



CARTOGRAFÍA DE ÁREA QUEMADA CON ALGORITMOS DE CRECIMIENTO DE REGIONES EN IMÁGENES LANDSAT TM/ETM+

Estructura de la presentación

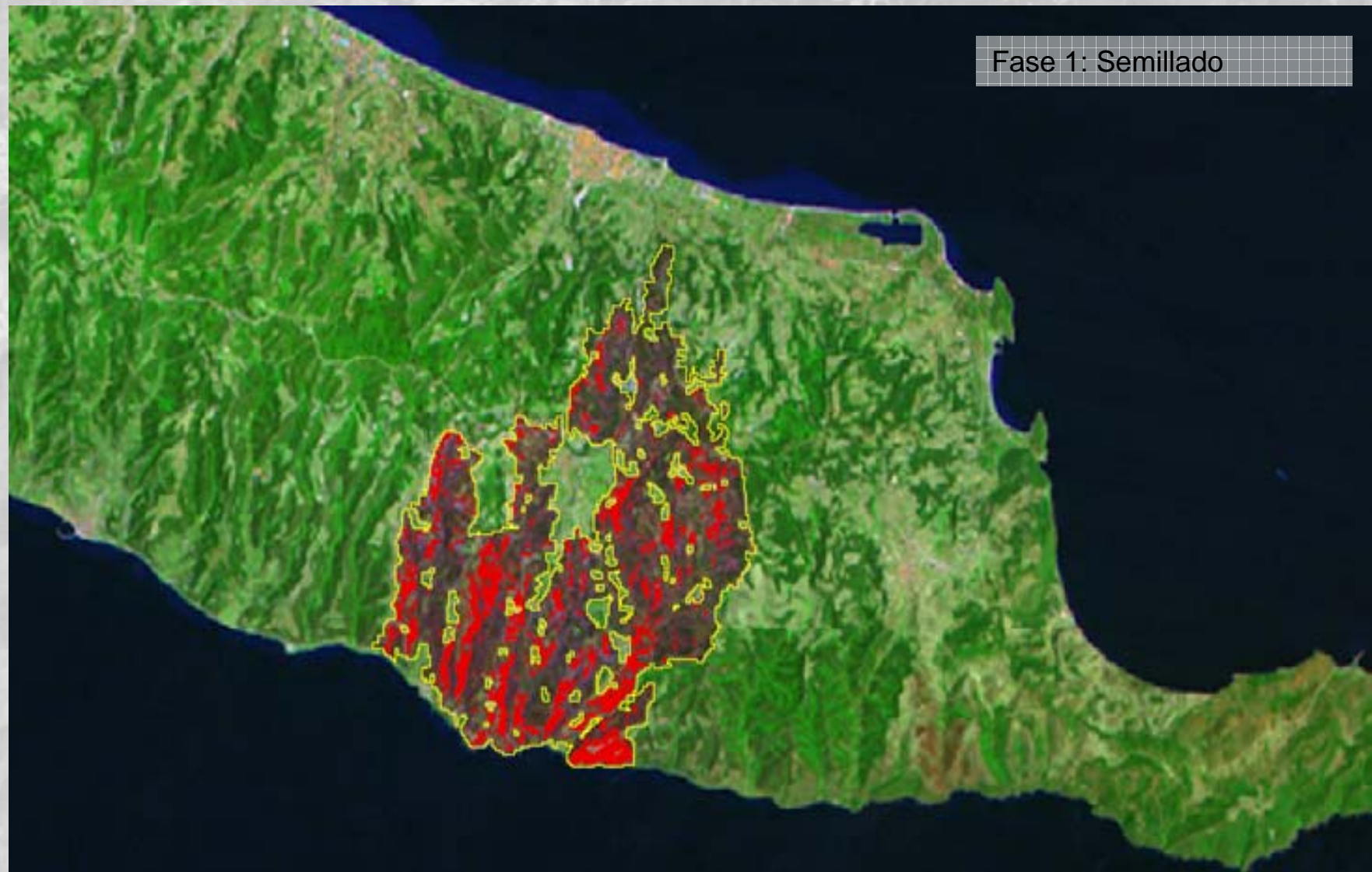
- Problemática y objetivos del trabajo
- Diseño del algoritmo
- Ensayos operativos
 - Portugal (2003)
 - California (2003)
- Conclusiones generales

- **OBJETIVO:**
 - Desarrollo de una metodología **automática** y **eficiente** para la cartografía de áreas quemadas en ámbitos mediterráneos con imágenes TM/ETM+
- Comportamiento espectral de las áreas quemadas variables dependiendo de:
 - Características de la vegetación (biomasa, continuidad de la vegetación)
 - Tipo del incendio (Intensidad, velocidad de propagación)
 - Tiempo transcurrido desde el incendio
 - Variaciones derivadas del sistema sensor

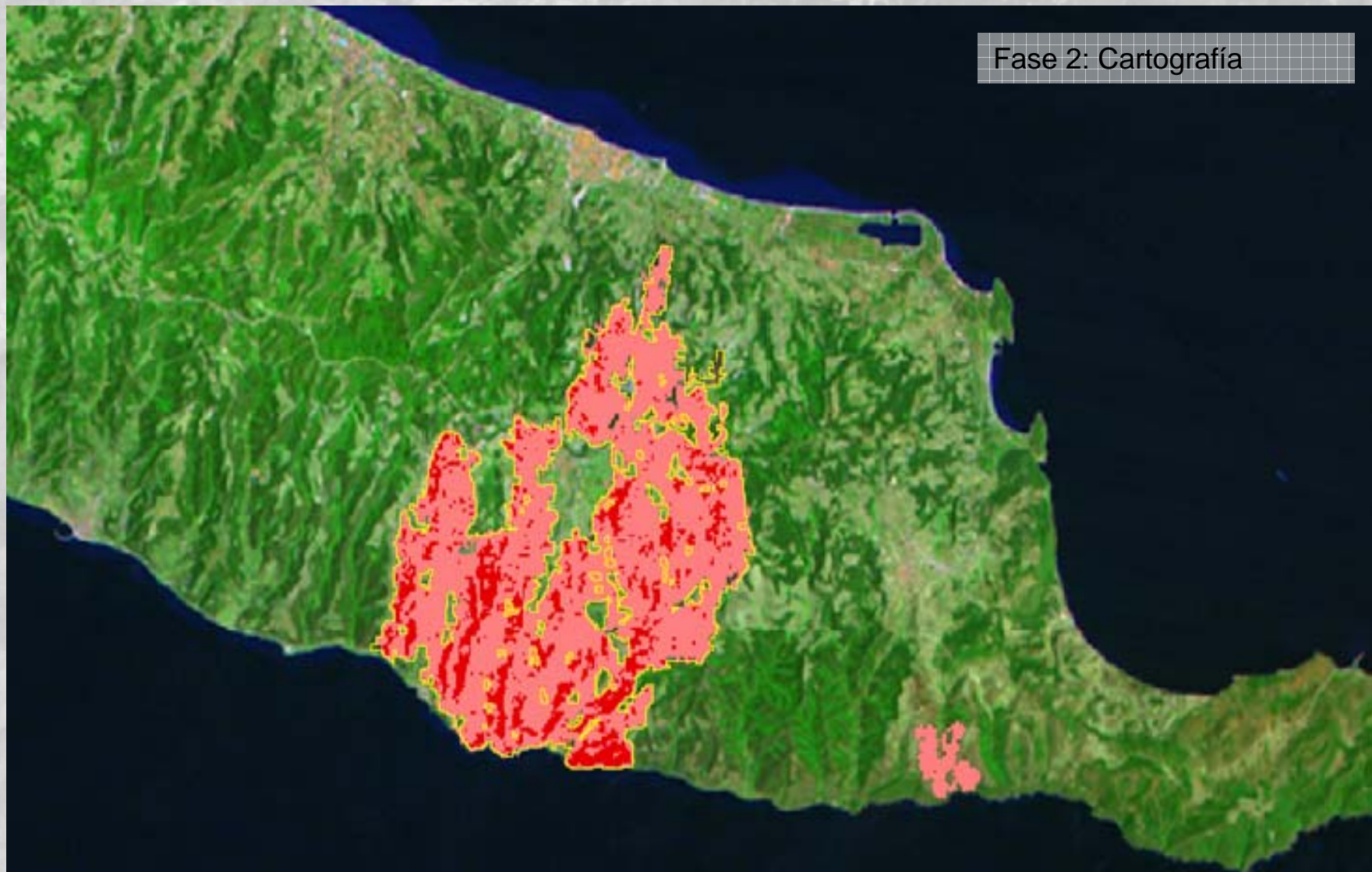


Dificultan la cartografía automática de las áreas quemadas

Metodología: Enfoque en dos fases



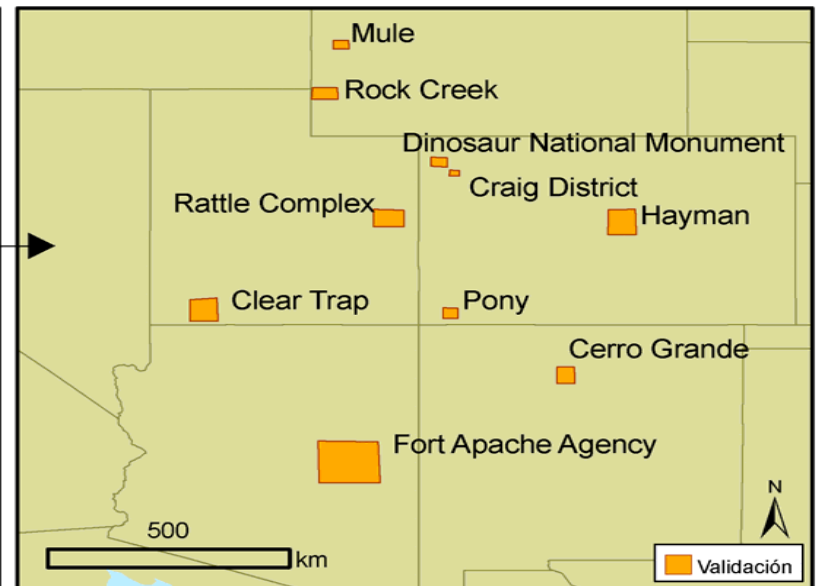
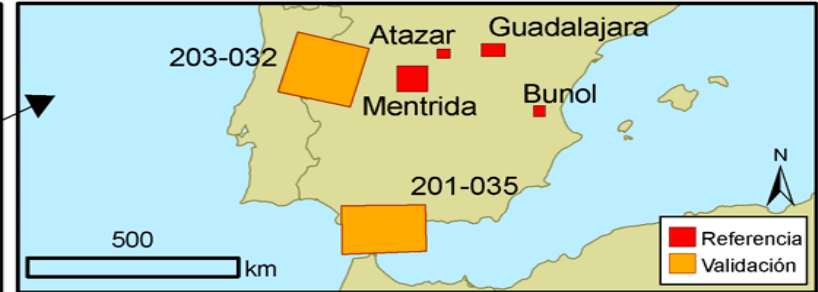
Metodología: Enfoque en dos fases



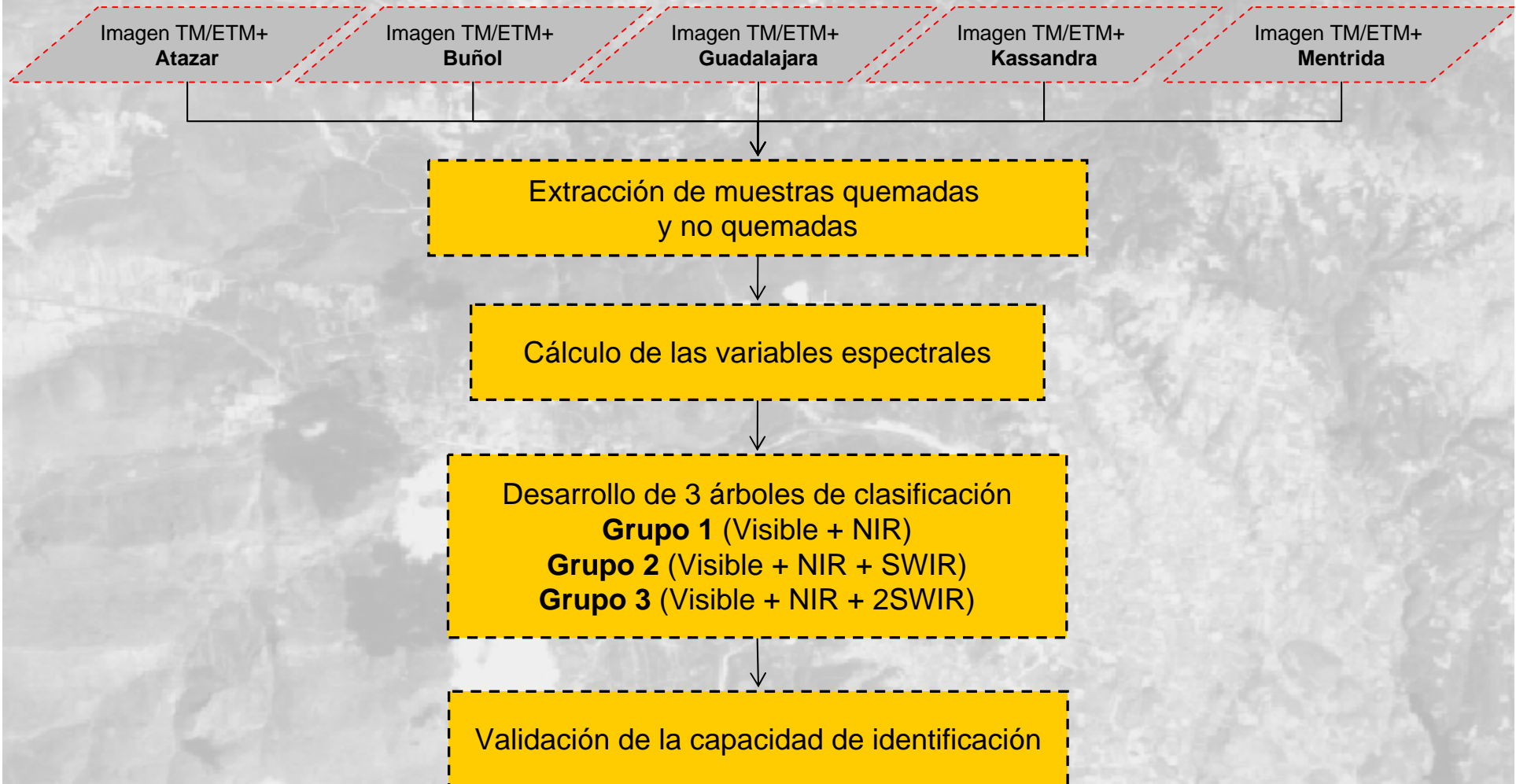
Fase 2: Cartografía

- Objetivo 1: Desarrollar una metodología para el establecimiento de los píxeles semilla quemados (Fase 1).
- Objetivo 2: Desarrollar una variable sintética para discriminar las áreas quemadas.
- Objetivo 3: Desarrollar un algoritmo de crecimiento de regiones (Fase 2).

Áreas de estudio y datos TM/ETM+ empleados



Esquema metodológico



Extracción de muestras

- Extracción de muestras
 - 342.000 muestras no quemadas
 - 5.900 muestras quemadas

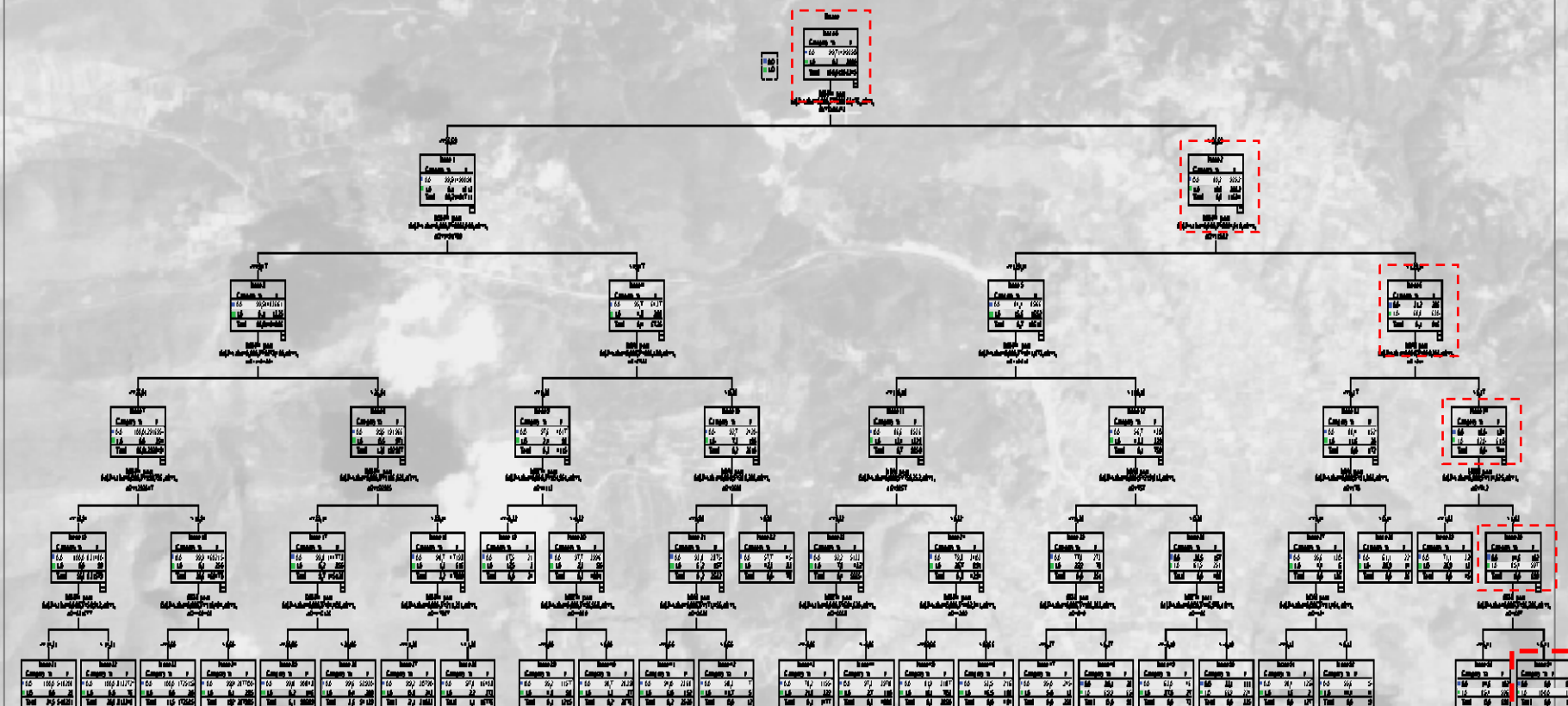
- Cálculo de variables espectrales
 - Grupo 1 (Visible + NIR)
 - GEMI (*Global Environmental Monitoring Index*)
 - BAI (*Burned Area Index*)

 - Grupo 2 (Visible + NIR + 1SWIR)
 - + NBR (*Normalized Burned Ratio*)
 - + BAIM (*Modified Burned Area Index*)

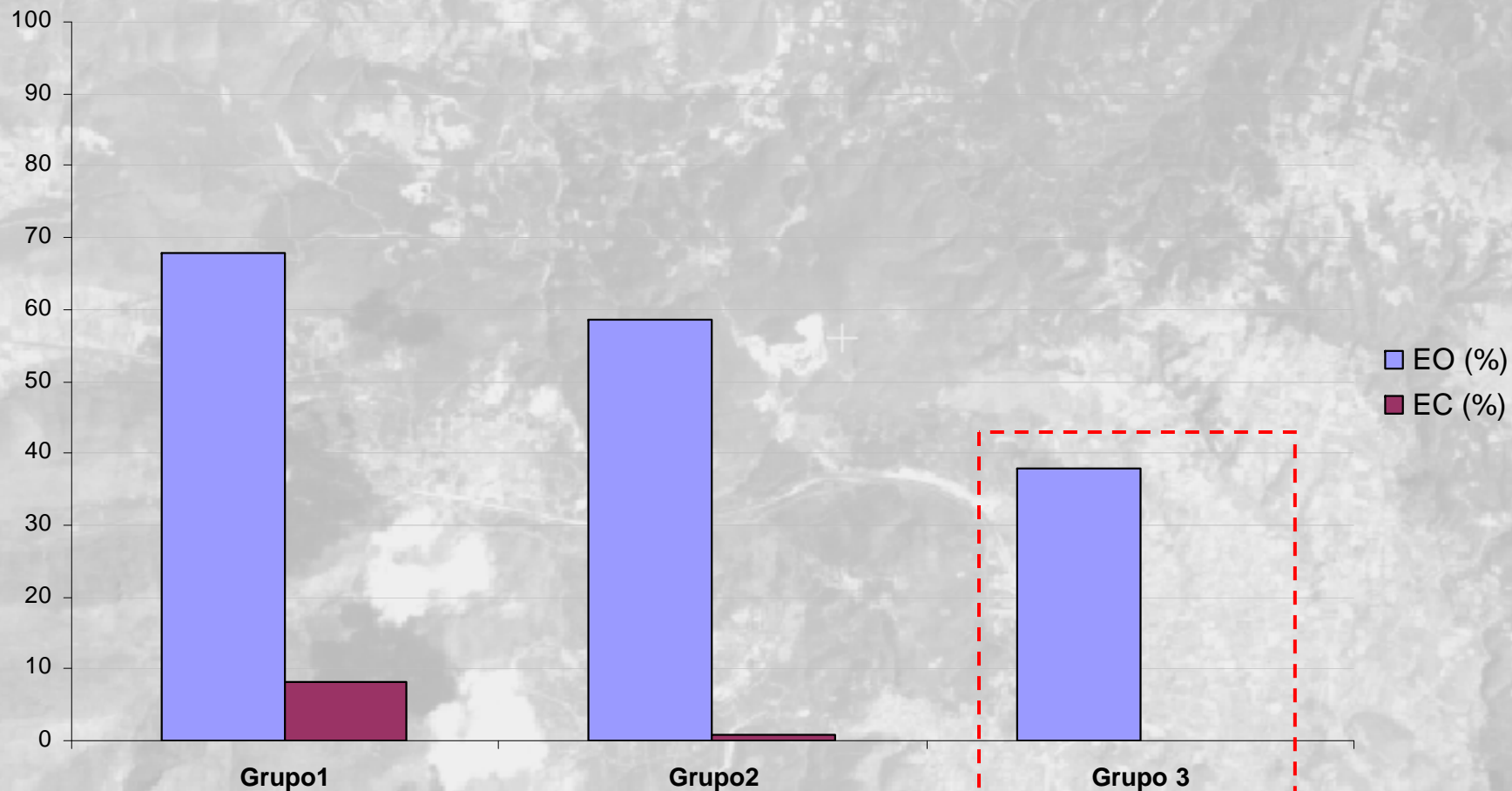
 - Grupo 3 (Visible + NIR + 2SWIR)
 - + MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*)

Desarrollo de los árboles de clasificación

- Algoritmo Quest del SPSS v14.
- Se selecciona un único nodo
 - Aquél que permitía clasificar el mayor número de muestras quemadas con el menor error



Resultados: Reglas de clasificación



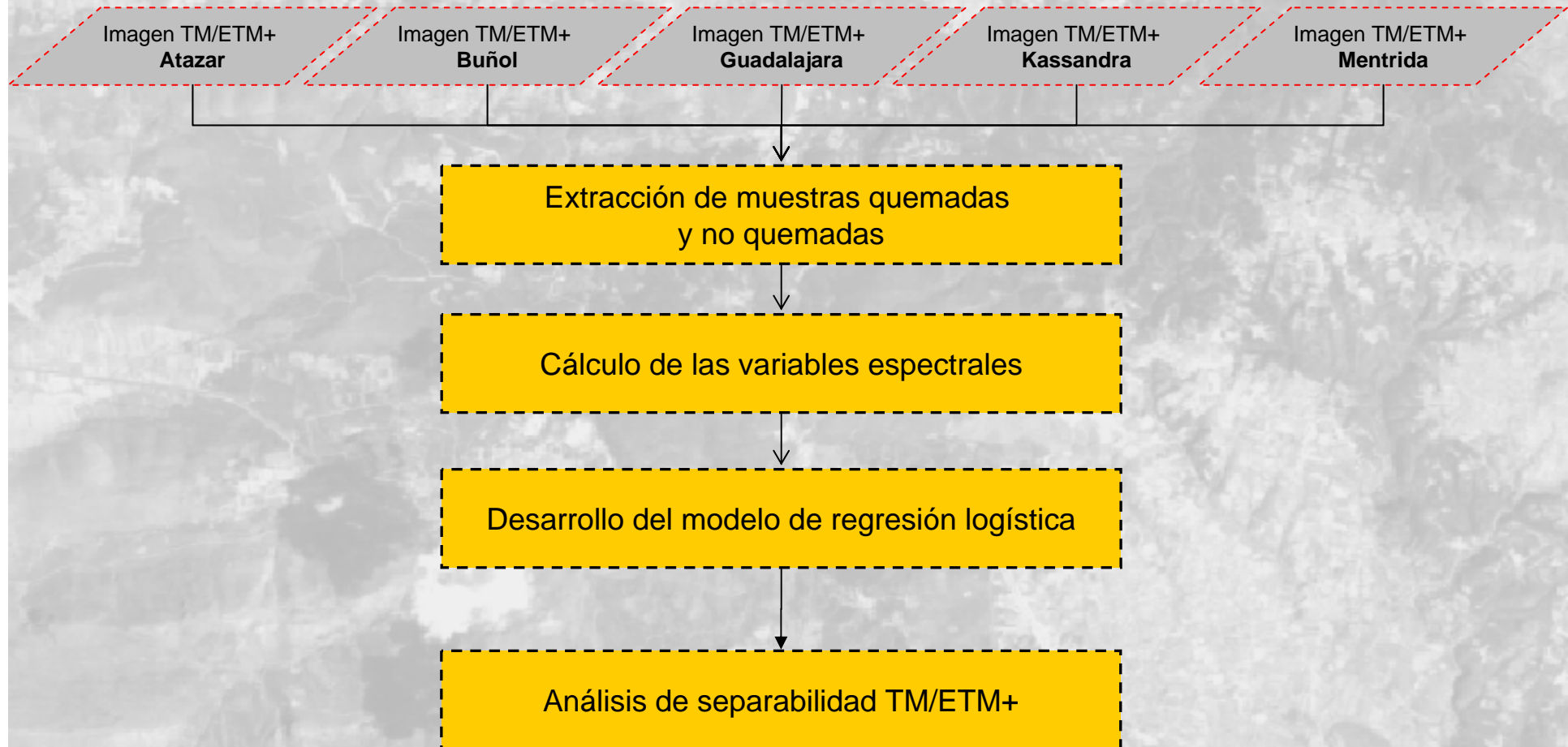
postBAI > 344,3
postGEMI > 0,28
postROJO <= 0,09
restaGEMI <= -0,04

postBAIM54 >150,8
restaGEMI <= -0,03
restaBAI > 273,4

postBAIM74 > 148,4
postMIRBI >1,96

- 😊 Grupo 3 (Visible+NIR+2SWIR)
 - Enfoque unitemporal BAIM y MIRBI
 - Detección
 - > 99% de los incendios > 100 ha
 - > 86% de los incendios 25-100 ha
 - Ningún incendio en 201-035 y 62% en 203-032 para < 25 ha
 - EC <1% en 17 de las 18 áreas de estudio
 - Criterio severo sobre MIRBI
 - Detecta una fuerte señal quemada
 - Definido en un espacio espectral homogéneo
 - Formulación matemática ventajosa

Esquema metodológico



Extracción de muestras y cálculo de variables espectrales

- Extracción de muestras
 - Muestreo aleatorio basado en los perímetros de referencia
 - 59.293 muestras quemadas
 - 57.670 muestras no quemadas (CLC2000)

- Variables espectrales
 - Variables posterior y anterior al incendio
 - NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)
 - GEMI (*Global Environmental Monitoring Index*)
 - NBR (*Normalized Burned Index*)
 - BAIM (*Modified Burned Area Index*)
 - MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*)

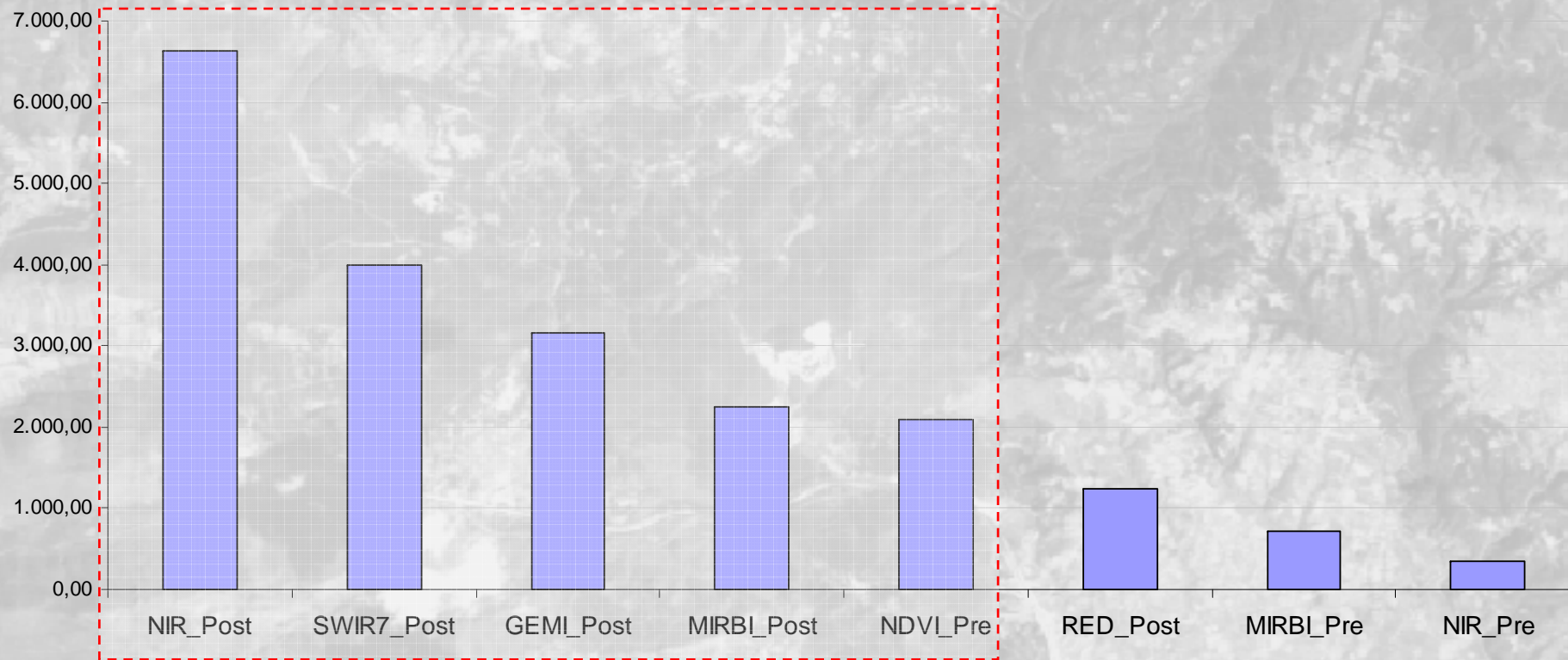
Desarrollo del modelo de regresión logística y cálculo de separabilidad

- Desarrollo del modelo de regresión logística
 - Desarrollado en SPSS v14.0
 - Se aplica el método *Stepwise* (Inclusión iterativa)
 - 60% de las muestras para ajustar el modelo y el 40% para validación

- Cálculo de separabilidad
 - Distancia *Jeffries-Matusita*
 - A partir de 5000 muestras quemadas y no quemadas de manera aleatoria
 - Comparación de la separabilidad del modelo de regresión logística con:
 - Diferencia multitemporal NIR
 - Diferencia multitemporal GEMI
 - Diferencia multitemporal NBR
 - Diferencia multitemporal BAIM
 - Diferencia multitemporal MIRBI

Resultados: Modelo de regresión logística

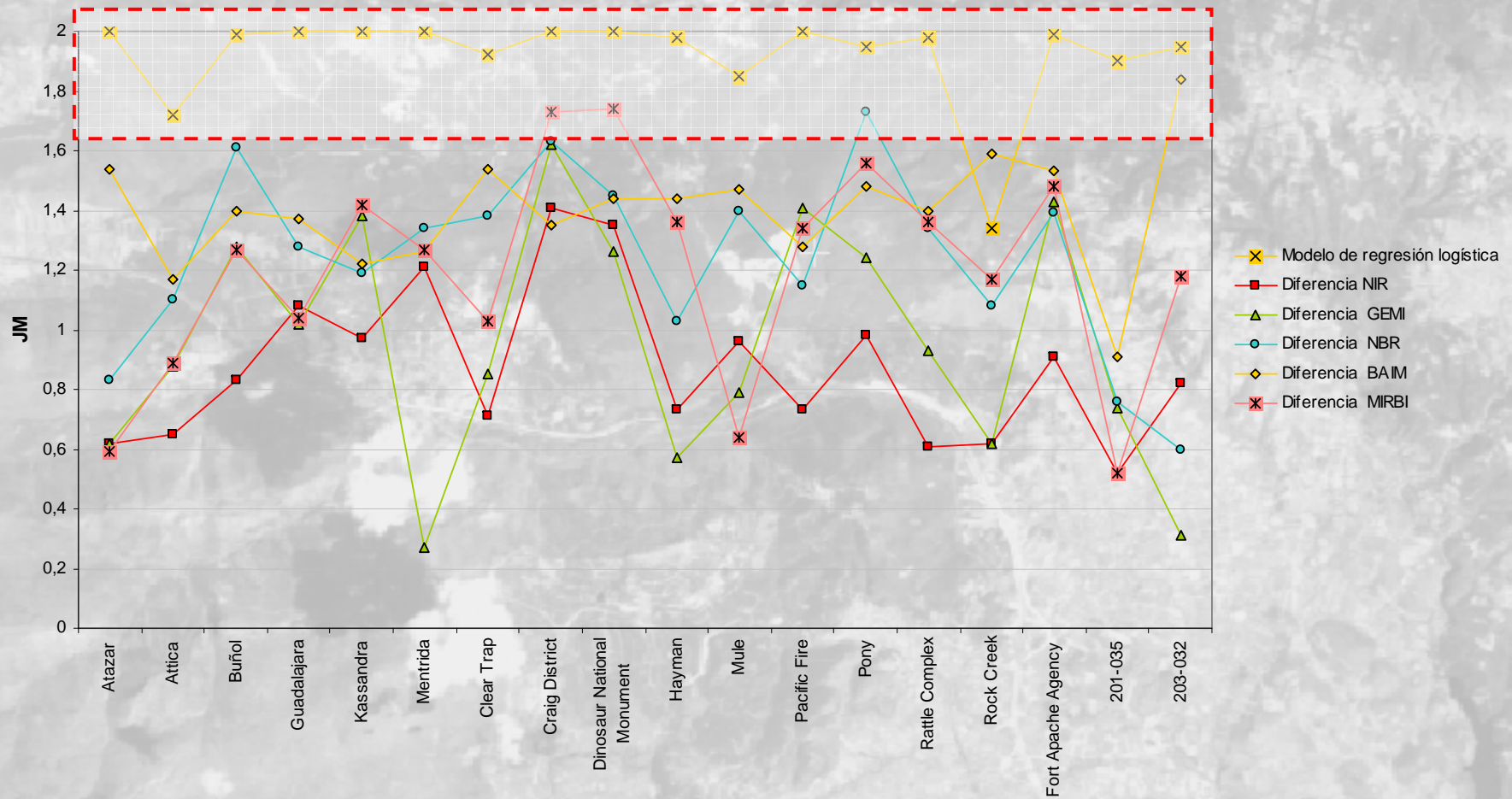
Cambio -2LL



	Muestras empleadas en el modelo (60%)			Resto de muestras (40%)		
	Predicho		Porcentaje correcto (%)	Predicho		Porcentaje correcto (%)
Observado	Quemado	No quemado		Quemado	No quemado	
Quemado	35.010	566	98,4	23.350	367	98,5
No quemado	754	33.848	97,8	510	22.558	97,8

Resultados: Análisis de separabilidad Landsat TM/ETM+

Separabilidad datos TM/ETM+ **Modelo de regresión logística**



- Elevada separabilidad en datos TM/ETM+
- Muy interesante para la cartografía automática de áreas quemadas
 - Reduce la dimensionalidad de los datos
 - Acotado entre 0 y 1
 - Estadísticas de la categoría quemado y no quemado más homogéneas

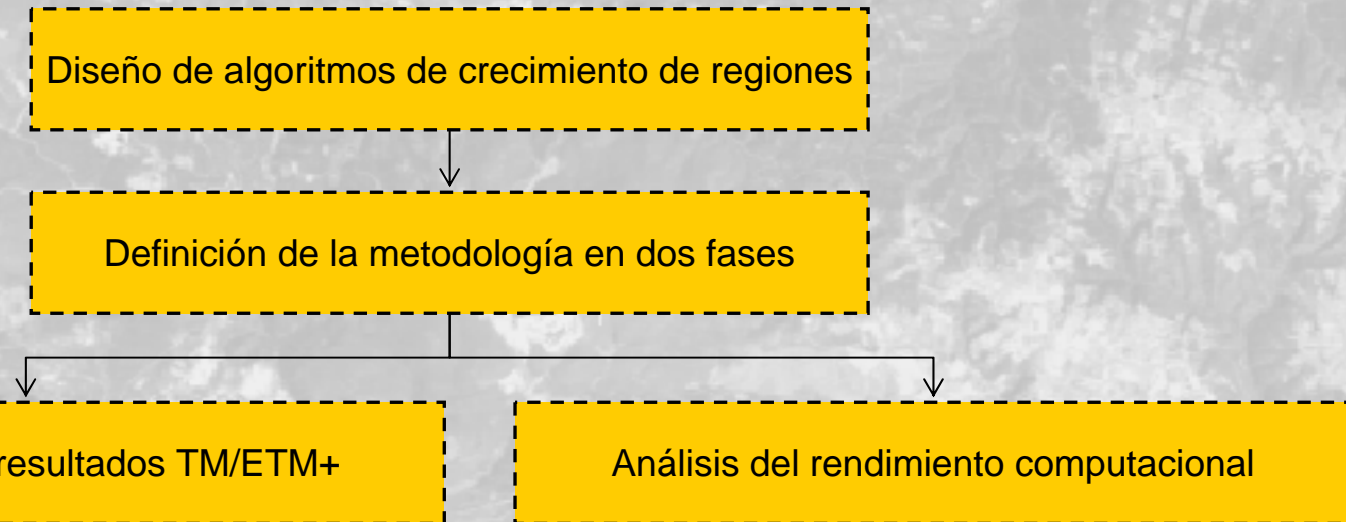
Estructura metodológica

Diseño de algoritmos de crecimiento de regiones

Definición de la metodología en dos fases

Comparación de resultados TM/ETM+

Análisis del rendimiento computacional



Algoritmos de crecimiento de regiones

- Conectividad de 8 píxeles
- ? ¿Crecen solamente las áreas quemadas o también las no quemadas?
- ? ¿Cuál es el criterio de parada del crecimiento?

- Fijo
- Fijo + bordes
- Otsu
- Otsu + bordes
- Mahalanobis
- Spring

		1	2	3		
		4		5		
		6	7	8		

Algoritmos de crecimiento de regiones: Fijo

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

RESULTADO: 55 píxeles evaluados // 23 quemados // 32 no quemados

Algoritmos de crecimiento de regiones: Fijo + bordes

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

RESULTADO: 22 píxeles evaluados // 21 quemados // 1 no quemados

Algoritmos de crecimiento de regiones: Otsu

- Criterio de crecimiento: Umbral Otsu en la vecindad de las semillas

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

Cálculo del umbral Otsu: 41%

Algoritmos de crecimiento de regiones: Otsu + bordes

- Criterio de crecimiento: Umbral Otsu en la vecindad de las semillas
- + Criterio de bordes

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7	25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45	10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15	100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11	60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12	15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15	10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0	7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36	0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34	0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33	5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

Cálculo del umbral Otsu: 41%

Semillas y resultado detector de bordes Gauss+Sobel

Algoritmos de crecimiento de regiones: Mahalanobis

- Criterio de similitud: distancia de Mahalanobis en la vecindad

$$DMahalanobis = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$$

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

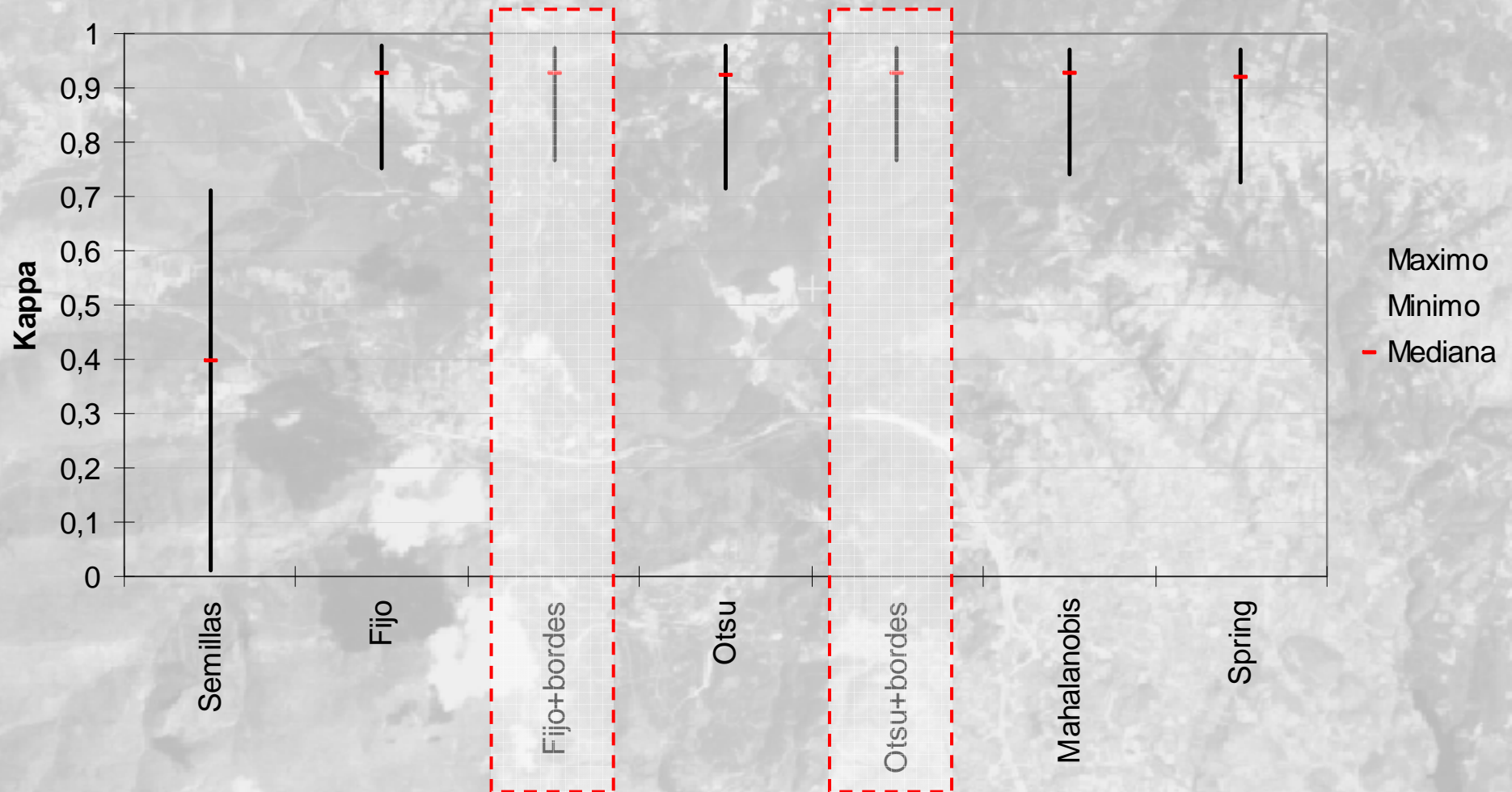
Algoritmos de crecimiento de regiones: Spring

25	27	10	12	24	27	28	10	5	7
10	14	12	10	17	16	51	37	10	45
100	56	28	37	54	68	65	40	25	15
60	40	24	75	94	97	78	42	35	11
15	37	85	92	100	100	95	64	40	12
10	34	84	95	100	100	100	78	35	15
7	33	75	54	94	100	100	77	54	0
0	15	32	31	85	82	75	35	23	36
0	13	10	23	31	30	28	27	20	34
5	12	8	18	25	25	20	21	15	33

RESULTADO: 24 píxeles quemados promedio > 25%

Resultados: Resumen validación

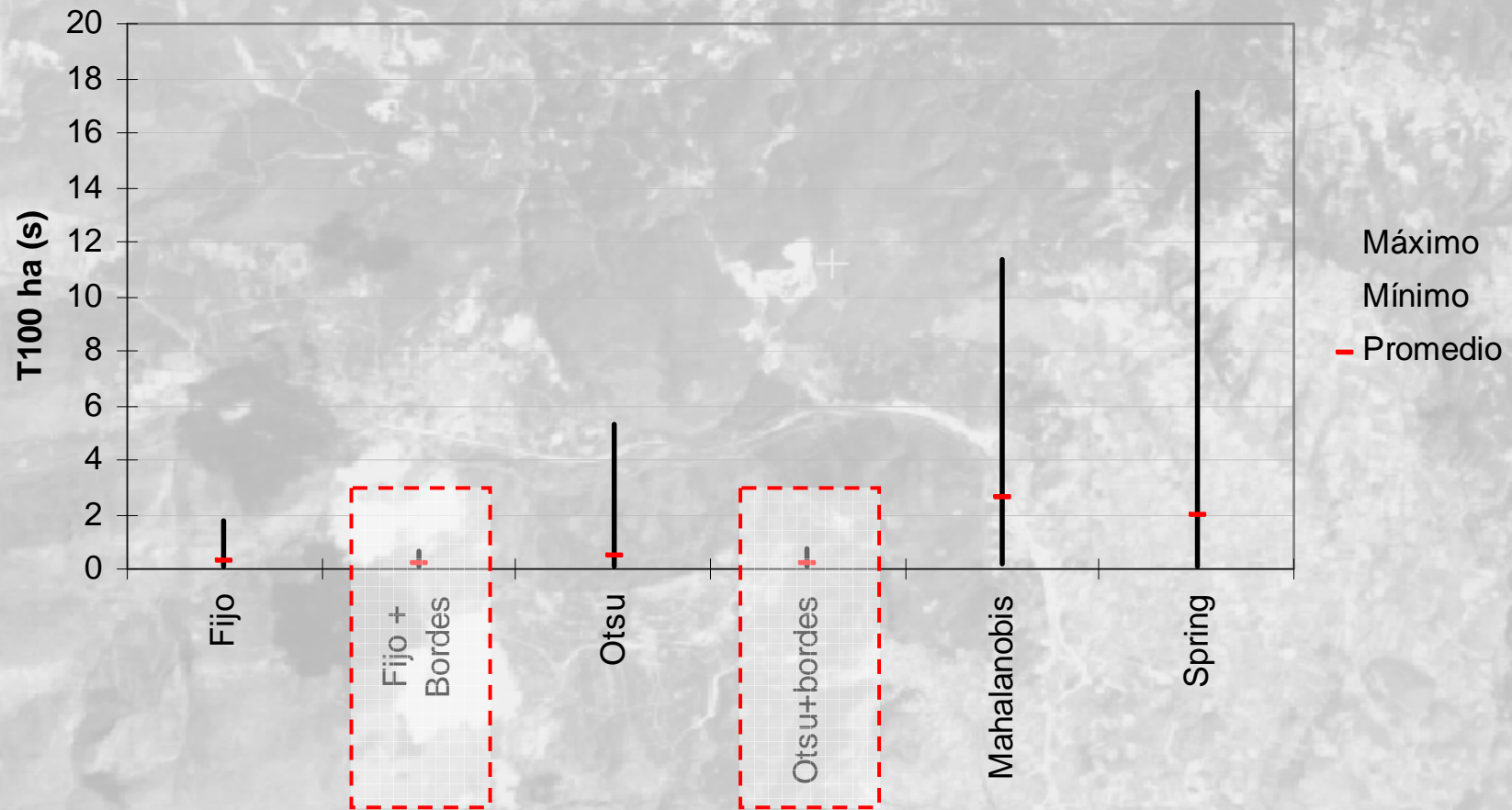
Resumen Kappa



Resultados: Rendimiento computacional

Rendimiento computacional

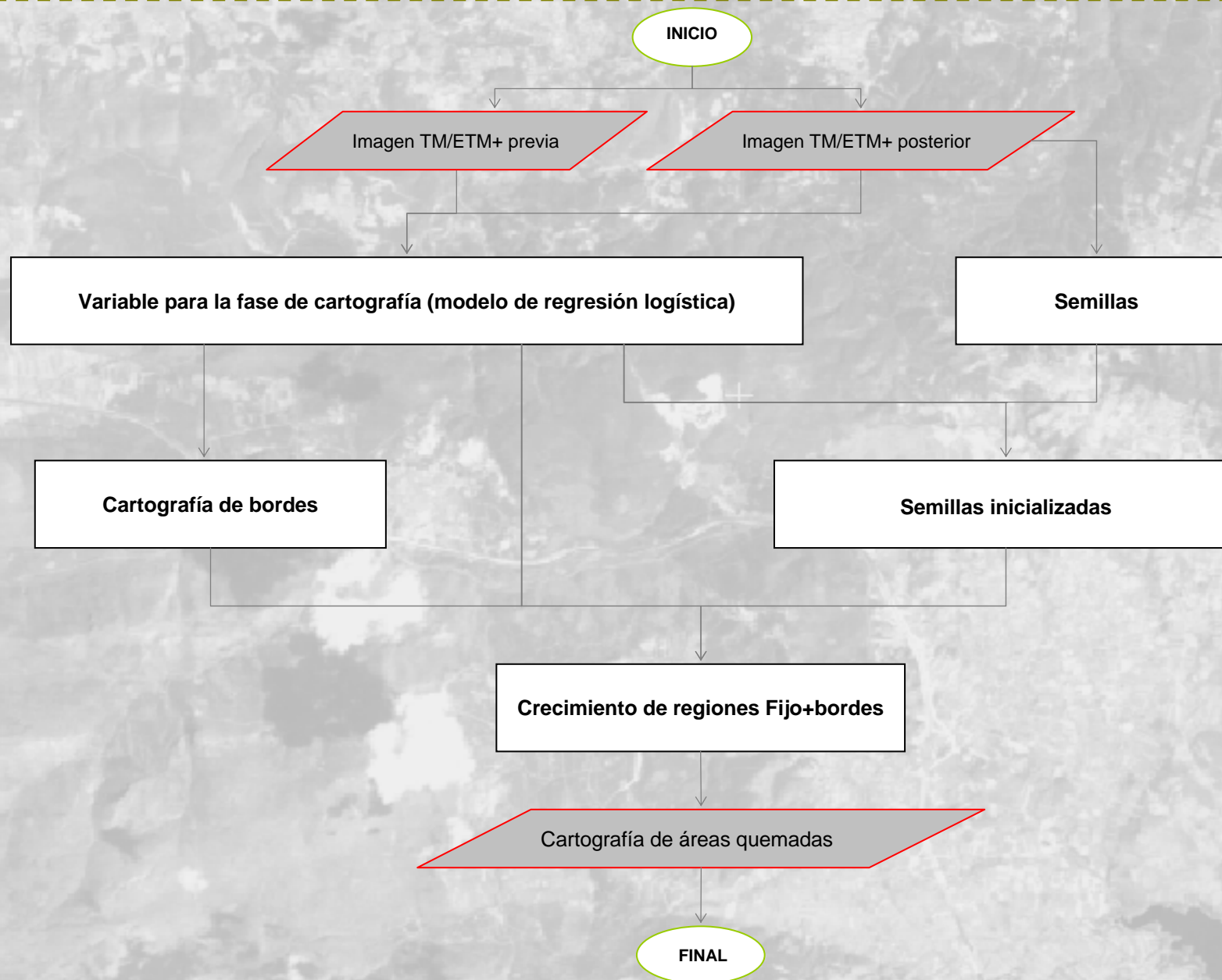
$$T_{100ha} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Superficie}Q} \cdot 100$$



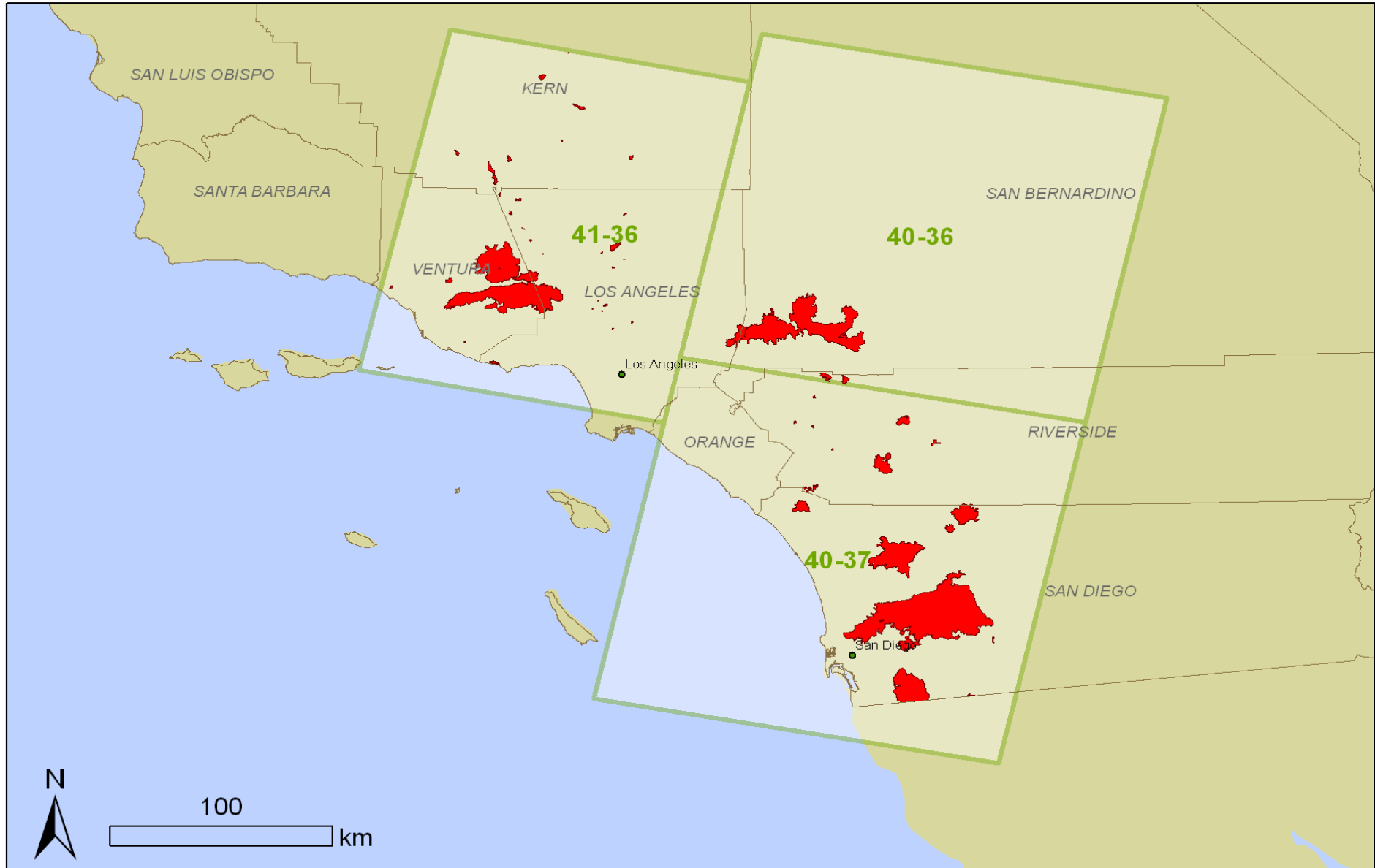
Conclusiones

- Todos los algoritmos mejoran significativamente (95% de nivel de confianza) los resultados de las semillas
 - Kappa > 0,9 en 16 de las 18 áreas de estudio
 - Kappa > 0,7 teniendo en cuenta todas las áreas de estudio
- Problemas observados:
 - Altos EO: áreas quemadas fragmentadas
 - Altos EC: áreas quemadas de temporadas anteriores y áreas agrícolas
- Detectores de bordes:
 - 😊 Decremento del error de comisión
 - 😊 Alto rendimiento computacional
 - 😞 Aumento del error de omisión
 - 😞 Necesidad de un elevado número de semillas
- Fijo + bordes:
 - 😊 Algoritmo operativo para la cartografía automática
 - Alto grado de acuerdo con los datos de validación
 - Alto rendimiento computacional

Conclusiones: Algoritmo de cartografía automática con Landsat TM/ETM+



Incendios sur de California 2003



Incendios sur de California 2003

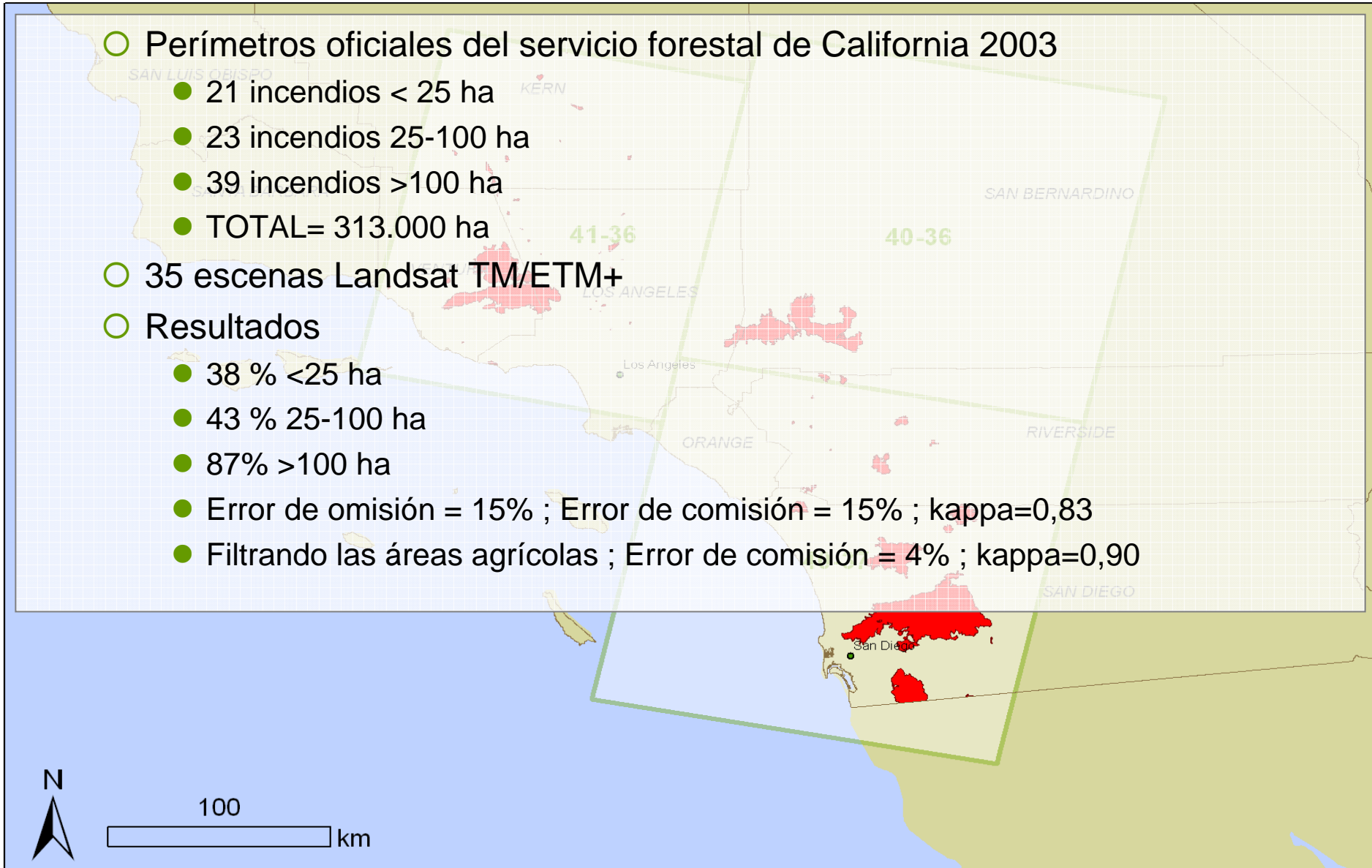
○ Perímetros oficiales del servicio forestal de California 2003

- 21 incendios < 25 ha
- 23 incendios 25-100 ha
- 39 incendios >100 ha
- TOTAL= 313.000 ha

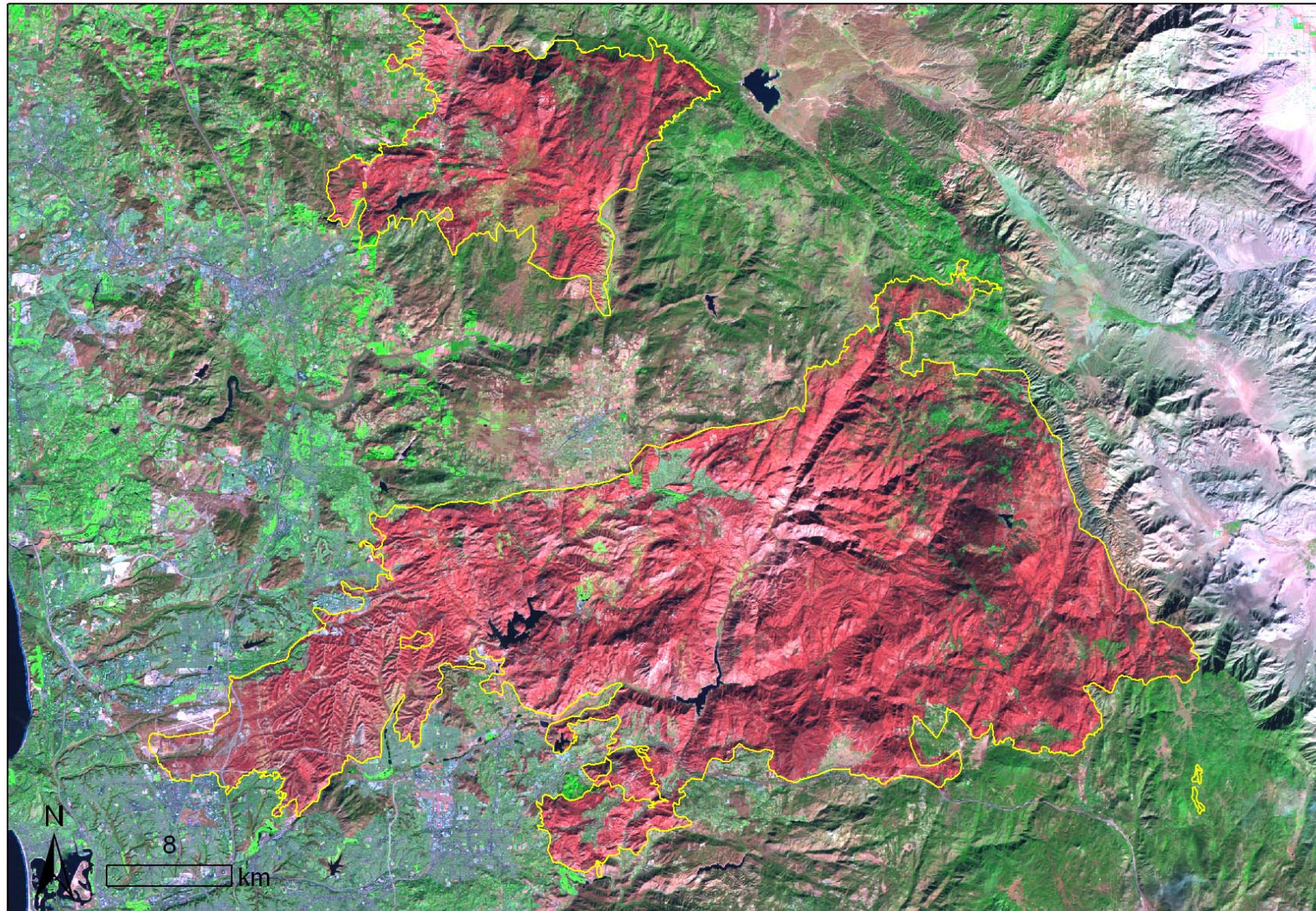
○ 35 escenas Landsat TM/ETM+

○ Resultados

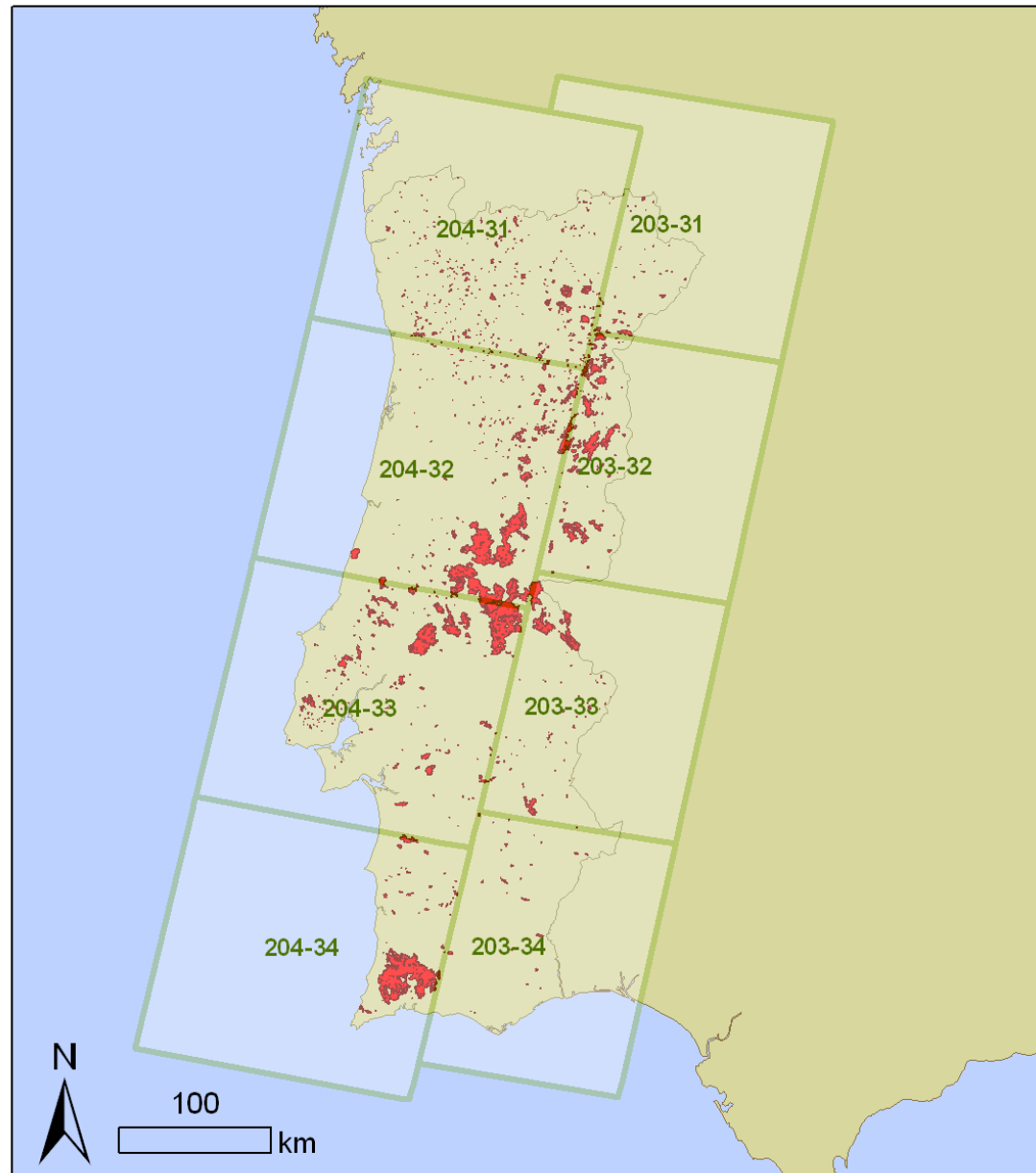
- 38 % <25 ha
- 43 % 25-100 ha
- 87% >100 ha
- Error de omisión = 15% ; Error de comisión = 15% ; kappa=0,83
- Filtrando las áreas agrícolas ; Error de comisión = 4% ; kappa=0,90



Incendios sur de California 2003



Incendios Portugal 2003



Incendios Portugal 2003

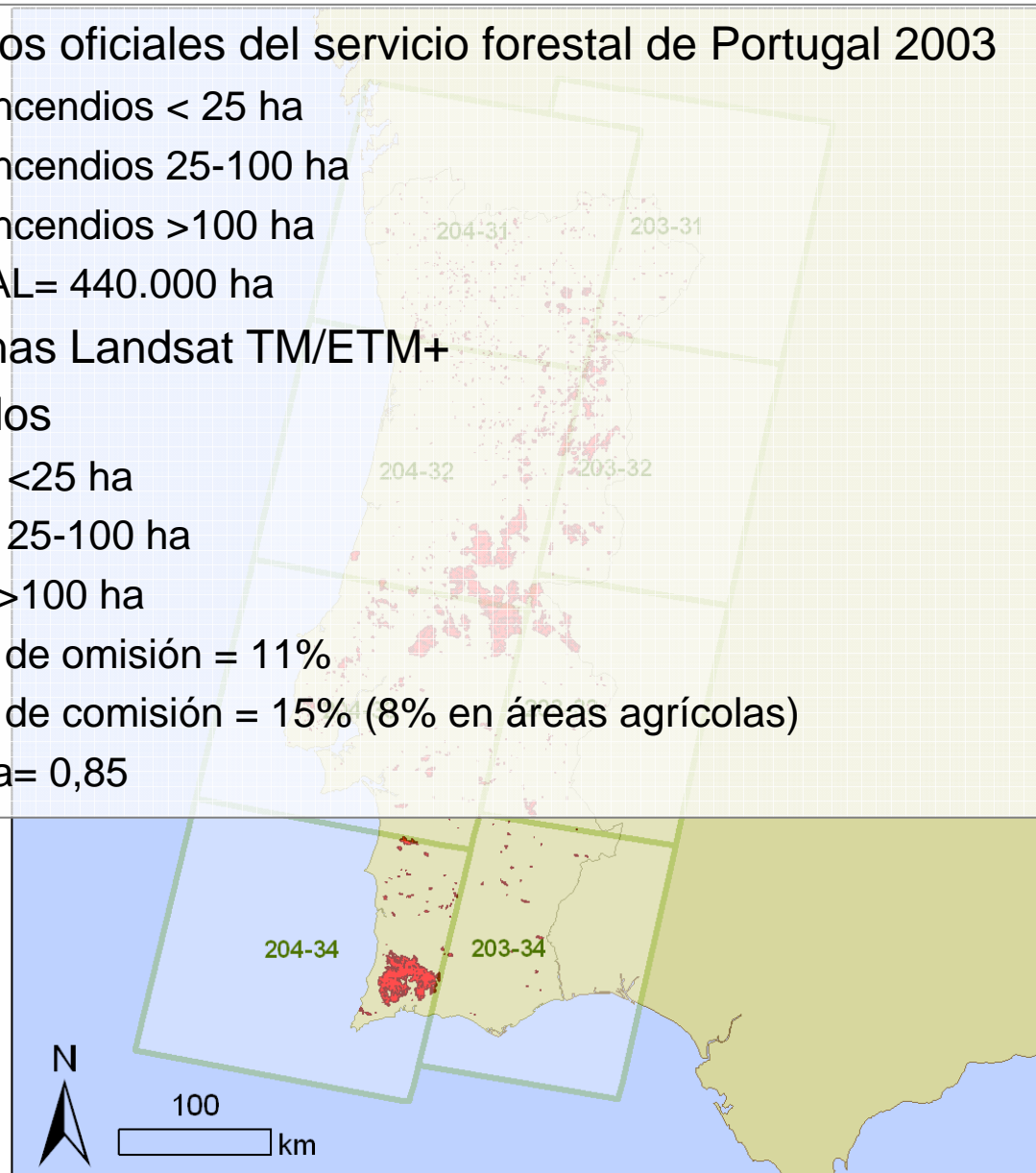
○ Perímetros oficiales del servicio forestal de Portugal 2003

- 662 incendios < 25 ha
- 286 incendios 25-100 ha
- 238 incendios >100 ha
- TOTAL= 440.000 ha

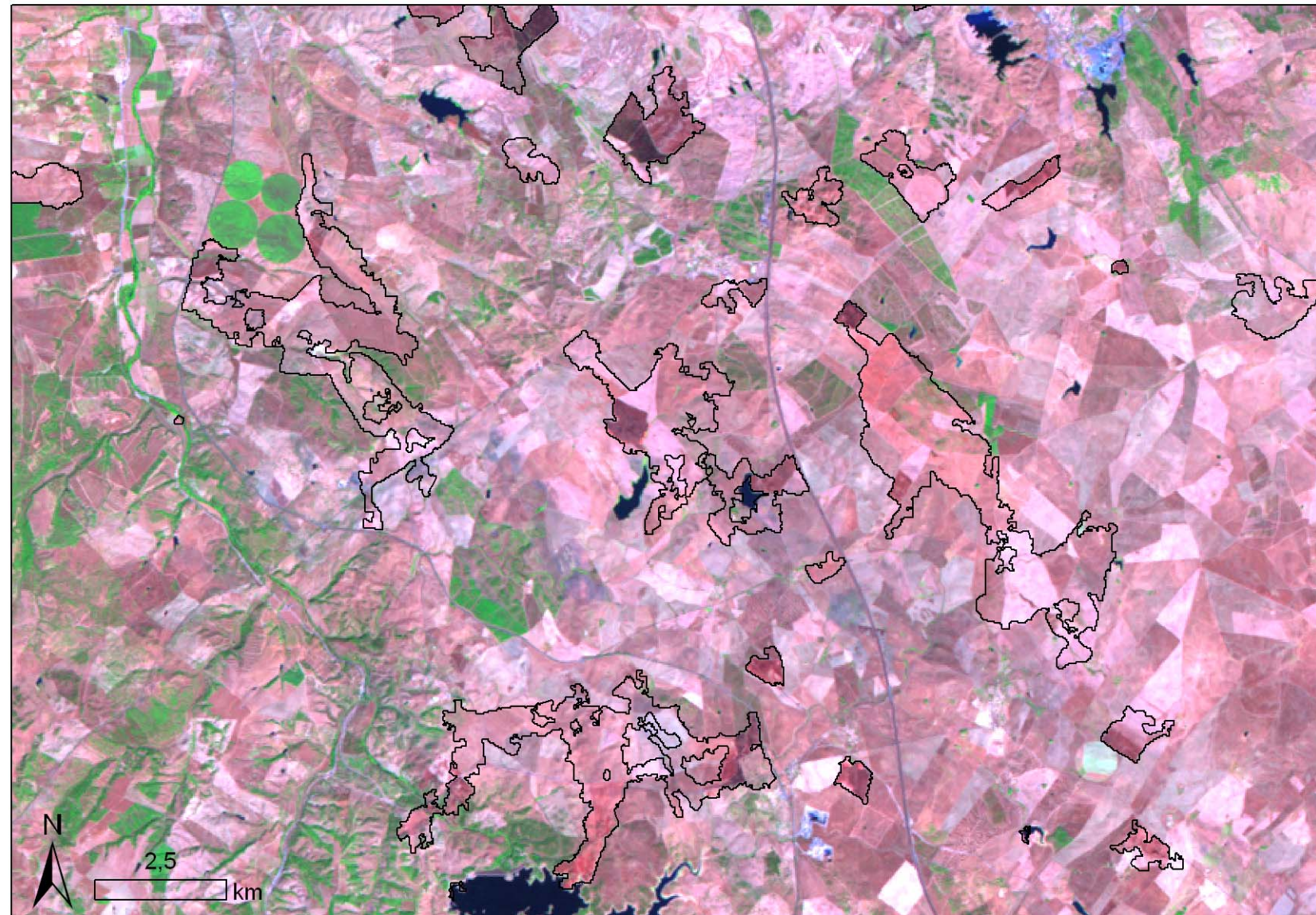
○ 66 escenas Landsat TM/ETM+

○ Resultados

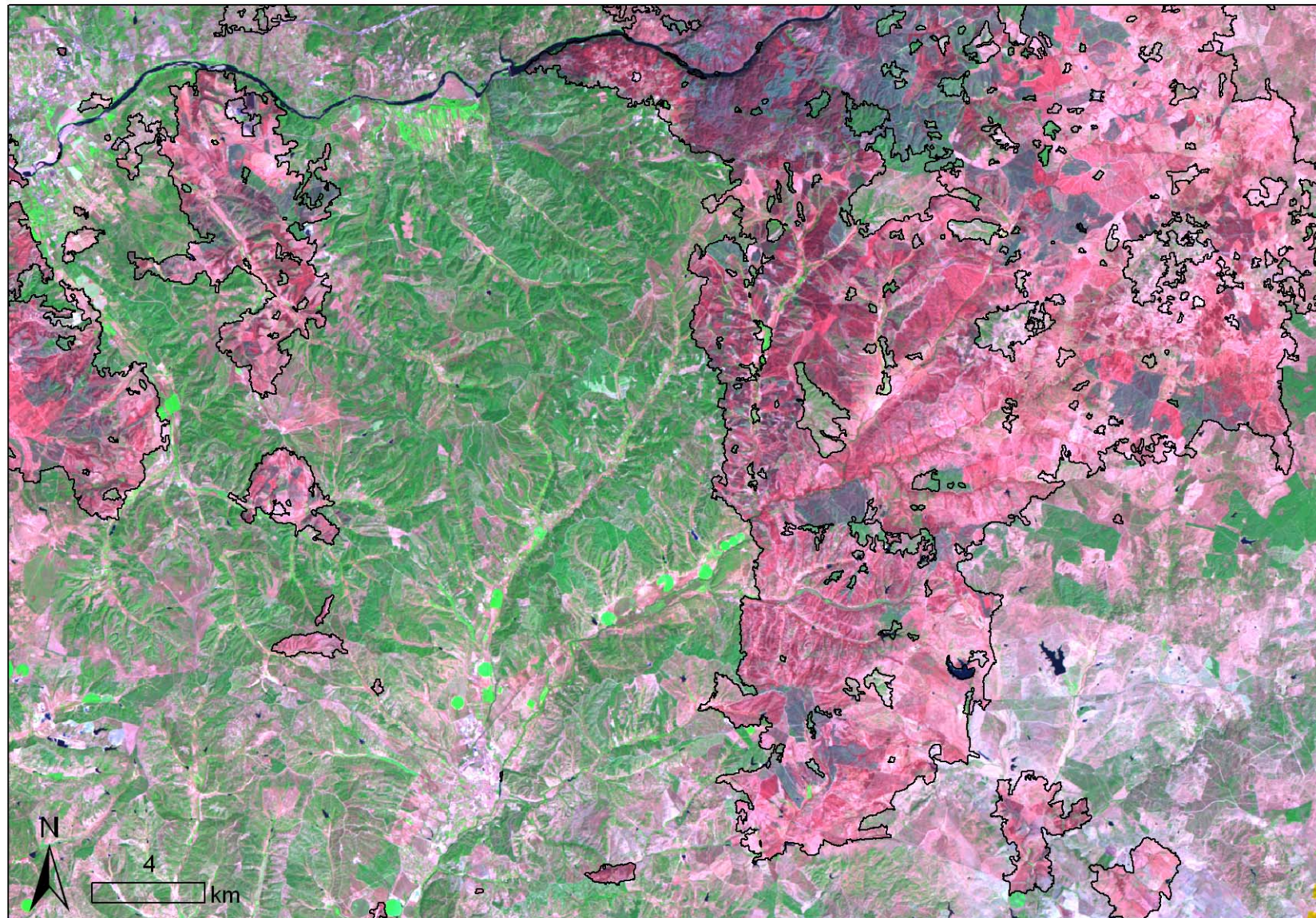
- 74 % <25 ha
- 92 % 25-100 ha
- 98% >100 ha
- Error de omisión = 11%
- Error de comisión = 15% (8% en áreas agrícolas)
- kappa= 0,85



Incendios Portugal 2003



Incendios Portugal 2003



Conclusiones generales

- Metodología en dos fases eficiente para la cartografía automática de áreas quemadas
- Algoritmo en dos fases
 - Dependiente de la fragmentación del incendio y de la heterogeneidad espacial dentro del incendio
 - Más eficiente cuanto más compacto y homogéneo sea el incendio
- Problemática de las áreas agrícolas ☹️