentros con tigres.

Para contrarrestar el potencial reduccionista de estas tecnologías forestales inteligentes, los van gujjars y nuestros colaboradores en la investigación trabajaron en combinar las tecnologías digitales con el conocimiento comunitario. Durante las Escuelas de Campo de Smart Forests, primero cartografiamos el paisaje y las actividades comunitarias en papel, donde los marcadores culturales y sociales podían incluirse más fácilmente. A continuación, utilizamos estas representaciones en papel para crear mapas digitales que conservaran los conocimientos sociales y culturales, aumentando así la accesibilidad de la actividad y pluralizando las formas de conocimiento.

Del mismo modo, en Ecodorp Boekel, los participantes se preguntaron cómo se relacionaban las infraestructuras de uso intensivo de datos con las prácticas comunitarias y la comprensión de la biodiversidad. Los miembros de la comunidad señalaron que, aunque los datos digitales circulan como aparentemente «neutrales» y «objetivos», las especies que las tecnologías digitales pueden detectar suelen ser limitadas, lo que da lugar a problemas de priorización de especies y sobrerrepresentación en los conjuntos de datos. Además, la forma en que las comunidades locales utilizan los datos suele ser muy selectiva. Los participantes, por ejemplo, narraron y seleccionaron datos para adaptarlos a sus preocupaciones medioambientales individuales. Por ejemplo, los participantes eran más propensos a generar datos digitales y documentación que sugería una relación negativa entre la biodiversidad y el uso de pesticidas dentro de la granja local, por sobre otros tipos de datos. Tales prácticas demuestran la importancia de pluralizar los compromisos con las tecnologías digitales para dar cuenta de preocupaciones medioambientales más pronunciadas, al tiempo que se reconocen los sesgos en su uso. De este modo, las

infraestructuras digitales podrían mobilizarse menos como «espejos» de los ecosistemas y más deliberadamente como herramientas para narrar historias y problemas medioambientales.

A través de las Escuelas de Campo Smart Forests de Ecodorp Boekel, facilitamos debates lúdicos sobre la biodiversidad local con una instalación interactiva que suspendía del techo del centro comunitario tarjetas impresas con códigos QR. Esta instalación permitió a los participantes combinar datos digitales sobre biodiversidad con otras formas de conocer su entorno. Los miembros de la comunidad enriquecieron los datos digitales con conocimientos sobre conflictos locales por el uso del suelo, biodiversidad, niveles de contaminación, salud y bienestar. Además, identificaron posibilidades para que el uso humano de la tierra coexista con la biodiversidad y permita mejorarla, movilizando un enfoque que entiende las comunidades como entidades más-que-humanas. Mediante paseos por los bosques y conversaciones con artistas y trabajadores forestales locales, los miembros de la comunidad mejoraron aún más los datos digitales producidos sobre la biodiversidad.

Nuestra investigación sugiere que los proyectos de bosques inteligentes deben garantizar que las tecnologías no reduzcan el mundo forestal—a observaciones cartográficas desde arriba, a datos monetizables sobre el carbono o las especies—, sino que estas tecnologías contribuyan, complejicen y enriquezcan las formas comunitarias existentes de percibir y habitar los bosques.



Imagen de la película *Smart Forests* de la instalación sobre datos digitales y biodiversidad en el centro comunitario Ecodorp Boekel. Países Bajos. Michelle Westerlaken junto a Smart Forests, 2023.

## LAS TECNOLOGÍAS FORESTALES INTELIGENTES ESTÁN DESIGUALMENTE DISTRIBUIDAS, Y LOS RECURSOS SUELEN SER ESCASOS [HALLAZGO 2]

Las tecnologías forestales inteligentes se distribuyen de forma desigual dentro de las comunidades y entre ellas, lo que puede verse agravado por la falta de recursos monetarios, de personal, técnicos o de otro tipo. La distribución desigual de las tecnologías digitales puede remodelar, alterar o afianzar las dinámicas de poder existentes. Para que las comunidades lideren y contribuyan al diseño y uso de tecnologías forestales inteligentes, deben desarrollarse iniciativas cuidadosamente que permitan distribuir equitativamente los conocimientos y la experiencia.

La distribución de tecnologías y recursos a determinadas comunidades y no a otras puede crear discrepancias regionales. Las tecnologías forestales inteligentes pueden tener una distribución desigual, ya que a menudo se introducen en las comunidades a través de asociaciones con empresas tecnológicas, fundaciones privadas u organizaciones de investigación. Algunas comunidades forestales,

como las situadas en «bosques emblemáticos», tienen más probabilidades de recibir apoyo para la tecnología forestal inteligente de fuentes privadas y públicas.

En Chile, nos encontramos con una desigual distribución de tecnologías, recursos y redes de habilidades. La Corporación Nacional Forestal de Chile, Conaf, ha desarrollado una serie de herramientas genéricas para los planes de prevención de incendios. Sin embargo, en algunas zonas, organizaciones comunitarias con recursos independientes y fundaciones privadas están llevando a cabo planes y proyectos personalizados para la prevención local de incendios. Esto apunta a la necesidad de una mayor colaboración entre sectores, organizaciones e iniciativas para facilitar el intercambio de recursos y conocimientos y evitar discrepancias regionales. La escasez de recursos es una preocupación y un problema siempre presentes, ya que muchas organizaciones gubernamentales no disponen de recursos suficientes para movilizar a las comunidades, mientras que los grupos comunitarios suelen experimentar una falta de financiación, tecnologías y conocimientos. Mediante la creación de redes y planes comunitarios de prevención de incendios que se conecten a través de las regiones, podría ser posible generar formas de compartir oportunidades de financiación, conocimientos y herramientas de manera que ayuden a abordar los problemas de recursos.

La desigual distribución regional de la tecnología también se hizo patente en Ecodorp Boekel. Con su reputación internacional de laboratorio viviente, la ecoaldea se benefició de un equipo y un comité de relaciones públicas dedicados a redactar solicitudes de subvención, que se traducían regularmente en financiación y apoyo tecnológico. Ecodorp Boekel se encuentra en las afueras de un típico asentamiento rural neerlandés. Aunque ambas partes se han esforzado por facilitar la interacción -a través de jornadas de puertas abiertas periódicas y reuniones anuales-, existen discrepancias entre la financiación recibida y los valores mantenidos en estos asentamientos. Un apoyo y una financiación asimétricos que dan

prioridad a determinadas comunidades de en detrimento de otras pueden perpetuar ciclos que excluyan aún más a las comunidades menos conectadas y agraven las desigualdades.

La capacidad de acceder y utilizar tecnologías forestales inteligentes también puede estar distribuida de forma dispar *dentro de* las comunidades. Nuestra investigación reveló que esta disparidad a menudo se producía en función de los conocimientos, el género, la clase social o en relación con otras desigualdades preexistentes. Esto fue especialmente evidente durante nuestra investigación con las comunidades van gujjar en Uttarakhand y con comunidades de Bujang Raba, donde los roles tradicionales de género y generacionales están rígidamente definidos. En ambos casos, las tecnologías forestales inteligentes modificaron ligeramente la dinámica generacional y, en menor medida, la de género.

El acceso a las tecnologías digitales y su uso entre los Van Gujjars se limita principalmente a los hombres jóvenes con educación secundaria. En esta comunidad, el patriarca de la familia suele mostrar poco interés por el mapeo digital o por la organización comunitaria, Yuva Sanghatan Tribal Van Gujjar (VGTS en sus siglas en inglés), que intenta garantizar los derechos sobre la tierra mediante la Ley de Derechos Forestales. Las generaciones mayores suelen desconfiar tanto de las tecnologías como de los procesos estatales. Esta situación deja a los hombres más jóvenes y educados como principales usuarios de las tecnologías forestales inteligentes.

Del mismo modo, en Bujang Raba, las tecnologías forestales inteligentes tienden a ser manejadas y comprendidas por los jóvenes, sobre todo los que trabajan en la patrulla forestal. Estas tecnologías han reforzado la posición de los jóvenes en la comunidad y han propiciado cambios en la Unidad de Gestión Forestal de la aldea, antes dominada por hombres mayores, con el fin de incluir a los jóvenes. KKI Warsi también ha establecido actividades exclusivas para jóvenes, algo que ha provocado tensiones, ya que el jefe de una aldea se queja de que la ONG se centra más en los jóvenes que en los

ancianos. Estas tecnologías forestales inteligentes pueden crear estatus y vínculos sociales para los hombres más jóvenes de estas comunidades y restar importancia a los hombres mayores. Existe el riesgo de que las tecnologías forestales inteligentes provoquen la desaparición de ciertos valores y formas de percibir y habitar el mundo forestal propia de las generaciones mayores.

Las tecnologías forestales inteligentes también tuvieron un impacto menor en la posición de la mujer en estas comunidades tan marcadas por el género. En las comunidades van gujjar de Uttarakhand, las mujeres no participan en los órganos de decisión y suelen pasar más tiempo en el bosque que los hombres. Sin embargo, desde la creación de la Yuva Sanghatan Tribal Van Gujjar (VGTS), las mujeres han empezado a participar en el proceso de elaboración de mapas participativos y se ha creado una sección femenina. Durante la Escuela de Campo, las prioridades diferentes de cada género en la comunidad van gujjar se hicieron evidentes a través de los lugares contrastados que mapearon. Mientras tanto, en Bujang Raba, el proyecto de carbono comunitario ha llevado a la creación de cooperativas de mujeres en cinco pueblos, que producen artesanías como el ratán. No obstante, la separación de sexos en el trabajo y en el entorno social se ha mantenido en general, y las mujeres se encuentran ausentes del comité de la Unidad Forestal de la aldea. Los proyectos forestales inteligentes dirigidos por la comunidad pueden crear nuevas oportunidades para todos los grupos de género, pero puede que también perpetuen las dinámicas tradicionales.

En particular, nuestro proyecto de investigación Smart Forests participó en algunas de estas dispares dinámicas de distribución de recursos, ya que seleccionamos comunidades concretas con las que trabajar. Elegimos estos estudios de caso en parte porque los investigadores tenían vínculos con los lugares y en parte porque ofrecían la oportunidad de comprender cómo las comunidades se vinculan con los Smart Forests en relación con las principales preocupaciones medioambientales en materia de incendios, carbono, biodiversidad y derechos sobre la tierra. Al compartir nuestros

hallazgos fuera de estas comunidades seleccionadas, esperamos contribuir a redes más amplias de conocimiento y sugerir intervenciones sobre cómo se distribuyen la investigación, el conocimiento y la financiación.



Imagen de la película *Smart Forests* que muestra a dos patrulleros forestales utilizando la aplicación cartográfica Avenza. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

## LAS TECNOLOGÍAS FORESTALES INTELIGENTES ESTÁN TRANSFORMANDO LA GOBERNANZA FORESTAL [HALLAZGO 3]

Las tecnologías forestales inteligentes han propiciado una mayor participación de tecnólogos, investigadores, ONGs ambientales y empresas multinacionales en los bosques. Dado que estos agentes externos a menudo diseñan, desarrollan o controlan las tecnologías y las redes, los bosques inteligentes están provocando transformaciones en la gobernanza medioambiental. Nuestra investigación sugiere que las tecnologías forestales inteligentes están desplazando la gobernanza de las comunidades y los agentes gubernamentales locales y nacionales hacia las start-ups, los investigadores, las ONGs y las empresas tecnológicas privadas.

Las transformaciones de la gobernanza forestal en relación con las prácticas de datos quedaron patentadas en La Araucanía (Chile). Aquí, los sectores público y privado comparten tecnologías y datos forestales, siendo las empresas forestales privadas propietarias de gran parte de la tecnología utilizada para monitorear, predecir y prevenir los incendios forestales (como torres de vigilancia y cámaras). Las empresas forestales comparten datos a través de dashboards y centros de mando con la Corporación Nacional Forestal, Conaf. No está claro si este intercambio de datos es voluntario o exigido por ley. Los datos no parecen estar a disposición de las comunidades y se mantienen dentro de un espacio más experto y jerárquico de supervisión y toma de decisiones. Muchas de estas tecnologías contra incendios dan lugar a una brecha de conocimientos, ya que los bomberos y guardabosques pueden tener acceso a datos y herramientas que no están fácilmente disponibles para las comunidades locales o que no son utilizados por ellas.

Además, la gobernanza forestal de Chile también está involucrada con empresas privadas en aspectos clave de su infraestructura de comunicaciones, ya que se depende de WhatsApp para emitir avisos de incendios y coordinar las respuestas. Esta dependencia plantea interrogantes sobre la posibilidad de que las comunidades locales lideren estos proyectos. Apunta a una transición de la gobernanza medioambiental desde los organismos públicos hacia las empresas tecnológicas privadas. Sugiere que la propiedad pública de tecnologías e infraestructuras o, al menos, la diversificación de los proveedores privados de tecnologías podría permitir que los proyectos de bosques inteligentes y los departamentos estatales de medioambiente sean más resilientes.

En Bujang Raba, vimos a un nivel más localizado cómo la gobernanza forestal puede transformarse cuando las comunidades locales se involucran con socios externos. Aunque la comunidad es propietaria de los dispositivos de recogida de datos (el comité de gestión forestal de la aldea posee los dispositivos GPS y los smartphones son personales), los datos recogidos son menos accesibles a la comunidad

local para su análisis y son procesados por expertos en la oficina principal de la ONG KKI Warsi en la ciudad de Jambi. KKI Warsi también lleva a cabo la recopilación y el análisis de datos Landsat, de más alta tecnología. De manera destacada, los profesionales no utilizan formularios de gestión de datos y tienen enfoques menos articulados sobre la propiedad y la privacidad de los datos. Además, los miembros de la comunidad reciben formación para utilizar tecnologías con el fin de cumplir con las normas del organismo privado de certificación, Plan Vivo, en lugar de servirles a las comunidades para su funcionamiento diario.

En Ecodorp Boekel (Países Bajos), los participantes locales volvieron a expresar su preocupación por las lagunas de conocimientos, la rápida innovación tecnológica y la creciente complejidad de las funciones informáticas, que superan los conocimientos de la comunidad. Los participantes de la comunidad local también señalaron que pueden dedicar mucho tiempo y energía a ayudar a investigadores externos en sus proyectos de investigación. Por un lado, esto demuestra cómo los miembros de la comunidad pueden integrar en su vida cotidiana sus propios valores de la creación de futuros biodiversos. Por otro, demuestra cómo expertos externos con financiación pueden intervenir en la gobernanza y las ambiciones de un proyecto medioambiental local.

A la luz de estos resultados, nuestra investigación señaló las formas en que las comunidades pueden gobernar eficazmente las iniciativas de bosques inteligentes y participar en la recopilación, el procesamiento y el diseño de los datos. Entre las buenas prácticas se incluyen los organismos de apoyo externos, como las ONGs, que ofrecen financiación, formación y compromiso sostenibles a largo plazo. Esto puede verse en el compromiso a largo plazo de KKI Warsi con la comunidad de Bujang Raba. Los miembros del equipo de campo de KKI Warsi permanecen en las aldeas durante tres semanas al mes. KKI Warsi también ha ofrecido formación a los miembros de la comunidad. Del mismo modo, los investigadores jurídicos han trabajado junto a las comunidades van gujjar de Uttarakhand durante una década. Este

apoyo e investigaciones recurrentes y lentos contribuyen a fomentar la confianza y las capacidades de la comunidad. Además, las tecnologías forestales inteligentes deben ser accesibles para el mayor número posible de personas; la propiedad y la privacidad de los datos deben quedar claras para los miembros de la comunidad; y, siempre que sea posible, deben utilizarse tecnologías baratas y de baja tecnología, como aplicaciones de ciencia ciudadana o dispositivos GPS.

Nuestra investigación también sugirió que los laboratorios vivos como Ecodorp Boekel podrían permitir que las tecnologías forestales inteligentes, actualmente desarrolladas casi exclusivamente por tecnólogos, ecologistas y financiadores de proyectos, se diseñaran de forma más democrática. Los laboratorios vivos pueden permitir a las comunidades dar su opinión sobre las tecnologías que se están probando in situ e intervenir en una fase temprana de su desarrollo. Sin embargo, hay que lograr un delicado equilibrio para garantizar que las preguntas de los investigadores coincidan con las preguntas y los intereses de los miembros de la comunidad de los laboratorios vivos. Deben formarse cuidadosamente asociaciones de confianza que permitan a las comunidades liderar estos proyectos de bosques inteligentes y evitar asimetrías de poder y acceso a la información.

Nuestra propia investigación Smart Forests intersecta con estas dinámicas. Por ello, tratamos de crear compromisos recíprocos y sostenibles, ofreciendo cursos sobre cómo utilizar las tecnologías, organizando escuelas de campo colaborativas con múltiples actores, llevando a cabo participaciones recurrentes y destacando las voces de la comunidad en los resultados de la investigación. También esperamos que los resultados del proyecto -incluidos informes, películas, podcasts y artículos académicos- puedan ser útiles para las comunidades (por ejemplo, como prueba de la atención internacional prestada a las comunidades van gujjar que presentan reclamaciones de tierras). Nos gustaría que este informe suscitara debates críticos en torno a las transformaciones de la gobernanza medioambiental, tanto a nivel local como internacional.



Imagen de la película *Smart Forests* de la estación meteorológica en el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto a Smart Forests, 2025.

## LAS TECNOLOGÍAS FORESTALES INTELIGENTES ESTÁN CAMBIANDO LAS DINÁMICAS DE PODER ENTRE COMUNIDADES, ESTADOS Y EMPRESAS TECNOLÓGICAS [HALLAZGO 4]

Tanto los agentes estatales como las empresas tecnológicas utilizan tecnologías forestales inteligentes para aumentar la regulación, transformación, datificación y observación no sólo de los mundos forestales, sino también de las comunidades forestales. Por ejemplo, el estado indio nacionalista hindú utilizó tecnologías forestales inteligentes como imágenes por satélite, cámaras trampa y drones para producir conocimientos que condujeron a la desposesión inicial de los van gujjars de sus tierras. Los van gujjars, a quienes el estado considera usurpadores de tierras forestales, sufren una marginación política debido a su identidad musulmana y nómada. El estado sigue utilizando tecnologías forestales inteligentes para vigilar, intimidar y controlar a las comunidades van gujjar (se ha denunciado el uso de

drones para rociar desinfectante sobre las comunidades durante el Covid-19). El estado también restringe la capacidad de los van gujjars para utilizar dispositivos forestales inteligentes como el GPS.

En Indonesia, la regulación estatal ha intervenido, aunque de forma menos insidiosa, en la capacidad de las comunidades de Bujang Raba para desplegar tecnologías forestales inteligentes para sus propios fines. El proyecto comunitario de carbono de Bujang Raba se interrumpió bruscamente en octubre de 2021, cuando el gobierno indonesio promulgó el Reglamento Presidencial nº 98/2021 (Reg 98) con el fin de implementar el valor económico del carbono para alcanzar la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). En virtud de este nuevo reglamento, todas las actividades relacionadas con el carbono en Indonesia solo podrán continuar una vez que el Sistema de Registro de Indonesia las haya aprobado. En respuesta a la nueva normativa, KKI Warsi registró el proyecto Bujang Raba a principios de 2022 y se sometió a una nueva verificación basada en la normativa indonesia. Sin embargo, el sistema de registro aún no ha aprobado el proyecto al momento de redactar este informe. Esto ha generado incertidumbre para el proyecto comunitario y ha demostrado cómo los proyectos dirigidos por la comunidad pueden estar sujetos a fuerzas que escapan a su control.

Los proyectos comunitarios de bosques inteligentes también pueden verse precarizados por la implicación de empresas tecnológicas y financiadores privados. Por ejemplo, Ecodorp Boekel depende de financiación externa para llevar a cabo iniciativas comunitarias y de desarrollo. Esta dependencia de la financiación externa crea fricciones, ya que, si bien la ecoaldea pretende ser un espacio de aprendizaje y experimentación, existe una presión interna y externa para que se presente como un proyecto emblemático y un banco de pruebas de éxito para atraer más financiación y apoyo. Existe el riesgo de que, si los experimentos fracasan, el laboratorio viviente no se muestre totalmente abierto sobre los resultados por miedo a afectar a futuras oportunidades de financiación. Estas conclusiones subrayan la importancia de conectar las prácticas de innovación con sus

relaciones sociopolíticas y de encontrar formas de permitir a las comunidades compartir prácticas (auto)críticas, incertidumbres y problemas en curso en relación con la investigación y la innovación del banco de pruebas, sin la amenaza de que se les retire la financiación.

Por el contrario, nuestra investigación demostró cómo algunas tecnologías digitales pueden ayudar a empoderar a las comunidades forestales ofreciéndoles herramientas para documentar las actividades ilegales y los abusos, mapear y reivindicar los derechos sobre la tierra y crear narrativas alternativas a las producidas por los estados o las empresas privadas. Esto queda claro en las prácticas de los van gujjars de mapear sus tierras para la Ley de Derechos Forestales utilizando herramientas geoespaciales, incluidos drones y dispositivos GPS transportados en los cuernos de los búfalos. Del mismo modo, en Bujang Raba los patrulleros forestales utilizan tecnologías para documentar la invasión de tierras forestales y crear pruebas para conservar estos espacios.



Imagen de la película *Smart Forests* de la comunidad van gujjar utilizando diferentes herramientas cartográficas para documentar la invasión por plantaciones de eucalipto. Uttarakhand, India. Trishant Simlai junto con *Smart Forests*, 2022.

## LAS TECNOLOGÍAS FORESTALES INTELIGENTES PUEDEN REFORZAR Y HABILITAR LAS REDES FORESTALES [HALLAZGO 5]

Los proyectos forestales inteligentes dirigidos por las comunidades pueden alterar las dinámicas de poder tradicionales al permitir que éstas se conecten más allá de sus límites geográficos y se comprometan con problemas medioambientales más amplios.

Por ejemplo, Ecodorp Boekel ha establecido contactos con la Red Mundial de Ecoaldeas, organizaciones nacionales y locales de sostenibilidad, tres ecoaldeas locales, financiadores y socios industriales a través de redes digitales y experimentación tecnológica. La comunidad también colabora activamente con diversos agentes a distintos niveles de gobernanza, como políticos municipales, partes interesadas a nivel provincial y de empresas de servicios públicos, y financiadores de la UE.

Del mismo modo, la Yuva Sanghatan Tribal Van Gujjar (VGTS) ha movilizado las tecnologías para desarrollar sus redes. Por ejemplo, la VGTS utiliza su página de Facebook y su grupo de WhatsApp para compartir conocimientos sobre temas como el pastoreo, la vida salvaje, la deforestación y la depredación del ganado, así como incidentes de acoso, explotación y persecución por parte de instituciones estatales u otras comunidades. Las redes digitales también han permitido a los van gujjars conectar con la organización social Iniciativa Popular por los Derechos Forestales. Sin embargo, aparte de las reuniones ocasionales y los talleres sobre la Ley de Derechos Forestales, los van gujjars han limitado su compromiso con este grupo debido a las limitaciones de tiempo y a la naturaleza teórica de los debates, que no siempre se ajustan al contexto específico de los van gujjars. En Bujang Raba, el proyecto comunitario

de seguimiento del carbono ha permitido establecer conexiones con KKI Warsi, Plan Vivo y los mercados de carbono. Estas redes ampliadas amplían -y complican- los conceptos de comunidad.

En La Araucanía, los participantes de la Escuela de Campo Smart Forests y los entrevistados expresaron un fuerte apoyo a la conexión y el fortalecimiento de las redes forestales a través de la participación de una mayor variedad de actores. Muchos consideraron que la tecnología podría facilitar estos avances, permitiendo conexiones entre representantes académicos, artísticos, de conservación, estatales y comunitarios. Además, veían la educación como una forma de desplazar el enfoque principal de las tecnologías contra incendios forestales desde la respuesta y gestión de emergencias más hacia la prevención, la comunicación y la educación.

Los participantes en la Escuela de Campo y los entrevistados señalaron que las organizaciones y sectores no estatales, incluidas universidades, fundaciones y ONGs, pueden desempeñar un papel importante en la ampliación y mejora de los componentes educativos y preventivos del conocimiento y la capacidad de respuesta ante los incendios forestales. Algunos participantes en la Escuela de Campo y entrevistados señalaron una desconexión con las universidades, sugiriendo que estas instituciones podrían ser más centrales a la hora de fomentar contribuciones dialógicas y orientadas a los ciudadanos, al tiempo que podrían apoyar las redes comunitarias y sus observaciones medioambientales.

Como señalan los entrevistados, las comunidades también pueden educar al Estado, ya que suelen ser las que mejor conocen su territorio y están acostumbradas a responder de forma global y eficaz a los peligros que se presentan. Al mismo tiempo, algunos interlocutores sugirieron que los ministerios podrían estar más unidos para comprender los problemas medioambientales en su complejidad, en lugar de hacerlo sobre la base de un único asunto. Nuestra investigación indica que para que la prevención de incendios se sitúe en primer plano en La Araucanía como un componente clave de las

prácticas contra los incendios forestales, se requiere una organización social más sólida y diversa, compromisos medioambientales pluralistas y formas creativas de involucrarse con la educación y la tecnología para crear y mantener una participación efectiva de la comunidad.



*Imagen de la película Smart Forests que muestra a los participantes de la escuela de campo debatiendo planes y prácticas de biodiversidad en Ecodorp Boekel. Países Bajos. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.*



Proyección de la película *Smart Forests* en la Escuela de Campo. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.

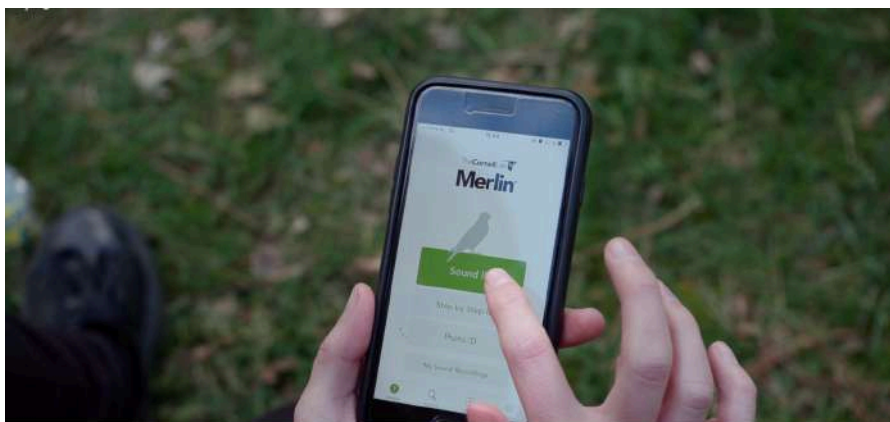


Imagen de la película *Smart Forests* en la que se muestra la aplicación Merlin para identificar aves. Cambridge, Reino Unido. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.

## 8 Propuestas de tecnologías forestales

Las siguientes recomendaciones en materia de investigación y políticas ofrecen estrategias que permiten diseñar, aplicar y apoyar eficazmente los enfoques comunitarios de las tecnologías forestales inteligentes. Consideramos cómo las tecnologías forestales inteligentes pueden ser más equitativas a través de un diseño, uso, soporte y financiación sostenibles. Proponemos formas de ir más allá de las tecnologías digitales y adoptar una pluralidad de técnicas y tecnologías forestales, incluidas las analógicas, ancestrales y ecológicas.

Estas recomendaciones se han extraído de nuestras entrevistas e investigaciones con las comunidades de los estudios de caso, junto con nuestras revisiones de la literatura, las prácticas, las tecnologías y las políticas existentes. Nuestra intención es redactar sugerencias que sean relevantes para una amplia gama de actores en el campo de las tecnologías forestales, incluyendo comunidades, OSCs, público, ONGs, financiadores, tecnólogos, actores de la industria, investigadores y diseñadores de políticas públicas.

# 1. Pluralizar vinculaciones con las tecnologías forestales para integrar el conocimiento comunitario

Nuestra investigación indica la necesidad de que las tecnologías - digitales y de otro tipo- operen junto a otras formas de conocer y habitar los bosques. Estas tecnologías no deben considerarse meros reflejos digitales «objetivos» de los ecosistemas. Por el contrario, deberían utilizarse como herramientas que complementen el conocimiento y la experiencia medioambientales, contribuyendo a las formas existentes de percibir y habitar los bosques y complejizándolas.

Las tecnologías forestales digitales corren el riesgo de eclipsar las formas comunitarias de conocimiento y reducir los complejos mundos forestales a observaciones cartográficas remotas o a datos monetizables sobre carbono o especies. Esto podría llevar a descuidar otras especies, culturas, historias y funciones ecológicas menos detectables. Las generaciones mayores pueden ser especialmente vulnerables, ya que suelen estar menos comprometidas con las infraestructuras digitales, por lo que es más probable que se pasen por alto sus perspectivas.

Las iniciativas tecnológicas forestales comunitarias deberían trabajar conscientemente para incorporar conocimientos ancestrales y locales, así como diferentes perspectivas sociopolíticas, en el diseño y despliegue de tecnologías. Con el fin de pluralizar las formas de conocer y habitar los mundos forestales inteligentes, recomendamos integrar métodos digitales, analógicos y ancestrales a la hora de trabajar con tecnologías forestales dirigidas por la comunidad.

Por ejemplo, durante nuestras escuelas de campo en Uttarakhand, investigadores y participantes combinaron la cartografía participativa en papel de los territorios de las aldeas con la cartografía con GPS. Los participantes también utilizaron imágenes de vídeo para narrar las experiencias de la comunidad sobre el terreno y complejizar la narración producida por las imágenes de drones. Mientras tanto, durante las escuelas de campo de Ecodorp Boekel, los investigadores construyeron una instalación interactiva en la que se escaneaban códigos QR de forma lúdica para estimular las conversaciones de la comunidad sobre la biodiversidad. Estas conversaciones pusieron de relieve la importancia de reconocer los sesgos en el diseño de la tecnología y los datos.

La comprensión y las experiencias de los mundos forestales pueden pluralizarse fomentando colaboraciones interdisciplinarias y experimentales. Por ejemplo, en Chile, artistas y científicos trabajaron juntos para elaborar narraciones sobre el fuego que influyeron creativamente en los debates y las ideas para los planes y redes comunitarios de prevención de incendios. Al incorporar compromisos culturales con el fuego, es posible que se redacten planes de educación y prevención más conectados y viables. Además, algunas Escuelas de Campo de Smart Forests fomentaron la «imaginación moral», que implica considerar los retos medioambientales desde la perspectiva de los antepasados, las generaciones futuras y las entidades «más-que-humanas», complejizando así las narrativas tecnológicas centradas en objetivos más «en tiempo real».

## 2. Garantizar que las tecnologías forestales sean accesibles y se distribuyan a múltiples miembros de la comunidad al tiempo que se abordan las limitaciones de recursos dentro de estas

Para garantizar que las tecnologías forestales inteligentes estén efectivamente dirigidas por la comunidad, es esencial que sean accesibles y se distribuyan entre múltiples miembros de la comunidad. Como se señala en este informe, la introducción de tecnologías forestales inteligentes puede modificar o perpetuar las desigualdades, incluidas, entre otras, las de género, clase, educación, etnia, raza, religión y dinámica generacional. Por esta razón, la distribución equitativa y la accesibilidad son cruciales para fomentar una vinculación justa con la tecnología tanto dentro de las comunidades como entre ellas.

La accesibilidad puede facilitarse mediante una serie de recursos a diferentes niveles de gobernanza. Es importante proporcionar no sólo el equipo necesario, sino también educación y formación sobre tecnologías, privacidad, procesamiento y almacenamiento de datos. Este enfoque garantiza que las comunidades no sean tratadas simplemente como fuentes de datos. Los líderes comunitarios y los colaboradores también deberían enmarcar cuidadosamente las tecnologías forestales inteligentes de forma que se haga hincapié en su relevancia dentro de estructuras y entornos más amplios, como el área de los derechos sobre la tierra, los medios de subsistencia o la prevención de incendios.

Las comunidades también deberían reconocer que no siempre se necesita tecnología de punta para generar datos forestales eficaces. Por ejemplo, en todos los estudios de caso hemos observado que tecnologías como los dispositivos GPS, los drones y los teléfonos inteligentes son asequibles, fáciles de usar y relativamente poco tecnológicos. Estos dispositivos y prácticas pueden facilitar la organización comunitaria de incendios forestales, la cartografía participativa, la cartografía de la biodiversidad y las patrullas forestales.

Por último, los diseñadores de políticas públicas podrían plantearse establecer normas para que las tecnologías forestales digitales sean «inclusivas por diseño», fomentando y garantizando la accesibilidad de las personas analfabetas. También deberían tener en cuenta las limitaciones de recursos para que las tecnologías sean asequibles para los grupos comunitarios.

### 3. Fomentar el co-diseño de diversas tecnologías forestales

Para crear tecnologías forestales que sean útiles y utilizables por las comunidades, los investigadores y tecnólogos deben perseguir el co-diseño junto a las comunidades. Las herramientas e infraestructuras digitales creadas por, para y junto a las comunidades pueden fortalecer a las comunidades, aumentar el impacto de las organizaciones comunitarias y promover sistemas tecnológicos diversos y sostenibles.

Nuestra investigación con la ecoaldea neerlandesa Ecodorp Boekel demostró cómo los laboratorios vivientes pueden ofrecer a las comunidades la oportunidad de contribuir al diseño tecnológico. Las

comunidades pueden probar tecnologías in situ y enviar comentarios continuos para identificar intervenciones útiles en una fase temprana del proceso de desarrollo tecnológico.

Del mismo modo, durante las Escuelas de Campo de arte-ciencia en Chile, descubrimos que se materializaba una comprensión más exhaustiva de los entornos y los incendios forestales a través de múltiples perspectivas, conocimientos y prácticas. Para conectar con estas experiencias y basarse en ellas, los tecnólogos e investigadores deben generar preguntas de investigación que se ajusten a los intereses de investigación de los miembros de la comunidad, garantizando al mismo tiempo que sus métodos sean dialógicos y continuos, situando las preocupaciones e intereses de la comunidad en el centro de los procesos de desarrollo e implementación.

## 4. Movilizar las tecnologías adecuadas para conectar y reforzar las redes

Las tecnologías forestales inteligentes tienen repercusiones políticas más amplias, pues median y modulan la interacción de las comunidades con los estados, las empresas privadas de tecnología y las redes más amplias. Nuestra investigación sugirió que las tecnologías podrían utilizarse para unir múltiples componentes del monitoreo y gestión medioambiental, de modo que la biodiversidad, el cambio climático, la escasez de agua y los peligros medioambientales se entiendan como parte de sistemas interconectados.

También descubrimos que las tecnologías pueden utilizarse para compartir recursos y fomentar la educación y la comunicación medioambientales. En el caso de la prevención de incendios forestales, la educación podría ayudar a reducir estos peligros, ya que

los seres humanos son los causantes de la mayoría de estos incidentes. En este sentido, los aspectos culturales de las tecnologías son fundamentales para su desarrollo, aplicación y mantenimiento.

## 5. Garantizar que la financiación, investigación y regulación de la tecnología forestal comunitaria sea contextualizada al territorio, ética y sostenible

Deberían establecerse relaciones éticas y sostenibles entre las comunidades, los financiadores y los investigadores que trabajan con tecnologías forestales inteligentes. Los organismos de apoyo externos, como fundaciones y ONGs, deberían ofrecer a las comunidades financiación, formación e involucramiento contextualizados, sostenibles y a largo plazo. Por ejemplo, la ONG indonesia KKI Warsi se ha comprometido a largo plazo con la comunidad de Bujang Raba. KKI Warsi ofrece formación a los miembros de la comunidad y los miembros del equipo de campo viven junto a la comunidad durante períodos más largos. Del mismo modo, investigadores jurídicos han trabajado junto a las comunidades van gujjar de Uttarakhand durante una década. En Chile, las fundaciones de conservación apoyan y pueden ser los lugares de creación de redes comunitarias para abordar la conservación, la gestión de la tierra y la prevención de incendios forestales, entre otras prácticas. Este apoyo e investigación continuos, lentos y sostenidos contribuyen a generar confianza y a garantizar que los objetivos externos estén en consonancia con los intereses de la comunidad.

Los organismos de apoyo externo también deberían tener en cuenta las posibles consecuencias imprevistas de intervenir en iniciativas comunitarias, como las repercusiones en regiones más amplias. Los financiadores deberían evitar perpetuar el acceso desigual a las tecnologías, profundizando las desigualdades regionales existentes al financiar repetidamente iniciativas emblemáticas. En su lugar, los financiadores podrían tratar de mejorar la colaboración entre comunidades y considerar la financiación de iniciativas comunitarias menos conocidas.

A la hora de probar nuevas tecnologías, los organismos externos deben dar prioridad a la reciprocidad y al reparto de beneficios, por ejemplo, escuchando y respondiendo a las prioridades de la comunidad, tales como los medios de subsistencia, las oportunidades educativas y el compromiso medioambiental. Los organismos de apoyo externos deben considerar cómo las tecnologías pueden sostener el funcionamiento diario de las comunidades y los medios de vida locales, como la agricultura y el monitoreo de los bosques.

Los investigadores, tecnólogos y financiadores de iniciativas forestales inteligentes dirigidas por la comunidad deben estar abiertos a la posibilidad de que los experimentos fracasen. Para que las tecnologías comunitarias se desarrollen eficazmente, las prácticas de innovación deben estar conectadas con las relaciones sociopolíticas. Las comunidades también deberían sentirse capaces de compartir prácticas (auto)críticas, incertidumbres y problemas existentes en relación con la investigación y la innovación en bancos de pruebas, sin la amenaza de que se les retire la financiación.

## 6. Facilitar la colaboración interdisciplinaria y de múltiples actores en torno al uso de tecnologías forestales en varios niveles de gobernanza

Las comunidades deben participar en la toma de decisiones sobre tecnologías forestales inteligentes no sólo a nivel local, sino también nacional. Esto permite un compromiso más equitativo y permite a las comunidades educar al estado, ya que a menudo son las que más conocen sus territorios y están informadas sobre formas eficaces de observar el cambio medioambiental, gestionar los bosques y responder a los peligros.

Nuestra investigación en Chile, en particular, sugirió que las organizaciones y sectores no estatales, incluidas las universidades, fundaciones y ONGs, podrían desempeñar un papel importante en la ampliación y mejora de los componentes educativos y preventivos del conocimiento y la capacidad de respuesta a los incendios forestales. Los miembros de la comunidad y los participantes de la Escuela de Campo también sugirieron que las universidades podrían ser más centrales a la hora de facilitar observaciones dialogantes y orientadas a los ciudadanos, apoyando al tiempo las redes comunitarias y sus observaciones medioambientales.

Por último, los participantes y entrevistados señalaron que los ministerios chilenos podrían estar más unidos para entender los problemas medioambientales en su complejidad, en lugar de hacerlo sobre la base de una única cuestión. Estas colaboraciones de múltiples actores pueden facilitarse mediante mecanismos participativos como talleres o escuelas de campo, que reúnan a

participantes de diversas escalas de gobernanza. En estos debates debe fomentarse una conciencia reflexiva sobre los papeles y los posicionamientos.

## 7. Diversificar los proveedores de tecnología y fomentar la propiedad pública o comunitaria de tecnologías e infraestructuras

Las tecnologías forestales suelen depender de actores y redes privados. Esto puede hacer que las iniciativas forestales inteligentes estatales y comunitarias sean vulnerables a actores de un único mercado. La propiedad pública de las tecnologías y de la infraestructura tecnológica podría volver más resilientes a los proyectos forestales inteligentes y a los departamentos estatales de medio ambiente. En ausencia de propiedad pública, los proyectos de tecnología forestal comunitarios podrían diversificar los proveedores privados de tecnologías. En última instancia, se necesitan tecnologías más dialogantes, educativas y orientadas a la comunicación para mejorar las respuestas a los cambiantes entornos forestales, y para una mayor diversidad de personas.



Imagen de película de *Smart Forests* que muestra a miembros de la comunidad van gujjar participando en la cartografía participativa de zonas forestales. Uttarakhand, India. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.



Imagen de película *Smart Forests* mostrando el área de conservación Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Jennifer Gabrys junto con Smart Forests, 2023.

## 9 Conclusión

En el contexto del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, los bosques de todo el mundo están siendo movilizados cada vez más para cumplir objetivos medioambientales, ya que contribuyen de manera fundamental a los ciclos de la biodiversidad, el agua, el aire y el carbono. Para cumplir y verificar estos objetivos, gobiernos, tecnólogos, investigadores, ONGs, sectores públicos y privados y comunidades están desplegando tecnologías digitales para gestionar, monitorear y transformar los bosques. Desde el LiDAR utilizado para vigilar el almacenamiento de carbono hasta los gemelos digitales para modelizar futuros escenarios forestales, pasando por las cámaras trampa para vigilar las especies forestales y la teledetección para detectar la deforestación, se ha producido un repunte en la digitalización de los medioambientes forestales. También se están empleando tecnologías digitales como drones, redes de sensores y aprendizaje automático para la gestión de catástrofes, por ejemplo, para prevenir, detectar y extinguir incendios forestales.

Aunque se ha investigado mucho sobre el uso y la mejora de las tecnologías digitales en los bosques, las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías forestales inteligentes se han estudiado menos a fondo. El grupo de investigación Smart Forests ha tratado de contribuir a este tema mediante análisis bibliográficos, entrevistas, estudios de casos, escuelas de campo, talleres creativos e investigación documental. Nos hemos ocupado especialmente de las repercusiones que estas tecnologías tienen en las comunidades. En el proceso, hemos descubierto que los bosques inteligentes pueden alterar las interacciones y los medios de subsistencia; las tecnologías suelen distribuirse de forma desigual entre las comunidades y agravan

la escasez de recursos; y los bosques inteligentes pueden transformar la gobernanza medioambiental y remodelar la dinámica de poder entre las comunidades, los estados y las empresas tecnológicas. También hemos descubierto que las tecnologías forestales inteligentes pueden reforzar y facilitar las redes forestales, entre otras cosas al compartir conocimientos sobre prácticas forestales.

Nuestra investigación y nuestros resultados pretenden poner en primer plano nuestros hallazgos sobre las repercusiones sociopolíticas de los bosques inteligentes y proponer recomendaciones sobre cómo estos proyectos e iniciativas pueden estar dirigidos por las comunidades y ser eficaces y justos. El reconocimiento de que las tecnologías digitales coexisten con otras técnicas e infraestructuras más allá de lo digital es crucial para lograr una participación equitativa de las comunidades. Estas técnicas podrían incluir tecnologías forestales ancestrales, locales, ecológicas o analógicas. La utilización aislada de los conocimientos producidos por las tecnologías digitales opacaría otras formas pertinentes de conocer y habitar los medioambientes forestales.

Aunque estas tecnologías suelen ir acompañadas de ambiciones positivas de monitoreo, protección e incluso creación de medioambientes, las tecnologías forestales inteligentes no sólo pueden tener consecuencias sociales perjudiciales, sino también impactos ambientales nocivos. Nuestra revisión bibliográfica y las entrevistas realizadas ponen de relieve cómo estas tecnologías consumen energía, ya sea a través del almacenamiento de datos, la producción y el funcionamiento de dispositivos o la instalación de infraestructuras. La producción de hardware depende a menudo de las industrias extractivas para la obtención de componentes, como los metales de tierras raras. Las tecnologías forestales inteligentes también producen residuos electrónicos, contribuyendo a la contaminación y a los desechos a lo largo del ciclo de vida del aparato digital, incluso sumándose a los desechos de satélites caducados que orbitan la Tierra. Además, uno de los entrevistados en la investigación cuestionó lo poco intrusivas que son en realidad algunas tecnologías

de vigilancia en los ecosistemas y sugirió que dispositivos como las cámaras trampa podrían afectar al comportamiento de las especies en los entornos. Consideramos que estos temas merecen seguir investigándose.

El grupo de investigación Smart Forests sigue colaborando y compartiendo sus investigaciones y resultados con las comunidades de los cuatro estudios de caso, al tiempo que comienza a trabajar en un quinto estudio de caso en el Reino Unido. Acogemos interacciones con nuestros hallazgos y recomendaciones dentro y fuera de los círculos técnicos o académicos. Estamos desarrollando este informe de forma continua junto con talleres de intercambio de conocimientos en los que estamos explorando la mejor forma de compartir esta investigación con las comunidades forestales, los diseñadores de políticas públicas, los actores de la industria, los investigadores y las ONGs. Además de este informe, fomentamos una amplia interacción con nuestros hallazgos a través de los recursos etiquetados a continuación y a través del sitio web de Smart Forests, la radio, las películas y nuestro Smart Forests Atlas interactivo. Si desea profundizar en nuestra investigación, póngase en contacto con nosotros en: [info@smartforests.net](mailto:info@smartforests.net).



Imagen del dron de *Smart Forests* del bosque de Bukit Barisan. Bujang Raba, Indonesia. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.



Imagen de película *Smart Forests* de araucarias en el área protegida Bosque Pehuén. La Araucanía, Chile. Mind the Film junto con Smart Forests, 2025.

## 10 Agradecimientos

Este proyecto ha recibido financiación del Consejo Europeo de Investigación (ERC) en el marco del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea (acuerdo de subvención nº 866006), y del Fondo de Impacto de las Ciencias Sociales (SSIF) de la Universidad de Cambridge.

El contexto más amplio de esta investigación se ha desarrollado a través de entrevistas colectivas realizadas por el grupo de investigación Smart Forests, que incluye a Kate Lewis Hood, Max Ritts y Danilo Urzedo. Gracias a Yvonne Martin-Portugues por la administración del proyecto y el apoyo prestado al proyecto Smart Forests, y a Noel Chung por contribuir al mantenimiento y apoyo continuos del Smart Forests Atlas, así como a Common Knowledge por el diseño y desarrollo del Smart Forests Atlas, y a los colaboradores del Atlas por aportar sus ideas sobre el desarrollo de los bosques y las tecnologías. Asimismo, agradecemos a Mind the Film la realización de la película del proyecto *Smart Forests*, de la que incluimos varias imágenes en este informe.

Agradecemos generosamente a las comunidades que contribuyeron a la investigación, eventos, caminatas y Escuelas de Campo que sirvieron de base para este informe, incluyendo a la Fundación Mar Adentro: Bosque Pehuén, Bárbara Acevedo, Sebastián Carrasco, Maya Errázuriz, Felipe Guarda, Madeline Hurtado, Pamela Iglesias, Amerindia Jaramillo, Fernanda López Quilodrán, Valeria Palma, Gianna Salamanca, Pablo González Rivas, Paula Tiara Torres, Amparo Irrázaval Bustos, Bernardita Pérez, María Jesús Olivos, Violeta Bustos, Roberto Raimann; Universidad de la Frontera: Paola Arroyo

Vargas, Andrés Fuentes, Carolina Navarrete González, Álvaro Sanhueza; Parque Nacional Villarrica: Felipe Ortega; Agencia de Borde: Maria Rosario Montero, Sebastian Melo, Paula Salas; Altos de Cantillana: Fernanda Romero; Arturo Ahumada; KKI Warsi: Emmy Primadona, Famila Juniarti, Jupni, Junaedi, Ihsan, Khairunas; Ecodorp Boekel, Ad Vlems, Marieke Meesters, Marten Schoonman, Boudewijn Toornt, Sanne Raes, Annemarie Hendriksen, Ali Mutahar, Katten Cluster, Huismussen Knot, Biodiversiteitsliefhebbers; Van Gujjar Tribal Yuva Sangathan: Mohammad Meer Hamza, Pranav Menon.

## 11 Referencias y recursos

Allan, Sarah. "What Role for Government? A Practical Guide to the Types, Roles and Spaces of Public Engagement on Climate." Involve. September 2023.

<https://involve.org.uk/sites/default/files/uploads/docuemnt/What%20Role%20for%20government%20-%20a%20practical%20guide%20to%20the%20types%2C%20roles%20and%20spaces%20of%20public%20engagement%20on%20climate.pdf>.

Araos, Francisco, Jaime Cursach, Florencia Diestre, Joaquin Almonacid, and Wladimir Riquelme Maulén. "Community Sentinels. Methodology Guide for Community Participatory Monitoring." Citizen Science Laboratory, Los Lagos University. 2021.

<https://qesclimatejustice.info.yorku.ca/files/2022/07/Guía-Metodológica-Ingles-2022-1.pdf?x57905>.

Barron, Dominique, and Anna Dent. "Affordable, Accessible, and Easy-to-Use: A Radically Inclusive Approach to Building a Better Digital Society." Promising Trouble. May 2024.

<https://static1.squarespace.com/static/61b777e69d4a594596081bcc/t/6656ebaff3caf658b862537a/1716972464862/AFFORDABLE-ACCESSIBLE-EASY-TO-USE-FINAL.pdf>.

British Academy. "The Justice Dimensions of Extracting Energy Transition Metals from the Pacific." July 2022.

<https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4200/Just-transitions-justice-dimensions-extracting-energy-metals-pacific.pdf>.

British Academy. "Space for Community: Strengthening our Social Infrastructure." January 2023.

[https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4536/Space\\_for\\_community\\_strengthening\\_our\\_social\\_infrastructure\\_vSUYmgW.pdf](https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4536/Space_for_community_strengthening_our_social_infrastructure_vSUYmgW.pdf).

British Academy. "Understanding the Role of Place in Environmental Sustainability: A Summary of Insights from Where We Live Next Commissioned Research." March 2023. <https://doi.org/10.5871/where-we-live-next/role-of-place-in-environmental-sustainability>.

Climate Outreach. "Indigenous Media Presence: Climate Imagery, Land Use and Indigenous Peoples in Central and South America." September 2021. <https://climateoutreach.org/reports/indigenous-media-presence-report>.

Climate Outreach. "Supporting Public Engagement on Climate Change – A Guide for Grant-makers." October 2023. <https://climateoutreach.org/reports/public-engagement-philanthropy/>.

Coldicutt, Rachel, and Anna Dent. "The Case for Community Tech." Promising Trouble. September 2022. [https://www.powertochange.org.uk/wp-content/uploads/2022/09/PTC\\_3912\\_Community\\_Tech\\_Report\\_FINAL-1.pdf](https://www.powertochange.org.uk/wp-content/uploads/2022/09/PTC_3912_Community_Tech_Report_FINAL-1.pdf).

Dave, Radhika, Carole Saint-Laurent, Lara Murray, et al. "Second Bonn Challenge Progress Report: Application of the Barometer in 2018." 2019. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.06.en>.

Department of Environment, Food and Rural Affairs Social Science Expert Group (Defra SSEG). *Review of Public Engagement*. October 2022. <https://www.gov.uk/government/publications/review-of-public-engagement>.

Engine Room Library. "Rainforest Technology Primer." Accessed 2025. <https://library.theengineerroom.org/rainforest-tech>.

Food and Agriculture Organization, International Labour Organization, United Nations Economic Commission for Europe. "Occupational Safety and Health in the Future of Forestry Work." 2023.

<https://doi.org/10.4060/cc6723en>.

Gabrys, Jennifer. "Smart Forests and Data Practices: From the Internet of Trees to Planetary Governance." *Big Data & Society* 7, no. 1 (February 2020): 1-10.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053951720904871>.

Gabrys, Jennifer, Michelle Westerlaken, and Yuti Ariani Fatimah. "Actually Existing Smart Forests: A Proposal for Pluralizing Eco-Technical Worlds." In the special issue, "The Forest Multiple: Composing and Digitalizing Wooded Worlds," *Environment and Planning F: Philosophy, Theory, Models, Methods and Practice* (July 2024): 1-23.

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/26349825241264393>.

Gabrys, Jennifer, Michelle Westerlaken, Danilo Urzedo, Max Ritts, and Trishant Simlai. "Reworking the Political in Digital Forests: The Cosmopolitics of Socio-technical Worlds." *Progress in Environmental Geography* 1, nos. 1-4 (December 2022): 58-83.

<http://sage.cnperreading.com/paragraph/article/?doi=10.1177/27539687221117836>.

Gilman, Michele. "Democratizing AI: Principles for Meaningful Public Participation." *Data & Society*. September 2023.

[https://datasociety.net/wp-content/uploads/2023/09/DS\\_Democratizing-AI-Public-Participation-Brief\\_9.2023.pdf](https://datasociety.net/wp-content/uploads/2023/09/DS_Democratizing-AI-Public-Participation-Brief_9.2023.pdf).

Kitson, Nikki, and Matt Wilson. "Mobile Technology for Participatory Forest Management." GSMA. 2021. [https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/wp-content/uploads/2021/07/Mobile\\_Technology\\_for\\_Participatory\\_Forest\\_Management\\_Web\\_Singles.pdf](https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-for-development/wp-content/uploads/2021/07/Mobile_Technology_for_Participatory_Forest_Management_Web_Singles.pdf).

Kumar, Amit. "CBD's Global Biodiversity Outlook 5: Final Assessment of Aichi Biodiversity Targets and Beyond." *Asian Biotechnology and Development Review* Vol. 22, No.2&3 (2020): 5-20.

<https://newasiaforum.ris.org.in/sites/newasiaforum.ris.org.in/files/ris-diary/ABDR-November%202020.pdf#page=11>.

Martin, Adrian, David Brown, and Janet Fisher. "Socially Just Landscape Restoration in the Scottish Highlands." The Just Scapes project. May 2023.

<https://cdn.sanity.io/files/wq158zs5/production/2cdd7578a31dc0a353323dca2f811c38c4cde15b.pdf>.

Moriniere, Sasha, Ben Snaith, Calum Inverarity, Hannah Redler-Hawes, Julie Freeman, and Jared Robert Keller. "Power, Ecology and Diplomacy in Critical Data Infrastructures." Open Data Institute. April 2023. <https://doi.org/10.61557/hqez4271>.

Nabuurs, Gert-Jan, Philippe Delacote, David Ellison, et al. "A New Role for Forests and the Forest Sector in the EU post-2020 Climate Targets." *From Science to Policy* 2. 2015.

<https://doi.org/10.36333/fs02>.

Lewis Hood, Kate, and Jennifer Gabrys. "Keeping Time with Digital Technologies: From Real-Time Environments to Forest Futurisms." *Environment and Planning D: Society and Space* 42, issue 2 (February 2024): 252-274.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02637758241229896>.

Lindner, Marcus, Kristina Blennow, Blujdea Viorel, et al. "EIP-AGRI Focus Group: Forest Practices & Climate Change. New Forest Practices and Tools for Adaptation and Mitigation of Climate Change." European Commission. 2019.

[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri\\_fg\\_forest\\_practices\\_climate\\_change\\_final\\_report\\_2018\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_forest_practices_climate_change_final_report_2018_en.pdf).

Rainforest Foundation Norway, and the Engine Room. "Rainforest Protection and Responsible Investment: A Quick-start Guide to Improving Companies' Behaviour in Rainforests by Influencing Investors." The Engine Room. June 2016.

<https://www.theengineroom.org/wp-content/uploads/2016/07/Rainforest-protection-and-responsible-investment.pdf>.

Rainforest Foundation UK. "The Mapping for Rights Methodology: a New Approach to Participatory Mapping in the Congo Basin." 2015.

<https://www.mappingforrights.org/wp-content/uploads/2020/04/RFUK-mapping-for-rights-methodology.pdf>.

Ritts, Max, Trishant Simlai, and Jennifer Gabrys. "The Environmentality of Digital Acoustic Monitoring: Emerging Formations of Spatial Power in Forests." *Political Geography* 110 (April 2024): 103074.

<https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2024.103074>.

Sadan, Mandy, Dan Smyer Yü, Dan Seng Lawn, David Brown, and Ronghui (Kevin) Zhou. "Rare Earth Elements, Global Inequalities and the 'Just Transition.'" The British Academy. July 2022.

<https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/4203/Just-transitions-rare-elements-global-inequalities.pdf>.

Sharma, Neha, Sanjan Sabherwal, Ben Peppiatt, Nina Cutler, and Amy Ramdehal. "Using Experimental Methods to Reimagine Decision-making for the Freshwater System, Post 2043." Policy Lab. February 2024. <https://openpolicy.blog.gov.uk/2024/02/07/using-experimental-methods-to-reimagine-decision-making-for-the-freshwater-system-post-2043>.

Simlai, Trishant, and Chris Sandbrook. "The Gendered Forest: Digital Surveillance Technologies for Conservation and Gender-Environment Relationships." In the special issue, "The Forest Multiple: Composing and Digitalizing Wooded Worlds," *Environment and Planning F: Philosophy, Theory, Models, Methods and Practice*. (November 2024).

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/26349825241283837>.

Torresan, Chiara, Marta Benito Garzón, Michael O’Grady, et al. “A New Generation of Sensors and Monitoring Tools to Support Climate-smart Forestry Practices.” *Canadian Journal of Forest Research* 51 (March 2021): 1751-65. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0295>.

United Nations. “New York Declaration on Forests (2014).” Climate Summit. 2014. [https://forestdeclaration.org/wp-content/uploads/2021/08/NYDF\\_Declaration.pdf](https://forestdeclaration.org/wp-content/uploads/2021/08/NYDF_Declaration.pdf).

United Nations Climate Change Conference 2021. “Glasgow Leaders’ Declaration on Forests and Land Use.” Archived April 18, 2023. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230418175226/https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use>.

Urzedo, Danilo, Michelle Westerlaken, and Jennifer Gabrys. “Digitalizing Forest Landscape Restoration: A Social and Political Analysis of Emerging Technological Practices.” *Environmental Politics* 32, no. 3 (July 2022), 485-510. <https://doi.org/10.1080/09644016.2022.2091417>.

Westerlaken, Michelle. “Digital Twins and the Digital Logics of Biodiversity.” *Social Studies of Science* 54, no. 4 (March 2024). <https://doi.org/10.1177/03063127241236809>.

Westerlaken, Michelle, Jennifer Gabrys, and Danilo Urzedo. “Digital Gardening with a Forest Atlas: Designing a Pluralistic and Participatory Open-Data Platform.” *PDC ‘22: Proceedings of the Participatory Design Conference 2022 2* (August 2022): 25-32. <https://doi.org/10.1145/3537797.3537804>.

Westerlaken, Michelle, Jennifer Gabrys, Danilo Urzedo, and Max Ritts. “Unsettling Participation by Foregrounding More-Than-Human Relations in Digital Forests.” *Environmental Humanities* 15, no. 1 (2023): 87-108. <https://doi.org/10.1215/22011919-10216173>.

## Acerca de Smart Forests

El proyecto Smart Forests está dirigido por la profesora Jennifer Gabrys y forma parte del grupo de investigación Planetary Praxis, con sede en el Departamento de Sociología de la Universidad de Cambridge. El proyecto está financiado principalmente por el Consejo Europeo de Investigación (CEI). El proyecto investiga las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías digitales que cada vez más gobiernan, gestionan y monitorean los bosques en todo el mundo, y se pregunta cómo los bosques son transformados por dichas tecnologías. Cruzando los estudios de ciencia y tecnología (STS) con los estudios de medios digitales, la investigación sobre tecnologías digitales ha seguido temas de observación, participación, digitalización de datos, automatización y optimización, y regulación y transformación. A través de la exploración de las repercusiones sociales, políticas y ecológicas de las distintas tecnologías forestales inteligentes, el proyecto pretende, en última instancia, sugerir posibilidades para una política y una práctica digital y medioambiental más equitativas.

Para más información sobre el proyecto Smart Forests o para profundizar en las historias, ejemplos y entrevistas mencionados en este informe, visite <https://atlas.smartforests.net> y <https://smartforests.net>.

Para ver el cortometraje sobre el proyecto Smart Forests, visite <https://smartforests.net/smart-forests-film>.

Para leer los cuadernos de bitácora sobre Smart Forests, visite <https://atlas.smartforests.net/en/logbooks>.

Para escuchar el podcast de Smart Forests Radio, visite <https://atlas.smartforests.net/en/radio>.

Para explorar el mapa Smart Forests, visite <https://atlas.smartforests.net/en/map>.

También está invitado a aportar material relevante a nuestro Atlas si desea inscribirse como colaborador. Encontrará más información en <https://atlas.smartforests.net>.

## Copyright

Los materiales de Smart Forests son de uso gratuito para fines no comerciales (con atribución) bajo una licencia [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Para citar este informe: Hamilton-Jones, Phoebe, Jennifer Gabrys, Michelle Westerlaken, Yuti Ariani Fatimah, Trishant Simlai, y Noel Chung, *Tecnologías forestales comunitarias: Un informe interino de Smart Forests* (18 de febrero de 2025), <https://publications.smartforests.net/es/community-led-forest-technologies>.

## Créditos

Fuentes: Monaco, Marr ([Commercial Type](#))

Proceso de diseño: De la web a la imprenta [paged.js](#)

Diseño gráfico: Angeline Ostinelli y Sarah Garcin

Programación: Sarah Garcin



Planetary  Praxis



El proyecto Smart Forests está dirigido por la profesora Jennifer Gabrys y forma parte del grupo de investigación Planetary Praxis, con sede en el Departamento de Sociología de la Universidad de Cambridge. El proyecto está financiado principalmente por el Consejo Europeo de Investigación (CEI). El proyecto investiga las repercusiones sociopolíticas de las tecnologías digitales que cada vez más gobiernan, gestionan y monitorea los bosques en todo el mundo, y se pregunta cómo los bosques son transformados por dichas tecnologías. Entre los estudios sobre ciencia y tecnología (CTS) y los estudios sobre medios digitales, la investigación sobre tecnologías digitales ha seguido temas de observación, participación, informatización, automatización y optimización, y regulación y transformación. A través de la exploración de las repercusiones sociales, políticas y ecológicas de las distintas tecnologías forestales inteligentes, el proyecto pretende, en última instancia, sugerir posibilidades para una política y una práctica digital y medioambiental más equitativas.

Para más información sobre el proyecto Smart Forests o para profundizar en las historias, ejemplos y entrevistas mencionados en este informe, visite [atlas.smartforests.net](https://atlas.smartforests.net) y [smartforests.net](https://smartforests.net).