

Efecto de los incendios forestales en los suelos, la calidad del agua y el hábitat.

Paulina Llamas-Casillas

Universidad de Guadalajara IRNA

pau24_94@hotmail.com

1. Introducción

Los incendios forestales constituyen una perturbación normal dentro de la variabilidad natural de los ecosistemas forestales del mundo, en algunos como por ejemplo los bosques de pino de las zonas templadas y las zonas boreales es la perturbación natural más común e incluso se consideran ecosistemas dependientes del fuego (Agee, 1993, Pyne et al. 1996, Rodríguez-Trejo, 1996, Whelan 1995, Swanson et al. 1999, Rowell y Moore 2000).

Sin embargo un conocimiento limitado de los regímenes naturales del fuego ha conducido a que el manejo de los ecosistemas forestales se base en la supresión de incendios, esto lleva a una acumulación de combustibles que afecta el estado sanitario de los rodales alterando los regímenes históricos de incendios. (Agee 1993).

Por lo regular los ríos, lagos, arroyos, presas y demás cuerpos de agua se encuentran en los ecosistemas forestales, y estos ecosistemas a su vez se encuentran en las cabeceras de cuencas, entonces la alteración de los regímenes naturales de fuego afectan directamente estos cuerpos de agua.

El fuego tiene además, efectos sobre los ciclos de nutrientes que afectan indirectamente la calidad del agua, y directamente los procesos de restauración y regeneración natural después de un incendio forestal.

Otro de los principales efectos sobre los suelos es la erosión, ya que no sólo afecta la productividad, si no que también causa muchos problemas adicionales, como el azolve de los cuerpos de agua, los humedales y arrecifes de coral son cubiertos por los sedimentos arrastrados por los ríos, afectando a las especies que habitan o se van a reproducir a estos lugares (White et al. 2000).

Estos problemas causan millonarias pérdidas anuales, por ejemplo se calcula que a nivel

mundial el azolve de presas causa pérdidas de 6 000 millones de dólares anuales (Mahmood, 1987), la industria pesquera también es afectada significativamente, debido a que muchas de las especies aprovechables comercialmente se reproducen en los arrecifes de coral y humedales (White et al. 2000).

Debido a la importancia que tiene el agua como recurso para el desarrollo de casi todas las actividades humanas y considerando la crisis actual del agua, son necesarias alternativas que promuevan acciones de manejo encaminadas a la conservación no solo de los depósitos de agua disponibles para uso humano, si no también de su calidad.

Para el caso de México, el agua y la conservación de suelos son considerados como recursos estratégicos y su degradación es un asunto de seguridad nacional (CNA 2001, Álvarez 2002), ya que se considera que hay 64% menos agua disponible per cápita que hace 50 años y la erosión se calcula entre 68 y 100 Tm/ha/año (CNA 2002).

La media nacional de superficie afectada por incendios según SEMARNAT y CONAFOR fue de $220\,986 \pm 28\,846$ ha durante el periodo 1970-2007, el problema es que la superficie afectada por incendios en ecosistemas sensibles al fuego va en aumento (Manson et al en prensa).

2. Objetivo

Como mencioné anteriormente el estudio de la calidad del agua y el suelo actualmente tienen importancia, debido a las pérdidas económicas que causa su degradación, razón por la cual hay numerosos estudios que citan efectos de fenómenos naturales y antrópicos sobre estos recursos, por lo que el objetivo de este ensayo es elaborar un informe mediante revisión bibliográfica de los efectos del fuego sobre el suelo y el agua.

3. Resultados y Discusión

3.1. Efectos del fuego sobre los nutrientes del suelo

Además del aspecto del sitio después de un incendio uno de los efectos más obvios es la disminución de la carga de combustibles debido al consumo de materia orgánica por el

fuego, existiendo una relación directa entre el aumento de la temperatura y la cantidad de materia orgánica consumida (Boerner 1982), por ejemplo Christensen (1989) reporta que después de un incendio en un chaparral en California, donde la materia orgánica fue expuesta a 700 °C, el equivalente al 38% de la materia orgánica se volatilizó.

Comúnmente la temperatura de la superficie del suelo en un incendio forestal alcanza los 900 °C, el efecto inmediato post-incendio es la pérdida de la humedad en el suelo, lo que disminuye la conductividad eléctrica afectando la capacidad de intercambio catiónico y los ciclos de algunos elementos, por lo que idealmente la temperatura en el suelo no debe pasar los 150 °C (De Bano 1981)

A altas temperaturas la materia se vuelve inorgánica esto se puede apreciar fácilmente en lugares donde la ceniza presente en el suelo es de color blanco debido a la mineralización de los nutrientes (Boerner 1982), además de esto es común que los nutrientes se volatilicen causando la acidificación o la salinización de los suelos, debido a cambios en el número de cationes positivos o negativos, esto a su vez afecta la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad bajando la productividad del sitio (Richter 1982).

La pérdida de nutrientes va a depender de la temperatura: a 200 °C se volatiliza el nitrógeno y el fósforo, a 500 °C se comienzan a evaporar, el potasio y el calcio (Boerner 1982, Ice et al 2004). Los elementos metálicos como el calcio, el potasio y el magnesio comúnmente se oxidan, lo que los vuelve más solubles esto causa pérdida de nutrientes cuando llueve, durante la percolación o esorrentía (Ice et al 2004).

Los gases resultado de la volatilización de los elementos químicos se condensan en las partículas más frías del suelo y crean una capa que altera la textura del suelo, en esta capa se acumulen cationes negativos que repelen el agua causando un fenómeno conocido como repelencia, disminuyendo el agua infiltrada al suelo pudiendo afectar el ciclo hidrológico local cuando esto ocurre en una escala de varios cientos de miles de hectáreas, además la capa formada por la condensación de los gases impide que las raíces finas de las plantas penetren entre las partículas del suelo dificultando el establecimiento de plantas o causando la muerte de los individuos sobrevivientes al incendio (Letey 2000, Neary et al. 2004).

Otra factor que pudiera causar repelencia y en este caso se conoce como hidrofobia, es cuando en incendios en bosques de coníferas o que tienen vegetación con un alto contenido de sustancias oleinosas, que al ser consumidas liberan una gran cantidad de resinas y ceras sobre el suelo que al solidificarse crean una película impermeable en la superficie que evita la infiltración de agua.

El efecto del fuego en el suelo va a depender de la temperatura que alcance la superficie, la carga de combustibles, el contenido de humedad en el suelo y el clima; antes y después del incendio (Ice et al. 2004). Es decir a mayor temperatura en la superficie del suelo, menor contenido de humedad y un clima seco los efectos serán mayores.

Para clasificar los efectos de los incendios en el suelo Ice et al (2004) proponen la siguiente clasificación:

Suelos no quemados o con efectos muy bajos: En esta categoría entran los suelos que no han sido afectados o donde los efectos del fuego son apenas visibles, solo se visualizan la corteza de los árboles, el liter del suelo y los combustibles finos ligeramente carbonizados y no hay cambios significativos en el suelo orgánico, la infiltración del agua o la estructura de las partículas del suelo.

Suelo ligeramente afectado: El suelo se observa carbonizado, el liter se encuentra parcialmente consumido y no hay cambios en la respuesta de los residuos líquidos, ni en el suelo mineral.

Suelo moderadamente afectado: La estructura del suelo no es afectada, decrece la infiltración, la repelencia comienza a ser visible, las raíces y rizomas se carbonizan y el liter es consumido profundamente.

Suelo altamente afectado: La estructura de las partículas del suelo es alterada, la infiltración es casi nula debido a una repelencia visible, la parte superior del suelo mineral se carboniza por lo que se vuelve negra, hay ceniza que puede ir de gris a blanca, la materia orgánica es completamente removida esencialmente todas las partes aéreas de las plantas, por lo que el suelo tiene gran susceptibilidad a la erosión posterior al incendio a causa del viento o la

escorrentía.

El efecto más importante del fuego sobre el ciclo de nutrientes en el suelo es la cantidad de estos almacenada en él y el aumento de las emisiones de estos a la atmósfera durante la volatilización. Sin embargo la disminución de la cantidad de nutrientes solo afectaría considerablemente a los ecosistemas oligotróficos debido a que en ambientes que tienden a ser eutróficos la capacidad de resiliencia sería mayor por tener una concentración mayor de nutrientes.

Otro de los efectos de un incendio forestal sobre el ciclo de nutrientes del suelo, es cuando estos ocurren en ecosistemas desarrollados sobre zonas karsticas o selvas altas perenifolias donde la vegetación se encuentra establecida en suelos orgánicos, en este caso el incendio consume por completo la cubierta vegetal y el suelo dejando solo el suelo mineral expuesto (Agee 1993), en este caso los nutrientes del suelo son volatizados y liberados a la atmósfera, o en su defecto quedan reducidos a cenizas que después son arrastradas por la lluvia.

En cambio en ecosistemas que están adaptados al fuego y que frecuentemente se queman diferentes parches de vegetación, la pérdida de nutrientes es compensada por el movimiento horizontal de estos, desde sitios vecinos que no se quemaron, en este tipo de ecosistemas además existen plantas que se establecen inmediatamente después del incendio que toleran suelos con bajo contenido de nutrientes, o que fijan nutrientes en el suelo ayudando a la recuperación de estos sitios (Ice et al 2004).

3.2. Erosión

En el caso de incendios muy severos como los de copa o cuando se presenta la combustión residual, desaparece la totalidad o gran parte de la cubierta vegetal, en este tipo de incendios la temperatura del suelo sobrepasa los 500°C (Agee 1993) lo que aumenta los procesos erosivos, debido a que el suelo está más susceptible a ello como consecuencia de la escorrentía ya que no hay cubierta vegetal y la repelencia disminuye el agua que se infiltra al suelo (Gresswell 1999). Además la disminución de la materia orgánica aumenta la erodabilidad del suelo, debido a que esta une las partículas y los agregados del suelo

(Beshta 1990)

En sinergia con la intensidad del fuego los factores más importantes que aumentan la erosión son: la intensidad de la lluvia, la pendiente, y el tipo de suelo ya que los suelos con menor contenido de limo y mayor contenido de arcilla son menos susceptibles a erosionarse (Agee 1993).

Otra forma de erosión poco estudiada es la conocida como *dry reveal*, en este caso después de incendios severos y durante un corto periodo de tiempo después de la quema la superficie del suelo, la capa orgánica y el material rocoso se mueven pendiente abajo a causa de la gravedad (Beschta 1990), en un experimento realizado en Oregón, Bennett (1985) reportó que el arrastre del sedimento por el caudal principal aumento 64% 24 horas después de el incendio. El arrastre por *dry reveal* ocurre en ausencia de lluvia, por lo que después de un incendio es una de las principales causas de degradación del suelo por erosión incluso en ecosistemas mantenidos por fuego como el caso del bosque de *Pinus ponderosa*, y en el caso de incendios en zonas riparias el riesgo de sedimentación de zonas riparias es aun mayor (Everett *et al.* 2002).

A pesar de que la erosión es un problema que afecta fuertemente a las cuencas y los suelos, Kirchner (2001) reporta que en una cronosecuencia de 10 000 años, los procesos de erosión y sedimentación en 32 cuencas eran frecuentes, sin embargo durante la última era estos habían disminuido posiblemente a causa de la reducción de incendios,-debido a que los incendios explican el 80% de la erosión en los ecosistemas forestales (Swanson 1981)-, la reducción de los eventos de sedimentación en los ríos pudiera afectarlos, debido a que históricamente los ecosistemas han sido afectados por perturbaciones dentro de su variabilidad natural, que permiten mantener un mosaico de condiciones heterogéneas (Kipfmüller y Swetman. 2001).

3.3. Consecuencias de la alteración de los nutrientes del suelo y la erosión sobre los ciclos de las cuencas en la calidad del agua, y el hábitat acuático .

En ecosistemas donde no ha ocurrido recientemente un incendio los suelos tienen altas tasas de infiltración, incluso el suelo se satura rápidamente en eventos de lluvia intensos, sin

embargo después de un incendio la infiltración se reduce drásticamente a causa del fenómeno de repelencia, la disminución en la infiltración causa un aumento de la escorrentía y del volumen del caudal de los arroyos y ríos, pudiendo causar inundaciones en las partes bajas de las cuencas (Ice *et al*, 2004).

Además la disminución de la cobertura vegetal reduce las tasas de evapotranspiración, esto junto con la disminución de la infiltración aumenta el volumen de agua de los arroyos, cambiando drásticamente los procesos de la cuenca como la velocidad del agua en los arroyos, la cantidad de sedimento disuelto y la cantidad de sedimento depositado en las planicies de inundación y los deltas (Neary *et al*. 1994).

Otro efecto de la disminución de la cobertura vegetal y la remoción de la materia orgánica, es el aumento del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo mineral que queda desnudo aumentando la erosión.

La erosión afecta directamente a los caudales de agua, ya que el material arrastrado se sedimenta en los cuerpos de agua causando el asolve de estos, por ejemplo después de los incendios de 1994 en Rabbit Creek en Idaho se registraron 382,320m³ de sedimento depositados en los reservorios de agua y arroyos de la cuenca (Gresswell, 1999).

Además de las inundaciones en las partes bajas de la cuencas y la alteración de los procesos sobre los ciclos de las cuencas, el asolve causa daños económicos a las presas y las plantas tratadoras de agua, se calcula que a nivel mundial el azolve de presas causa pérdidas de 6 000 millones de dólares anuales (Mahmood, 1987), la industria pesquera también es afectada significativamente, debido a que muchas de las especies aprovechables comercialmente se reproducen en los arrecifes de coral y humedales (White *et al*. 2000).

El sedimento arrastrado de las áreas quemadas a los cuerpos de agua está compuesto de: nutrientes en estado orgánico y mineral, roca sólida, suelo mineral, suelo orgánico, residuos de liter, y materia orgánica sin descomponer.

Debido a la gran carga de nutrientes que tiene el sedimento, su entrada al medio acuático significa un cambio en la composición del agua que altera su calidad como recurso y hábitat

(Rieman y Clayton 1997).

Los principales nutrientes que alteran el agua después de los incendios son nitrógeno, fósforo, potasio magnesio y calcio, aunque en muchos casos las concentraciones vuelven a su estado previo cuando la vegetación reabsorbe los nutrientes y los devuelve al suelo.

La muerte de peces e invertebrados durante y después de un incendio se atribuye principalmente a el drástico aumento en la temperatura a causa del fuego, o el aumento de la temperatura a causa de la eliminación de árboles del margen de los arroyos que sombrean el agua, se ha registrado un aumento de temperatura por falta de sombra del 50% (Amaranthus *et al.* 1989) y un incremento de más del 100% inmediatamente durante el incendio y las 24 horas siguientes (Brown y Krygier 1970). Las fluctuaciones de temperatura afectan a los peces en estado juvenil (Minshall *et al.* 1989, McMahon y de Calesta 1990, Rieman *et al.* 1997).

El envenenamiento del agua es el efecto directo del aumento de la concentración de nutrientes en el medio acuático, el fósforo y el nitrógeno son los elementos que afectan más la calidad del agua debido a que se transforman en numerosos compuestos (Spencer y Hauer 1991).

Se ha demostrado que el aumento de amonio y de fósforo tiene una relación positiva con el aumento en la carga de cenizas en el sedimento arrastrado a causa de la erosión a los arroyos, aunque puede haber sedimentación de aluminio, hierro, plomo y zinc se considera que el aumento de los niveles de estos metales en el agua a causa solo de los incendios es seguro para la vida acuática (Woodward 1989).

Si bien después del incendio los niveles de fósforo y nitrógeno en el agua aumentan, a causa del *dry revel* y la condensación en el agua de los gases producto de la volatilización de estos elementos químicos, con la primer lluvia se da otro aumento importante de estos elementos químicos en el agua, debido a que el agua de lluvia erosiona más el suelo y disuelve los elementos químicos que se oxidan además de arrastrar más fósforo y nitrógeno remanente en las cenizas (De Bayley *et al.* 1992).

El incremento de fósforo y nitrógeno en el agua favorece el crecimiento de vegetación acuática, con el aumento de temperatura aumenta también el número de microorganismos degradadores de la materia orgánica, y junto con el incremento de plantas aumentan la demanda bioquímica de oxígeno, causando una disminución de el oxígeno disuelto en el agua que degrada significativamente la calidad del recurso y el hábitat (Fredriksen 1971).

Propst *et al* (1992) y Rinne (1996) reportaron la extinción local de salmónidos después de eventos de el incremento de fósforo y nitrógeno en el agua combinado con la disminución de oxígeno.

El hábitat acuático también es modificado por la alteración de los procesos de las cuencas, debido a que modifican el lecho acuático alterando los refugios, los sitios de forrajeo, de ovoposición y reproducción, (Rieman y Clayton 1997).

Sin embargo las práctica de supresión de incendios también alteran el lecho porque disminuyen los regimenes de perturbación históricos, así que un exceso de perturbación y una supresión de éstas pudieran llegar a causar extinciones locales o regionales, dependiendo de la magnitud de los procesos de sedimentación y erosión; o por lo menos el desplazamiento de las poblaciones de fauna nativa y el reemplazo por especies exóticas que si toleran estas condiciones.

4. Conclusiones

El efecto de los incendios forestales en los suelos, la calidad del agua y el hábitat estará en función del régimen histórico de perturbaciones, así como de la magnitud del evento.

En lugares que se queman por parches y frecuentemente la alteración del ciclo de nutrientes no será muy significativa, debido a que en estos los niveles de nutrientes se recuperan rápidamente de regiones vecinas no quemadas, y aunque fueran extensiones muy grandes la alteración de la cantidad de nutrientes solo afectaría a ambientes que tienden a ser oligotróficos, ya que tienen menor capacidad de resiliencia, aunque los bosques de pino son oligotróficos tampoco son afectados porque el genero *Pinus* tolera condiciones de suelos pobres en nutrientes.

Los suelos forestales más afectados por incendios son los suelos orgánicos o los que están sobre zonas karstikas (estos ambientes presentan regimenes de incendios poco frecuentes).

La erosión es el efecto de los incendios forestales más drástico sobre los suelos, ya que la remoción de suelo impide el reestablecimiento de la vegetación y la recuperación del sitio, cuando esto sucede es imposible detener la erosión; el sedimento proveniente de la erosión llega a lo cuerpos de agua aumentando el contenido de nitrógeno, fósforo, magnesio, calcio, potasio y algunos metales pesados.

Pero solo el fósforo y el nitrógeno causan una alteración importante de la calidad de agua y el ambiente acuático, aunque de acuerdo a la NOM-089-ECOL-1994, los niveles de fósforo y nitrógeno en el agua registrados después de incendios están por debajo de esta norma. En cambio la demanda bioquímica de oxígeno en algunos cuerpos de agua sí llega a estar arriba de los niveles permitidos.

En el reglamento sobre ecología del municipio no existe un parámetro que regule los niveles de fósforo, nitrógeno o la demanda bioquímica de los cuerpos de agua, esto es alarmante debido a que los incendios forestales son la perturbación más frecuente en la mayoría de los ecosistemas.

La repelencia, la hidrofobia y la disminución de la evapotranspiración aumentan el volumen e agua en los arroyos causando erosión, sedimentación, asolve e inundaciones en las partes bajas de la cuenca (ejemplo los fenómenos ocurridos en Tabasco).

Estos procesos causan un fuerte impacto económico en las presas la y la industria pesquera, además de alterar los procesos de las cuencas que alteran el hábitat al destruir los refugios, los sitios de forrajeo, reproducción y ovoposición de los peces, invertebrados acuáticos y demás fauna.

El aumento de la temperatura en el agua daña sensiblemente a los organismos acuáticos durante el incendio y las 24 horas siguiente y se puede observar durante un largo tiempo después del incendio cuando se quema la vegetación riparia y se elimina el sombreado

del agua.

La Nom-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, pero habla vagamente de la contaminación del agua, la pérdida del habitat o la erosión por estas causas.

Otras normas oficiales mexicanas sobre el tema son: la NOM-AA-28-1981 y la NOM-127-SSA1-1994, que regulan el nivel de contaminantes en el agua de uso humano.

5. Bibliografía consultada

1. Agee, J.K.1993.*Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press. Washington, D.C. 477 Pp.
2. Álvarez, E. 2002. El agua para México es un problema de seguridad nacional. Periódico Milenio 17 de mayo de 2002, Sección Nacional.
3. Amaranthus, M., H. Jubas y D. Arthur.1989. Stream shading, summer streamflow and maximum water temperature following intense wildfire in head water streams. En N.H. Berg (Coordinador Técnico). General Technical report PSW-109.USDA Forest Service, Pacific Sothwest Forest and Range Experiment Station Berkeley, CA. p.p. 75-78.
4. Beschta, R.L. 1990. Effects of fire on water quantity an quality. En J. D. Walstad, S.R. Radosevich y D.V. Sandberg (Eds).Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests.Oregon State University Press. Oregon. p.p. 45-61.
5. Boerner, R. 1982. Fire and Nutrient Cycling in Temperate Ecosystems. *BioScience*. **32** (3): 187-192.
6. Brown, G. W. y J. T. Krygier. 1970. Effects of clearcutting on stream temperature. *Water Resources Research* **6**: 1133.-1140.
7. Christensen, N. L. y 20 Coautores. 1989. Interpreting the Yellowstone fires of 1988. *BioScience* **89**: 678-685
8. Comisión Nacional del Agua (CNA) 2001. Hidraulico: 2001-2006 Resumen Ejecutivo. Edición Comisión Nacional del Agua,. México, D.F: 23 p.
9. Comisión Nacional del Agua (CNA) 2002. Hidraulico: Compendio Básico del Agua en México: 2002. Edición Comisión Nacional del Agua,. México, D.F: 96 p.
10. De Bano, L. F. Water-repellent soils: A state of the art. General Technical Report PSW 46. Berkeley, Ca: USDA Forest Service.
11. Everett. R., R. Schellhaas, P. Ohlson, D. Spurbeck y D. Keenum. 2002. Continuity in the disturbance between riparian and adjacent side slope Douglas-fir forests. *Forest Ecology and Management* **175** (2003): 31-47.
12. Gresswell, R. E.1999.Fire and Aquatic Ecosystems in Forested Biomes of North America. *American Fisheries Society. Online Journals* **128** (2) 193:221.
13. Ice, G. G., D.G., Neary, P.W., Adams. 2004. Effects of Wildfire on Soils and Watershed Processes. **102** (6): 16-20
14. Kipfmüller, K. F. y T. W. Swetman. 2001. Using Dendrochronology to Reconstruct the History of Forest and Woodland Ecosystems. En *The Historical Ecology Handbook*. D. Egan y E. A. Howell. Society for Ecological Restoration International. Island Press. Washington D. C. P.p. 199-229.

15. Kirchner, J. W., F.C. Finkel, C. S. Riebe, D. E. Granger, J. L. Clayton, J. G. King y W. E. Megahan. 2001. Mountain erosion over 10 yr, 10 k.y. an 10 m.y. time scales. *Geology* **29** (7): 591-594.
16. Letey, J. 2000. Causes and Consequences of Fire-Induced Soil Water Repellency. *Eos Trans. AGU. Fall Meet. Suppl.*, **81** (48).
17. Mahmood, K. 1987. Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, and Mitigation. World Bank Technical Paper No. 71. Banco Mundial, Washington, D. C. 134 p.
18. McMahon, T. E. y D. S. de Calesta. 1990. Effects of FIRE on fish and wildlife. In J. D. Walstad, S. R. Radoesvich y D. V. Sandberg (Eds). Natural and prescribed fire in Pacific North-west forests. Oregon State University Press. 233-250 p.p.
19. Minshall, G. W., J. T. Brock y J. D. Varley. 1989. Wildfires and Yellowstone's stream ecosystems. *BioScience* **39**: 707-715.
20. Neary, D. G., K. C. Ryan y L. E. De Bano. 2004. FIRE effects on soil and water. General Technical Report RMRS-GTR-42, Volume 4. Fort Collins, Co: USDA Forest Service, Rocky Mountain Reseach Station. 98 p.
21. Propst, D. L., J. A. Stefferud y P.R. Turner. 1992. Conservation and status of Gila trout. *Southwestern Naturalist* **37**: 117-125.
22. Rieman, B. E. y J. L. Clayton. 1997. FIRE and fish issues of forest helth and conservation of native fishes. *Fisheries* **22** (11): 6-15.
23. Rieman, B., J. Clayton. 1997. Wildfire and Native Fish: Issues of Forest Health and Conservation of Sensitive Species. *American Fisheries Society. Online Journals.* **22** (11): 22-25.
24. Rinne, J. N. 1996. Short- term effects of wildfire of fisheries and aquatic macroinvertebrates in the south-western USA. *North American Journal of Fisheries Management* **16**: 653-658.
25. Rodríguez-Trejo, D.A.,P.Z., Fulé. 2003. FIRE ecology of Mexican pines and a FIRE management proposal. *International Journal of Wildland Fire* **12** (1): 23-37.
26. Rodríguez-Trejo, D. A. 1996. *Incendios Forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Ed. Mundi-Prensa. México D.F. Pp 1-617.
27. Rowell, A. y P. F. Moore. 2000. *Global Review of Forest Fires*. WWF/IUCN, Gland, Switzerland.
28. Spencer, C. N. y F. R. Hauer. 1991. Phosphorus and nitrogen dynamics in streams during a wildfire *Journal of the North American Banthological Society.* **10** 24:30.
29. SEMARNAT 2007. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. www.SEMARNAT/NOM-ECOL/. (PARA CONSULTAR LAS NOM-ECOL).
30. Swanson F., J. Jones, D. Wallin y J. Cissel. 1999. Natural Variability-Implications for Ecosystem Management. En Jansen M.& P. Bourgeron (Eds). Eastside forest ecosystem health assessment. Vol. 2, ecosystem management: principles and applications. USDA Forest Service General Technical Rrport PNW-318. Portland, Oregon, USA.
31. Swanson, F. J. 1981. Fire and geomorphic processes. En Mooney, H., T. M. Bonnicksen, N.L. Christensen, J. E. Lotan y W. A. Reiners (Eds). General Technical Reports WO-26 USDA Forest Service Proceedings of the Conference on Fire Regimes and Ecosystem Properties. 410-420 p.p.
32. White, A.T., H.P: Vogt Y T. Arin. 2000. Philippine coral reefs under threat: The economic losses caused by reef destruction. *Marine Pollution Bulletin* **40**: 598-605 p.p.
33. Woodward, D. F. 1989. the Yellowstone fires: assessing the potential for ash in runoff water to reduce survival an growth of cutthroat trout. Preliminary Report to the U. S. National Park Service. U. S. Fish and Wildfire Service, National Fisheries Contaminant Research Center, Jackson Field Research Station, Jackson Wyoming.