



WORKSHOP RedLaTIF 2015 DETECCIÓN DE ÁREAS QUEMADAS



DETECCIÓN Y MONITOREO DE LAS ÁREAS QUEMADAS
EN MÉXICO DURANTE 2000 - 2014, UTILIZANDO
PRODUCTOS MODIS - MCD45A1

LILIA DE LOURDES MANZO DELGADO
Laboratorio de Análisis Geoespacial
Instituto de Geografía, UNAM
lmanzo@igg.unam.mx

16 de noviembre, 2015

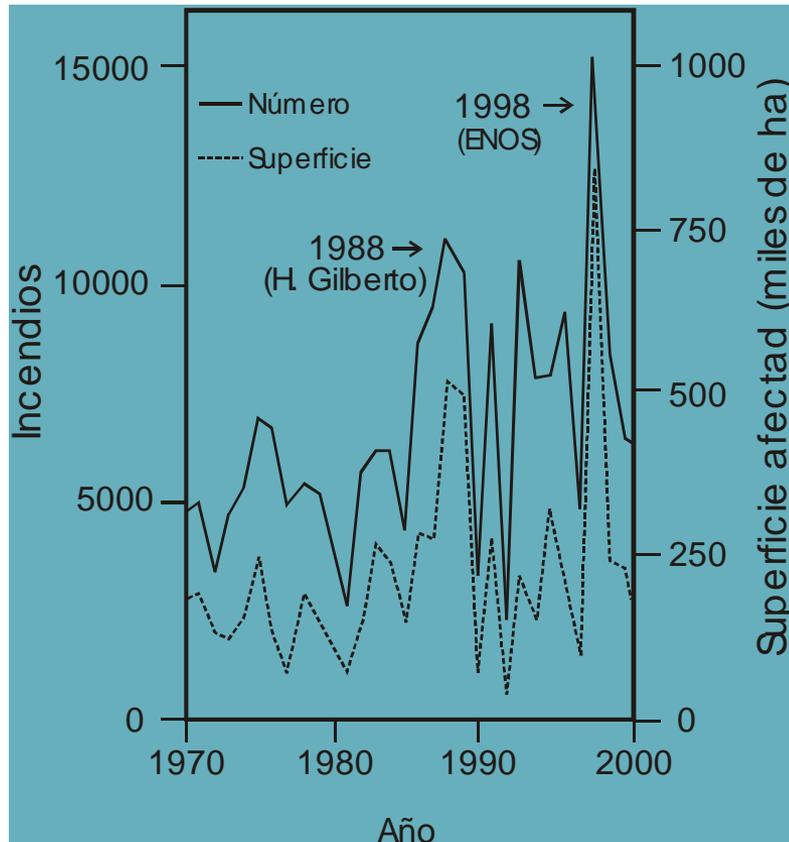
INTRODUCCIÓN

El seguimiento y cuantificación de las áreas quemadas es un complemento importante para estudiar las emisiones de gases, la captura de carbono, el cambio climático y el calentamiento global, entre otros temas de actualidad.



En México, los incendios forestales han seguido una tendencia creciente en las últimas décadas

Incendios y superficie afecta en México



Causas

Actividades agropecuarias

Anomalías meteorológicas
(huracanes y ENOS)

Efectos del calentamiento global

El ENOS seguirá una evolución progresiva en las próximas décadas

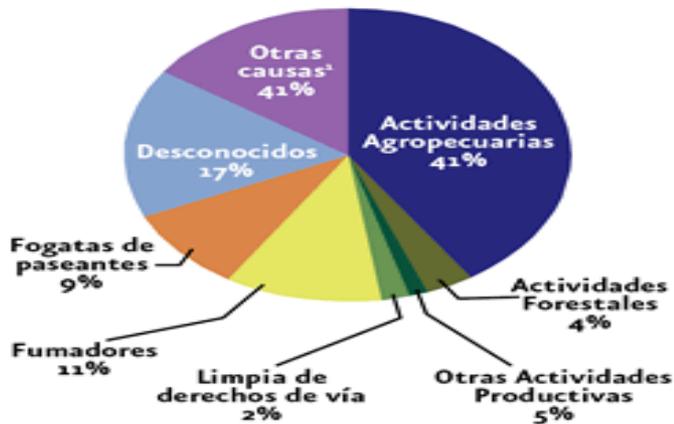
Consecuencias

Los incendios forestales podrían seguir una tendencia semejante al ENOS

En México, cerca del 90% de los incendios forestales son provocados por el hombre, bien por negligencia o por causas intencionales

Figura 2.15

Causas de los incendios forestales en México, 2008

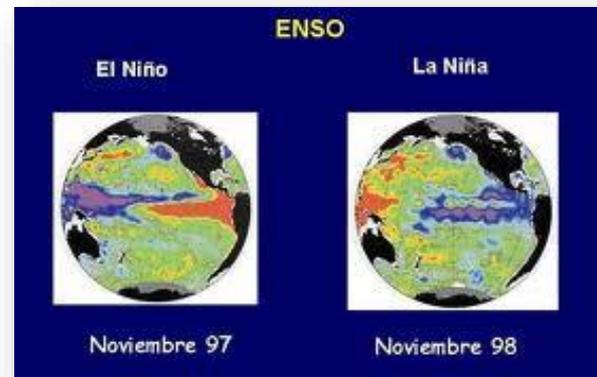


Notas:

¹Incluye quema de basureros, litigios, rencillas, aprovechamientos, cazadores furtivos, descargas eléctricas, cultivos ilícitos y ferrocarriles.

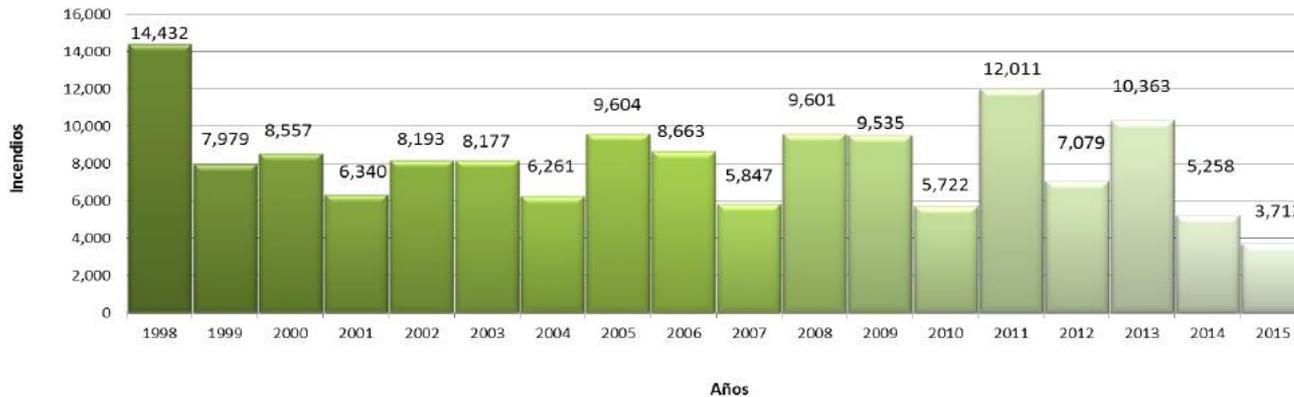
Fuente:

Conafor. Gerencia de Incendios Forestales. 2008.

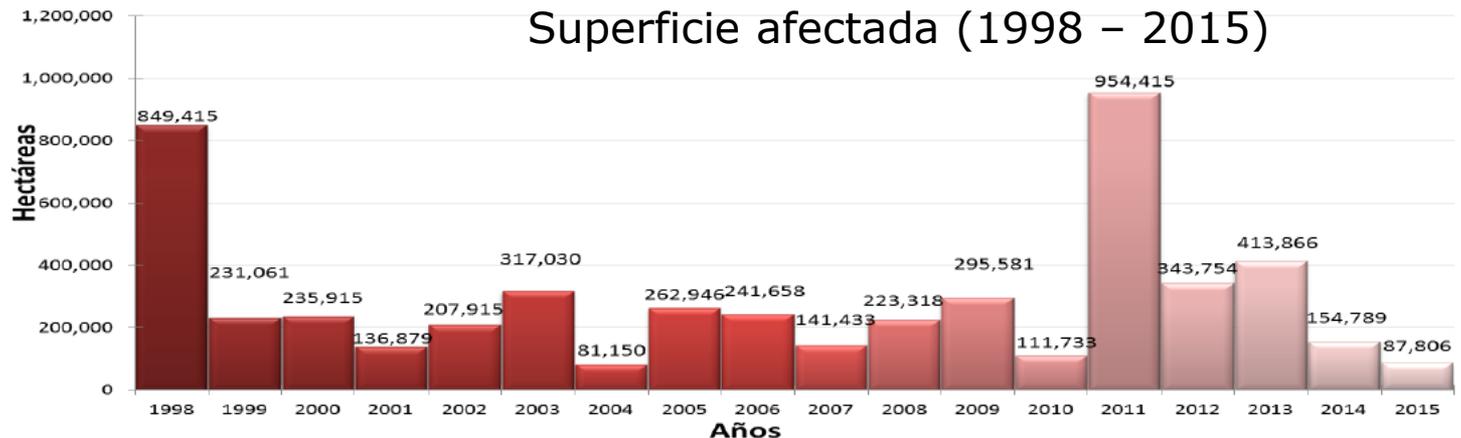


En las últimas décadas, se han presentado varias temporadas críticas, siendo los años más representativos 1998, 2011 y 2013.

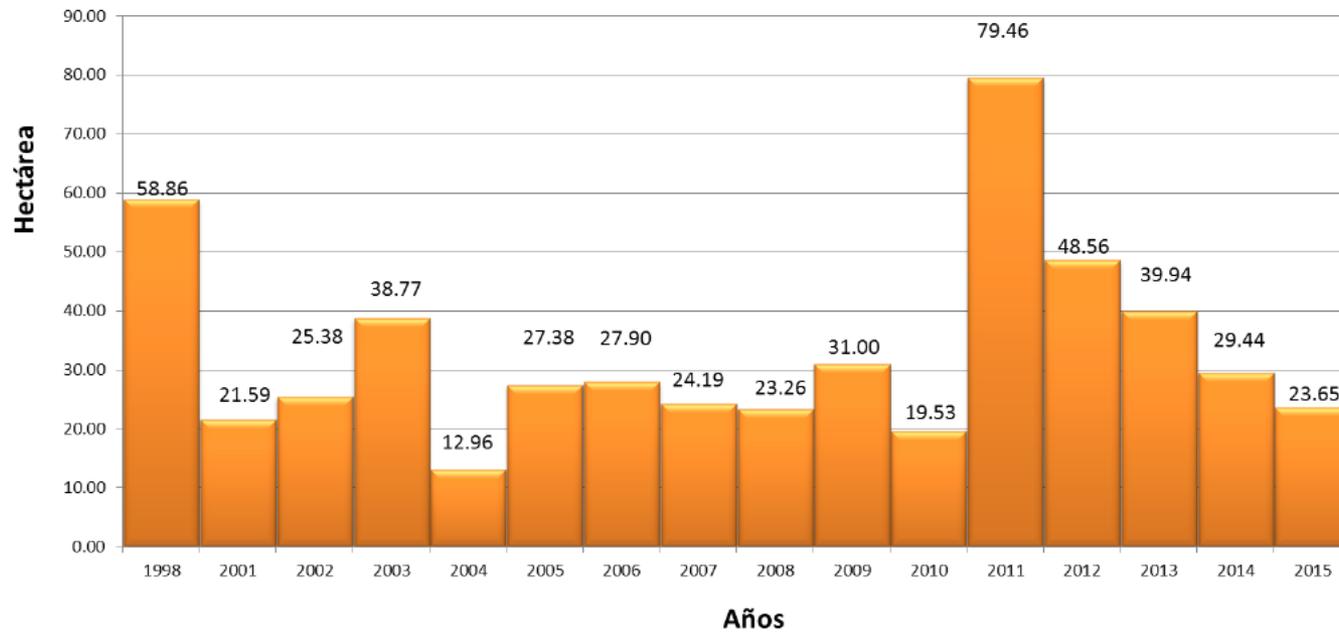
Número de incendios (1998 - 2015)



Superficie afectada (1998 - 2015)



Superficie afectada por incendio (1998 - 2015)

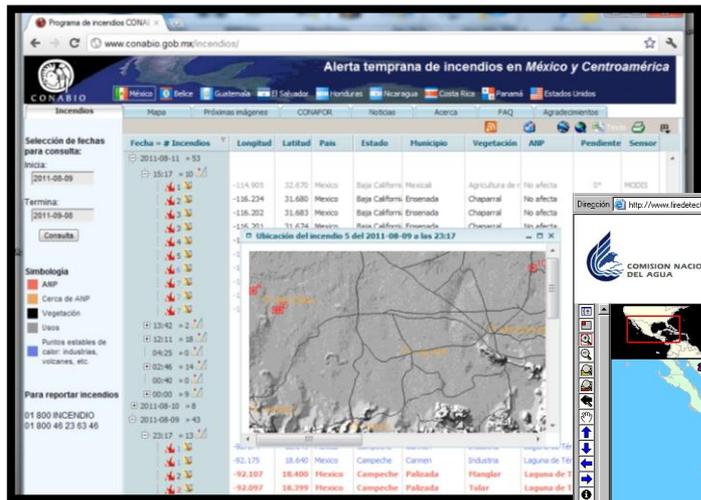


año	1998	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SUP/INC	58.86	21.59	25.38	38.77	12.96	27.38	27.90	24.19	23.26	31.00	19.53	79.46	48.56	39.94	29.44	23.65

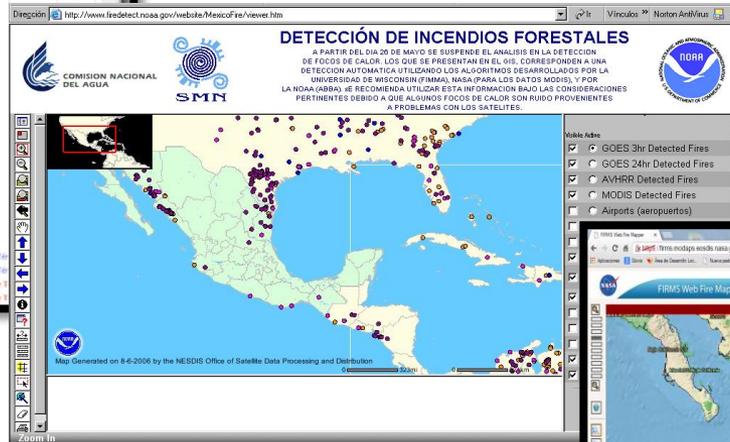
Ante esta situación, las dependencias gubernamentales han multiplicaron sus esfuerzos para reforzar las acciones de prevención, detección y combate de incendios forestales



Los sistemas de alerta temprana, basados en la detección de puntos de calor mediante el uso de imágenes de satélite, han jugado un papel relevante para el control y combate de incendios.



CONABIO
Alerta temprana
de incendios



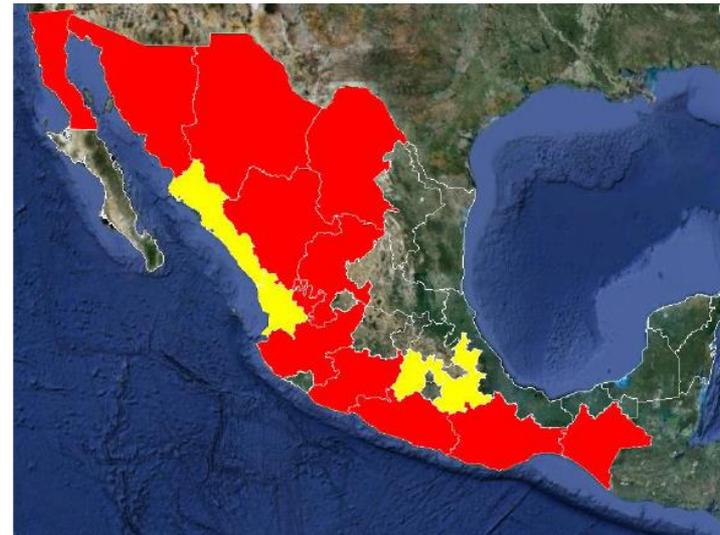
CNA - SMN
Detección de
incendios forestes



FIRMS Web Fire Mapper

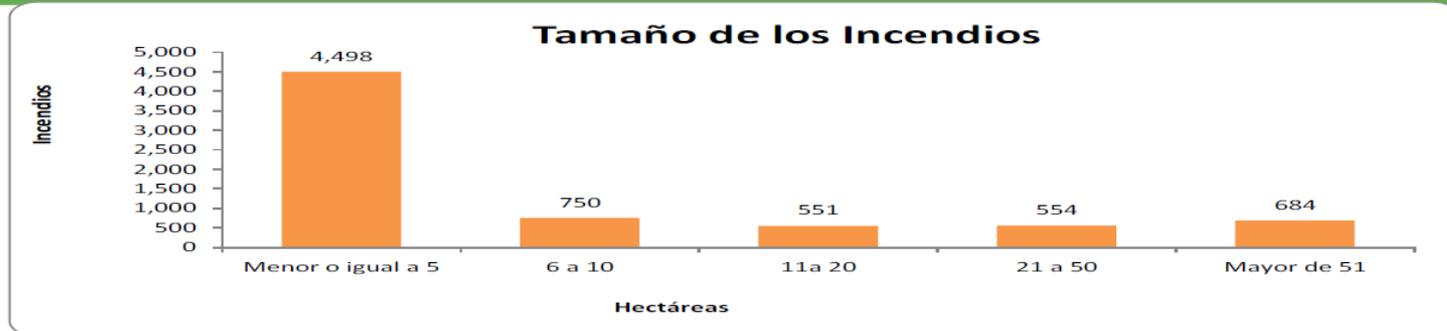
Entidades federativas con mayor superficie afectada

2012			
Entidad Federativa	Número de Incendios	Superficie Afectada (ha)	Indicador de Sup/Inc (ha)
1. Sonora	53	75,202.00	1418.91
2. Chihuahua	1,473	51,884.11	35.22
3. Durango	270	51,626.43	191.21
4. Coahuila	88	32,026.00	363.93
5. Jalisco	600	24,358.50	40.60
6. Baja California	167	22,698.96	135.92
7. Oaxaca	195	15,237.40	78.14
8. Guerrero	162	15,177.13	93.69
9. Michoacán	885	13,854.27	15.65
10. Chiapas	250	8,968.75	35.88
Subtotal	4,143	311,033.55	75.07
% del Total Nacional	58.87	90.90	
Otros	2,894	31,131.24	10.76
Total Nacional	7,037	342,164.79	48.62

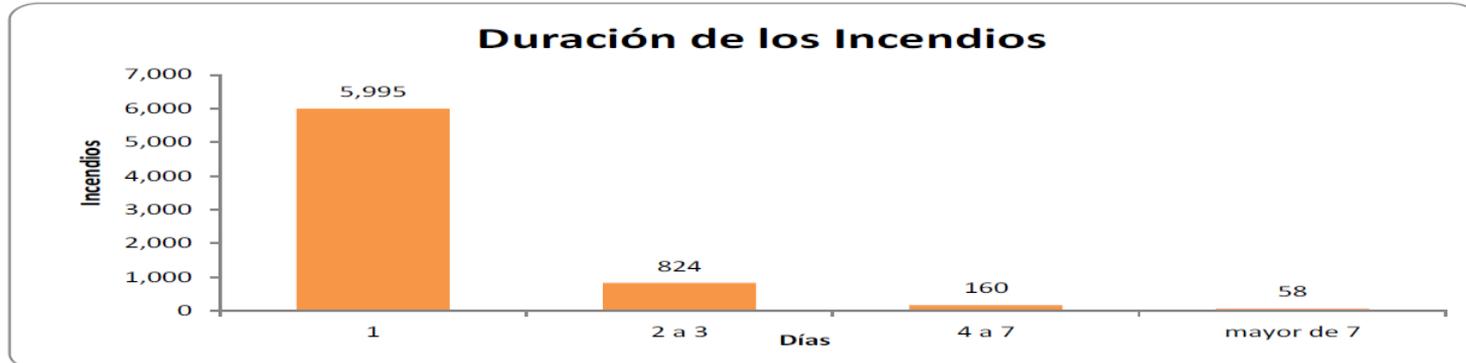


Alto (Mayor de 5000)
 Medio (De 2500 a 4999)
 Bajo (Menor de 2499)

Tamaño y duración de los incendios



Tamaño de los Incendios	Menor o igual a 5	6 a 10	11a 20	21 a 50	Mayor de 51	TOTAL
Número de Incendios	4,498	750	551	554	684	7,037
Porcentaje	63.92	10.66	7.83	7.87	9.72	100



Duración de los Incendios	1	2 a 3	4 a 7	mayor de 7	Total
Número de Incendios	5,995	824	160	58	7,037
Porcentaje	85.19	11.71	2.27	0.82	100

PROBLEMÁTICA

En la actualidad, los avances logrados en materia de incendios forestales han sido notables.

Sin embargo, se considera necesario desarrollar estudios complementarios, destacando la **cuantificación** y la **cartografía de áreas quemadas** para conocer el patrón de distribución espacial y temporal, evaluar la severidad, dar seguimiento a los proceso de recuperación y apoyar estudios relacionados con las emisiones, la captura de carbono y el cambio climático.

ALTERNATIVA

- Un estudio de tal magnitud requiere del apoyo de técnicas de percepción remota, imágenes de satélite y sistemas de información geográfica
- Una alternativa interesante es el **producto mensual de área quemada MCD45A1, derivado del sensor MODIS**, constituyendo una oportunidad excelente para realizar un monitoreo multitemporal de áreas quemadas.

OBJETIVO

Generar la cartografía de las áreas quemadas de muy alta relevancia en México, para el periodo 2000 – 2014, utilizando el producto MODIS-MCD45A1, con la finalidad de contribuir al análisis espacial y temporal de estos eventos.

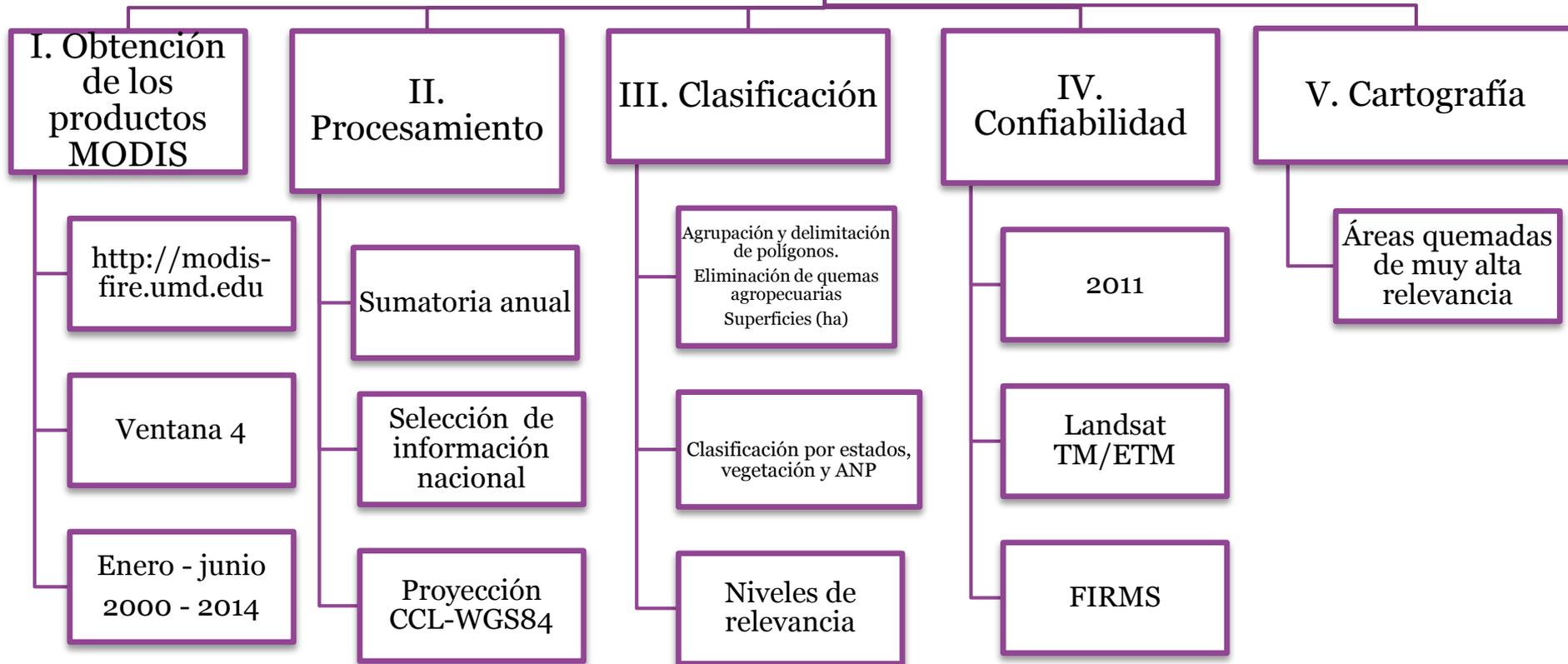
AREA EN ESTUDIO

En México, la temporada de incendios forestales generalmente se inicia en enero y termina en junio, siendo los meses de abril, mayo y junio los de mayor frecuencia e intensidad.

En el periodo **2000-2014**, las estadísticas oficiales registraron **120,625 incendios** que afectaron **4,058,622 ha**; considerando al año **2011 con la mayor superficie quemada**, seguido con 2013 y 2014.

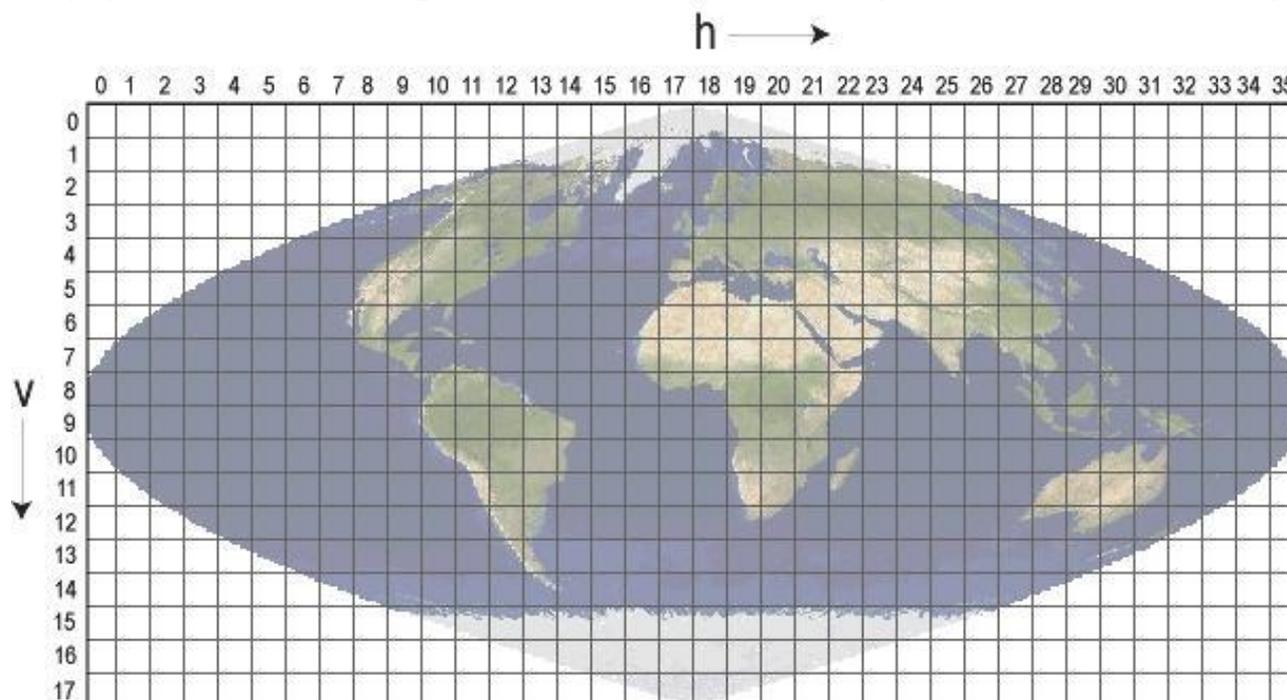
A partir del año 2006, las estadísticas han mostrado que **66%** de los incendios afectaron superficies **< de 5 ha**. Para el mismo periodo, **83%** de los incendios fueron de **corta duración** < 24 horas.

CARTOGRAFIA DE ÁREAS QUEMADAS



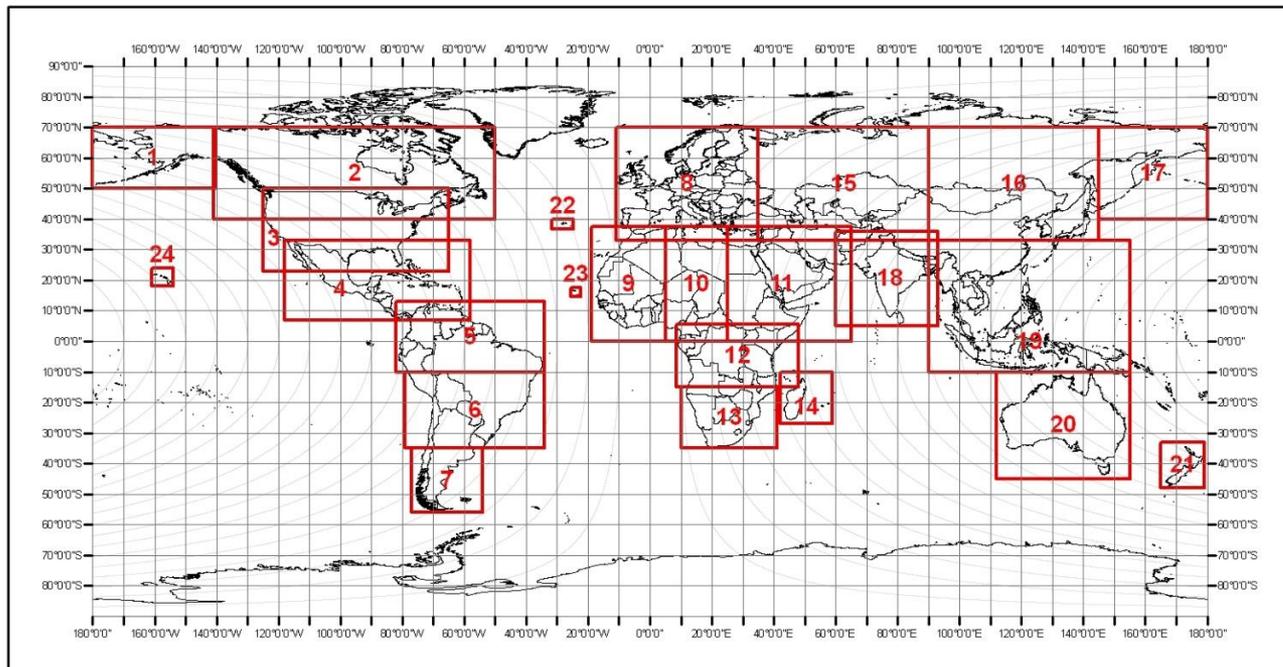
I. Obtención de los productos Modis

El producto de área quemada MCD45A1 derivado de las imágenes **MODIS** utiliza el **método de detección de cambio**, basado en el modelo de reflectancia bidireccional BRDF, por sus siglas en inglés, considerando la energía reflejada en la región espectral del **infrarrojo cercano** (NIR: banda 2) y el **infrarrojo de onda corta** (SWIR: banda 5).



I. Obtención de los productos Modis

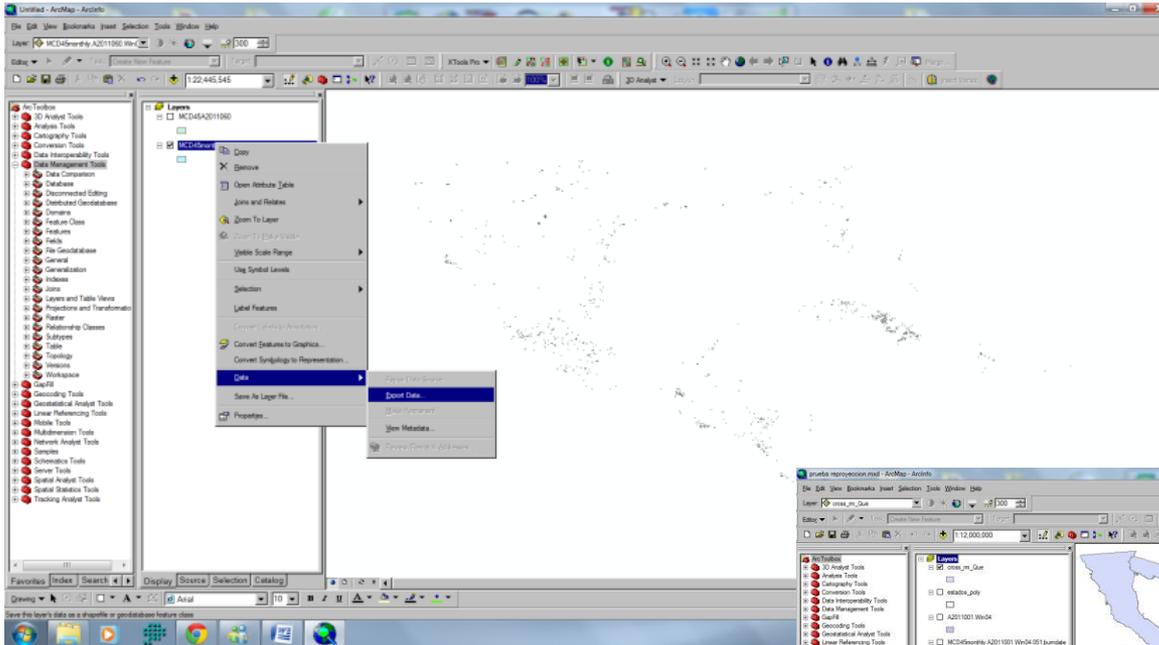
La Universidad de Maryland genera un producto mensual MCD45A1 a escala global, con resolución espacial de 500m, nivel 3, formato GeoTIFF, organizado en 24 ventanas subcontinentales, ubicando a México en la ventana 4.



<http://modis-fire.umd.edu>

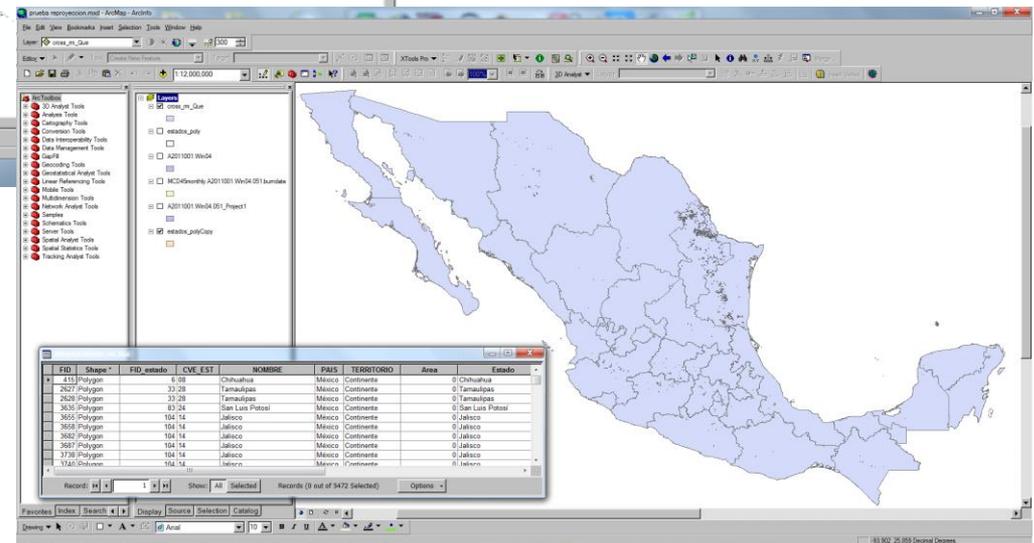
Enero – junio de cada año

II. PROCESAMIENTO DEL PRODUCTO MODIS



- Sumatoria anual de los compuestos enero – junio
- Selección de la información nacional
- Reproyección CCL – WGS84

- Agrupación y delimitación de polígonos AQ
- Eliminación de quemas agropecuarias (INEGI)
- Superficies AQ (ha)



III. Clasificación de áreas quemadas

Niveles de relevancia	Superficie Afectada (ha)
I - Muy baja	< 50
II - Baja	51 - 100
III - Moderada	101 - 1000
IV - Alta	1001 - 3000
V - Muy alta	> 3001

RESULTADOS

Estados	Superficie anual en hectáreas														Subtotal	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014
Guerrero	111329	80526	48840	127587	69713	183591	67228	84678	85884	63997	53373	42016	75883	90525	15750	1200921
Durango	124477	31840	29869	22885	16832	57315	72222	51707	158354	22021	9457	223364	125071	29753	6484	981652
Jalisco	92514	89835	33236	49903	78635	228912	41365	34847	69321	44900	11634	77848	49008	60394	4814	967166
Sonora	48722	6194	162934	14429	17273	9363	17278	20509	11609	13551	4981	120453	54761	67212	40036	609303
Chihuahua	111479	3327	71637	25020	8747	4914	17344	12812	19695	24268	7487	149807	93966	37660	17632	605795
Nayarit	49567	70898	12060	22952	23871	138066	16207	41856	18402	23285	7924	62732	50543	21436	720	560520
Coahuila	12262	33	10829	1300	53607	376	7794	9621	8345	987	396866	8697	48	41	510807	
Michoacán	45733	30922	17877	28836	49061	28986	47690	18677	27734	27520	2921	12429	25744	24090	1234	389454
Sinaloa	61693	8517	49681	11420	2439	7136	14576	15169	15944	2969	11392	27560	37747	14632	666	281541
Chiapas	10036	19146	24748	31215	13772	29742	15291	15458	14518	21592	6007	6428	5688	33458	4534	251633
Oaxaca	7673	9119	10952	36529	10898	25289	12828	10318	10789	10898	8390	2731	11264	23672	5531	196882
Campeche	15406	2702	1911	39600	1825	19221	7488	871	6391	14662	652	5600	1042	8820	1071	127263
Zacatecas	4102	1638	164	2101	6919	21771	1265	4164	14583	13115	1458	44863	5686	3536		125367
Nuevo León		49	21	203	10333	488	37075	814	2257	2761	5141	46463	11	176	43	105836
Tamaulipas	2633	1497	1207	2450	5363	4077	7681	205	8427	7912	1801	39753	858	7344	588	91797
Baja California	1985	52	4924	12750	4162	6478	9573	1260	8334	498	3767	8077	6887	6521	4900	80167
Puebla	3877	7083	3606	10323	2789	9656	2840	1272	5060	6314	6259	3257	2570	5208	2279	72395
Baja California S.	43	22	3830	753	39902	377		5439			2712	6		15248	426	68757
México	2986	2981	687	5528	1507	6481	6369	1700	1585	5889	524	4759	1361	5065	97	47518
Guanajuato	2105	556	673	2884	1914	4179	1962	389	5107	4707	199	5824	494	3101	289	34383
Yucatán	408	689	824	7646	24	963	2579	155	699	1476	268	752	45	741	788	18060
San Luis Potosí	283	28	273	534	255	320	2412	6	728	1497		5697	65	5751	53	17903
Morelos	714	651	977	657	463	451	1486	301	762	441	395	1222	374	696	137	9729
Tabasco	1551		117	3325		2871	42	145	2	167		24	49	41	14	8348
Veracruz	21	174	314	2213	52	334	650	85	82	135	1	1759		2301	33	8154
Hidalgo	0	300	0	140	134	168	364		86	1481	11	2266		990		5940
Colima		480	218	226	1168	2511	335	145	157	39	268	6		234		5787
Distrito Federal	340	762	61	76	221	89	193		645			2077		565	88	5117
Aguascalientes		40			1062	2052	228	13	1069	22		214	34			4732
Querétaro	18			1207	111	387			543	163	44	447	351			3272
Quintana Roo		26	0	55	22	116	1608		220	217		397		26		2687
Subtotal	711958	370088	492472	464747	423077	796679	413970	322997	498608	324846	148052	1295696	558201	469244	108251	7398886

Superficie acumulada y porcentual estatal de área quemada en México, periodo 2000 - 2014

Con mayor afectación

Estado	Hectáreas	%	Estado	Hectáreas	%
Guerrero	1,200,921	18.9	Puebla	72,395	2.1
Durango	981,652	8.0	Baja California S.	68,757	1.0
Jalisco	967,166	12.4	México	47,518	2.1
Sonora	609,303	3.4	Guanajuato	34,383	1.1
Chihuahua	605,795	2.5	Yucatán	18,060	0.5
Nayarit	560,520	20.1	San Luis Potosí	17,903	0.3
Coahuila	510,807	3.4	Morelos	9,729	2.0
Michoacán	389,454	6.7	Tabasco	8,348	0.3
Sinaloa	281,541	5.1	Veracruz	8,154	0.1
Chiapas	251,633	3.4	Hidalgo	5,940	0.3
Oaxaca	196,882	2.1	Colima	5,787	1.0
Campeche	127,263	2.3	Distrito Federal	5,117	3.5
Zacatecas	125,367	1.7	Aguascalientes	4,732	0.9
Nuevo León	105,836	1.7	Querétaro	3,272	0.3
Tamaulipas	89,624	1.2	Quintana Roo	2,687	0.1
Baja California	80,167	1.1	Tlaxcala	2,173	0.6

Con menor afectación

En el norte y sur del país los incendios son de mayor extensión; en tanto que, en el centro y sureste son de menor extensión.

Clasificación de los registros de áreas quemadas
MODIS por niveles de relevancia (2000-2014)

Niveles de relevancia (ha afectadas)	Registros (%)	Superficie Afectada (%)
I - Muy baja (< 50)	60.7	6.5
II - Baja (51-100)	7.7	3.7
III - Moderada (101-1000)	10.7	39.4
IV - Alta (1001-3000)	2.3	24.1
V - Muy alta (> 3000)	0.6	26.4

Las áreas quemadas de muy alta relevancia se eligieron para representarse cartográficamente.

Superficie estatal anual de área quemada, 2000 - 2014, registrada por el producto MODIS

Año	Niveles de afectación por superficie (ha)										Subtotales	
	Nivel I (Muy baja relevancia) < 50		Nivel II (Baja relevancia) 51 -100		Nivel III (Moderada relevancia) 101- 1000		Nivel IV (Alta relevancia) 1001-3000		Nivel V (Gran relevancia) > 3001		Registros	ha
	Registros	ha	Registros	ha	Registros	ha	Registros	ha	Registro	ha		
2000	2340	39410	303	22727	949	301159	116	182373	32	166289	3740	711958
2001	2461	35855	278	20741	597	176418	69	108066	7	29008	3412	370088
2002	3302	51735	376	27205	847	237650	60	99811	16	76071	4601	492472
2003	1983	27560	216	16104	679	210516	67	107795	21	102772	2966	464747
2004	4323	57650	442	31428	767	222428	47	76427	7	35143	5586	423077
2005	2874	39744	305	22444	842	258583	116	195098	44	280811	4181	796679
2006	2569	35138	276	20244	706	202326	78	124792	8	31470	3637	413970
2007	1299	18391	138	10415	421	134887	55	89562	15	69743	1928	322997
2008	1991	29401	270	20087	661	206247	82	132468	21	110406	3025	498608
2009	1869	25319	222	16257	555	166914	52	82263	9	34092	2707	324846
2010	1042	14771	102	7377	236	70288	22	34219	5	21397	1407	148052
2011	3210	45600	347	25019	991	318874	138	226385	59	679817	4745	1295696
2012	1614	24138	165	12185	548	183845	98	158111	28	179922	2453	558201
2013	2167	30878	228	17010	600	188518	92	141096	11	91742	3098	469244
2014	627	7869	43	2986	121	33698	15	22250	5	41448	811	108251
Subtotales	33671	483460	3711	272227	9520	2912350	1107	1780716	288	1950133	48297	7398886
%	69.7	6.5	7.7	3.7	19.7	39.4	2.3	24.1	0.6	26.4	100	100

Superficie estatal anual de área quemada por incendios forestales de muy alta relevancia 2000 - 2014, registrada por el producto -MODIS

Estado	Superficie afectada (ha) anual														Subtotal	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014
Coahuila	3448		8545		11869		5938		3671	4097		366493	4158			408217
Sonora	24584		24049	12657	626		3963	12477	3790	4673		92516	36312	44304	28994	288942
Durango	25242	2454			4767	18144	14194	14612	63746			87550	34899	4131		269740
Guerrero	33516			38292	8692	72853	2670	18033	15417	6034	13456		20963	18621	2542	251089
Chihuahua	41729		26982	12333	5854	3461		5334	961			40827	46270	7533	7850	199132
Nayarit	13666	18117		2920		77096		10520	5764	7084	2572	20665	14423	3156		175982
Jalisco	19042	8437		786		93290		3800			1359	17545	7020			151279
Zacatecas						8682			6130	8690		36334	3221			63057
Sinaloa			16495					1021	1152			3208	12070			33947
Baja California				10492	3336		4351							13998		32176
Oaxaca				13348				3826								17174
Chiapas				4445		3430			3661	3058						14594
Tamaulipas									4088			6624				10712
Puebla							355	121	2025	457	4010		588		2061	9617
Michoacán	5063			3330												8393
Nuevo León												8057				8057
Campeche				4094		3855										7949
Veracruz				76												76
Subtotal	166289	29008	76071	102772	35143	280811	31470	69743	110406	34092	21397	679817	179922	91742	41448	1950133

Áreas quemadas de muy alta relevancia en México, 2000 - 2014

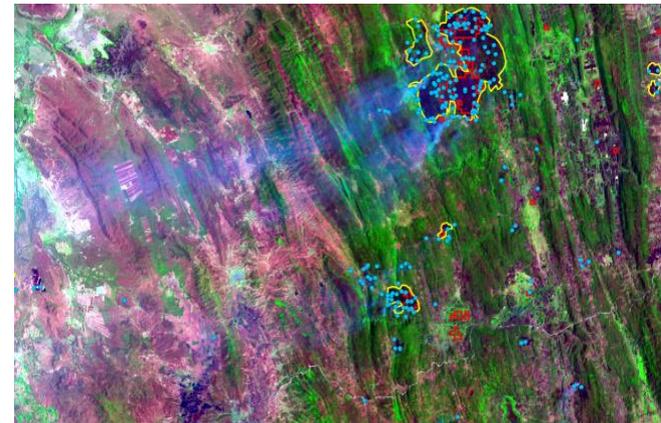


Evaluación de la confiabilidad

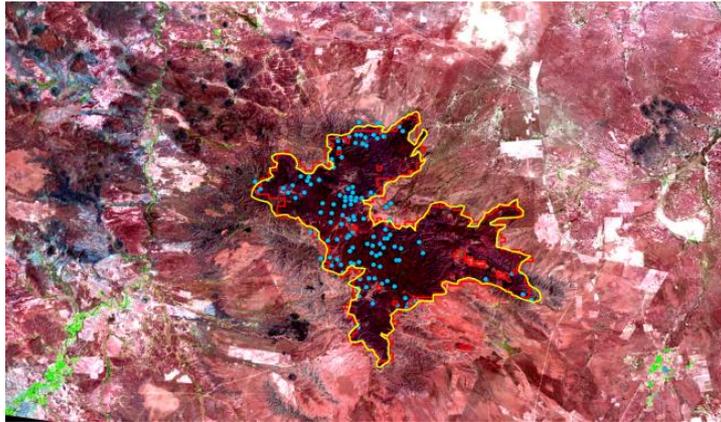
Comparación entre los polígonos del producto MODIS (color rojo), con los obtenidos en Landsat (color amarillo), los círculos en azul son puntos de calor FIRMS.



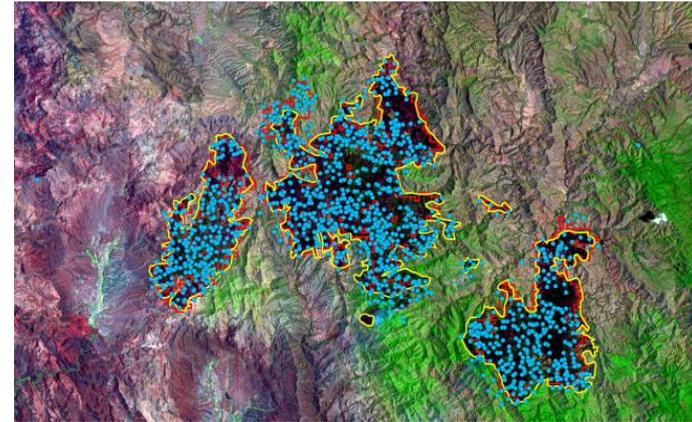
TM5 39/38 27 de junio 2011



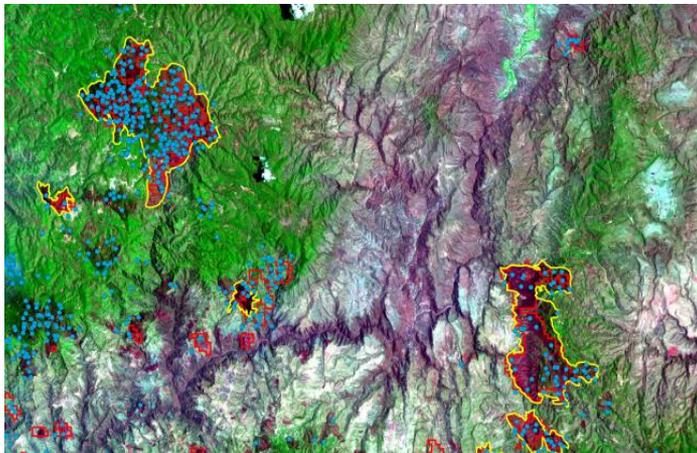
ETM+ 27/45 28 de abril 2011



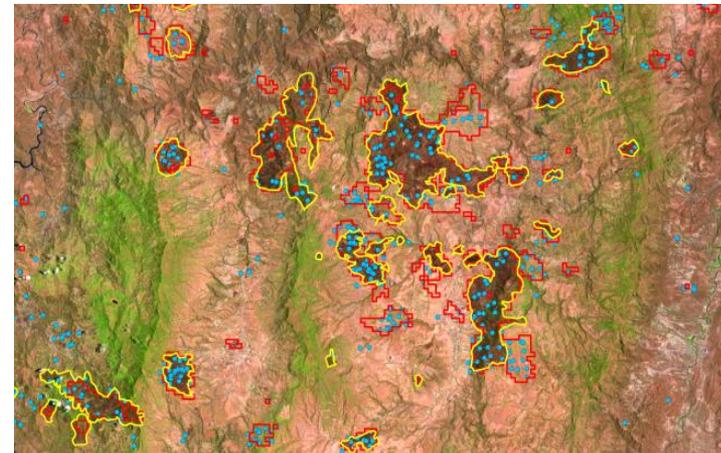
TM5 29/43 12 de mayo 2011



TM5 34/39 24 de junio 2011



TM5 30/44 27 de mayo 2011



TM5 30/45 27 de mayo 2011

Los polígonos en color rojo corresponden al producto MODIS, los polígonos en color amarillo a Landsat, los círculos en azul son puntos de calor FIRMS.

Tomando como base las áreas quemadas Landsat, el producto MODIS presentó un **coeficiente Kappa promedio de 0.62**, con **errores de omisión de 40.81 %** y **errores de comisión de 32.17**, consiguiendo una **confiabilidad razonable**, semejante a la reportada por otros usuarios.

Landsat TM/ETM+ Path/Row	Fecha	Error de Omisión	Error de Comisión	Coeficiente Kappa
29/43	12-may-11	8.3	6.1	0.93
22/48	01-abr-11	61.25	46.53	0.45
30/44	27-may-11	45.08	41.88	0.55
30/45	27-may-11	33.02	39.21	0.63
34/39	24-jun-11	19.82	14.03	0.83
39/38	26-may-11	32.01	31.78	0.68
27/45	28-abr-11	71.28	44.58	0.38
27/48	14-may-11	55.73	33.25	0.53
Promedio		40.81	32.17	0.62

DISCUSIÓN

Los errores de omisión y comisión se atribuyeron a la combinación de varios factores entre los que destacan, la fecha de las imágenes Landsat, el humo liberado por la combustión vegetal y la duración del efecto quemado.

Se considera que ambos errores pueden mejorar eliminando los polígonos MODIS que se registraron después de la fecha de la imagen Landsat.

CONCLUSIONES

El producto MODIS de área quemada constituye una base sólida para obtener la cartografía multitemporal de áreas quemadas, 2000 – 2014, clasificándolas en **cinco niveles de relevancia, logrando cartográficamente el Nivel V, de muy alta relevancia (> 3001 ha).**

Los resultados presentan una alternativa para analizar el patrón de distribución espacial y temporal de las áreas quemadas en los últimos 15 años, identificando zonas que merecen atención prioritaria en materia de incendios forestales y dar seguimiento a los procesos de recuperación.

!! GRACIAS POR
SU ATENCIÓN !!

llmanzo@igg.unam.mx