

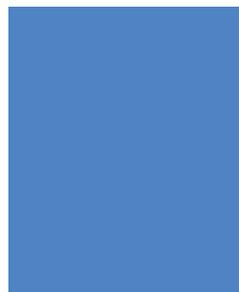


PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Centro de Políticas Públicas UC

Acción temprana post-incendio en Chile: herramientas para definir objetivos de restauración de zonas incendiadas

**EDUARDO ARELLANO
NARKIS MORALES
HORACIO GILBERT
AURORA GAXIOLA
MARCELO MIRANDA**



TEMAS DE LA AGENDA PÚBLICA

Año 13 / N° 109 / diciembre 2018
ISSN 0718-9745

Acción temprana post-incendio en Chile: herramientas para definir objetivos de restauración de zonas incendiadas

EDUARDO ARELLANO

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC y Center of Applied Ecology and Sustainability, CAPES UC

NARKIS MORALES

Centro de Modelación y Monitoreo de Ecosistemas, Universidad Mayor

HORACIO GILABERT

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC

AURORA GAXIOLA

Facultad de Ciencias Biológicas UC

MARCELO MIRANDA

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC y Center of Applied Ecology and Sustainability, CAPES UC

Introducción

Los incendios forestales, a pesar de ser parte de la dinámica natural de muchos ecosistemas en el mundo, son agentes degradativos que afectan a distinta escala los diferentes componentes del territorio y paisaje. A nivel mundial, en los últimos años, tanto superficie de plantaciones forestales como de bosque nativo ha sido afectada por incendios de dimensiones inéditas, principalmente en las zonas con clima de tipo mediterráneo (San Miguel Ayanz et al., 2013).

En Chile, es en la zona central, caracterizada por tener la mayor densidad poblacional del país y una alta actividad agrícola y forestal, donde históricamente se ha registrado la mayor ocurrencia de incendios (Fernández et al., 2010). Así, su impacto ha afectado una matriz urbano-rural que va más allá de las fronteras vegetacionales.

En el año 2017, ocurrieron los incendios forestales de mayor intensidad en la historia del país superando todo tipo de registros (CONAF, 2017). El aumento de la superficie anual quemada fue de 1.250%, en comparación al promedio de los últimos cinco años, llegando a un total de cerca de 520.000 hectáreas, entre plantaciones forestales, bosques, pastizales y suelos de cultivo agrícola entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos (CONAF, 2017). La dimensión de la devastación fue enorme y, probablemente, nunca tendremos claridad de las conse-

cuencias ecológicas, sociales y económicas. Las regiones afectadas presentan alta población rural e índices de pobreza por sobre la media nacional (12,8%), exceptuando la Región Metropolitana (CASEN, 2013), por lo que cualquier pérdida de patrimonio natural y productivo supone un alto impacto socioeconómico para los habitantes de las zonas afectadas.

La ocurrencia de incendios forestales plantea una serie de desafíos a la institucionalidad ambiental y agrícola del país. La Corporación Nacional Forestal (CONAF) es el organismo dependiente del Ministerio de Agricultura responsable de las estrategias de manejo y asignación de recursos para la gestión de los incendios en Chile. Dado el alto impacto que pueden tener los incendios en la población, la priorización de recursos se concentra principalmente en su prevención y combate. Los esfuerzos de recuperación de las zonas afectadas se enfocan en las obras civiles en zonas urbanas y periurbanas o a las actividades económicas agroforestales directamente afectadas. En segundo plano queda la recuperación de la vegetación, los suelos y de los servicios ecosistémicos entregados por los bosques como el paisaje y el turismo, la calidad de agua o la biodiversidad (De la Barrera et al., 2018).

En el primer año, los incendios tienen un enorme efecto en la degradación de los suelos y la vegetación (Alloza

et al., 2014). En el largo plazo, la despreocupación por recuperar las zonas afectadas por incendios, que se pueden volver a incendiar, trae como consecuencia el daño irreversible a los sistemas.

A partir de los incendios forestales del año 2017, tanto el Ministerio de Agricultura como el de Medio Ambiente convocaron a distintos actores sociales para evaluar el impacto de los mismos y hacer propuestas específicas para la recuperación de las zonas afectadas, ya sean plantaciones o bosques. En estas instancias se compartieron los distintos diagnósticos y efectos de los incendios y, si bien es cierto, se lograron implementar algunas acciones a nivel local (Santa Olga), finalmente las iniciativas se diluyeron por la dispersión de las zonas afectadas y no se asignaron recursos significativos para la protección o recuperación en forma inmediata.

Para la protección de los recursos naturales como la vegetación, suelo y agua, resulta crítico implementar acciones que permitan detener el deterioro de los sistemas afectados antes de las lluvias de invierno. A nivel mundial, en las zonas de clima de tipo mediterráneo, se han establecido protocolos inmediatos de evaluación de impactos de incendios forestales, tanto en plantaciones forestales como en vegetación nativa. Estos protocolos incorporan herramientas como la información satelital, evaluación de campo y el historial de incendios, que permiten priorizar medidas de acción consensuadas por los distintos actores afectados para proteger los suelos, el agua y la vegetación. En este contexto, el objetivo de este documento es presentar una propuesta de acciones tempranas de protección y conservación post-incendio considerando los distintos impactos ecológicos en Chile e incorporando la experiencia internacional.

El documento se presenta como una propuesta al desarrollo de políticas específicas de acción post-incendio, dentro de un plazo acotado a la ocurrencia de los mismos. Además, recoge resultados de iniciativas de diagnóstico de impactos realizadas en la Región de O'Higgins y las conclusiones principales del Seminario Internacional "Acción Temprana Post Incendios Forestales", organizado por la Universidad Católica y por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), entre los días 26 y 28 de julio de 2017.

Causas y efectos asociados a los grandes incendios forestales

En el mundo se producen, en promedio, cerca de tres millones de incendios forestales al año (Brushlinsky et

al., 2017), que en su mayoría son pequeños en términos de superficie y se logran controlar y suprimir fácilmente. Sin embargo, los incendios no controlados se han vuelto más graves y frecuentes, debido al aumento de la población, al cambio en los usos de suelo y a los efectos del cambio climático (Salis et al., 2014). Este tipo de incendios ha logrado sobrepasar las capacidades de supresión instalada, generando grandes impactos económicos y ecológicos (Bowman et al., 2016). Por ejemplo, en Estados Unidos, el costo en infraestructura destruida por los incendios solo en el año 2016 fue estimada en \$617 millones de dólares (Thomas et al., 2017). En Chile, el costo asociado a los megaincendios de 2017 fue de \$333 millones de dólares, incluyendo fondos para el combate de emergencia y daños directos provocados a la salud e infraestructura (Laurenti, 2017).

Existen evidencias que apuntan a una causalidad entre la intensidad y severidad de incendios, y el cambio climático (Jolly et al., 2015). El clima influencia el régimen de fuego en sistemas naturales, actuando sobre la humedad del combustible (efecto directo) y sobre la estructura (cantidad y conectividad) del combustible (efectos indirectos) (Pausas & Paula, 2012). Los recientes incendios en Chile habrían tenido una relación directa con las precipitaciones por sobre el promedio anual que ocurrieron en invierno y las posteriores condiciones de sequía de verano (Urrutia-Jalabert et al., 2018). Los eventos climáticos extremos (altas temperaturas, baja humedad y fuertes vientos) se asocian a un aumento en la ocurrencia de incendio, que se propaga en función de la disponibilidad de combustible en el paisaje, independiente de sus características (Holz et al., 2012).

Por otro lado, se ha discutido la hipótesis de que el tipo de combustible y la homogeneidad de la vegetación (plantaciones forestales) determina mayormente la severidad del incendio (Nunes et al., 2005). En estudios desarrollados en cuencas mediterráneas, se concluyó que, bajo las condiciones de veranos secos, la estructura del combustible (carga y conectividad) es más relevante para el régimen de fuego que la frecuencia de condiciones climáticas conducentes a los incendios (Pausas & Paula, 2012).

Nunes et al. (2005) investigaron bajo qué condiciones se promueven los incendios y si es que se favorecen sobre cierto tipo de uso del suelo. Las conclusiones de este estudio indican que no hay relación entre el tipo de uso del suelo y los incendios que ocurren en áreas mayores a cinco km², incluyendo incendios en bosques, plantaciones y matorrales, mientras que se encontró una relación

entre incendios pequeños (de un área menor a cinco km²) y el tipo de vegetación. Incendios pequeños ocurren mayoritariamente en matorrales, pero no se propagan en cultivos anuales y mosaicos de diversos usos agrícolas y de viñas. Nunes et al. (2005) concluyeron que en ciertos casos los incendios muy grandes (de un área mayor a 15 km²) aparecen fuertemente ligados a rodales naturales de pino marítimo (*Pinus pinaster Ait.*), una conífera nativa de toda la península ibérica. Silva et al. (2009) estudiaron la predisposición al fuego de los principales tipos de bosques en Portugal y concluyeron que los bosques plantados (pino marítimo y eucaliptos) son sumamente favorables para los incendios forestales en Portugal. Los resultados de estos y otros estudios en ecosistemas mediterráneos muestran el rol de la estructura del paisaje, en donde la conectividad que presentan las plantaciones forestales promueve la severidad de los incendios, en otras palabras, incrementa la capacidad del fuego de moverse en el paisaje (Holz et al., 2012). Por lo tanto, la estructura de paisaje que generan los diferentes usos de suelo en Chile es muy importante y debe ser estudiada más detalladamente para mejorar el manejo del fuego y las plantaciones (Altamirano et al., 2013).

Los efectos de los incendios forestales dependen de diversos factores ambientales y de la magnitud de los mismos. Cuando estos incendios ocurren o alcanzan la interface urbano-rural (IUR), muchas veces se producen pérdidas humanas no relacionadas con el combate de incendios y destrucciones de viviendas, generando impactos económicos y sociales que pueden tener una larga duración (Stephenson et al., 2013). Los principales efectos de los incendios forestales ocurren sobre la vegetación, el suelo y el agua, y es complejo entenderlos en el mediano y largo plazo. En Chile, estas catástrofes ocurren en distintas tipologías vegetacionales, en zonas topográficas de diversas características lo que genera variados impactos sobre los recursos naturales.

Los incendios causan la degradación, pérdida temporal o permanente de bosques (nativos y plantados), la degradación de cultivos agrícolas y sistemas de producción ganadera o infraestructura de servicios (Valderrama et al., 2018). Al mismo tiempo que el incendio destruye o altera un ecosistema forestal, se afectan los servicios ecosistémicos que estos proveen, como la producción de madera, frutos, follaje y otros productos no madereros; las emisiones de carbono y conservación de la biodiversidad (De la Barrera et al., 2018), así como regulación de ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y ser-

vicios a nivel de paisaje. Asimismo, su magnitud y capacidad calórica pueden generar condiciones peligrosas de calidad de aire, destruir o alterar comunidades de plantas y animales, así como cambiar profundamente lugares de gran valor escénico, ecológico y espiritual. La pérdida de cobertura trae como consecuencia una menor acumulación de hojarasca, aumentando la escorrentía superficial, la erosión y el arrastre de sedimentos (Shakesby, 2011). Eso puede causar el arrastre de materiales a distintos cursos de agua, generando riesgos de inundación en zonas pobladas (Ferreira et al., 2008). La protección del suelo descubierto contra los riesgos de erosión es un elemento crítico, ya que la sustentabilidad de los ecosistemas afectados por los incendios forestales se encontrará asociada a la recuperación de funciones y procesos críticos que ocurren en el suelo (Neary et al., 1999).

Acción temprana para la evaluación de impactos de incendios forestales

Debido a la magnitud e impactos de los incendios, la conservación y restauración de zonas afectadas requiere de un plan que incluya protocolos de acción inmediata, que detengan los riesgos de degradación post-incendio, con objetivos definidos, incorporando la socioecología del entorno (Alloza et al., 2014). Los planes de acción post-incendio deben considerar, a pocos días de ocurrido el siniestro, una evaluación preliminar de magnitud e impacto, para así poder determinar las acciones de rehabilitación adecuadas, en el plazo de tiempo más corto posible. Al establecer las zonas vulnerables se pueden aplicar medidas paliativas de emergencia, para estabilizarlas y prevenir riesgos futuros de erosión o aluviones. Con la información generada, se diseñan acciones correctivas de restauración activa, que aseguren la sostenibilidad del sistema productivo o natural en el largo plazo.

En el caso de las acciones que siguen a un megaincendio, donde la superficie afectada supera largamente las capacidades de respuesta temprana, se recomienda contar con un sistema que ayude en la asignación de recursos a las zonas más frágiles, dejando las de daño menor para etapas posteriores. La literatura sobre conservación biológica y restauración de paisajes contiene numerosos ejemplos de este tipo de herramientas o protocolos de priorización (Crossman & Bryan, 2009; Vogler et al., 2015; Fernández & Morales, 2016), donde el problema básico es la selección de sitios que recibirán las primeras intervenciones. Esta aproximación entrega un panorama general que puede orientar a una gran escala los esfuer-

zos de restauración en eventos de magnitud importante y que, luego, puede ser utilizado para analizar la priorización de esfuerzos locales.

Las herramientas y protocolos de evaluación post-incendio se utilizan en diversos países de tradición forestal alrededor del mundo. En Chile, un método aplicado es el del Servicio Forestal de Estados Unidos, que posee protocolos dinámicos de acción conocidos como “Respuesta de Emergencia para Áreas Quemadas” (BAER, por sus siglas en inglés) (Robichaud et al., 2009). Convenios con la CONAF se han utilizado para traer expertos de Estados Unidos y evaluar mediante el trabajo de imágenes y visita en terreno los efectos inmediatos del impacto de los incendios forestales, como el del Parque Nacional Torres del Paine del año 2012. Una parte del protocolo establece la presencia de un grupo técnico de respuesta de emergencia que se moviliza a las zonas siniestradas cuando los incendios están controlados en un 80%. Esto permite hacer una evaluación preliminar del impacto y definir prontamente los pasos específicos a seguir para el sitio de interés.

Una de las características del BAER es que es dinámico y se adecúa a las necesidades específicas de cada sitio quemado. Entre sus objetivos más importantes está evitar la erosión de los suelos, para lo cual se recomienda reponer vegetación herbácea capaz de generar cobertura vegetal en muy poco tiempo, junto a otra serie de acciones de control de pérdida de suelo. Posteriormente, se identifican los sitios prioritarios para restaurar, dependiendo de factores como la pendiente, el valor ecológico del área y los peligros para las poblaciones humanas aledañas. Finalmente, una vez definidas e implementadas las acciones, se monitorean las áreas tratadas para determinar el éxito de los tratamientos y, si es necesario, tomar medidas correctivas.

Podemos encontrar otros ejemplos de protocolos en áreas con clima mediterráneo con aplicabilidad en Chile. Por ejemplo, el que se utiliza en la comunidad de Valencia en España desde el año 2014 y que reúne las experiencias de otros países con clima mediterráneo como Turquía, Grecia, Francia, Chipre, Israel y Portugal. Fue desarrollado en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, con el fin de normar y establecer acciones consensuadas de restauración post-incendio. El protocolo propuesto es bastante similar en sus objetivos al programa BAER de Estados Unidos, pero tiene una fuerte impronta de realidad de la Europa Mediterránea, en cuanto a los usos de

suelo y la situación de paisaje, por lo tanto, es más plástico e incorpora en forma explícita el análisis del estado de la vegetación, los riesgos asociados a su pérdida y las distintas acciones que conllevan a la recuperación de la vegetación afectada. Este protocolo se activa para cada incendio con una superficie mayor a las 500 hectáreas y convoca en una mesa a los actores directamente afectados por los incendios (propietarios y comunidad), a los técnicos a cargo de la evaluación y a los representantes de las autoridades locales. Estas últimas son quienes tienen la capacidad de convocar, coordinar y generar un acuerdo de acción para el incendio particular, bajo la consideración de que la mesa de trabajo tiene objetivos acotados y debe ser capaz de generar un diagnóstico y un plan de acción en forma inmediata, pero en consenso con los diferentes actores.

Existen muchas similitudes en el modelo de prevención y combate de incendios entre España y Chile. Además, una tradición de cooperación en el avance del conocimiento sobre usos de tecnología y asignación de recursos en su planificación. La potencial adaptación de estos protocolos de acción temprana al caso chileno sería posible debido a la condición mediterránea y a la similitud en el uso de la tierra.

En una primera instancia, el protocolo considera la evaluación preliminar de los impactos ecológicos mediante la determinación de la vulnerabilidad potencial de los sitios afectados por el fuego. Se basa en la información cartográfica del riesgo de erosión potencial y de la regeneración esperable de la vegetación en el sitio incendiado. En esta etapa, se pueden usar imágenes satelitales multiespectrales que permiten generar un diagnóstico rápido cuando las superficies son extensas. En los incendios de 2017, se realizaron diversos trabajos de diagnóstico mediante el uso de imágenes satelitales. Como ejemplo de caso para esta etapa, presentamos la metodología utilizada en el secano de la Región de O'Higgins (ver Caso en pág. 10).

Posteriormente, se plantea la realización de un diagnóstico de emergencia, para lo cual se complementa la información recopilada en la fase anterior con índices de severidad de incendios, información sobre la fisiografía y climatología de los sitios incendiados, así como información de las comunidades vegetales. Asimismo, es importante considerar la recurrencia de incendios, los reportes previos, como los partes de incendios o informes de extinción. En esta etapa, es necesario tener identificadas las distintas fuentes de información requerida.

Finalmente, se determinan unidades ambientales de requerimientos homogéneas, sobre las cuales se realizará una prospección en terreno, con el fin de hacer un diagnóstico detallado del impacto del incendio y priorizar las zonas más afectadas que requieren de algún tratamiento de estabilización. Esta etapa ya requiere asignación de recursos específicos para diagnóstico de campo.

Acciones y prácticas de emergencia post-incendio para la recuperación de vegetación

La urgencia de las acciones tempranas tienen su justificación en la resiliencia de cada ecosistema, ya que si este umbral es superado, el gasto en recuperación sería muy alto, haciéndose inviable cualquier medida a mediano plazo (Alloza et al., 2014; Vallejo et al., 2012b). Una vez realizado el plan, se determina la urgencia de estabilización del sistema productivo o natural afectado, principalmente en zonas de pendiente donde hay que proteger los suelos de la degradación en las laderas, así como gestionar la madera quemada para prevenir futuros incendios. En zonas definidas como prioritarias, se deben aplicar medidas que aumenten la cubierta vegetal para el control de la erosión, la reducción de la pérdida de materia orgánica del suelo, el arrastre de elementos inestables (troncos) y sedimentos que pueden generar subidas de cursos de agua.

En zonas rurales afectadas por incendios, los propietarios normalmente se hacen cargo de las primeras acciones en sus predios, como la remoción de escombros y madera quemada. La remoción o reutilización de este elemento dependerá de las condiciones en las cuales esté después del incendio y de los riesgos fitosanitarios asociados a la vegetación afectada. Es común que posterior a un incendio se extraiga el material vegetal, para ser aprovechado como madera o como leña. Esto puede perjudicar la recuperación de los ecosistemas, debido a que la extracción de las bases de los troncos impediría la regeneración vegetativa de las especies que podrían actuar como pioneras (Fernández et al., 2010). Adicionalmente, la extracción de la madera quemada, especialmente en zonas con pendientes y suelos descubiertos vulnerables, puede incrementar el riesgo de erosión aún más que la misma explotación forestal, debido a la sensibilidad que presenta la capa de cenizas y la desprotección del suelo ante el uso de maquinaria (Vallejo et al., 2012a). Dado lo anterior, se puede identificar que en sitios de alta vulnerabilidad donde no existan otras consideraciones que justifiquen la gestión de la madera, no es recomendable realizar tratamientos de extracción.

Por el contrario, si la madera quemada presenta riesgo de plagas o de afecciones a personas o infraestructuras, es preferible el uso de técnicas de menor impacto y retrasar la extracción de modo de reducir el daño potencial de sitios incendiados (Alloza et al., 2014).

Las medidas de acción temprana deben considerar criterios de eficiencia, en términos de costos económicos y esfuerzos logísticos (Vega, 2016). Algunas de las prácticas de emergencia aplicadas en distintos protocolos se describen a continuación:

- Siembras inmediatas con especies herbáceas de ciclo corto en laderas y taludes, principalmente donde previo al incendio ya existía una alta cobertura de especies germinativas. Esto puede ir acompañado de fertilización para mejorar el crecimiento inicial.
- Control de escorrentía mediante trituración de residuos de madera quemada sin potencial de recuperación y uso de paja de cereal. Permite un aumento en la infiltración, dificultando a su vez el flujo por escorrentía. Su aplicación puede ser en seco o por hidromulch (mezcla de material vegetal, como residuos de madera y paja, en un medio acuoso), considerando principalmente paja de cereal y material vegetal quemado y triturado disponible a nivel local.
- Barreras de troncos o apilamiento de ramas y troncos (fajas), ubicadas de forma escalonada en las laderas de cerro. Permiten reducir la escorrentía y el transporte de sedimentos, fomentando el depósito de estos en las mismas barreras y favoreciendo la infiltración de agua. Este tipo de tratamiento no mantiene el suelo en su posición original en la ladera, pero sí evita que se lave y contaminen los cuerpos de agua.
- La exclusión de pastoreos y fauna salvaje, corrección de cárcavas, tierra o piedras, rehabilitación de pastizales y programas de mejora de suelos para mejorar la productividad (escarificado de costras físicas), entre otras.

Finalmente, es necesario un proceso de monitoreo de las medidas de estabilización y rehabilitación, de modo de poder evaluar su idoneidad en los sitios específicos de ocurrencia de incendios, determinando de este modo su eficacia, con la intención de validarlos y refinarlos (Vega, 2016). Adicionalmente, Fernández et al. (2010) plantea que el diseño del plan de monitoreo debe permitir que este sea simple, estandarizado, replicable y de bajo costo.

Bases para la implementación de un programa post-incendio en Chile

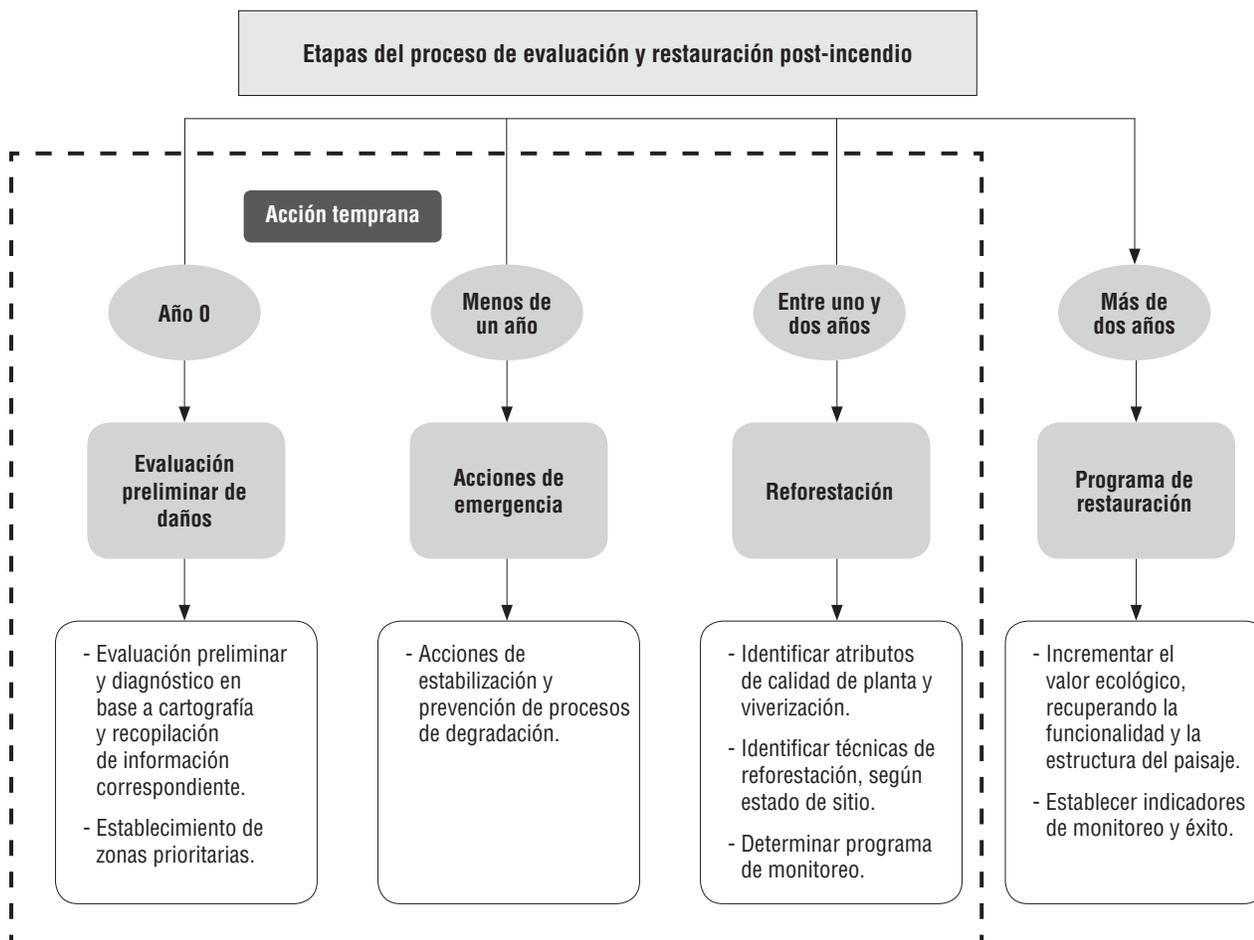
El desarrollo de política pública y el diseño de herramientas de acción post-incendio deben responder a la estructura y funcionalidad de las áreas degradadas. Los programas de acción inmediata requieren ir acompañados de programas de reforestación y de recuperación de suelos, que incorporen el uso histórico de la tierra y el valor ecológico de las zonas afectadas. Las acciones de restauración necesitan considerar los riesgos ecológicos y sociales asociados a la ocurrencia de futuros incendios y su efectividad debe ser monitoreada en el tiempo. Tomando como base la experiencia española, en la Figura 1 se propone un modelo general de evaluación y restauración post-incendio para la zona central de Chile. Este esquema incorpora las distintas etapas de evaluación y

emergencia del primer año y las actividades de restauración y monitoreo que deberían ser incorporadas en el desarrollo de cualquier plan de evaluación.

Los incendios forestales ocurridos en el año 2017 demostraron la necesidad de tener un sistema coordinado que logre diagnosticar y generar recomendaciones en función de la vulnerabilidad de las zonas afectadas y proponer acciones post-incendios, que involucre a los actores locales y considere recursos disponibles. Hoy esta información se encuentra disgregada en distintas instituciones (como la CONAF, el Centro de Información de Recursos Naturales, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Medio Ambiente), sin un trabajo organizado que permita recomendar acciones efectivas y asignar recursos, según el nivel de urgencia de una comunidad.

Hoy, la CONAF maneja la mayoría de la información

Figura 1: **Etapas de acción temprana post-incendios para zonas con clima de tipo mediterráneo en Chile**



Fuente: adaptado de Alloza et al., 2014.

sobre incendios forestales en el país, y como punto focal puede desarrollar sinergias con otras instituciones gubernamentales, con el sector privado y la comunidad local, especialmente por su despliegue territorial, con sedes provinciales y regionales a lo largo de todo Chile. Además, puede participar y promover otras iniciativas internacionales como el programa de Reducción de las Emisiones de la Deforestación y la Degradación de bosques (REDD+) y Neutralidad en la Degradación de la Tierra (NDT). La CONAF debería entregar información para el diagnóstico de los sitios más vulnerables y que requieran acciones de estabilización y restauración, así como también organizar y entregar las pautas técnicas que recojan el conocimiento existente sobre el comportamiento de los distintos sistemas forestales y agrícolas afectados para reforestar y restaurar. Sin embargo, sus atribuciones son limitadas al momento de tomar acciones específicas en zonas preferentemente agrícolas. En este sentido, tendría que existir un trabajo coordinado con el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) para focalizar los recursos del programa de recuperación de suelos degradados y los incentivos a la forestación gestionados por la CONAF.

Mesas locales de acción post-incendio

Una vez que se tiene la información de base y una visión central en cuanto a la recuperación de las zonas afectadas por incendios, se requiere implementar un mecanismo de trabajo y acción activo, que involucre a todos los actores y que defina distintas etapas de trabajo (Figura 1). Tomando como ejemplo la experiencia en España y considerando la realidad de Chile, se proponen mesas simples de evaluación y creación de propuestas que puedan ser convocadas por los encargados de incendios de la CONAF a nivel provincial, el SAG o el INDAP, y que incluyan a los propietarios directamente afectados, organizaciones no gubernamentales o agrupaciones regionales, autoridades comunales de planificación y eventualmente a la academia (como universidad o grupo de investigación local). Un factor importante es que todos los actores tengan el mismo nivel de opinión y participación. Las mesas se deben constituir de forma inmediata después del incendio y trabajarán en forma reducida y organizada. Los miembros de la mesa no deben perder de vista que tienen como objetivo identificar las zonas que requieren actuación a corto y mediano plazo y definir esas actuaciones.

La mesa reúne un listado de requisitos en función de los distintos intereses de los afectados, contrastado con tra-

bajos y evaluación de terreno. Esta evaluación de campo debe ser ejecutada por un ente técnico de diagnóstico que identifica riesgos, daños y las técnicas post-incendios aplicables a cada sitio. La validación de las solicitudes de la mesa es otorgada por el nivel de representatividad de los distintos actores involucrados y sus soluciones deben identificar programas de apoyo existentes a la conservación de suelos o reforestación. Al identificarse acciones previamente consideradas como las presentadas en este documento, se puede estructurar un presupuesto financiable a través de fuentes públicas para terrenos fiscales, pequeños propietarios o privados. El coordinador de la mesa tendrá que contrastar las solicitudes y el informe técnico, y determinar las fuentes y asignaciones de recursos disponibles. Si no existieran, tendrá la capacidad de conectarse con las autoridades centrales para presentar el plan.

Reflexiones finales

Los grandes incendios ocurridos en el año 2017 dejaron una serie de lecciones en cuanto a cómo organizar recursos y atender las distintas necesidades de las zonas afectadas. La dispersión e intensidad de los incendios generaron daños incalculables a los sistemas productivos y naturales de la zona central de Chile y demostraron lo difícil que resulta coordinar medidas de acción inmediata para proteger a la comunidad y a los ecosistemas afectados. La escasez de recursos, para apoyar la recuperación de los sistemas agrícolas y forestales incendiados, y la falta de una rápida definición de procedimientos claros de cómo intervenirlos ponen en riesgo el patrimonio agrícola y natural del país. Los impactos inmediatos de los incendios sobre el suelo, su vegetación y los sistemas productivos en la zona de clima mediterráneo de Chile pueden ser irreversibles. Por lo mismo, la estabilización inmediata en zonas frágiles es crítica para asegurar su recuperación en el mediano y largo plazo.

En el año 2018, los ministerios de Agricultura y Medio Ambiente comenzaron el desarrollo de las bases de un plan nacional de restauración a escala de paisaje. Este, que se encuentra en una etapa de diseño y que debería ser presentado a fines del año 2019 al Consejo de Ministros, tiene como objetivos la recuperación de sistemas dañados y mejorar las condiciones socioeconómicas de los actores locales afectados por la degradación de los sistemas productivos. Además, debería abordar los procesos de diagnóstico de las distintas zonas de Chile y disponer de recursos permanentes que permitan proteger lo que ha sido afectado. En la actualidad, dentro de la institucionalidad gubernamental, no se identifican ac-

tores con asignación de recursos directos, para evaluar los impactos socioecológicos que generan los incendios forestales, ni que cuenten con las herramientas que permitan promover e implementar un conjunto de acciones que protejan los sistemas naturales y productivos. A nivel regional o comunal, la organización y coordinación de actores afectados es débil y los acuerdos logrados son de difícil implementación y seguimiento. Si bien es cierto que después de los incendios de 2017 se establecieron programas de recuperación de zonas productivas, estos se focalizaron en zonas puntuales y resulta compleja su extrapolación a otras áreas afectadas. Así, es urgente poner en marcha un mecanismo de acción local como el propuesto en este documento, que sea ejecutable y rápido para poder priorizar los escasos recursos existentes.

Las propuestas de restauración deben incorporar el hecho de que los sistemas agrícolas y forestales de la zona central seguirán siendo afectados por incendios, por lo cual se deben definir áreas prioritarias y acciones tempranas, considerando la capacidad de resiliencia de la vegetación remanente. En este contexto, es importante avanzar en ordenar el territorio y establecer mecanismos dentro de los programas existentes en la bonificación y recuperación de suelos degradados similares a los que maneja el SAG o el INDAP, para detener la degradación de los ecosistemas afectados por distintos factores de origen antrópico, entre ellos los incendios forestales.

Por otro lado, los incendios no solo afectan la biodiversidad, sino que también tienen profundos efectos en las comunidades que dependen de los recursos forestales madereros y no madereros. Es imprescindible informar a la comunidad de las actividades propuestas y los efectos positivos que están tendrán y cómo su participación puede asegurar la sostenibilidad de los proyectos en el tiempo.

Referencias

- Alloza, J., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, V.R., Rojo, L. & Martínez, A., 2014. *Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Altamirano, A., Salas, C., Yaitul, V., et al., 2013. Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la ocurrencia de incendios forestales en Chile Central. *Rev Geogr Norte Gd*, 55, pp. 157-170.
- Brushlinsky, N., Ahrnens, M., Sokolov, S. & Wagner, I.P., 2017. *World fire statistics*.
- Bowman, D., Williamson, G., Abatzoglou, J., Kolden, C., Cochrane, M. & Smith, A., 2016. Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature*, 532, pp. 1-6.
- Buzeta, C., 2017. Análisis del índice DNBR en distintos tipos de vegetación presente en áreas afectadas por incendios del 2017 en la Región de O'Higgins. Tesis título Ing. Agrónoma. Pontificia Universidad de Chile
- CASEN, 2013. *Tasas de pobreza regionales CASEN 2013*. <https://www.bcn.cl/siit/actualidad-territorial/tasas-de-pobreza-regionales-casen-2013>. Acceso 4 de enero, 2018.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF), 2017. Análisis de la afectación y severidad de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. Santiago, Chile.
- Crossman, N.D., Bryan, B.A., 2009. Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing landscape multifunctionality. *Ecol. Econ.*, 68, pp. 654-668.
- De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, P., Ruiz, V. & Quense, J., 2018. Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of the total environment*, 637-638, pp. 1526-1536.
- Fernández, I. & Morales, N., 2016. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. *Restor Ecol*, 24, pp. 599-608.
- Fernández, J., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M. & Montenegro, G., 2010. *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Santiago, Chile.
- Ferreira, A.D., Coelho, C., Ritsema, A., Boulet, A., Keizer, J., 2008. Soil and water degradation processes in burnt areas: lessons learned from a nested approach. *Catena*, 74, pp. 273-285.
- Holz, A., Kitzberger, T., Paritsis, J. & Veblen, T.T., 2012. Ecological and climatic controls of modern wildfire activity patterns across southwestern South America. *Ecosphere*, 3(11), p. 103.
- Jolly, M., Cochrane, M., Freeborn, P., Holden, Z., Brown, T., Williamson, J. & Bowman, D., 2015. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature communication*, 6.
- Laurenti, S., 2017. *Chile y la «Tormenta de Fuego»*. Subsecretaría del Interior. Recuperado de <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/64>
- Neary, D., Klopatek, C., De Bano, L., Ftolliott, P., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and management*, 122, 51-71.
- Nunes M.C.S., Vasconcelos M.J., Pereira J.C., Dasgupta N., Alldredge R.J. & Rego F.C., 2005. Land cover type and fire in Portugal: do fires burn land cover selectively? *Landscape Ecol*, 20(6), 661-673.

- Pausas, J. & Paula, S.**, 2012. Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global ecology and biogeography*, 21(11), pp. 1074-1082.
- Robichaud, P.R., Lewis, S.A., Brown, R.E. & Ashmun, L.E.**, 2009. Emergency Post-fire Rehabilitation Treatment Effects on Burned Area Ecology and Long-term Restoration. *Fire Ecol.* 5, pp. 115-128. doi:10.4996/fireecology.0501115
- Salis, M., Ager, A., Finney, M., Arca, B., Spano, D.**, 2014. Analyzing spatiotemporal changes in wildfire regime and exposure across a Mediterranean fire-prone area. *Nat. Hazards*, 71(3), pp. 1389-1418.
- San Miguel Ayanz, J., Moreno, J.M. & Camia, A.**, 2013. Analysis of large fires in European Mediterranean landscape: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, pp. 11-22.
- SER**, 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration Versión 2. <http://www.ser.org> Acceso 20 de octubre, 2009
- Shakesby, R.A.**, 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. *Earth Sci. Rev.*, 105, pp. 71-100.
- Silva, J.S., Moreira, F., Vaz, P., Catry, F., & Godinho-Ferreira, P.**, 2009. Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 143(3), 597-608.
- Stephenson, C., Handmer, J., Betts, R.**, 2013. Estimating the economic, social and environmental impacts of wildfires in Australia. *Journal Environmental hazards*, 12, pp. 93-111.
- Thomas, D.S., Butry, D.T., Gilbert, S.W., Webb, D.H., & Fung, J.F.** 2017. The Costs and Losses of Wildfires|NIST. Special Publication (NIST SP) - 1215. Recuperado de <https://www.nist.gov/publications/costs-and-losses-wildfires>
- Valderrama, L., Contreras-Reyes, J., Carrasco, R.**, 2018. Ecological impact of forest fires and subsequent restoration in Chile. *Resources*, 7, p. 26.
- Urrutia-Jalabert, R., González, M.E., González-Reyes, A., Lara, A. & Garreaud, R.**, 2018. Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4):e02171. 10.1002/ecs2.2171
- Vallejo, V., Arianoutsou, M. & Moreira, F.**, 2012a. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forest. Managing Forest Ecosystems.* doi:10.1007/978-94-007-2208-8
- Vallejo, V.R., Allen, E.B., Aronson, J., Pausas, J.G., Cortina, J. & Gutiérrez, J.R.**, 2012b. Restoration of Mediterranean - Type Woodlands and Shrublands. *Restoration Ecology: The new Frontier* (pp. 130–144). Blackwell Publishing Ltd.
- Vega, J.A.**, 2016. Prioridades de restauración de áreas forestales quemadas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 180, pp. 155-180.
- Vogler, K., Ager, A., Day, M., Jennings, M., Bailey, J.**, 2015. Prioritization of forest restoration projects: Tradeoffs between wildfire protection, ecological restoration and economic objectives. *Forests*, 6, pp. 4403-4420.

CÓMO CITAR ESTA PUBLICACIÓN:

Arellano, E., Morales, N., Gilabert, H., Gaxiola, A., y Miranda, M., 2018. Acción temprana post-incendio en Chile: herramientas para definir objetivos de restauración de zonas incendiadas. *Temas de la Agenda Pública*, 13(109), 1-11.

CASO

Etapas 0: Herramientas para la evaluación de comunas del secano costero de la Región de O'Higgins (Buzeta, 2017)

Una de las etapas críticas de evaluación temprana post-incendio es la generación de un diagnóstico de la condición de terreno y de los efectos del evento sobre la vegetación. Esta información es fundamental para obtener zonas prioritarias de estabilización (Etapas 0, en Figura 1). En este caso, se presenta la evaluación de las zonas incendiadas en el secano costero de la Región de O'Higgins. Los resultados de esta etapa permiten identificar las zonas de riesgo y promover una serie de acciones para reducir los impactos de los incendios forestales.

A solicitud de las comunas afectadas, en este estudio se evaluó el efecto de este incendio sobre la vegetación en tres zonas de la Región de O'Higgins: (1) Incendio en la comuna de Navidad, el cual abarca una superficie de 2.804 hectáreas, (2) Incendio de las comunas Pumanque y Marchigüe, extendido en 39.398 hectáreas, y (3)

Incendio de las comunas Lolol y Paredones que abarca 20.250 hectáreas. Los sitios de estudios poseen un clima de tipo mediterráneo y se caracterizan por presentar una importante superficie cubierta por plantaciones forestales, entremezclada con áreas de bosque nativo, matorral y praderas.

La evaluación de la severidad del incendio se realizó mediante la aplicación del índice Difference Normalized Burn Ratio (dNBR), en áreas con distintos tipos de vegetación. El dNBR es un índice que mide la diferencia de la respuesta de la vegetación al estrés hídrico entre un estado pre y otro post-incendio ($dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$). Por otra parte, el estrés hídrico de la vegetación se mide utilizando el índice NBR (Normalize Burn Ratio) que relaciona la respuesta espectral de las plantas en la longitud de onda del Infrarrojo Cercano ($IR = 800-1000 \text{ nm}$) y el Infrarrojo de onda Corta ($SWI = 2000-2500 \text{ nm}$). El índice toma la siguiente expresión:

$$NBR = (IR - SWI) / (IR + SWI)$$

Los valores que arroja el índice dNBR pueden ser negativos o positivos. Valores negativos indican daño a la vegetación por efecto de los incendios, aumentando este cuando es más negativo. El cálculo de dNBR, para cada incendio, se realizó mediante el uso de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales de sensor Landsat 8.

La Figura 2 presenta la zona de estudio más afectada por los incendios. En ella se visualizan los distintos niveles del índice en una escala de menor severidad, en amarillo, a mayor severidad, en rojo.

En cuanto al análisis de la severidad de los incendios por tipo de vegetación, las pruebas realizadas comprueban que el comportamiento del índice dNBR es significativamente diferente para cada tipo existente en la zona mediterránea. De este modo, en las zonas incendiadas donde había plantaciones y bosque nativo (Figura 3 A y B), se presentan valores más altos de intensidad de incendio, debido a que la composición, extensión y continuidad de estas formaciones vegetacionales en el paisaje, favorecen su propagación. Por el contrario, los parches del tipo matorrales y praderas (Figura 3 C) presentan valores de dNBR bajos y, en algunos casos, medios. Esto puede estar causando una subestimación del daño real, ya que el índice presenta una diferencia menos pronunciada entre el antes y después del incendio, aunque este podría haber consumido gran parte de la vegetación.

Figura 2. Valores de índice dNBR del incendio Pumanque-Marchigüe

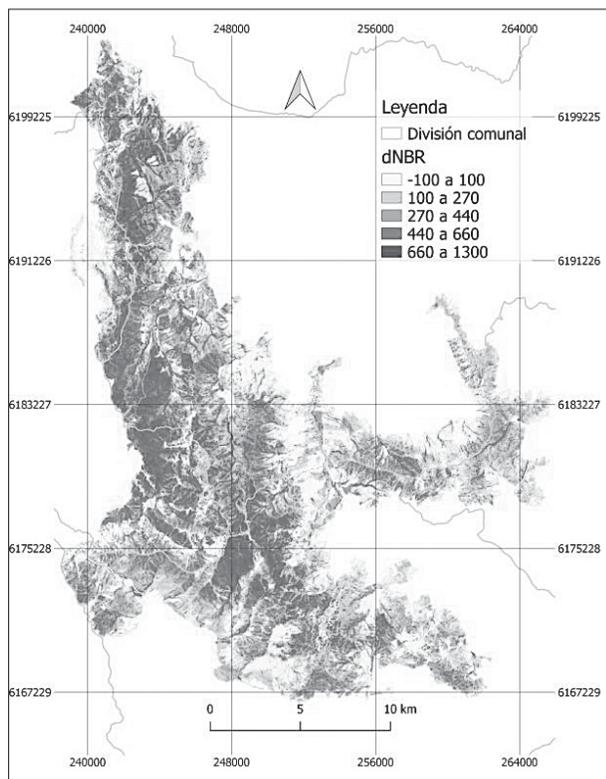
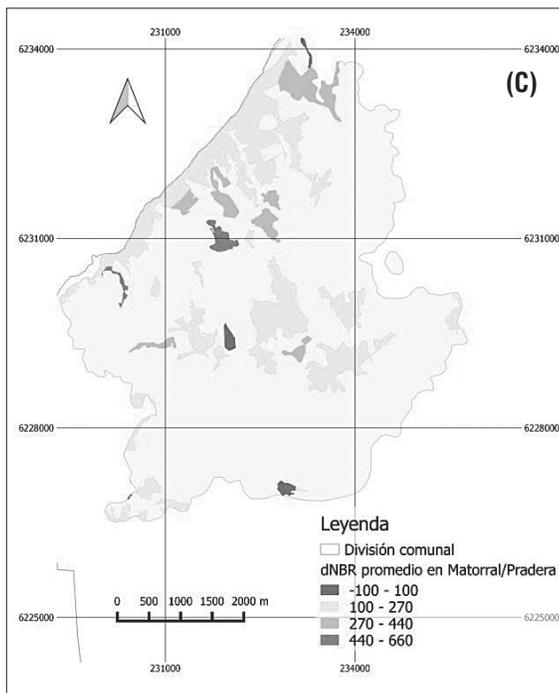
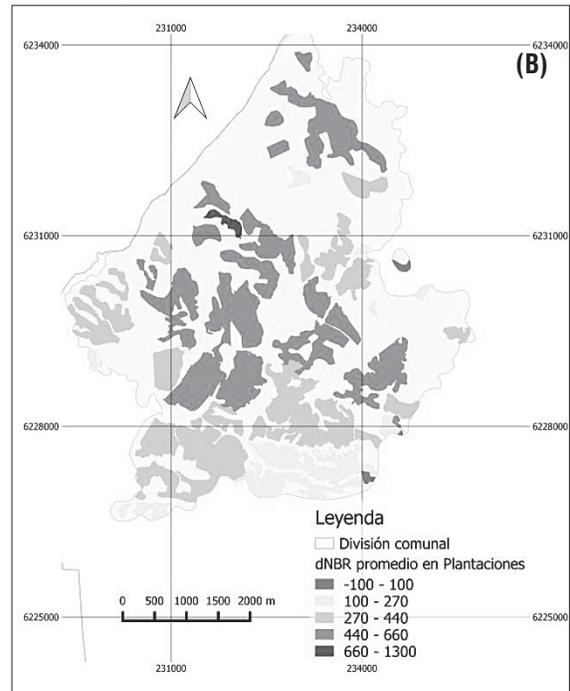
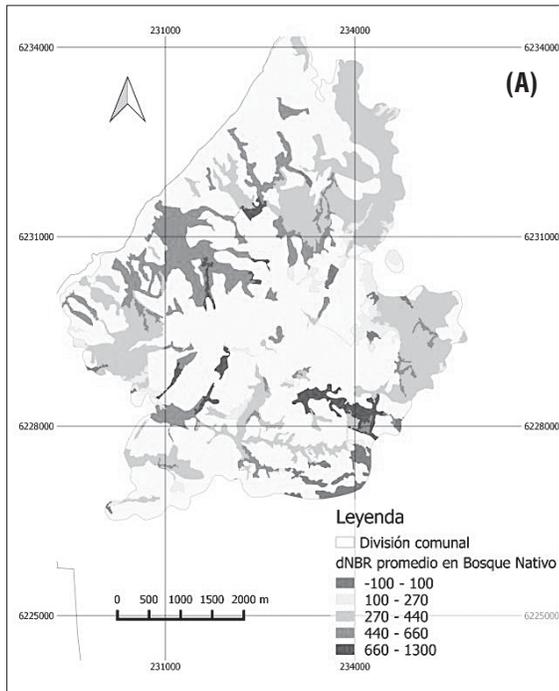


Figura 3. Valores de índice dNBR promedio en parches de (A) Bosque nativo, (B) Plantaciones forestales y (C) Matorrales y praderas del incendio de la comuna de Navidad.



La metodología implementada permite evaluar rápidamente una zona incendiada, identificándose la vegetación más afectada, siendo una herramienta útil para determinar áreas de evaluación para la implementación de medidas de estabilización. La obtención de los valores de este índice resulta útil para tener una idea del comportamiento del incendio en los lugares afectados. Los resultados obtenidos a través de este método fueron utilizados para organizar y programar las acciones de terreno.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Centro UC

Políticas Públicas

www.politicaspUBLICAS.uc.cl
politicaspUBLICAS@uc.cl

SEDE CASA CENTRAL

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 340, piso 3, Santiago.
Teléfono (56-2) 2354 6637.

SEDE LO CONTADOR

El Comendador 1916, Providencia.
Teléfono (56-2) 2354 5658.

CENTRO DE POLÍTICAS PÚBLICAS UC

- Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal • Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
- Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas • Facultad de Ciencias Sociales • Facultad de Derecho • Facultad de Educación
- Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política • Facultad de Ingeniería • Facultad de Medicina