

Monitoreo de fuegos en Nicaragua: el uso de la teledetección

Una estación receptora de datos de los satélites NOAA, funcionando con base en computadoras personales, permite que se realicen observaciones diarias de los fuegos de vegetación en Nicaragua y Centroamérica. Estas observaciones pueden convertirse en un instrumento clave para asistir y respaldar actividades de manejo de bosques.

Arnold Jacques De Dixmude, Pedro Navarro, Stéphane Flasse
Ian Downey, Luis Valerio, Freddy Uriarte, Antonio Ramos

El fuego es una herramienta muy utilizada para el aprovechamiento agropecuario de las tierras lo que incluye prácticas como el despale, el deshierbe, la preparación de siembra, el rejuvenecimiento de pasto e inclusive la reducción del riesgo de incendio. Pero su uso inadecuado o su abuso tiene consecuencias nefastas para la sostenibilidad de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad, de la madera comercial y la quietud de los lugares poblados.

Pese a una presión cada vez más fuerte de la comunidad local, regional, nacional e internacional para manejar mejor los fuegos de vegetación, los países en desarrollo han tenido que enfrentar la falta de medios para monitorear los fuegos a escala nacional.

Con el fin de combatir esta debilidad, en Nicaragua se instaló desde junio de 1995 y hasta junio de 1998 el Proyecto de Monitoreo de Recursos

Terrestres y Fuegos, una iniciativa de monitoreo ambiental que fue ejecutada por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Natural Resources Institute (NRI). El Proyecto fue auspiciado por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Gobierno del Reino Unido (DFID).

Como resultado de este proyecto fue instalada en la Sede de MARENA en Managua una estación receptora de datos de los satélites NOAA, que funciona con computadoras personales y permite que se realicen observaciones diarias de los fuegos de vegetación en Nicaragua y Centroamérica.

Estas observaciones son utilizadas particularmente para asistir y respaldar actividades de manejo de bosques en el país. En este artículo se presentan los resultados conseguidos por el proyecto luego de las últimas tres temporadas de quemadas en Nicaragua (enero a mayo de 1996 a 1998).

Un sistema de información geográfica (SIG) es utilizado de forma complementaria para tratar de identificar tendencias en la actividad pirómana. Las distribuciones espaciales y temporales de los puntos de calor son examinadas y evaluadas con respecto al tipo de ocupación del suelo, la densidad de población y el nivel de pobreza rural. A partir de esta información y al considerar algunas situaciones locales se pueden rescatar características de los fuegos en áreas particulares.

Preocupación por los fuegos

En Nicaragua, existe una tendencia clara de conversión de bosque a tierra agrícola mediante el uso del fuego, de allí que el monitoreo de las condiciones del bosque y particularmente de los incendios que se producen es algo esencial para un buen manejo de importantes áreas y para una distribución racional de los recursos disponibles para enfrentar las amenazas.

Sin embargo, hasta hace poco, la información disponible sobre la incidencia, la extensión y el impacto de los fuegos estaba bastante limitada en calidad, cantidad y rapidez de adquisición. Esto reducía la capacidad de manejo de los recursos. De hecho, solamente en pocas áreas existían iniciativas efectivas de detección de fuegos.

Aún cuando un análisis integral de los datos de fuegos puede mejorar el entendimiento del fenómeno y ayudar a tomar mejores decisiones de manejo, semejante situación puede ser un verdadero desafío para un gobierno con limitaciones de presupuesto nacional. Más allá de la mera necesidad de una toma de conciencia política y

medioambientalista, se requiere de asistencia técnica para mejorar el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente de Nicaragua.

Teledetección

El beneficio más obvio de la teledetección por satélite es que permite la observación de grandes áreas de territorio de una sola vez y de manera repetida. Equipados con el sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*, radiómetro avanzado con muy alta resolución), los satélites NOAA permiten el monitoreo de fuegos activos (encendidos) a diferentes escalas (desde local hasta global) de acuerdo con los pedidos para las actividades de protección forestal.

El uso de la serie NOAA/AVHRR para monitorear los incendios ha crecido en los años recientes con el desarrollo de técnicas para detectar los fuegos activos automáticamente. Los valores cuantitativos dados por los canales de infrarrojos térmicos del sensor AVHRR son utilizados para detectar el fuego en la vegetación a través del efecto de la combustión sobre la temperatura radiactiva (Malingreau 1990). La detección propia de los fuegos se hace mediante un algoritmo 'contextual' que extrae y selecciona, de manera automática, los 'pixels calientes' que tienen la mayor probabilidad de ser fuegos activos (Flasse *et al* 1996). Un pixel es la parte más pequeña de una imagen que pueda ser distinguida de su entorno; en una imagen NOAA/AVHRR, un pixel corresponde a un cuadrado de territorio real de aproximadamente 1,1 km².

Las observaciones cotidianas que este sistema produce están destinadas a respaldar las actividades de protección forestal, a través de una herramienta de alerta rápida para detectar los fuegos en tiempo casi real. Los productos son generados en una forma rutinaria, y suministrados a varias instituciones nicaragüenses.

Durante el tercer año de ejecución del proyecto, esta información también fue producida y diseminada a nivel de Centroamérica, lo que abrió el abanico de usuarios potenciales.

Al hacer la evaluación de la temporada, los datos son analizados en su contexto (cobertura de la tierra, tipo de bosque, límites administrativos)

mediante un sistema de información geográfica (SIG), para proporcionar información temática adaptada. Esta puede ser utilizada, por ejemplo, para localizar posibles frentes de deforestación, para contribuir con campañas de concientización sobre este problema, para orientar los programas de extensión que promueven estrategias adecuadas o bien, como alternativas sostenibles al uso de la tierra.



Antena de la estación receptora NOAA del MARENA, Managua. (Foto: P. Navarro).

Características y limitaciones

En Nicaragua, la mayoría de los fuegos ocurre durante la estación seca, que va desde fines de diciembre hasta fines de mayo. Tres temporadas sucesivas fueron monitoreadas por el proyecto y sus productos fueron ampliamente promocionados y distribuidos en diferentes formas: simples listas, cuadros de cifras, mapas nacionales o regionales. Esto hizo crecer la conciencia del público sobre el problema del fuego, ya que antes, no había modo alternativo para juntar toda esa información tan rápida y exhaustivamente.

En cada informe y cada análisis, se tiene que asumir que estos datos derivados de satélites están subestimados con respecto al número real de fuegos, a causa de algunas limitaciones:

- solamente los fuegos activos al momento de la pasada del satélite son detectados;
- no es técnicamente posible capturar una imagen válida cada día a causa

de las variaciones de las órbitas;

- la cobertura nubosa impide la observación de fuegos que estén debajo;
- el algoritmo contextual siempre actúa como un sistema conservador; cuando, después de las pruebas sucesivas que el algoritmo lleva a cabo, un pixel caliente no satisface suficientemente a todos los criterios para ser considerado como fuego, es rechazado; por ejemplo, cuando

puede haber confusión con un suelo caliente;

- la resolución espacial limitada del sensor AVHRR permite detectar fuegos de un tamaño mínimo de 50 x 100 metros (Belward *et al* 1993). Esto significa que fuegos más pequeños no pueden ser detectados, o que varios fuegos pueden ocurrir dentro del área cubierta por un mismo pixel (la unidad elemental de una imagen), lo que resulta en un solo punto de calor registrado.

Consecuentemente, todos los resultados presentados aquí están expresados en términos de puntos de calor (o pixels calientes) seleccionados por el algoritmo contextual. Esta es la aproximación más cercana a la realidad que se pueda hacer. Sin embargo, si se comparan los resultados obtenidos a través de la teledetección con las estadísticas nacionales (Ciesla 1997), todas las tendencias y las amplitudes relativas de la ocurrencia de

fuego guardan una similitud con los datos obtenidos anteriormente.

El cuadro 1 presenta una síntesis del número de fuegos (es decir, puntos de calor) que fueron detectados en Nicaragua a lo largo de las tres temporadas de verano (de 1996 a 1998). Esto da una idea general de la magnitud del fenómeno.

Por diferentes razones, no fue posible asegurar una cobertura ininterrumpida de los períodos monitoreados, la tasa de captura de datos válidos difiere un poco de un mes a otro y de un año a otro. Para poder comparar datos entre diferentes temporadas sobre una base equivalente, se han ponderado los números mensuales de fuegos. Los números de puntos de calor obtenidos fueron divididos entre los números respectivos de días con captura real de datos y luego multiplicados por los números totales de días en cada mes. Todos los cuadros que vienen a continuación tienen cifras ponderadas de esta manera. Esto explica que, en el caso particular de este artículo, los números son sensiblemente mayores que aquellos que fueron oficialmente difundidos por el MARENA.

Una serie temporal de mapas, como se muestra en la figura 1, en donde se tomó el verano 1998 como ejemplo, ilustra la dinámica de la actividad pirómana en Nicaragua y a lo largo de la temporada seca. En años normales, se observaría más nítidamente un movimiento típico del Oeste hacia el Este. Las primeras quemaduras - en enero y hasta diciembre de algunos años - se observan generalmente solo en la región del Pacífico, la región más seca, más densamente poblada y más agropecuaria del país. Dos meses después, la región montañosa del centro comienza a sufrir numerosas quemaduras. Hacia abril, la actividad se extiende al resto del país y aumenta especialmente en la región del Atlántico, aunque ésta tenga la más baja densidad de población y el clima más húmedo. Sin embargo, en 1998 se observó una aparición muy precoz de fuegos en la región oriental.

Análisis de fuego de acuerdo con el contexto

Como se indicó anteriormente, es esencial analizar los fuegos en su con-

Cuadro 1. Números ponderados de puntos de calor detectados.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total temporada
1996	509	799	2 233	8 176	432	12 150
1997	210	375	775	6 883	7 071	15 314
1998	293	651	2 919	16 829	3 422	24 114

texto, así, como primera aproximación se presenta una comparación de los fuegos detectados con información geográfica disponible sobre:

- los límites administrativos: 140 municipios, 17 departamentos, 3 regiones principales (MARENA 1995)
- el mapa forestal o del uso de la tierra que divide al país en 11 categorías, incluyendo los principales tipos de bosque, de acuerdo con inventarios hechos entre 1988 y 1992 (figura 2) (MARENA 1995).

Los Cuadros 2 y 3 enseñan la distribución de fuegos de acuerdo con las regiones geográficas y las categorías del mapa forestal, respectivamente.

planicie atlántica.

Al observar la densidad de fuegos, expresada en número de puntos de calor por cada 10 kilómetros cuadrados, se ve que los pantanos, humedales y barbechos forestales fueron los sectores más afectados por la actividad de quemaduras a lo largo de las tres temporadas monitoreadas. La densidad de puntos de calor en estos dos tipos de medio ambiente casi se ha duplicado entre 1997 y 1998 (de 2,34 a 3,49 y de 1,81 a 4,12 puntos de calor/10 km²). Lo anterior, es probablemente un efecto directo de la sequía ocasionada por El Niño, que hizo a estas zonas más vulnerables a las quemaduras.

Cuadro 2. Números de puntos de calor en cada región geográfica, para tres temporadas*.

	Costa del Pacífico	Sierra Central	Costa del Atlántico	Total
1 996	1 407	3 215	7 528	12 150
1 997	1 778	3 602	9 934	15 314
1 998	1 053	4 992	18 069	24 114
Información complementaria				
Area (km ²)	18 702,61	36 136,42	66 594,04	121 433, 06
% bosque	41,58%	43,06%	74,16%	59,90%
Población	2 467 742	1 354 246	535 111	4 357 099

* cifras ponderadas

Llama la atención que de acuerdo con las cifras absolutas, las áreas de bosque latifoliado siempre verde - o sea, la selva lluviosa tropical - son los lugares donde ocurre el mayor número de fuegos. Pero si se consideran estas cifras en términos relativos, se puede ver que el porcentaje de fuegos en esos bosques con respecto al número total de fuegos en todo el país no es significativamente diferente de la proporción de territorio que ocupan, por lo menos en lo que a los primeros dos años se refiere. Por otro lado, el aumento observado en 1998 es muy fuerte (desde alrededor de 35 a 37% a más de 44%). Ambos cuadros demuestran claramente que la sequía causada por el fenómeno El Niño, y desde luego el consecuente aumento de la actividad pirómana, afectaron principalmente el bosque lluvioso tropical que cubre una gran parte de la

Los barbechos forestales corresponden a parcelas de tierra dejadas temporalmente a la recolonización arbórea, dentro de un complejo mosaico bosque-cultivo-pasto a las márgenes de los bosques de mayor extensión. La alta actividad de quemadura observada allí implica probablemente una aceleración del ciclo de la agricultura migratoria tradicional y una tasa más fuerte de reconversión del bosque a cultivo o pasto. Esto debilita aún más los suelos que ya estaban considerados como inapropiados para la agricultura.

Algunos casos particulares

El fuego es un fenómeno muy complejo, y a veces el examinar algunas situaciones caso por caso puede dar resultados más significativos. Por ejemplo, seleccionamos los cinco municipios que tuvieron la más alta densidad de

Cuadro 3. Número de puntos de calor por tipo de uso de la tierra/bosque en Nicaragua (cifras ponderadas).

Categorías	Area (ha)	%	Ocurrencia de puntos de calor 1996			Ocurrencia de puntos de calor 1997			Ocurrencia de puntos de calor 1998		
			Número absoluto	Proporción en el país	Densidad No./10 km ²	Número absoluto	Proporción en el país	Densidad No./10 km ²	Número absoluto	Proporción en el país	Densidad No./10 km ²
Bosque latifoliado siempreverde > 20m	4 358 121,44	36,56	4 248	34,96%	0,97	5 764	37,64%	1,32	10 719	44,45%	2,46
Bosque latifoliado siempreverde 12-20 m	1 195 853,58	10,03	1 313	10,81%	1,10	1 506	9,84%	1,26	2 012	8,35%	1,68
Bosque latifoliado decídúo 4-12 m	487 653,25	4,09	415	3,42%	0,85	514	3,36%	1,06	594	2,46%	1,22
Bosque de pinos	595 901,94	5,00	453	3,73%	0,76	749	4,89%	1,26	631	2,62%	1,06
Manglar	145 987,90	1,22	109	0,90%	0,75	225	1,47%	1,54	200	0,83%	1,37
Tierra agorpecuaria	4 335 413,31	36,37	4 675	38,47%	1,08	5 112	33,38%	1,18	7 767	32,21%	1,79
Cultivos perennes (e.g. café)	221 342,10	1,86	163	1,34%	0,74	163	1,07%	0,74	204	0,85%	0,92
Pantanos y zonas húmedas	496 050,79	4,16	674	5,55%	1,36	1 161	7,58%	2,34	1 733	7,19%	3,49
Pequeñas islas e islotes	11 850,96	0,10	0	0,00%	0,00	3	0,02%	0,21	4	0,02%	0,34
Barbecho forestal	59 130,57	0,50	95	0,78%	1,61	107	0,70%	1,81	244	1,01%	4,12
Afloramientos rocosos	11 677,04	0,10	4	0,03%	0,36	9	0,06%	0,77	4	0,02%	0,34
Total	11 918 982,88	100	12 150	100,00%	1,02	15 314	100,00%	1,28	24 113	100,00%	2,02

puntos de calor observada por cada temporada (Cuadro 4). Estos fueron analizados con respecto a las otras informaciones disponibles: el porcentaje de bosque, la densidad de población y la tasa de pobreza (Lacayo 1998).

Intuitivamente, pero también de acuerdo con los resultados obtenidos en los cuadros 2 y 3, factores tales como una alta proporción de bosques, una baja densidad de población y una alta proporción de pobres parecen ser la combinación típica para que observemos una fuerte densidad de fuegos. No obstante, hay situaciones particulares francamente opuestas. Por ejemplo, en 1997, los municipios más afectados son dos muy densamente poblados de la costa del Pacífico (Jinotepe y La Paz de Carazo), que además tienen una proporción de población rural pobre bastante baja. Según el mapa, uno de estos dos municipios no tiene cobertura boscosa siquiera.

El caso del municipio de Nueva Guinea, al sureste de Nicaragua, tiene un interés particular. En promedio a lo largo de las tres temporadas monitoreadas, es el tercero en términos de densidad de puntos de calor (2,75/10 km²), aunque la proporción de bosque es bastante baja (7,73 %). Este amplio municipio ha sufrido una fuerte colonización humana – y desde luego, el despale que la acompaña – desde hace mucho tiempo, ya que ha sido dedicado particularmente a la producción pecuaria.

Un estudio de campo enfocado en esta región podría confirmar si la actividad de quemar está dedicada esencialmente a rejuvenecer el pasto para el

Cuadro 4. Características de los municipios con las cinco densidades de puntos de calor más altas por temporada.

	Municipio	Región	Densidad de puntos de calor/10km ²	% bosques (todos)	% bosques (latifoliados)	Densidad de población /km ²	% población rural pobre
1996	Murrá	Central	3,25	73,31%	67,45%	23	80,24
	San José de Cusmapa	Central	3,15	57,91%	37,04%	74	66,40
	Nueva Guinea	Atlántico	2,08	7,73%	7,73%	28	37,54
	El Rama	Atlántico	1,99	45,36%	43,99%	13	58,41
	San Miguelito	Atlántico	1,92	76,05%	76,05%	12	72,66
1997	La Paz de Carazo	Pacífico	3,59	0,00%	0,00%	223	41,61
	Jinotepe	Pacífico	3,57	56,14%	56,14%	194	29,52
	Murrá	Central	3,15	73,31%	67,45%	23	80,24
	Prinzapolka	Atlántico	2,60	92,55%	69,86%	1	63,91
	Wiwilí	Central	2,48	55,35%	55,35%	18	70,20
1998	Siuna	Atlántico	4,84	80,15%	80,15%	12	76,97
	Nueva Guinea	Atlántico	4,40	7,73%	7,73%	28	37,54
	El Castillo	Atlántico	4,28	96,85%	96,85%	6	77,76
	Cruz del Río Grande	Atlántico	4,11	75,21%	74,04%	2	47,25
	San Carlos	Atlántico	3,87	47,04%	34,98%	19	54,72
Promedio 3 Años	Murrá	Central	3,21	73,31%	67,45%	23	80,24
	Siuna	Atlántico	2,85	80,15%	80,15%	12	76,97
	Nueva Guinea	Atlántico	2,75	7,73%	7,73%	28	37,54
	Cruz del Río Grande	Atlántico	2,71	75,21%	74,04%	2	47,25
	Wiwilí	Central	2,52	55,35%	55,35%	18	70,20

ganado. Es más, la cubierta forestal de esta zona fue particularmente golpeada por el Huracán Joan, que destruyó la costa sureste de Nicaragua en 1988 y creó una 'trocha' abierta por dentro de la selva original (Ciesla 1997).

Siuna, que también está en la región costera atlántica, pero en el nordeste, es muy diferente. También tiene un alto promedio de densidad de fuego en la tres temporadas, pero conserva una gran proporción de cubierta forestal. Como este municipio se encuentra en el empalme de las dos carreteras que vinculan el oeste al este del país, está sujeto a una presión creciente desde ambos lados de estas vías. Además, la principal actividad económica tradicional allí era la mi-

nería, la cual no era tan consumidora de espacio como la ganadería o la agricultura migratoria. Con la decadencia de esta 'industria', muchos pequeños mineros perdieron su empleo y se quedaron sin ningún recurso (Stührenberg 1996). Una colonización más intensiva comenzó entonces, invadiendo paulatinamente el bosque primario. Los puntos de calor muestran claramente un 'cinturón de colonización' alrededor de esas amplias extensiones de bosque, que incluyen la gran reserva protegida de Bosawás.

Tanto Murrá, el municipio más afectado por el fuego en las tres temporadas, como Wiwilí, que tiene el quinto rango sobre el mismo período (Cuadro 4), están en la Región Cen-



Figura 1. Mapas mensuales de puntos de calor para la temporada 1998 en Nicaragua. Los límites interiores representan las regiones geográficas del país: Pacífico, Central y Atlántico. (fuente: MARENA).

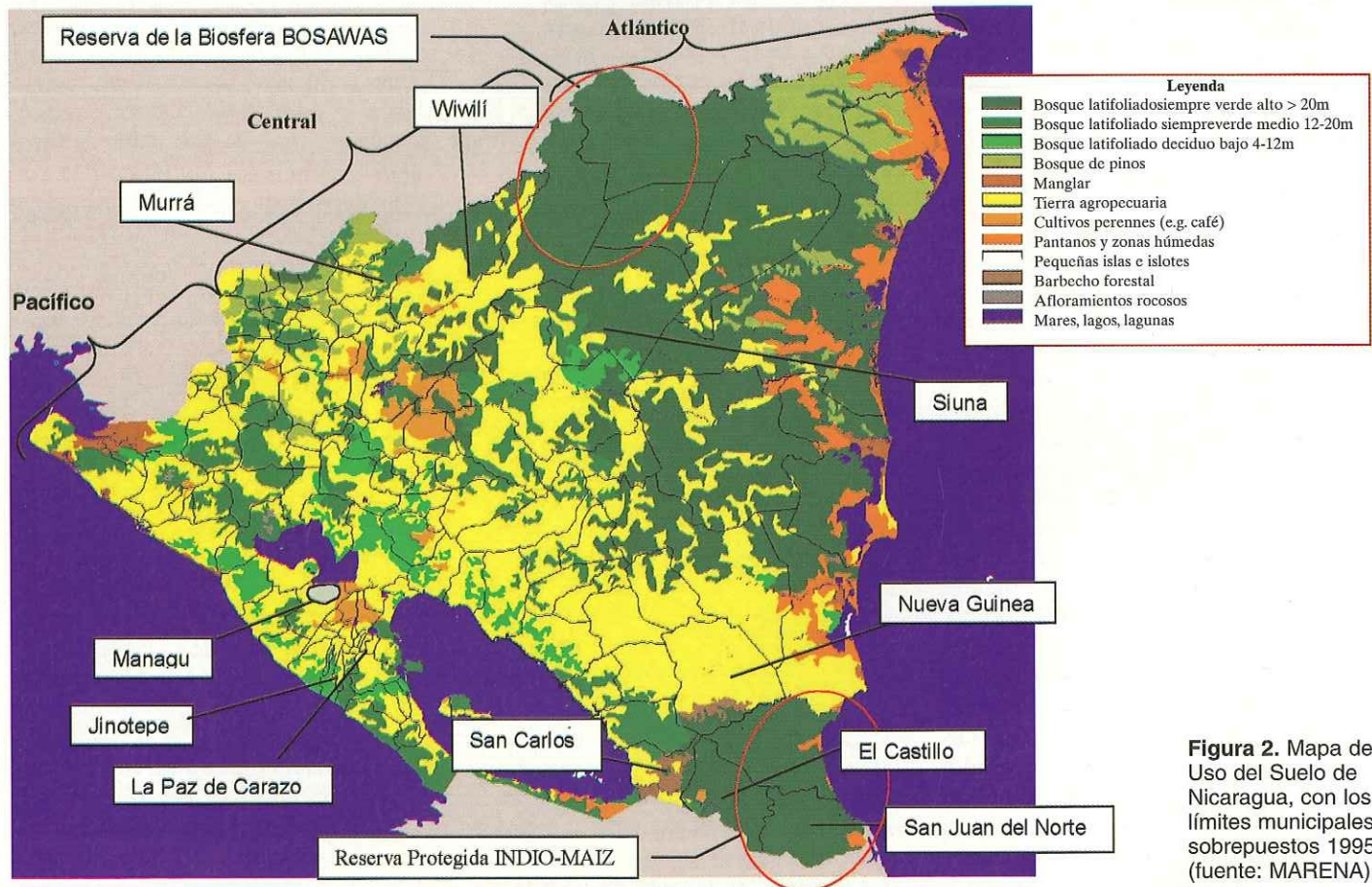


Figura 2. Mapa de Uso del Suelo de Nicaragua, con los límites municipales sobrepuestos 1995 (fuente: MARENA).

tral. Aunque se pueda hacer la misma reflexión acerca de una presión demográfica sobre el bosque (se trata de hecho del 'frente occidental' de colonización en la misma área grande de selva), puede ser que otro factor intervenga como influencia sobre la ocurrencia de fuegos. Esta parte de Nicaragua es la región más afectada por el problema de los 'desarmados' que apareció al final de la guerra civil en 1990.

En efecto, cuando la paz fue firmada, varios miles de ex-soldados de ambos lados recibieron un pedazo de tierra a fin de facilitar su retorno a la vida civil después de varios años de lucha. Sin embargo, la mayoría de ellos

no tenían tradición como agricultores y tuvieron que arreglárselas casi solos, teniendo el fuego como única herramienta para limpiar su terreno.

Otro hecho interesante se observa cuando se comparan dos municipios vecinos, en el extremo sureste de Nicaragua, al borde del río San Juan en la frontera con Costa Rica: El Castillo y San Juan del Norte, que de acuerdo con el mapa forestal tienen una cobertura de bosque latifoliado de 97% y 96%, respectivamente. Pero la diferencia entre los dos, en términos de densidad de puntos de calor llama la atención (ver Cuadro 5).

Podemos encontrar una explica-

ción en el hecho de que San Juan del Norte está casi completamente incluido dentro de la Gran Reserva Indio-Maíz, mientras que El Castillo está atravesado sobre todo por la zona de amortiguamiento de la reserva, la cual está sometida a una fuerte presión de agricultura migratoria (Valerio 1998). Las cifras de población demuestran claramente que en El Castillo, la población pobre es esencialmente rural, es decir dispersada en la mayor parte del territorio. En San Juan del Norte, la población es igualmente pobre, pero está concentrada en la capital municipal, sobre la orilla del Mar Caribe. Al igual que la reserva de Bosawás, la

Cuadro 5. Comparación entre dos municipios San Juan del Norte y El Castillo.

Municipio geográfica	Región% (todos tipos)	Bosques% latifoliados	Bosques de Población	Densidad Pobres	% Rurales
San Juan del Norte	Costa Atlántica	99,66%	95,85%	0,16	9,59
El Castillo	Costa Atlántica	96,85%	96,85%	5,85	77,76
Densidad de puntos de calor (No./10 km ²)					
		1996	1997	1998	Promedio
San Juan del Norte	Costa Atlántica	0,00	0,00	0,10	0,03
El Castillo	Costa Atlántica	1,47	1,53	4,28	2,43



Quema de pastizal en la región del Atlántico de Nicaragua (foto A. Jacques).

reserva Indio-Maíz, que es la zona núcleo del área de protección Sia-A-Paz, es la última área de selva tropical primaria de extensión relevante, que todavía permanece intacta en Nicaragua. Pero inclusive allí, la presencia de quemas aumentó en 1998.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de tres temporadas completas dan indicaciones interesantes respecto a la incidencia del fuego, su severidad y su variación según el tiempo y las regiones. Tener estas series temporales a disposición permite comparaciones interanuales, análisis de tendencias estacionales, y estudios de la distribución de los fuegos en el país y en el istmo centroamericano.

Nuestra interpretación demuestra el potencial de estos datos para aumentar el entendimiento sobre la extensión y el tipo de fuegos. Es esencial poder discriminar los fuegos detectados entre 'buenos' y 'malos', de acuerdo con su impacto sobre el medio ambiente, integrándolos en los contextos ecológico, social y económico. Este estudio también insiste sobre la impor-

tancia de tener datos complementarios que sean precisos y actualizados, para reforzar una interpretación apropiada de la información aportada por las imágenes satelitales.

La información de satélite necesita ser convalidada lo más sistemáticamente posible por datos de campo representativos del mayor número de situaciones potenciales posibles. La percepción remota obviamente no puede substituirse completamente a las observaciones directas de terreno. Al contrario esta tecnología ofrece un aporte adicional a un conocimiento ya existente por medios convencionales, y de esta manera se convierte en un medio para incentivar a las autoridades a nivel local, departamental o nacional para integrar mejor la información en cualquier situación de toma de decisión para el manejo sostenible de recursos naturales renovables.

Lo que se pudo realizar a través de este proyecto es muy alentador. Hay ahora una mejor apreciación, tanto en el MARENA como entre los gestores de bosques y diversas autoridades locales, de la importancia del uso

de datos NOAA/AVHRR para apoyar el monitoreo y la evaluación de los fuegos forestales.

Literatura citada

- BANCO MUNDIAL. 1997. Nicaragua Atlantic Biological Corridor Project. Washington, 133 p.
- BELWARD, A. S.; GRÉGOIRE, J.-M.; D'SOUZA, G.; TRIGG, S.; HAWKES, J.-M.; BRUSTET, D.; SERÇA, J.-L.; TIREFORD, J.-M.; CHARLOT, Y.; ATTOUX, R. 1993. In-situ, real-time fire detection using NOAA/AVHRR data. Proceedings of the 6th European AVHRR Data Users Meeting, 29th June to 2 July 1993, Belgrade, Italy. Eumetsat. Darmstadt, Germany, p. 333-339.
- CIESLA, W.M. 1997. Forest fire management: Assessment of present country capacity and needs for additional inputs. Natural Resources Institute, University of Greenwich. 69 p.
- FLASSE, S.P.; CECCATO, P. 1996. A contextual algorithm for AVHRR fire detection. International Journal of Remote Sensing 17: 419-424.
- LACAYO, C. 1998. Mapa de pobreza municipal de Nicaragua. Managua, Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). 7 p.
- MALINGREAU, J.P. 1990. The contribution of remote sensing to the global monitoring of fires in tropical and subtropical ecosystems. In Goldammer, J.G. ed. Fire in the tropical biota. Ecosystem Processes and Global Challenges. Berlin, Springer-Verlag. p. 337-369.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES, Nicaragua. 1995. Mapa forestal de Nicaragua. Capa 'raster' en Idrisi para Windows. (Manuscrito no publicado)
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES, Nicaragua. 1995. Mapa de municipios de Nicaragua. Capa 'raster' en Idrisi para Windows. (Manuscrito no publicado).
- STÜHRENBERG, M.; MAÏTRE, P. 1996. Nicaragua, l'adieu aux armes ?. Geo - Un Nouveau Monde: La Terre no. 209: p. 48-69.
- VALERIO, L. 1998. La producción de información elaborada a través de un sistema de información geográfica (SIG) a nivel local. Proceedings of the 2nd Workshop on Forest Fire Monitoring, Ocotal (Nueva Segovia), Nicaragua 27-29 January 1998. Natural Resources Institute, University of Greenwich. p. 60-64.
- WORLD FOOD PROGRAM (WFP). 1998. Emergency food assistance for families affected by El Niño in Central America. Regional EMOPNIC-5949, Progress Report. Reliefweb.

*A. Jacques de Dixmude, P. Navarro,
S. Flasse, I. Downey
Natural Resources Institute,
University of Greenwich, Central Avenue,
Chatham Maritime, Kent, ME4 4TB, UK*
*L. Valerio, F. Uriarte, A. Ramos
Ministerio del Ambiente y
los Recursos Naturales,
Km 12 1/2 Carretera Norte, Managua,
Nicaragua*

Nota de la editora: Los autores agradecen al Departamento para el Desarrollo Internacional del Gobierno del Reino Unido (DFID), por su auspicio financiero al Proyecto de Monitoreo de Recursos Naturales e Incendios en Nicaragua, a las autoridades y al personal del MARENA por su colaboración y Embajador Británico y la Jefa de Misión Adjunta de la Embajada de Gran Bretaña en Nicaragua.