

La Explotación Forestal Puede Aumentar la Gravedad de los Incendios Forestales Subsiguientes¹

Carter Stone,² Andrew Hudak,³ Penelope Morgan⁴

Resumen

El USDA Forest Service está pasando de una estrategia de gestión de la tierra orientada hacia la extracción de madera a otra orientada hacia el mantenimiento en buenas condiciones de las tierras pobladas de árboles. La Iniciativa de Bosques Sanos (Healthy Forest Initiative) favorece la idea de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible a gran escala como un medio eficaz para mitigar condiciones peligrosas de la materia combustible y, por extensión, del riesgo de incendio. La mitigación de las materias combustibles tiene carácter proactivo, mientras que la extinción de incendios tiene carácter reactivo y es cara. Los costes asociados con la extinción de grandes incendios incontrolados, como los que se producen en el oeste de Estados Unidos con regularidad anual, son astronómicos y siempre superan los presupuestos de extinción de incendios. No es difícil demostrar que el tratamiento de las materias combustibles forestales es más económico que la extinción de incendios forestales en tierras no tratadas. Además, la despoblación forestal es potencialmente rentable o al menos permite recuperar el coste de la despoblación y puede también proporcionar condiciones más seguras a los que viven en las zonas de la interfaz bosque/ciudad. Las prácticas de despoblación facilitan también los esfuerzos de lucha contra incendios en tierras incultas para vigilar y controlar futuros incidentes de incendio, así como para aplicar procedimientos de gestión de la salud de los bosques por agencias forestales estatales y federales. Sin embargo, la despoblación forestal y otras estrategias de tratamiento de las materias combustibles pueden adoptar diversas formas, algunas de las cuales pueden producir más perjuicios que beneficios cuando se consideran con otros factores que tienen influencia sobre el comportamiento de los incendios incontrolados, como las condiciones meteorológicas y el terreno. Un ejemplo de este problema se pudo ver en Montana durante los incendios de 2003. En el complejo incendio de Cooney Ridge, una línea divisoria de aguas en la que se había talado gran cantidad de árboles de forma homogénea ardió grave y uniformemente debido a los árboles talados que permanecían en el suelo (que habían alcanzado un bajo contenido de humedad después de la retirada del follaje) y condiciones meteorológicas muy desfavorables (baja humedad relativa y fuertes vientos pendiente arriba). Esto contrastó con un mosaico de grados de gravedad del incendio en una línea divisoria de aguas adyacente con mayores cargas de combustible pero con mayor heterogeneidad de la distribución de la materia combustible al nivel del bosque y al nivel del terreno. La explotación forestal no se

¹ Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

² Analista de GIS, University of Idaho Department of Forest Resources, Moscow, ID, EE.UU.

³ Guardabosques de investigación, USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, Moscow, ID, EE.UU.

⁴ Profesora, University of Idaho Department of Forest Resources, Moscow, ID, EE.UU.

traduce de forma sencilla en una reducción del riesgo de incendio. Dada la naturaleza estocástica de los incendios y las condiciones meteorológicas y la complejidad del terreno de la mayoría de las tierras boscosas del oeste de Estados Unidos, la aplicación de diversas operaciones de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible con el objetivo de mantener un mosaico de hábitats forestales diversos, constituye también una estrategia sensata de mitigación del riesgo de incendios.

Introducción

En las últimas décadas, los incendios han quemado una superficie cada vez mayor del oeste de Estados Unidos. Los numerosos e importantes incendios ocurridos en el oeste de Estados Unidos se han atribuido a diversas causas como extinción eficaz de los incendios que ha permitido la acumulación de materias combustibles, uso de la tierra incluida la explotación forestal que ha eliminado los árboles más grandes pero no siempre ha despoblado los árboles más pequeños que permanecen y cambio climático (Morgan y otros, 2003). En algunos tipos de bosques más secos, como los ecosistemas de pinos ponderosa semiáridos, la densidad de árboles excede con mucho las normas históricas y esto puede alimentar de forma inusual intensos incendios (Covington y otros, 2000). Sin embargo, en otros lugares, muchos bosques como los bosques subalpinos a gran altitud, contienen naturalmente abundantes materias combustibles de la superficie y del follaje. Esas zonas, la norma histórica ha sido incendios intensos y graves. El número en aumento de personas que viven en bosques y zonas de matorrales y los utilizan ha hecho que aumenten considerablemente las probabilidades de que se declaren incendios y el grado en que amenazan los incendios a las personas y sus propiedades cuando se producen incendios incontrolados. Abundan ahora densos bosquecillos de árboles más jóvenes y las comunidades humanas y ecológicas son cada vez más vulnerables a destructivos incendios de copas de árboles. Se ha producido un consenso sobre la urgencia de restablecer condiciones más naturales para estos bosques (Allen y otros, 2002). A los grandes y graves incendios corresponde la mayoría de la superficie total quemada a lo largo del tiempo (Strauss y otros, 1989), así como las amenazas a personas y propiedades (Macilwain 1994).

Estados Unidos ha respondido al coste y extensión en aumento de los grandes incendios en el oeste con medidas como el National Fire Plan (<http://www.fireplan.gov/content/home/>) en 2000 y más recientemente The Healthy Forest Initiative (<http://www.whitehouse.gov/infocus/healthyforests/>). Tanto el National Fire Plan como la Healthy Forest Initiative buscan una reducción del peligro de incendio mediante una gestión activa de las materias combustibles mediante explotación forestal y quema obligada. Los esfuerzos están pensados para complementar la extinción de incendios continuada, la ayuda a comunidades locales y la rehabilitación. Ambos esfuerzos descansan en las recientes preocupaciones sobre la salud en declive de los bosques en el oeste de Estados Unidos como resultado de la exclusión de incendios, cambio del uso de la tierra y cambio climático. El anterior énfasis en gestión de incendios ha estado centrado en la extinción de incendios incontrolados y en incendios obligados para reducir las materias combustibles peligrosas después de la explotación forestal y en mejorar el hábitat de la fauna. Por otra parte, los incendios producidos por rayos se han dejado arder en zonas despobladas para restablecer el proceso natural durante más de 30 años. Sólo hace cinco o seis años que se están utilizando ampliamente en la gestión de incendios las quemaduras obligadas y los tratamientos mecánicos de las materias combustibles para

reducir la acumulación peligrosa de estas materias en zonas no despobladas (Long, 2003). El grado en el cual los tratamientos mecánicos como la despoblación reducirán la intensidad y gravedad de los incendios con posterioridad es objeto de un vivo debate (Morrison y otros, 2000). Existen relativamente pocos estudios y la mayoría de ellos están centrados en bosques secos.

Gravedad de la quema

La gravedad de la quema define ampliamente como el grado de cambio en el ecosistema inducido por el incendio (Ryan y Noste, 1985). Incendios graves son aquellos que dan por resultado grandes cambios ecológicos (Rowe, 1983, Ryan y Noste, 1985, Moreno y Oeschel, 1989, Schimmel y Granstrom, 1996, De Bano y otros, 1998, Ryan, 2002). En comparación con incendios de poca gravedad, la recuperación de la vegetación es más lenta, los ciclos de los nutrientes se alteran más, las especies invasivas son más abundantes, la mortalidad de los árboles mayor y es más probable que se produzca erosión del suelo después de incendios graves. La gravedad de la quema abarca los efectos del incendio sobre la vegetación y la superficie del suelo (Ryan, 2002, Ryan y Noste, 1985, Key y Benson, 2001).

La gravedad de la quema se marca normalmente en un mapa a partir de datos detectados remotamente, para evaluar los efectos ecológicos y el grado necesario de rehabilitación después del incendio para reducir la erosión del suelo y acelerar la recuperación de la vegetación (Parsons y Olemann, 2002). El US Forest Service (USFS) y otros organismos de gestión de la tierra utilizan herramientas de detección remota en un esfuerzo por gestionar con eficiencia y eficacia ecosistemas adaptados a incendios. Los datos del perímetro del incendio para esta ponencia provienen de los Incident Command Geographic Information Systems (GIS) durante el incendio e inmediatamente después del mismo. Cinco clases de gravedad proceden de una clasificación por reflectancia de la superficie quemada (Burned Area Reflectance Classification - BARC) proporcionada por el Remote Sensing Applications Center (RSAC) del USFS.

Incendio de Cooney Ridge

Cooney Ridge es uno de los varios casos de incendios incontrolados ocurridos durante la temporada de actividad de incendios de 2003 en el oeste de Montana (figura 1). Una prolongada sequía de cuatro años precedió a un verano muy seco y el tiempo a finales de agosto era cálido, seco y ventoso. El 8 de agosto de 2003 un rayo inició un incendio en Cooney Ridge, situado aproximadamente 18 millas al este de Missoula, Montana (figura 2). A pesar de los intensos esfuerzos por extinguir el incendio (www.fs.fed.us/r1/fire/2003fires), el de Cooney Ridge quemó 8.589 ha antes de ser contenido el 15 de octubre de 2003. Muchas personas que vivían en pequeños pueblos y en casas dispersas en valles cercanos temieron la propagación del incendio hasta sus hogares. El incendio amenazó las líneas de transmisión de energía eléctrica que dan servicio al este de Washington, norte de Idaho y oeste de Montana. Un arroyo de pesca de truchas famoso en todo mundo, Rock Creek, situado hacia el este (y a sotavento) del incendio, fue otro recurso que los bomberos trataron de proteger.

Sesión 6A—La explotación forestal aumenta la gravedad de los incendios—Stone, Hudak, Morgan



Figura 1 — Foto aérea del incendio de Cooney Ridge.



Figura 2—Situación del incendio de Cooney Ridge .

El perímetro del incendio de Cooney Ridge (figura 3) incluye tierras públicas (54%) y privadas (46%). La mayoría de las tierras públicas están bajo la gestión del USFS para usos múltiples que incluyen extracción de madera, fines recreativos y hábitat de fauna mientras que sólo 177 ha (4%) están bajo la gestión del Montana Department of Fish and Game. La tierra privada es en su mayoría bosque industrial perteneciente a Plum Creek Timber Company, mientras que sólo 48 ha (1%) son propiedad de particulares.

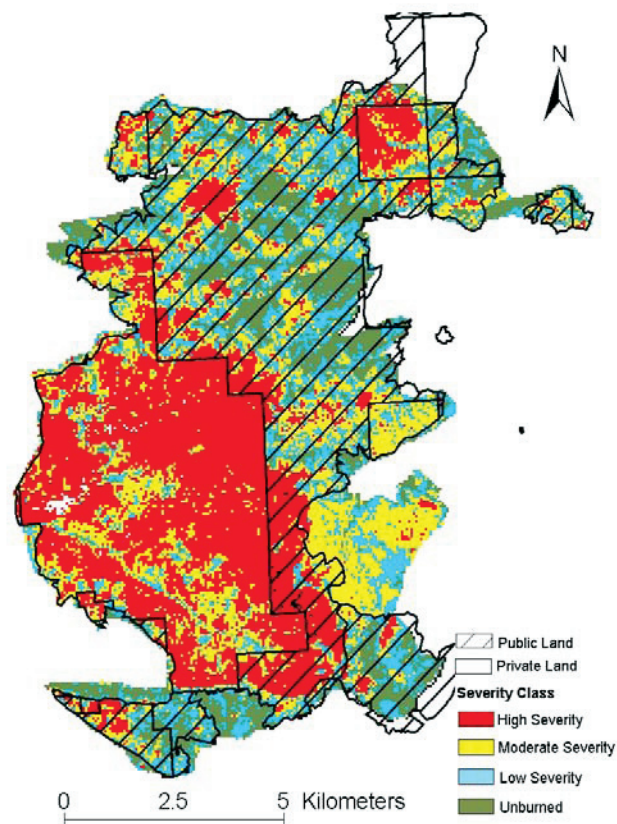


Fig. 3. Burned Area Remote Classification (BARC) Map

Figura 3. Mapa de clasificación remota de la superficie quemada (BARC)

Resultados

En conjunto, ardió el 88% de la superficie dentro del perímetro final del incendio. Ardió más del 98% de las tierras privadas, mientras que de las tierras públicas ardió el 79%. Las zonas que contienen la mayor parte de la vegetación sin quemar se encuentran en la parte de tierras públicas (tabla 1).

Tabla 1 - Superficie quemada en tierras públicas y privadas en el incendio de Cooney Ridge, Montana, EE.UU., de 2003

Clase	Ha privadas	Porcentaje (%)	Ha públicas	Porcentaje (%)
Sin quemar	83	2	984	21
Quemadas	3899	98	3622	79
<i>Baja</i>	228	6	1347	29
<i>Moderada</i>	1704	43	1594	35
<i>Alta</i>	1967	49	681	15
Total	3982	100%	4607	100%

Ardieron intensamente muchas más tierras privadas que tierras públicas (figura 4). Es sabido que zonas sometidas a intensa explotación forestal y plantaciones de árboles han ardido más extensamente que bosques intactos (Brown, 2002). Gran parte de las tierras privadas dentro del perímetro del incendio se habían explotado recientemente con gran intensidad para extracción de madera y no con objeto de reducir el peligro de incendio.

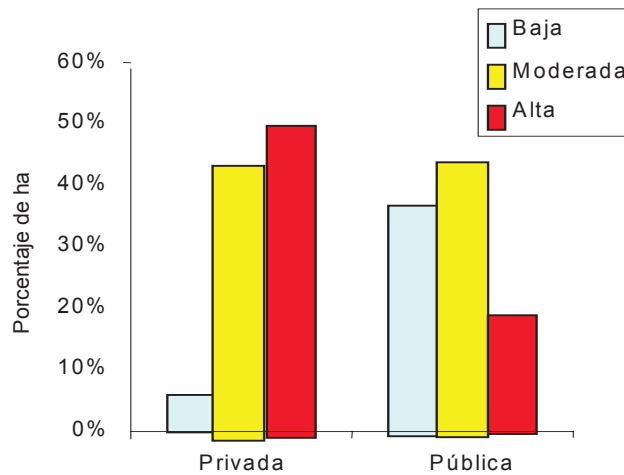


Figura 4— Porcentaje de superficie quemada en el incendio de Cooney Ridge por tipo de propiedad. Cada columna representa las clases de gravedad de la quema ilustradas en la figura 3.

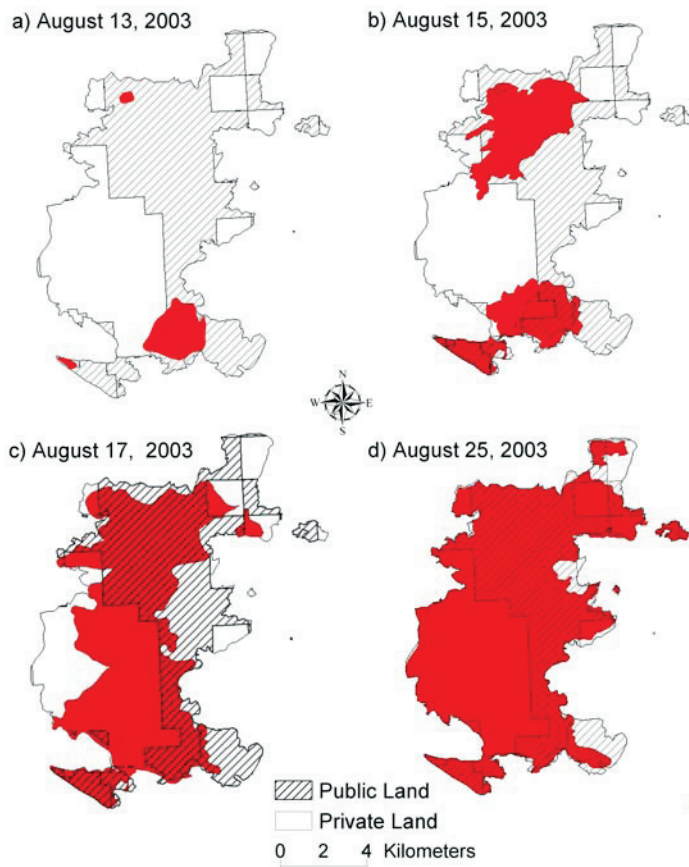


Fig. 5. Cooney Rige Fire Progression by date.

Figura 5— *Progresión del incendio de Cooney Ridge por fechas* Los mapas diarios del perímetro del incendio mostraron que la mayor propagación del incendio en Cooney Ridge se produjo entre el 13 de agosto y el 17 de agosto (figura 5). La superficie quemada durante este tiempo, y a lo largo de todo el incendio de Cooney Ridge, estuvo bastante igualada entre tierras públicas y privadas (figura 6).

Discusión

Las tierras privadas de esta zona fueron explotadas recientemente con talas de grandes claros. En el incendio de Cooney Ridge, ardieron la vegetación restante y los residuos de la tala. Se había explotado forestalmente poco tiempo antes una proporción mucho menor de tierras públicas. La tala de claros en tierras privadas fue mucho más pequeña, reflejando las limitaciones en el tamaño de las talas de claros y otras unidades de explotación forestal en tierras públicas. El USFS gestiona las tierras federales para múltiples usos además de la producción de madera: hábitat de la fauna, fines recreativos y protección de la calidad del agua. Puesto que la oferta de madera procedente de tierras federales ha estado cayendo a lo largo de las tres últimas décadas, las tasas de explotación forestal en bosques maderables privados han aumentado para satisfacer la demanda.

Pollet y Omi (2002) mencionan que la gravedad de los incendios se refiere a los efectos de los mismos sobre el ecosistema y está directamente relacionada con la

supervivencia de la vegetación después del incendio. Sus hallazgos indican que los tratamientos de la materia combustible mitigan sin duda la gravedad de los incendios. Los tratamientos de la materia combustible ofrecen una oportunidad para la extinción efectiva de los incendios y la protección de zonas de alto valor. Siguen afirmando que la topografía y el tiempo pueden desempeñar papeles más importantes que la materia combustible en la determinación del comportamiento de los incendios. Naturalmente, la topografía y el tiempo no se pueden manipular realísticamente para reducir la gravedad de los incendios.

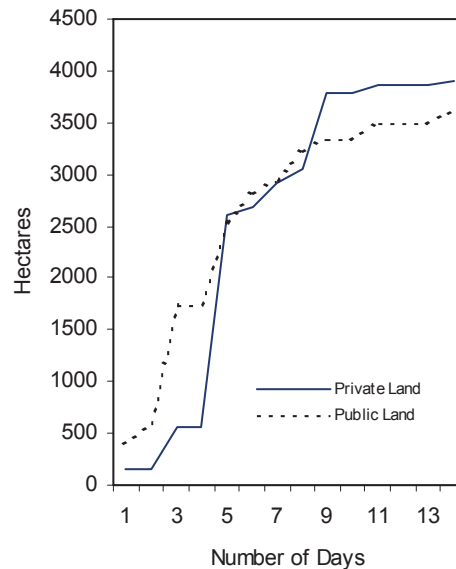


Fig. 6. Number of hectares burned per day of the Cooney Ridge Fire between the dates of August 13 to August 26, 2003.

Figura 6— Número de hectáreas quemadas por día en el incendio de Cooney Ridge entre el 13 y el 26 de agosto de 2003

El tiempo cálido, seco y ventoso dificulta los esfuerzos de extinción de los incendios, aunque haya muchas carreteras que proporcionen acceso a los equipos de bomberos. Los mapas diarios del perímetro del incendio mostraron que la mayor intensificación del incendio en Cooney Ridge se produjo entre el 13 de agosto y el 17 de agosto (figura 5). La superficie quemada durante este tiempo, y a lo largo de todo el incendio de Cooney Ridge, estuvo bastante igualada entre tierras públicas y privadas (figura 6). Aunque las condiciones locales del tiempo pueden haber sido ligeramente distintas cuando ardieron las tierras públicas y las privadas, estas trayectorias similares de la progresión del incendio sugieren más similitudes que diferencias.

La Healthy Forest Initiative fomenta la idea de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible a gran escala como un medio eficaz para mitigar condiciones peligrosas de la materia combustible. Esto está basado en la sensata hipótesis de que el tratamiento de las materias combustibles de los bosques es más económico que la extinción de incendios forestales en tierras no tratadas.

Además, la despoblación forestal es potencialmente rentable o al menos permite recuperar el coste de la despoblación y puede también proporcionar condiciones más seguras a los que viven en las zonas de la interfaz bosque/ciudad. Sin embargo, como sugiere el incendio de Cooney Ridge, la explotación forestal para obtención de madera no siempre reduce la intensidad o la gravedad de los incendios que se declaran con posterioridad. En Cooney Ridge, una gran parte de las tierras privadas en las que se habían cortado árboles para aprovechamiento de forma amplia y homogénea ardieron con un alto grado de severidad uniforme (figuras 3 y 4, tabla 1). Presumiblemente, esto fue debido a la materia combustible residual que se había secado hasta alcanzar un grado de humedad muy bajo.

El oeste de Estados Unidos constituye un entorno de incendios (Morgan y otros, 2003). Se producirán incendios en el futuro y algunos se producirán cuando el tiempo sea muy seco, cálido y ventoso. Dada esta realidad ecológica, la naturaleza estocástica de los incendios, las condiciones meteorológicas y la complejidad del terreno de la mayoría de las tierras boscosas del oeste de Estados Unidos, la aplicación de diversas operaciones de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible con el objetivo de mantener un mosaico de hábitats forestales diversos, constituye una estrategia sensata de mitigación del peligro de incendios. El conocimiento de los lugares donde los incendios tienen más probabilidades de ser graves serviría de ayuda para situar estratégicamente y diseñar tratamientos de gestión de la materia combustible en los lugares donde podrían ser más efectivos. Dichos conocimientos también serían útiles como ayuda para la extinción de incendios, mitigación de incendios y decisiones de rehabilitación después de los incendios.

La gestión de la materia combustible plantea varios problemas. En primer lugar, no existe una solución única que sea apropiada para todas las posibles condiciones en distintos ecosistemas. En segundo lugar, la despoblación tiene efectos económicos y ecológicos muy distintos dependiendo de que se talen o no grandes árboles. En tercer lugar, los efectos de la explotación forestal alcanzan a carreteras y, algunas veces, producen daños en los árboles que quedan. Por último, el coste de los tratamientos tiene que incluir el mantenimiento y la supervisión a largo plazo. Si se pueden encontrar alternativas prácticas a la quema obligada para reducir la cantidad de materias combustibles peligrosas, los gestores de los recursos podrán elegir entre más procedimientos para reducir el riesgo de incendios incontrolados perjudiciales en la interfaz urbana (Brose y Wade, 2002).

En años extremos, especialmente después de una sequía prolongada (Swetnam and Betancourt, 1990, 1998), se queman grandes extensiones en el oeste de Estados Unidos. A esos años corresponde la mayoría de la superficie quemada (Strauss y otros, 1989) y las mayores amenazas a personas y propiedades (Maciliwain 1994). Por tanto, la gestión de materias combustibles mediante explotación forestal u otros medios será menos eficaz cuando las condiciones meteorológicas sean extremas. Pollet y Omi (2002) sugieren que la financiación para la gestión de las materias combustibles se dirija a la interfaz urbana, plantaciones de árboles, líneas divisorias de aguas críticas y hábitats para especies amenazadas y en peligro.

Conclusión

Una de las lecciones más claras que nos da la historia es que siempre se han producido incendios y que se seguirán produciendo a pesar de nuestros esfuerzos

para detectarlos y extinguirlos (Morgan, 2003). En muchos ecosistemas forestales la producción de biomasa es superior a su descomposición; esta biomasa acumulada alimenta incendios cuando rayos o personas inician un incendio en tiempo cálido, seco y ventoso. Los incendios y otras perturbaciones han desempeñado importantes papeles ecológicos en estos ecosistemas, complicando así las decisiones de gestión.

Son necesarias más investigaciones para comprender la relación entre las prácticas de los propietarios y la gravedad. En el incendio de Cooney Ridge, quedaron tras el incendio islotes de vegetación sin quemar y de escasa gravedad, mientras que una parte mucho mayor de tierras privadas ardió uniformemente con alta gravedad.. Estos resultados indican que una gestión más diversificada de las tierras públicas ayudó a producir un mosaico de incendios más diverso, protegiendo así mejor estas tierras boscosas. Por comparación, la mayoría de la tierras boscosas privadas ardieron con una gravedad entre media y alta en condiciones meteorológicas probablemente similares a las existentes en las tierras públicas.

Nuestros resultados muestran, quizás contra lo que indica la intuición, que una explotación forestal intensiva puede aumentar la gravedad de los incendios subsiguientes. Los costes asociados con la extinción de incendios incontrolados superan con mucho los costes del tratamiento de la materia combustible. Dados los daños en términos de dinero y de superficie explotable, parece que las compañías madereras deberían ser las más interesadas en implantar tratamientos de despoblación y/o programas de quema obligada en lugar de talar claros. Aunque tenemos mucho que aprender sobre el estado actual de los ecosistemas forestales en las tierras forestales nacionales y sobre la eficacia de la despoblación y de la quema obligada para conseguir que estos bosques sean más sostenibles, parece claro que es necesario hacer algo para invertir la tendencia hacia la degradación. Puesto que 1) la despoblación es una forma de explotación forestal y 2) la quema obligada puede producir un humo excesivo, corre el riesgo de escape y parece contradecir décadas de desinformación sobre los males de los incendios forestales, ambas técnicas serán objeto de controversia entre algunas partes del público. Deben hacerse todos los esfuerzos posibles para aplicar estas herramientas de manera que reduzcan la posibilidad de consecuencias no pretendidas (Brown, 2002).

Cooney Ridge no es un caso único. Grandes cantidades de residuos de la explotación forestal sin tratar contribuyeron a devastadores incendios a finales del siglo XIX y en el siglo XX en bosques situados tierra adentro en la costa del Pacífico (Graham y otros, 1999). La explotación forestal no siempre tiene por resultado incendios graves; dependerá manera de hacerla y de la materia combustible que se deje detrás (Graham et al, 1997, Pollet y Omi, 2002.) La explotación forestal en Cooney Ridge no tenía por objeto reducir el peligro y es evidente que no lo hizo. Procedimientos de explotación forestal cuidadosamente diseñados, incluidos los que conservan los árboles más pequeños y/o bosques densos delgados, pueden reducir el peligro de incendio (Pollet y Omi, 2002, Graham et al, 1999). La explotación forestal dirigida únicamente a la tala de grandes árboles, puesto que no controla la materia combustible superficial, aumentará el peligro de incendio y la gravedad del incendio subsiguiente (Morgan y otros, 2003).

Bibliografía

- Allen, C., Savage, M., Falk, D., Suckling, K., Swetnam, T., Shulke, T., Stacey, P., Morgan, P., Hoffman, M., and Klingel, J. (2002) Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Ecosystems: A broad perspective. *Ecological Applications* 12(5): 1418–1433.
- Brose, P. and D. Wade. 2002. Potential fire behavior in pine flatwood forests following three different fuel reduction techniques. *Forest Ecology and Management* 163: 71-84.
- Brown, Rick. 2000. *Thinning Fire and Forest Restoration: A Science-Based approach for National Forests in the Interior Northwest*. Defenders of Wildlife, Washington D.C.-USA. 1 p.
- De Bano, LF, DG Neary, and PF Ffolliott. 1998. *Fire's effects on ecosystems*. John Wiley and Sons, NY. 333 p.
- Graham, R.T., A.E. Harvey, T.B. Jain and J.R. Tonn 1999. The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in Western forests, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station and USDI Bureau of Land Management. PNW-GTR-463.
- Hann, W.J.; Bunnell, D.L.; 2001 Fire and land management planning and implementation across multiple scales. *International Journal of Wildland Fire*, 10, 389 p.
- Key, CH and NC Benson. 1999. The Normalized Burn Ratio, a Landsat TM radiometric index of burn severity incorporating multi-temporal differencing. In preparation.
- Key, CH and NC Benson. 1999. A general field method for rating burn severity with extended application to remote sensing. In review.
- Key, CH and NC Benson. 2001. Landscape assessment. In: *Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol* <http://www.fire.org/firemon/lc.htm>
- Lea, SW and P Morgan. 1993. Resprouting response of ninebark (*Physocarpus malvaceus*) shrubs to burning and clipping. *Forest Ecology and Management* 56: 199-210.
- Long, D.; Ryan, K.; Stratton, R.; Mathews, E.; Scott, J.; Mislivets, M.; Miller, M.; Hood, S.; 2003 Modeling the effects of Fuel Treatments for the Southern Utah Fuel Management Demonstrating Project. USDA Forest Service Proceedings RMRS _29
- Medler, MJ and SR Yool. 1997. Improving Thematic Mapper based classification of wildfire induced vegetation mortality. *Geocarta International* 12: 49-58.
- Medler, MJ, MW Patterson and SR Yool. 1997. Image processing techniques for automated terrain stratification. In *Proceedings of a Symposium on Effects of Fire on Madrean Province Ecosystems*, Tucson, AZ, March 11-15, 1996. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-289: pp: 271-275.
- Moreno, JM and WC Oechel. 1989. A simple method for estimating fire intensity after a burn in California chaparral. *Ecologica Plantarum* 10(1):57-68.
- Morgan, P and LF Neuenschwander. 1988. Shrub response to high and low severity burns following clearcutting in northern Idaho. *Western Journal of Applied Forestry*. 3(1):5-9.
- Morgan, P., G. E. Defosse, and N.F. Rodriguez. 2003. Management implications of fire and climate changes in the western Americas. Chap. 15 in T.T. Veblen, W.L. Baker, G. Montenegro, and T.W. Swetnam. *Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas*. Ecological Studies 160. Springer. p. 413-440.
- Morrison, PH, JW Karl, KJ Harma, L. Swope, TK Allen, and P. Becwar. 2000. Assessment of summer 2000 wildfires: Landscape history, current conditions and ownership. <http://www.pacificbio.org/pubs/wildfire2000.pdf>
<http://www.pacificbio.org>

- Parsons, A and A. Orlemann. 2002. Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) Emergency Stabilization and Rehabilitation (ESR). Burn Severity Definition/Guidelines Draft Version 1.5, 27 P.
- Pollet, J.; Omi, P.; 2002 Effect of thinning and prescribed burning on crown fire severity in ponderosa pine forests. *International Journal of Wildland Fire*, 2002, 11 p.
- Rowe, JS. 1983. Concepts of fire effects on plant individuals and species. In: DeBano, RW and DA MacLeans, eds. *The role of fire in northern circumpolar ecosystems*. John Wiley and Sons, NY. pp. 135-154.
- Ryan, K.C. 2002. Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica* 36(1): 13-39.
- Ryan, KC and NV Noste. 1985. Evaluating prescribed fires. P. 230-238. In: JE Lotan, BM Kilgore, WC Fisher, and RW Mutch (coord). *Proceedings, Symposium and Workshop on Wilderness Fire, 1983 November 15-18, Missoula, MT*. USDA Forest Service, General Technical Report INT-182.
- Schimmel, J. and A. Granstrom. 1996. Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. *Ecology* 77(5): 1436-1450.
- White, JD, KC Ryan, CC Key and SW Running. 1989. Spatial correlation of forest fire severity and vegetation recovery. *International Journal of Wildland Fire* 6(3): 125-136.