



 UNRaf
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
RAFAELA



CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS QUEMADAS COMO PARÁMETRO FUNDAMENTAL PARA LA ESTIMACIÓN DE PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE LA INCIDENCIA DEL FUEGO EN EL PARQUE NACIONAL CANAIMA (VENEZUELA)

**Roberto Rivera-Lombardi, Bibiana Bilbao, Jay Mistry, Andrea Berardil, Jonathan
Torres**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN Ecología, monitoreo y
manejo participativo del fuego**

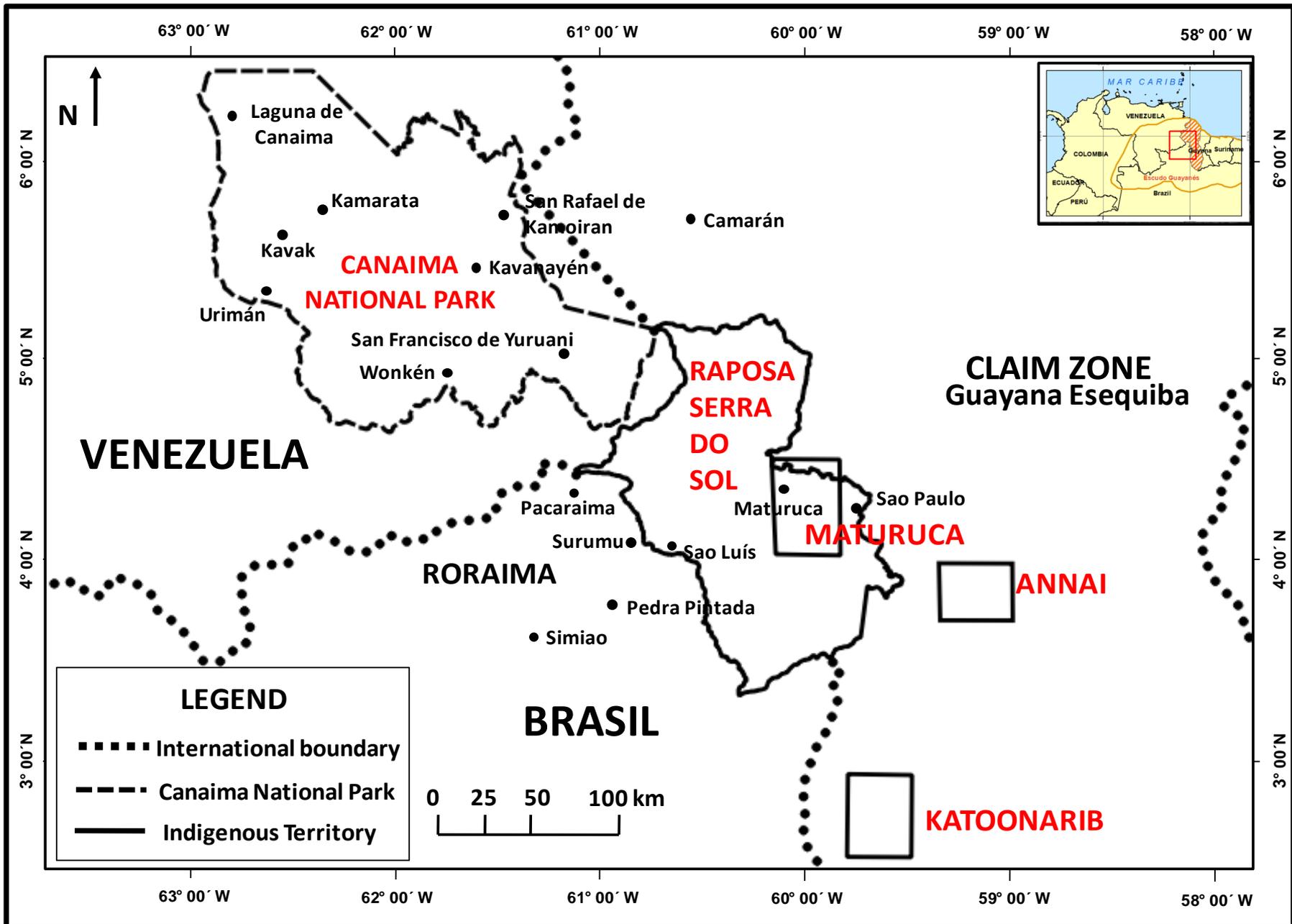
GRUPO DE INVESTIGACIÓN Ecología, monitoreo y manejo participativo del fuego

- **Roberto Rivera-Lombardi**
(Universidad Central de Venezuela)
- **Bibiana Bilbao**
(Universidad Simón Bolívar, Venezuela)
- **Adirana Millán**
(Universidad Nacional de Rafaela, Argentina)
- **Rosalba Gómez**
(Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela)
- **Jay Mistry**
(Royal Holloway University of London, United Kingdom)
- **Andrea Berardil**
(The Open University, United Kingdom)
- **Jonathan Torres**
(Universidad Central de Venezuela)



Escudo Guayanés se extiende desde el sur de Venezuela hasta el norte de Brasil, incluyendo a Guyana, Surinam y la Guyana Francesa.





63° 00' W 62° 00' W 61° 00' W 60° 00' W 59° 00' W 58° 00' W

6° 00' N
5° 00' N
4° 00' N
3° 00' N

6° 00' N
5° 00' N
4° 00' N
3° 00' N



VENEZUELA

**CANAIMA
NATIONAL PARK**

**RAPOSA
SERRA
DO
SOL**

**CLAIM ZONE
Guayana Esequiba**

RORAIMA

MATURUCA

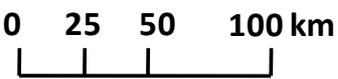
ANNAI

BRASIL

KATOONARIB

LEGEND

- International boundary
- Canaima National Park
- Indigenous Territory



PREGUNTAS/MOTIVACIÓN

- Ausencia de información oficial sobre la ocurrencia de incendios forestales en Venezuela desde 2014.
- Tipo de fisionomía vegetal afectada por la incidencia del fuego.
- Contribución de las áreas protegidas en la protección y control de incendios forestales.
- Conocer el patrón espacio-temporal de las áreas quemadas para el manejo adecuado del fuego
- Evaluar la real contribución de la quema de biomasa vegetal en el incremento de la concentración de GEI en la atmósfera (Relatorios e Inventarios y Comunicación Nacional)



UNRaf

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
RAFAELA

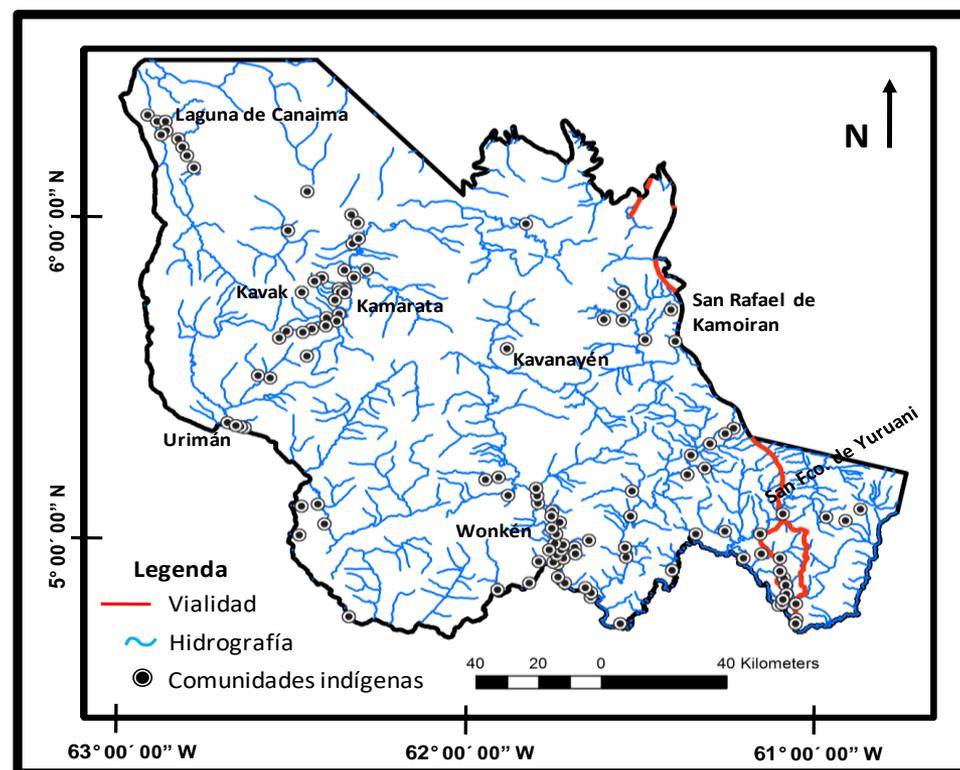
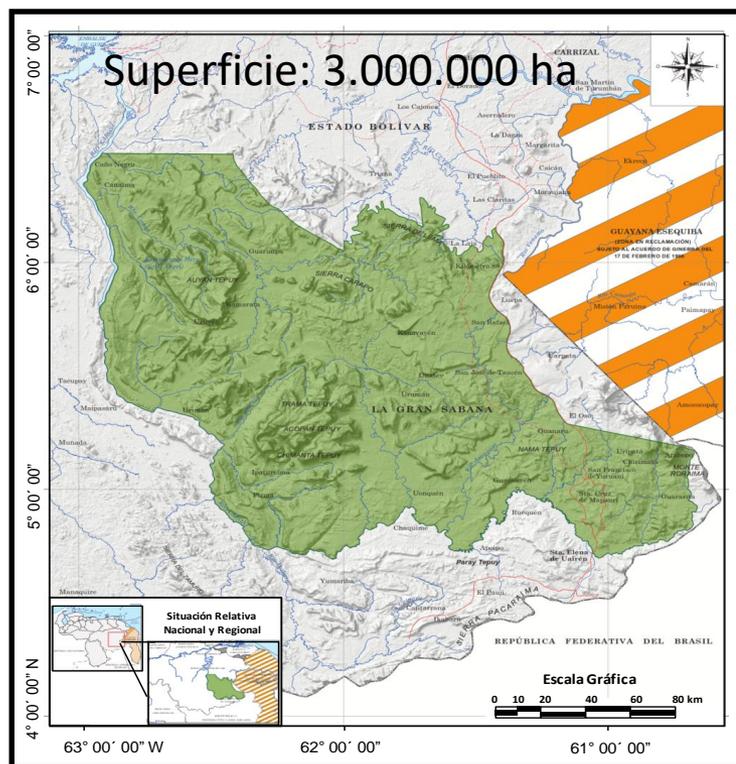


Objetivo general:

Estimar el patrón espacio-temporal de ocurrencia del fuego, a partir de la cuantificación de áreas quemadas en el Parque Nacional Canaima (Venezuela), durante el período seco extendido 2014-2016.

I. INTRODUCCIÓN

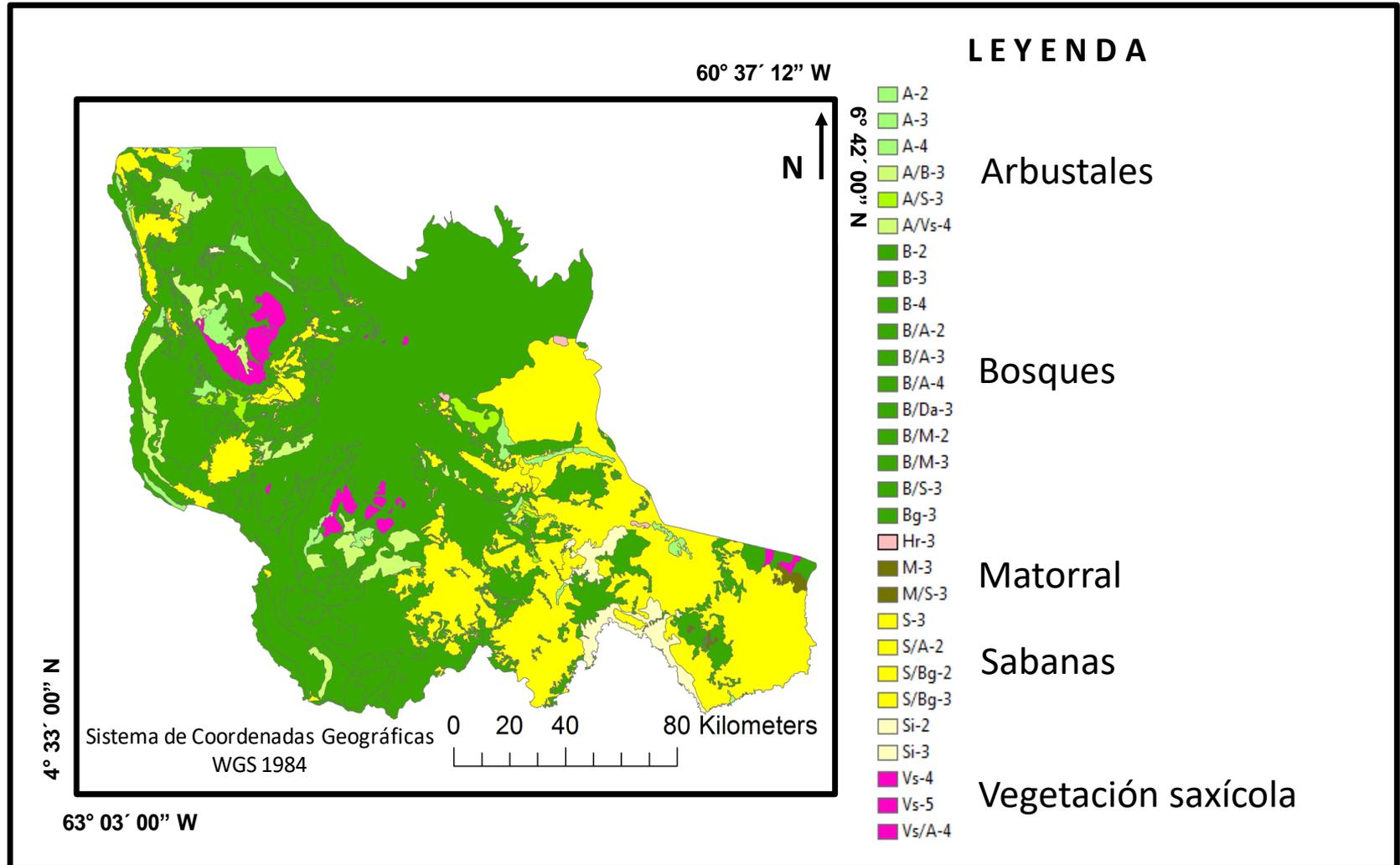
Localización y características generales



- Patrimonio Mundial Natural de la Humanidad.
- Comprende el 75% de la cuenca del río Caroní (genera el 65% de la energía hidroeléctrica)

- Habitado por indígenas del grupo Pemón (Kamarakotos, Arekunas, Taurepanes).
- La subsistencia se fundamenta en la agricultura de tala y quema (conucos), caza, pesca y turismo.

Vegetación del Parque Nacional Canaima





Fotos: Adriana Millán



Fotos: Adriana Millán



Fotos: Adriana Millán

I. INTRODUCCIÓN

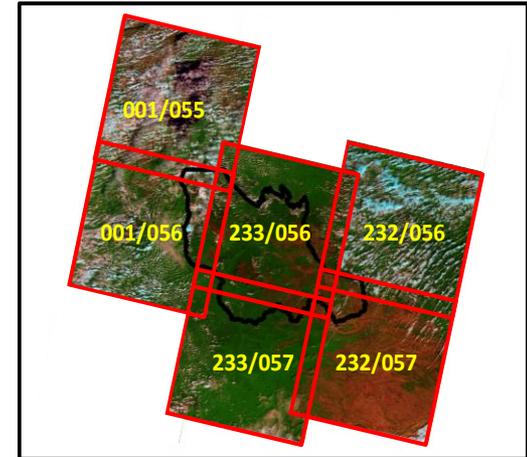
Período de estudio

- **Parte del período seco extendido en Venezuela (2013 y 2016)**
 - **Noviembre 2014 – agosto de 2016** (22 meses).
- **Se establecieron dos períodos independientes (2015 y 2016)**
 - **2015**; 11 meses (entre **noviembre** de 2014 y **septiembre** de 2015).
 - **2016**; 11 meses (entre **octubre** de 2015 y **agosto** de 2016).

Productos Orbitales

Características:

- Landsat-8/OLI
- Bandas 3, 4 y 5
- Resolución espacial 30 m



Área de estudio:

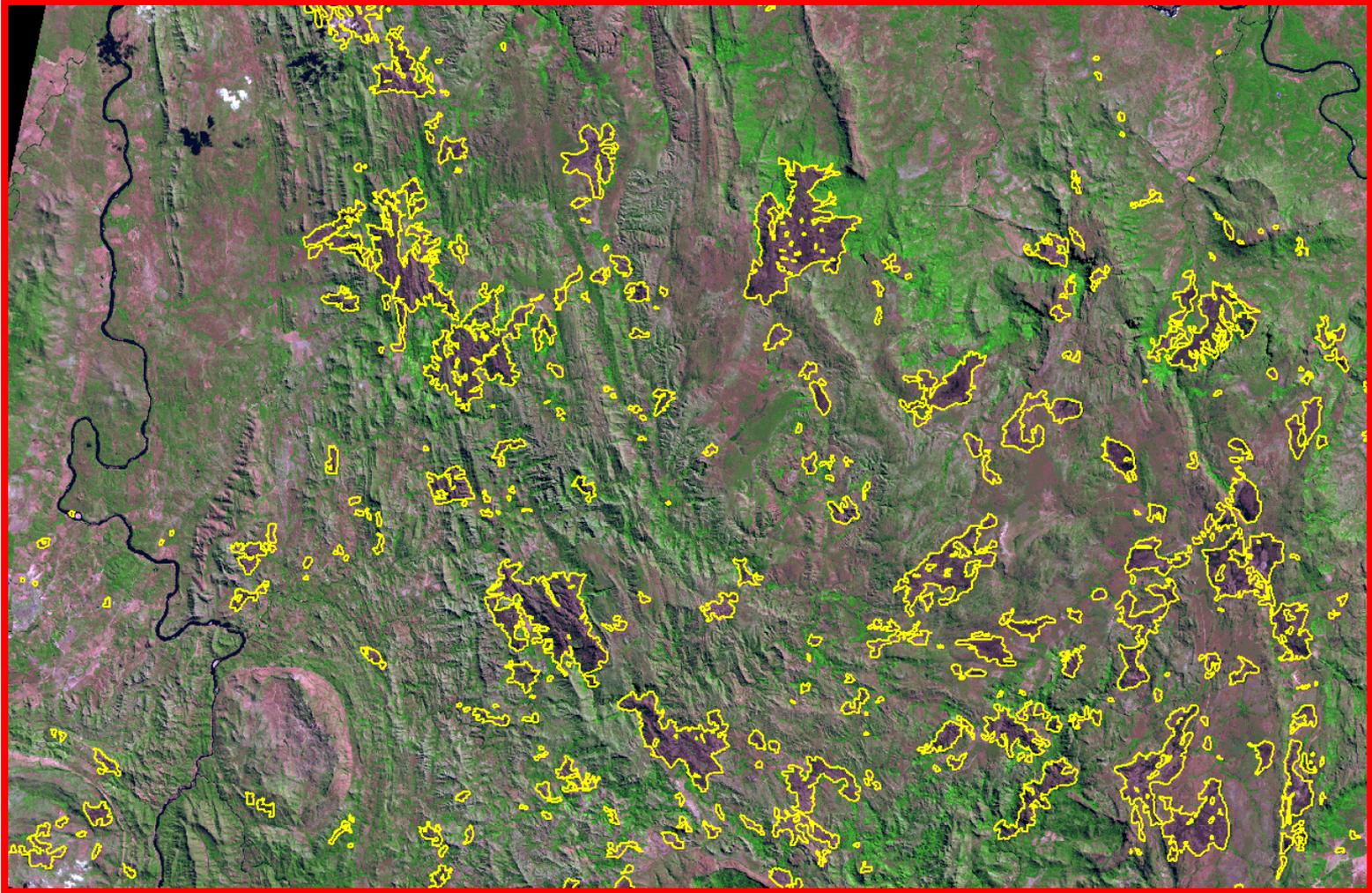
- Mosaico de seis (06) escenas para cada una de las 42 quincenas del período de estudio (22 meses).
- Total de 252 imágenes satelitales procesadas

Alta incidencia de nubosidad durante los meses de marzo y abril de 2015 y el mes de febrero de 2016



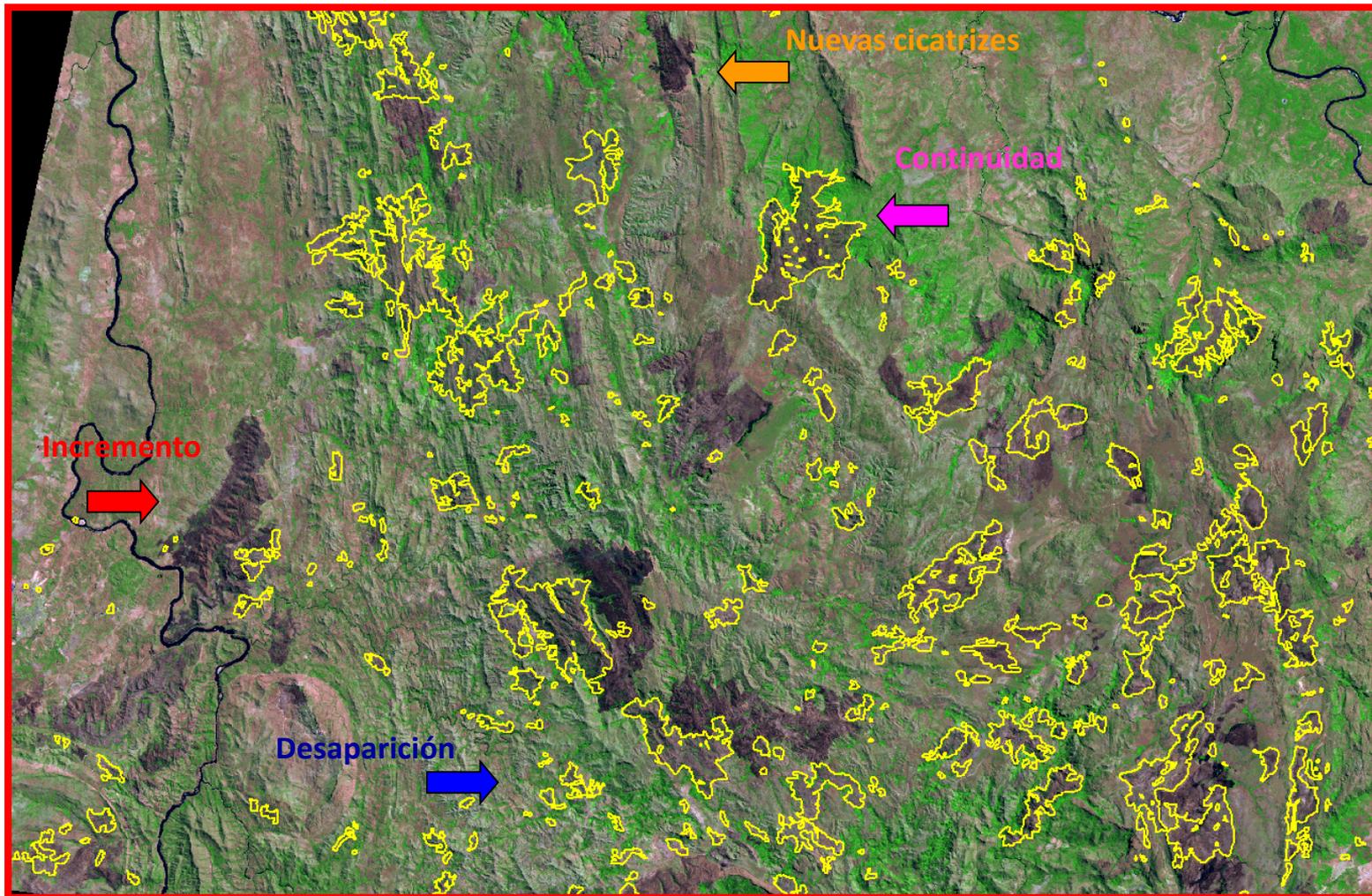
- **Detección de las áreas quemadas**
 - Interpretación visual de las áreas quemadas
- **Actualización del mapa de vegetación (2014)**
- **Geoprocesamiento de los datos e información temática**
- **Estimación de las emisiones atmosféricas brutas**

▪ **Detección de las áreas quemadas**



Interpretación correspondiente a la primera fecha

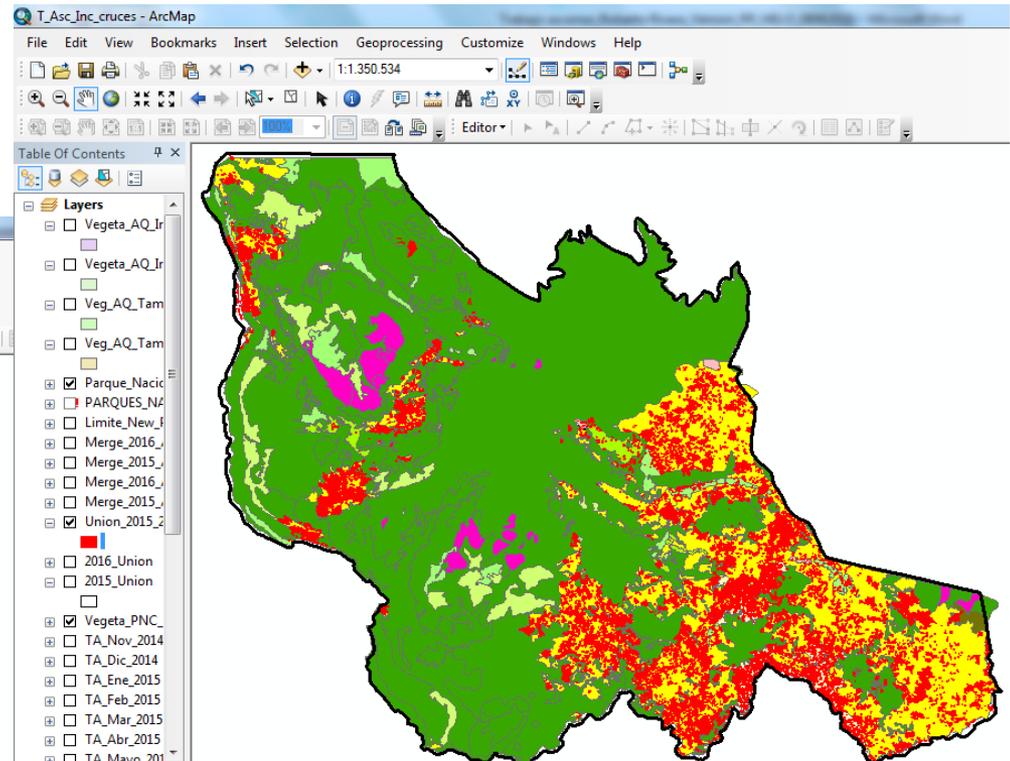
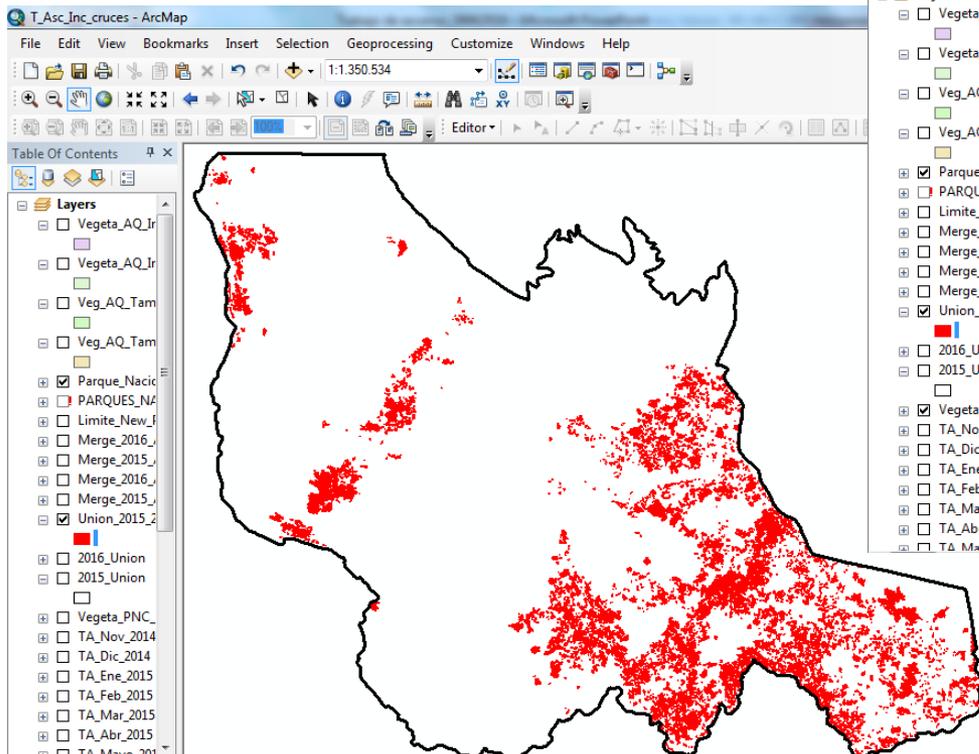
▪ Detección de las áreas quemadas



Actualización de la interpretación correspondiente a la segunda fecha

- **Geoprocesamiento de los datos e información temática**
Operaciones algebraicas (unión e intersección)

Área total quemada



Tipo de vegetación afectada por el fuego

Estimación de las emisiones atmosféricas brutas a partir de la cantidad de biomasa quemada

La estimación de las emisiones es el producto de cinco parámetros biofísicos que relacionan la cantidad de la biomasa quemada con los flujos de emisiones (CO_2).

- Área total quemada (**A**) (ha)
- Densidad de la biomasa (**B**) (t/ha)
- Eficiencia de la quema (**E**) (adimensional)
- Contenido de CO_2 en la biomasa quemada (**C**) (adimensional)
- Eficiencia de la combustión (**EC**) (adimensional)

B) Estimación de las emisiones atmosféricas brutas a partir de la cantidad de biomasa quemada

• Se estimó la cantidad de biomasa consumida durante las quemadas

$M = A \times B \times E$

Seiler y Crutzen (1980)

M = cantidad de biomasa consumida
 A = área total quemada
 B = densidad de la biomasa
 E = eficiencia de la quema

$M = A \times B \times E$

$M(C) = C \times M$

$M(C)$ = masa total de carbono emitida
 C = proporción de carbono contenido en la biomasa quemada
 M = cantidad de biomasa consumida

• La masa total de CO_2 emitido durante las quemadas [$M(CO_2)$] fue relacionada con $M(C)$

$M = A \times B \times E$ $M(CO_2)$ = masa total de CO_2 emitida
 $M(C) = C \times M$ EC = corresponde a la fracción de carbono emitido como CO_2 en relación a [$M(C)$] emitido durante la quemada
 $M(CO_2) = EC \times M(C)$ $M(C)$ = masa total de carbono emitida

• Finalmente, las emisiones de CO_2 fueron utilizadas como gas de referencia para estimar la masa total de otras especies químicas emitidas (CO y NO_x), aplicando un cociente de emisión (RCO y RNO_x)

$M(Xi) = R(Xi) \times M(CO_2)$

$M(Xi)$ = masa total de la especie Xi emitida
 R = Cociente de Emisión
 $M(CO_2)$ = masa total de CO_2 emitida

Talleres, entrevistas y consultas

Entrevistas abiertas y consultas a todos los actores relacionados con el manejo integrado del fuego en el Parque Nacional Canaima:

- Miembros y líderes de la comunidad indígena Pemón
- Servidores públicos de diferentes organismos del Estado con responsabilidad en la gestión y control de los incendios forestales
- Docentes e investigadores de diversas universidades y centros de investigación a nivel nacional e internacional



- 1. Cuantificación y patrón de distribución de las áreas quemadas**
 - 1.1. Cuantificación de las áreas quemadas**
 - 1.2. Patrón de distribución de las áreas quemadas**
 - 1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño**
 - 1.2.2. Distribución y extensión de la vegetación afectada por el fuego**
- 2. Estimación de emisiones brutas de gases de efecto invernadero resultantes de la quema de biomasa vegetal**

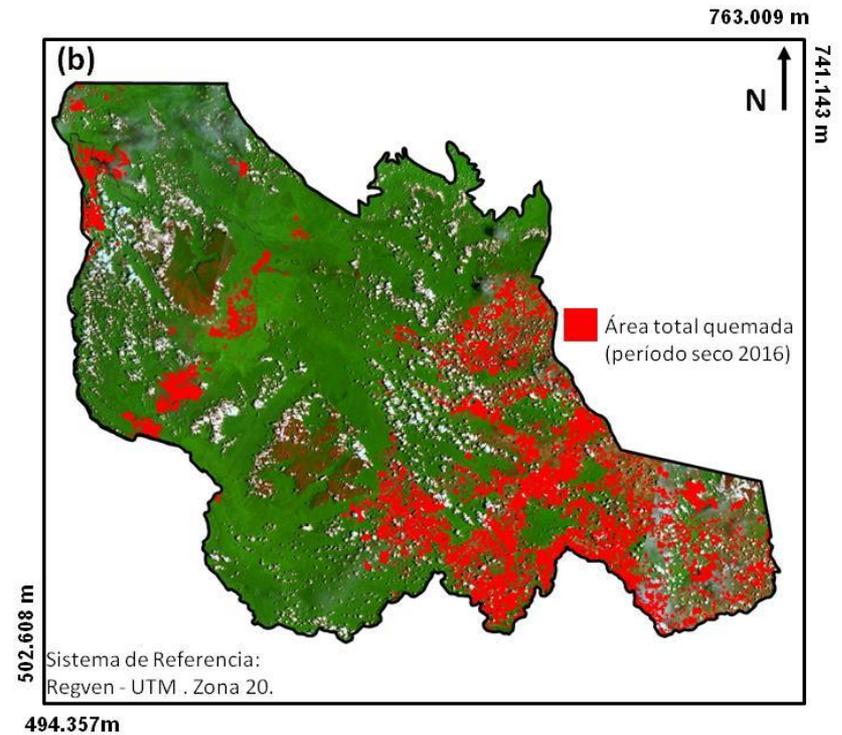
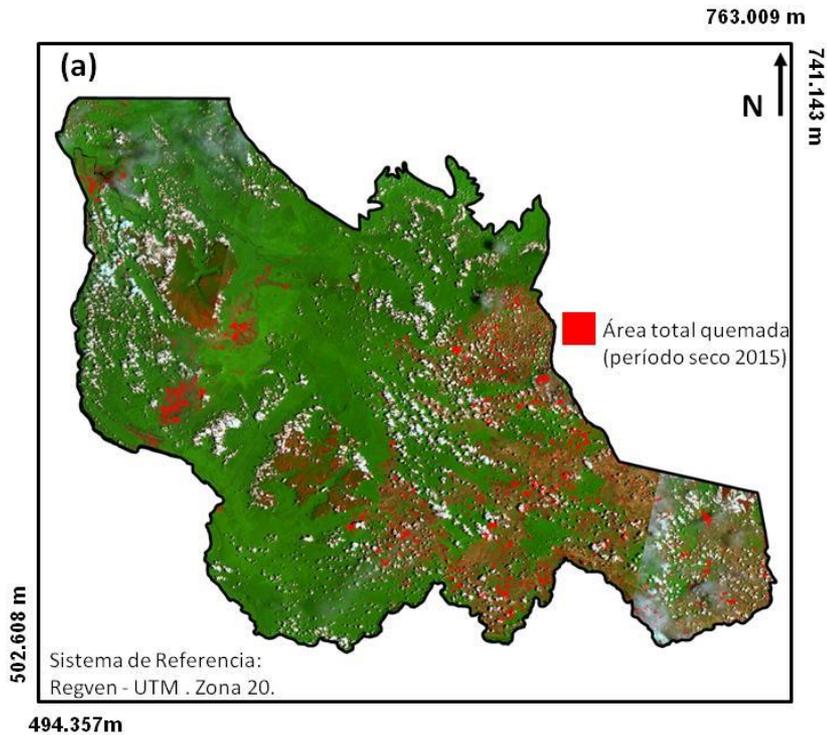
1.1. Cuantificación de las áreas quemadas

Parámetros	Período de observación 2015	Período de observación 2016	Diferencia entre periodos (%)
Número de eventos de quema	4.166	5.984	30,4
Superficie total afectada por el fuego (ha)	64.206,10	105.808,20	39,4
Superficie máxima mensual afectada por el fuego (ha)	15.991,3 (enero 2015)	44.675 (enero 2016)	64,2
Tamaño máximo del polígono de área quemada detectado (ha)	818,6	2.009,90	59,3

Cuantificación de las áreas quemadas

Área Total Quemada (2015) = 64.206,1 ha

Área Total Quemada (2016) = 105.808,2 ha



IV. RESULTADOS

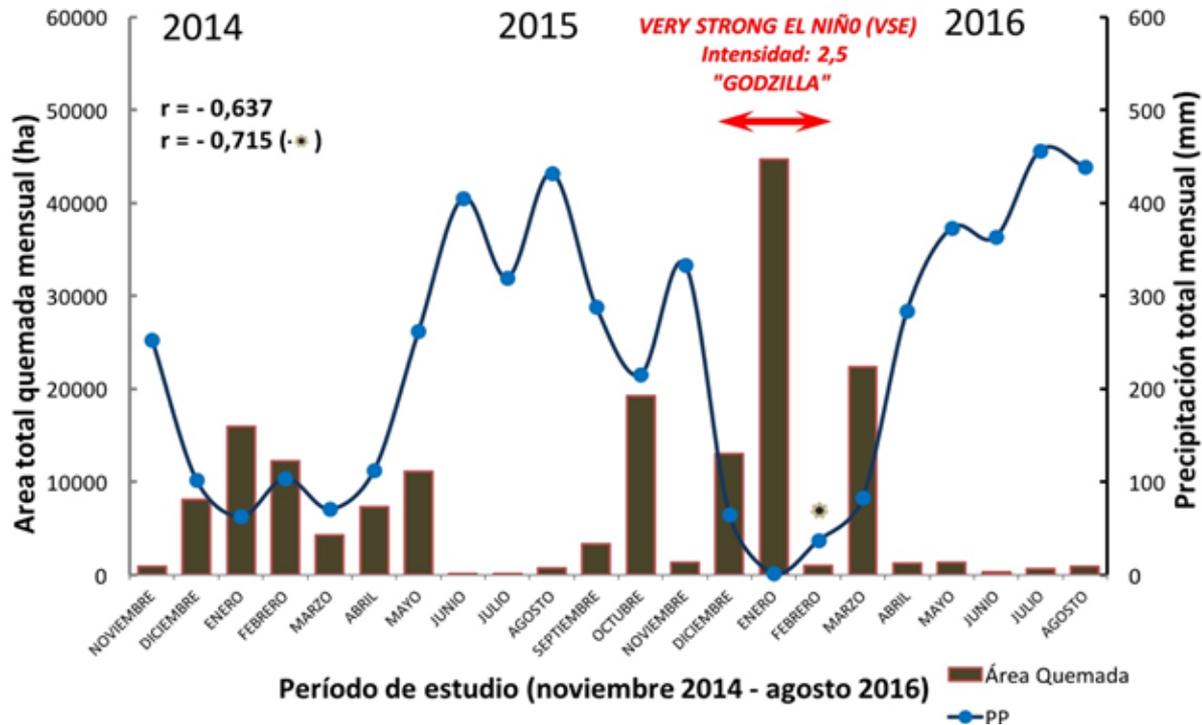
Imágenes de incendios forestales en el PNC (enero de 2016)





1.1. Cuantificación de las áreas quemadas

Correlación entre áreas quemadas y precipitación media mensual



- La mayor incidencia de incendios forestales está relacionada con la disminución o escasez de precipitación .

1.1. Cuantificación de las áreas quemadas

Estadísticas del área total quemada (ha) para cada mes del período de estudio (noviembre/2014 - septiembre/2016)

AÑO	MES	NÚMERO DE EVENTOS	ÁREA QUEMADA MÍNIMA (ha)	ÁREA QUEMADA MÁXIMA (ha)	TAMAÑO PROMEDIO DE LAS ÁREAS QUEMADAS (ha)	DESVIACIÓN TÍPICA	AREA TOTAL QUEMADA (ha)	ÍNDICE MENSUAL DE ÁREA QUEMADA (x1000)*
2014	NOVIEMBRE	49	1,58	296,14	19,11	44,00	936,32	0,32
	DICIEMBRE	611	1,51	448,71	13,24	33,89	8.087,53	2,79
2015	ENERO	1.230	1,50	473,56	13,00	31,68	15.991,02	5,51
	FEBRERO	632	1,54	699,27	19,41	42,15	12.267,82	4,23
	MARZO	219	1,50	569,64	19,31	58,96	4.229,58	1,46
	ABRIL	536	1,52	326,96	13,70	28,51	7.340,77	2,53
	MAYO	482	1,50	818,56	23,09	65,98	11.129,94	3,84
	JUNIO	15	1,68	33,68	9,15	9,17	137,31	0,05
	JULIO	6	1,50	15,12	6,68	4,38	40,05	0,01
	AGOSTO	64	1,55	119,96	11,16	17,95	713,99	0,25
	SEPTIEMBRE	322	1,51	197,48	10,35	19,34	3.331,81	1,15
	OCTUBRE	1.272	1,50	1.356,37	15,10	57,09	19.201,89	6,62
	NOVIEMBRE	143	1,51	128,29	9,44	14,69	1.350,06	0,47
	DICIEMBRE	610	1,50	2.009,87	21,26	96,96	12.969,60	4,47
2016	ENERO	2.319	1,50	1.136,20	19,26	56,84	44.674,96	15,40
	FEBRERO	29	1,56	236,49	33,40	50,22	968,61	0,33
	MARZO	1.267	1,51	638,48	17,65	48,69	22.362,78	7,71
	ABRIL	71	1,52	352,08	17,33	47,66	1.230,30	0,42
	MAYO	69	1,51	409,76	19,11	51,55	1.318,62	0,45
	JUNIO	24	1,70	100,41	10,46	19,67	251,02	0,09
	JULIO	38	1,53	218,52	15,94	35,97	605,53	0,21
	AGOSTO	142	1,50	77,74	6,16	9,76	874,83	0,30

-Los megaincendios en el PNC corresponden a áreas quemadas mayores a 500 ha

Enero de 2016 concentra cerca de la mitad del área total quemada de este período. Esto coincide con el mes más seco de ambos períodos (enero)

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

Período 2015

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	2.929	70,31	12.119,21	18,88
10 - 49,99	985	23,64	20.857,28	32,48
50 - 99,99	156	3,74	10.882,13	16,95
100 - 499,99	90	2,16	16.572,15	25,81
500 - 999,99	6	0,14	3.775,38	5,88
1.000 - 1.499,99	0	0,00	0,00	0,00
mayor a 1.500	0	0,00	0,00	0,00
Total	4.166	100	64.206,15	100

-Incremento en el 2016 del 167,7 % del número total de incendios de grandes proporciones.

-Representa el 12,5% del total de la superficie afectada en el 2016.

Período 2016

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	4.142	69,22	17.202,55	16,26
10 - 49,99	1.465	24,48	30.931,35	29,23
50 - 99,99	213	3,56	15.054,92	14,23
100 - 499,99	148	2,47	29.354,82	27,74
500 - 999,99	11	0,18	6.600,69	6,24
1.000 - 1.499,99	4	0,07	4.654,89	4,40
mayor a 1.500	1	0,02	2.009,87	1,90
Total	5.984	100	105.809,09	100

Megaincendio:

característico de ambientes con un gran número de meses sin precipitaciones, donde el material combustible (biomasa seca) se ha acumulado en volumen y extensión

1.2. Patrón de distribución de las áreas quemadas

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

Período 2015

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	2.929	70,31	12.119,21	18,88
10 - 49,99	985	23,64	20.857,28	32,48
50 - 99,99	156	3,74	10.882,13	16,95
100 - 499,99	90	2,16	16.572,15	25,81
500 - 999,99	6	0,14	3.775,38	5,88
1.000 - 1.499,99	0	0,00	0,00	0,00
mayor a 1.500	0	0,00	0,00	0,00
Total	4.166	100	64.206,15	100

-Se infiere que los incendios de grandes proporciones ocurren después de largos periodos secos (meses), como durante la ocurrencia de El Niño (ENSO)

Período 2016

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	4.142	69,22	17.202,55	16,26
10 - 49,99	1.465	24,48	30.931,35	29,23
50 - 99,99	213	3,56	15.054,92	14,23
100 - 499,99	148	2,47	29.354,82	27,74
500 - 999,99	11	0,18	6.600,69	6,24
1.000 - 1.499,99	4	0,07	4.654,89	4,40
mayor a 1.500	1	0,02	2.009,87	1,90
Total	5.984	100	105.809,09	100

En 2016 hubo un incremento del 251 % en la superficie quemada afectada por incendios de grandes proporciones

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

Período 2015

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	2.929	70,31	12.119,21	18,88
10 - 49,99	985	23,64	20.857,28	32,48
50 - 99,99	156	3,74	10.882,13	16,95
100 - 499,99	90	2,16	16.572,15	25,81
500 - 999,99	6	0,14	3.775,38	5,88
1.000 - 1.499,99	0	0,00	0,00	0,00
mayor a 1.500	0	0,00	0,00	0,00
Total	4.166	100	64.206,15	100

- Cerca del 70 % del número total de polígonos de quema son menores a 10 ha, en ambos períodos.

Período 2016

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	4.142	69,22	17.202,55	16,26
10 - 49,99	1.465	24,48	30.931,35	29,23
50 - 99,99	213	3,56	15.054,92	14,23
100 - 499,99	148	2,47	29.354,82	27,74
500 - 999,99	11	0,18	6.600,69	6,24
1.000 - 1.499,99	4	0,07	4.654,89	4,40
mayor a 1.500	1	0,02	2.009,87	1,90
Total	5.984	100	105.809,09	100

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

Período 2015

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	2.929	70,31	12.119,21	18,88
10 - 49,99	985	23,64	20.857,28	32,48
50 - 99,99	156	3,74	10.882,13	16,95
100 - 499,99	90	2,16	16.572,15	25,81
500 - 999,99	6	0,14	3.775,38	5,88
1.000 - 1.499,99	0	0,00	0,00	0,00
mayor a 1.500	0	0,00	0,00	0,00
Total	4.166	100	64.206,15	100

Período 2016

Clases de Tamaño de los Polígonos de Quema (ha)	Número de Polígonos de Quema	% del Total del Número de Polígonos de Quema	Superficie Afectada de la Clase (ha)	% del Total de la Clase
1,5 - 9,99	4.142	69,22	17.202,55	16,26
10 - 49,99	1.465	24,48	30.931,35	29,23
50 - 99,99	213	3,56	15.054,92	14,23
100 - 499,99	148	2,47	29.354,82	27,74
500 - 999,99	11	0,18	6.600,69	6,24
1.000 - 1.499,99	4	0,07	4.654,89	4,40
mayor a 1.500	1	0,02	2.009,87	1,90
Total	5.984	100	105.809,09	100

- Cerca del 94 % del número total de polígonos de quema y casi la mitad de la superficie quemada, corresponden a las clases de tamaño menores a 50 ha, en ambos períodos.

- La distribución del % de afectación de cada clase, en ambos períodos, se mantuvo casi inalterado (excepto para las áreas quemadas por encima de 500 ha)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

- **Registros oficiales** fundamentados en técnicas tradicionales de detección de incendios forestales (avistamientos o denuncias) y con cuantificaciones empíricas del área quemada (mediciones visuales en campo, basadas en la experiencia del personal que reporta los incendios).

Número de eventos y superficie afectada por Incendios Forestales (2000-2014) en el territorio nacional.

Año	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Tipos de vegetación (ha)					
			Arborea	%	Arbustiva	%	Herbácea	%
2000	1.191	4.121	412	10,00	1.236	29,99	2.473	60,01
2001	3.249	34.076	3.408	10,00	10.223	30,00	20.446	60,00
2002	995	24.444	2.444	10,00	7.333	30,00	14.666	60,00
2003*	2.893	107.984	32.395	30,00	21.597	20,00	53.992	50,00
2004	2.628	79.512	7.951	10,00	23.854	30,00	47.707	60,00
2005	5.112	68.902	6.890	10,00	20.671	30,00	41.341	60,00
2006	3.982	40.712	4.071	10,00	12.214	30,00	24.427	60,00
2007*	3.063	95.492	28.648	30,00	19.098	20,00	47.746	50,00
2008	1.371	47.170	4.717	10,00	17.151	36,36	25.302	53,64
2009	906	23.495	2350	10,00	7.049	30,00	14.097	60,00
2010*	2.449	114.550	34.499	30,12	21.824	19,05	58.226	50,83
2011	392	4.834	302	6,25	2.319	47,97	2.212	45,76
2012	1.106	24.504	4.428	18,07	7.246	29,57	12.830	52,36
2013	1.196	25.207	4.538	18,00	7.384	29,29	13.286	52,71
2014	1.429	37.837	2.549	6,74	11.178	29,54	24.109	63,72
Total 2000-2014	31.962	732.840	139.602	19,05	190.377	25,98	402.860	54,97
Promedio 2000-2014	2.131	48.856,00	9.306,80		12.691,80		26.857,33	
Desviación Típica	1.128,05	29.621,33	9.016,21		6.405,89		15.296,71	

* Años ENSO

Fuente: Dirección de Protección y Control de Incendios Forestales (MINAMB, 2014).

Número de eventos y superficie afectada por Incendios Forestales (2000-2014) en el territorio nacional.

Año	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Tipos de vegetación (ha)					
			Arborea	%	Arbustiva	%	Herbácea	%
2000	1.191	4.121	412	10,00	1.236	29,99	2.473	60,01
2001	3.249	34.076	3.408	10,00	10.223	30,00	20.446	60,00
2002	995	24.444	2.444	10,00	7.333	30,00	14.666	60,00
2003*	2.893	107.984	32.395	30,00	21.597	20,00	53.992	50,00
2004	2.628	79.512	7.951	10,00	23.854	30,00	47.707	60,00
2005	5.112	68.902	6.890	10,00	20.671	30,00	41.341	60,00
2006	3.982	40.712	4.071	10,00	12.214	30,00	24.427	60,00
2007*	3.063	95.492	28.648	30,00	19.098	20,00	47.746	50,00
2008	1.371	47.170	4.717	10,00	17.151	36,36	25.302	53,64
2009	906	23.495	2350	10,00	7.049	30,00	14.097	60,00
2010*	2.449	114.550	34.499	30,12	21.824	19,05	58.226	50,83
2011	392	4.834	302	6,25	2.319	47,97	2.212	45,76
2012	1.106	24.504	4.428	18,07	7.246	29,57	12.830	52,36
2013	1.196	25.207	4.538	18,00	7.384	29,29	13.286	52,71
2014	1.429	37.837	2.549	6,74	11.178	29,54	24.109	63,72
Total 2000-2014	31.962	732.840	139.602	19,05	190.377	25,98	402.860	54,97
Promedio 2000-2014	2.131	48.856,00	9.306,80		12.691,80		26.857,33	
Desviación Típica	1.128,05	29.621,33	9.016,21		6.405,89		15.296,71	

* Años ENSO

Fuente: Dirección de Protección y Control de Incendios Forestales (MINAMB, 2014).

Número de eventos y superficie afectada por Incendios Forestales (2000-2014) en el territorio nacional.

Año	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Tipos de vegetación (ha)					
			Arborea	%	Arbustiva	%	Herbácea	%
2000	1.191	4.121	412	10,00	1.236	29,99	2.473	60,01
2001	3.249	34.076	3.408	10,00	10.223	30,00	20.446	60,00
2002	995	24.444	2.444	10,00	7.333	30,00	14.666	60,00
2003*	2.893	107.984	32.395	30,00	21.597	20,00	53.992	50,00
2004	2.628	79.512	7.951	10,00	23.854	30,00	47.707	60,00
2005	5.112	68.902	6.890	10,00	20.671	30,00	41.341	60,00
2006	3.982	40.712	4.071	10,00	12.214	30,00	24.427	60,00
2007*	3.063	95.492	28.648	30,00	19.098	20,00	47.746	50,00
2008	1.371	47.170	4.717	10,00	17.151	36,36	25.302	53,64
2009	906	23.495	2350	10,00	7.049	30,00	14.097	60,00
2010*	2.449	114.550	34.499	30,12	21.824	19,05	58.226	50,83
2011	392	4.834	302	6,25	2.319	47,97	2.212	45,76
2012	1.106	24.504	4.428	18,07	7.246	29,57	12.830	52,36
2013	1.196	25.207	4.538	18,00	7.384	29,29	13.286	52,71
2014	1.429	37.837	2.549	6,74	11.178	29,54	24.109	63,72
Total 2000-2014	31.962	732.840	139.602	19,05	190.377	25,98	402.860	54,97
Promedio 2000-2014	2.131	48.856,00	9.306,80		12.691,80		26.857,33	
Desviación Típica	1.128,05	29.621,33	9.016,21		6.405,89		15.296,71	

* Años ENSO

Fuente: Dirección de Protección y Control de Incendios Forestales (MINAMB, 2014).

EXISTE UNA CLARA SUBESTIMACIÓN

COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

■ Registros oficiales:

-El promedio de la superficie quemada de todo el territorio nacional durante años El Niño (**106.008 ha**) (2000 – 2014) se encuentra muy por debajo del promedio obtenido en el PNC (**85.007 ha**) (2015 -2016), considerando que el PNC representa apenas el **3,16 %** del territorio nacional.

Año	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)
2000	1.191	4.121
2001	3.249	34.076
2002	995	24.444
2003*	2.893	107.984
2004	2.628	79.512
2005	5.112	68.902
2006	3.982	40.712
2007*	3.063	95.492
2008	1.371	47.170
2009	906	23.495
2010*	2.449	114.550
2011	392	4.834
2012	1.106	24.504
2013	1.196	25.207
2014	1.429	37.837
Total 2000-2014	31.962	732.840
Promedio 2000-2014	2.131	48.856,00
Desviación Típica	1.128,05	29.621,33

* Años ENSO

COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

■ Registros oficiales:

-El promedio de la superficie quemada de todo el territorio nacional durante años El Niño (**106.008 ha**) (2000 – 2014) se encuentra muy por debajo del promedio obtenido en el PNC (**85.000,71 ha**) (2015 -2016), considerando que el PNC representa apenas el **3,16 %** del territorio nacional.

- Existe alta variabilidad interanual de los reportes oficiales, la cual oscila entre 4.121 ha y 114.559 ($\sigma = 30.000$ ha)

Año	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)
2000	1.191	4.121
2001	3.249	34.076
2002	995	24.444
2003*	2.893	107.984
2004	2.628	79.512
2005	5.112	68.902
2006	3.982	40.712
2007*	3.063	95.492
2008	1.371	47.170
2009	906	23.495
2010*	2.449	114.550
2011	392	4.834
2012	1.106	24.504
2013	1.196	25.207
2014	1.429	37.837
Total 2000-2014	31.962	732.840
Promedio 2000-2014	2.131	48.856,00
Desviación Típica	1.128,05	29.621,33

* Años ENSO

COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

▪ Registros oficiales:

-Comparación entre densidades de la superficie quemada (promedio) de la vegetación herbácea en el territorio nacional (2000-2014) con la densidad de la superficie quemada del PNC (2015-2016)

Se puede inferir que la **subestimación** anual de la superficie herbácea quemada en toda Venezuela realizada por el MINAMB equivale a cerca de **58 órdenes de magnitud**, en relación a la obtenida en este estudio en el PNC.

Vegetación Herbácea (PNC)*	Superficie (ha)	Vegetación Herbácea Territorio Nacional (TN)**	Superficie (ha)
Sabana	728.346,80	Sabanas abiertas	5.686.500,00
Sabana inundable	50.864,50	Herbazales de pantano	596.000,00
Herbazal	3.238,20	Sabanas arbustivas y/o arboladas	8.776.700,00
Asociación Bosque/Sabana	33.486,90	Herbazal tepuyano	284.700,00
Asociación Arbustal/Sabana	20.795,80	Herbazal y arbustal tepuyano	606.700,00
Asociación Matorrasl/Sabana	5.524,90		
Sabana y arbustal	8.785,20		
Área total vegetación herbácea (ATVH-PNC)	851.042,30	Área total vegetación herbácea (ATVH-TN)	15.950.600,00
Área quemada promedio (2015-2016) (AQP-PNC)	85.000,71	Área quemada promedio (2015-2016) (AQP-TN)	26.857,33
Densidad (AQP-PNC)/(ATVH-PNC) *100	9,99	Densidad (AQP-TN)/(ATVH-TN)/ *100	0,17

Causas (subestimaciones):

- a) Dificultades (organismos oficiales) para combatir los incendios forestales reportados o detectados pelo INPE
- b) Procedimientos, técnicas de medición y de recopilación de información utilizados para cuantificar la superficie quemada en el territorio nacional

Otras causas (subestimaciones):

- Incendios forestales no reportados (carecen de estadísticas)
- Incendios forestales de difícil acceso (áreas remotas o inaccesibles y ausencia de vehículos)

Contribuyendo de esta manera a incrementar, aún más, la subestimación de las superficies quemadas

Reporte de incendios forestales a escala nacional comprendidos entre el 01/01y el 30/09 de 2014

Estado	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Eventos atendidos	% Eventos no atendidos
Amazonas	40	211,50	40	0,00
Anzoátegui	0	0,00	0	0,00
Apure	0	0,00	0	0,00
Aragua	72	977,76	72	0,00
Barinas	7	644,80	5	28,57
Bolívar	0	0,00	0	0,00
Carabobo	146	2.626,33	132	9,59
Cojedes	192	14.392,50	55	71,35
Delta Amacuro	49	6.396,06	48	2,04
Distrito Capital	118	497,87	118	0,00
Falcón	7	28,00	4	42,86
Guárico	67	561,36	62	7,46
Lara	36	3.169,40	18	50,00
Mérida	17	482,00	17	0,00
Miranda	33	154,32	33	0,00
Monagas	45	95,35	45	0,00
Nueva Esparta	14	29,41	11	21,43
Portuguesa	27	532,25	22	18,52
Sucre	346	3.387,93	253	26,88
Táchira	53	149,16	50	5,66
Trujillo	64	1.310,85	42	34,38
Vargas	0	0,00	0	0,00
Yaracuy	26	388,50	25	3,85
Zulia	3	280,00	3	0,00
TOTAL	1.362	36.315,35	1.055,00	22,54

Causas (subestimaciones):

En el PNC

- Todas las anteriores (área muy extensa, de difícil acceso o inaccesibles y escasos recursos materiales y del talento humano).
- Los organismos responsables de registrar los eventos para el estado Bolívar no reportan desde 2012.
- Desarticulación del Programa de Detección y Combate de Incendios Forestales de CORPOELEC (Carlos Todd).

Reporte de incendios forestales a escala nacional comprendidos entre el 01/01y el 30/09 de 2014

Estado	Nº de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Eventos atendidos	% Eventos no atendidos
Amazonas	40	211,50	40	0,00
Anzoátegui	0	0,00	0	0,00
Apure	0	0,00	0	0,00
Aragua	72	977,76	72	0,00
Barinas	7	644,80	5	28,57
Bolívar	0	0,00	0	0,00
Carabobo	146	2.626,33	132	9,59
Cojedes	192	14.392,50	55	71,35
Delta Amacuro	49	6.396,06	48	2,04
Distrito Capital	118	497,87	118	0,00
Falcón	7	28,00	4	42,86
Guárico	67	561,36	62	7,46
Lara	36	3.169,40	18	50,00
Mérida	17	482,00	17	0,00
Miranda	33	154,32	33	0,00
Monagas	45	95,35	45	0,00
Nueva Esparta	14	29,41	11	21,43
Portuguesa	27	532,25	22	18,52
Sucre	346	3.387,93	253	26,88
Táchira	53	149,16	50	5,66
Trujillo	64	1.310,85	42	34,38
Vargas	0	0,00	0	0,00
Yaracuy	26	388,50	25	3,85
Zulia	3	280,00	3	0,00
TOTAL	1.362	36.315,35	1.055,00	22,54

RESULTADOS

Reporte de incendios forestales a escala nacional comprendidos entre 01/11/2006 y el 31/07/2007

Estado	N° de eventos	Total de superficie afectada (ha)	Eventos atendidos	% eventos atendidos
AMAZONAS	126	1.644,82	113	89,68
ANZOATEGUI	25	3.349,00	12	48,00
APURE	49	3.134,50	4	8,16
ARAGUA	117	6.557,00	52	44,44
BARINAS	38	1.985,00	25	65,79
BOLIVAR	406	16.098,25	43	10,59
CARABOBO	239	7.122,50	221	92,47
COJEDES	38	3.645,50	1	2,63
DELTA AMACURO	48	98,50	43	89,58
DISTRITO CAPITAL	97	821,00	86	88,66
FALCÓN	12	207,30	11	91,67
GUARICO	248	3.066,10	138	55,65
LARA	101	2.546,40	53	52,48
MÉRIDA	147	4.687,00	130	88,44
MIRANDA	289	4.688,00	66	22,84
MONAGAS	354	3.239,85	331	93,50
NUEVA ESPARTA	113	36,65	108	95,58
PORTUGUESA	16	13.442,02	9	56,25
SUCRE	177	768,00	121,2	68,47
TÁCHIRA	87	1.971,00	53	60,92
TRUJILLO	87	904,40	56	64,37
YARACUY	116	1.723,20	37	31,90
VARGAS	121	389,10	5	4,13
ZULIA	12	13.367,00	5	41,67
TOTAL	3063	95.492,09	1723,2	56,26

Reporte de incendios forestales a escala nacional comprendidos entre el 01/01 y el 30/09 de 2014

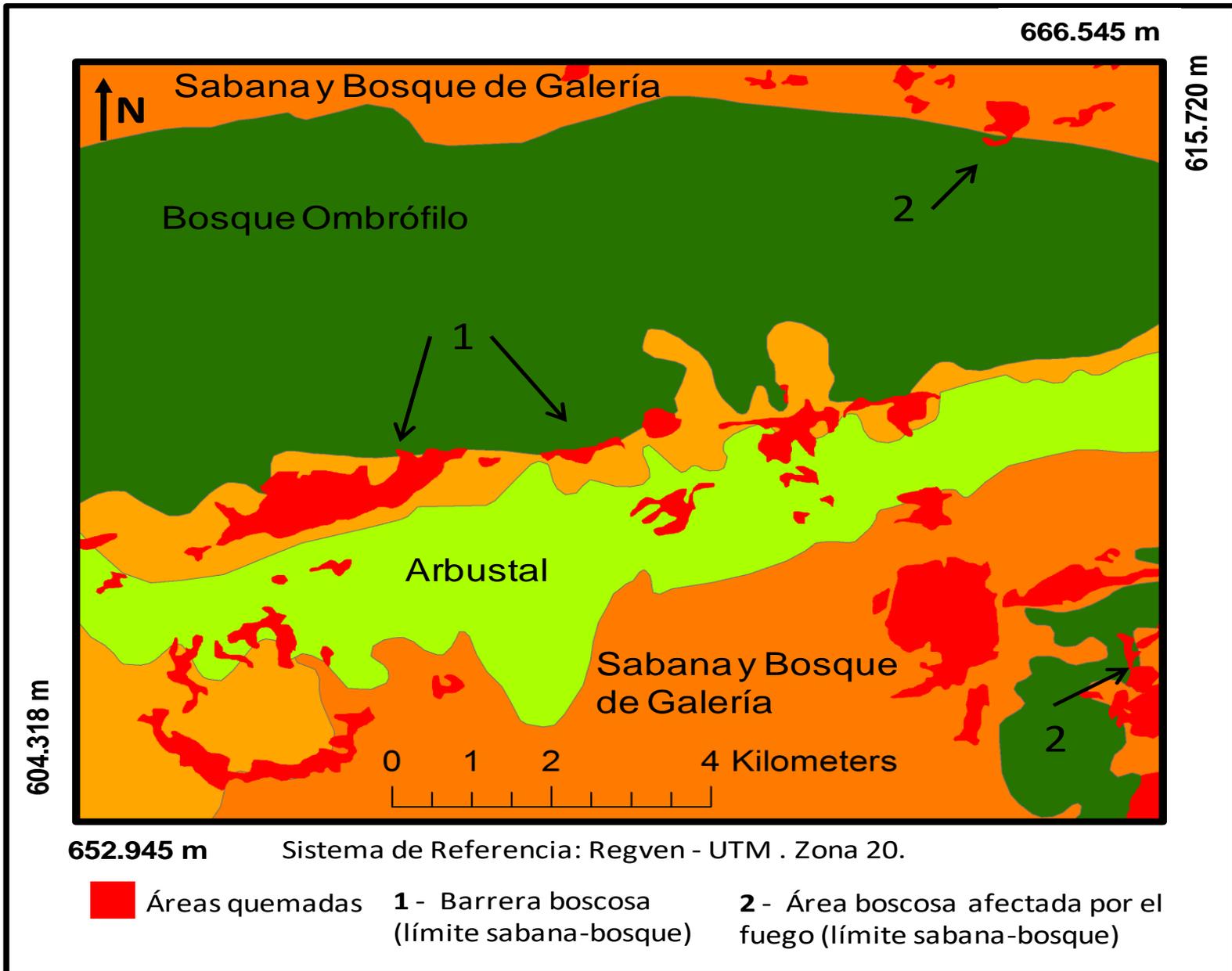
Estado	N° de eventos	Total de superficie afectada (Ha)	Eventos atendidos	% Eventos no atendidos
Amazonas	40	211,50	40	0,00
Anzoátegui	0	0,00	0	0,00
Apure	0	0,00	0	0,00
Aragua	72	977,76	72	0,00
Barinas	7	644,80	5	28,57
Bolívar	0	0,00	0	0,00
Carabobo	146	2.626,33	132	9,59
Cojedes	192	14.392,50	55	71,35
Delta Amacuro	49	6.396,06	48	2,04
Distrito Capital	118	497,87	118	0,00
Falcón	7	28,00	4	42,86
Guárico	67	561,36	62	7,46
Lara	36	3.169,40	18	50,00
Mérida	17	482,00	17	0,00
Miranda	33	154,32	33	0,00
Monagas	45	95,35	45	0,00
Nueva Esparta	14	29,41	11	21,43
Portuguesa	27	532,25	22	18,52
Sucre	346	3.387,93	253	26,88
Táchira	53	149,16	50	5,66
Trujillo	64	1.310,85	42	34,38
Vargas	0	0,00	0	0,00
Yaracuy	26	388,50	25	3,85
Zulia	3	280,00	3	0,00
TOTAL	1.362	36.315,35	1.055,00	22,54

1.2. Patrón de distribución de las áreas quemadas

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

1.2.2. Distribución y extensión de la vegetación afectada por el fuego

Áreas quemadas en el límite Sabana-Bosque



1. Cuantificación y patrón de distribución de las áreas quemadas

1.1. Cuantificación de las áreas quemadas

1.2. Patrón de distribución de las áreas quemadas

1.2.1. Distribución de los polígonos de quema por clase de tamaño

1.2.2. Distribución y extensión de la vegetación afectada por el fuego

2. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la quema de biomasa vegetal

2. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la quema de biomasa vegetal

Estimaciones de emisiones atmosféricas brutas (CO_2 , CO y NO_x) en el Parque Nacional Canaima durante los períodos 2015 y 2016, en Tg (1 Tg = 10^{12} g.)

Parámetros	Período de observación 2015	Período de observación 2016	Diferencia entre períodos (%)
M(CO_2) (Tg/año)	0,18	0,3	66,6
M(CO) (Tg/año)	0,011	0,019	74,6
M(NO_x) (Tg/año)	0,0003	0,0005	62,8

RESULTADOS

2. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la quema de biomasa vegetal

Comparación de las estimaciones brutas de *CO* (2015 y 2016) con otros modelos de emisiones continentales y globales (2000 y 2005), en Tg (1 Tg = 10¹² g.)

Productos para cuantificación de superficies quemadas (año de estimación) (Tg/año)	Resolución espacial y región del espectro electromagnético	REGIÓN/Superficie			
		Parque Nacional Canaima (29.003 km ²)	Amazonía y Sabanas brasileras (6.234.000 km ²)	América Tropical (4.158.473 km ²)	América del Sur (17.840.000 km ²)
P1 (2015 y 2016)	30m - óptica	0,013 (2015) 0,015 (2016)			
Densidad*		0,46 (2015) 0,52 (2016)			
P2 (2005)	500m - óptica		8,11		
Densidad*			1,3		
P3 (2005)	1km - infrarrojo medio		13,19		
Densidad*			2,12		
P4 (2005)	1km - infrarrojo medio y térmico		33,34		
Densidad*			5,38		
P5 (2000)	1km - infrarrojo medio			19,3	
Densidad*				4,64	
P6 (2000)	1km - infrarrojo medio			14,8	
Densidad*				3,56	
P7 (2000)	1km - infrarrojo medio			32,9	
Densidad*				7,76	
P8 (2000)	1km - infrarrojo térmico				19,83
Densidad*					1,11
P9 (2000)	1km - infrarrojo medio y térmico				20,85
Densidad*					1,17
P10 (2000)	1km - óptica e infrarrojo medio y térmico				98,63
Densidad*					5,53

*Densidad (CO /km²) x 1.000.000

P1= Landsat-8/OLI (EOS, 2015 y 2016)

P2= MCD45. NASA (2005)

P3= Deteccion Focos de Calor (INPE, 2005)

P4= MCD14. NASA (2005)

P5= ISAM-GLOBSCAR. Jain (2007).

P6= ISAM-GBA. Jain (2007).

P7= ISAM-TRIM. Jain (2007).

P8= GWEN-1.2 (IGBP). Hoelzemann *et al.* (2004).

P9= GWEN-1.2 (MODIS). Hoelzemann *et al.* (2004).

P10= MOZART (ATSR). Hoelzemann *et al.* (2004).

2. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la quema de biomasa vegetal

COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

Densidad	PNC	Roraima*	Factor (veces de más)
Emisión de CO ₂ (g/año) / Área quemada (ha)	116.399.379,20	154.761.008,66	1,33
Emisión de CO (g/año) / Área quemada (ha)	7.113.295,40	14.979.299,96	2,11
Emisión de NO _x (g/año) / Área quemada (ha)	193.998,97	225.818,59	1,16

*Barbosa, R. I.; e P. M. Fearnside. 1999. Incêndios na Amazônia brasileira: Estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). Acta Amazonica 29(4): 513-534.

CONSIDERACIONES FINALES

- Por primera vez se tiene una **valoración precisa del patrón** de distribución de las áreas quemadas y el tipo de vegetación afectada por la actividad del fuego en el PNC y una **aproximación a las emisiones de GEI** resultantes, ya que hasta la fecha no se conocían las magnitudes relativas a las subestimaciones en los registros oficiales.
- Los resultados obtenidos acerca de la superficie quemada en el PNC **difieren significativamente** de la magnitud de las cifras suministradas en los reportes de incendios forestales generados por MINAMB – DPCIF.
- Es necesario aumentar el período de estudio a 5 años para la mejor comprensión de la ocurrencia de los incendios de grandes proporciones.

CONSIDERACIONES FINALES

- Las estimaciones de **las emisiones de GEI** obtenidas en este estudio resultaron más bajas que las estimadas por otros modelos globales, basados en productos de detección de fuegos activos con baja resolución espacial.
- Ello sugiere que las estimaciones de la extensión de las superficies quemadas y las emisiones atmosféricas brutas resultantes, son fuertemente **dependientes de los productos orbitales** utilizados para su detección, específicamente en relación a la resolución espacial y a la región del espectro electromagnético donde se detecta la información reflejada o emitida por la superficie terrestre.



