

Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl

Efectos del Cambio Climático en nuestro Bosque Nativo

Mauro E. González, Antonio Lara,
Christian Little

Sponsoring Institution



UNIVERSIDAD
DE CHILE

Associated Institutions



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN

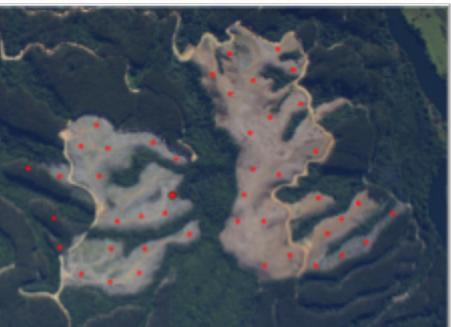
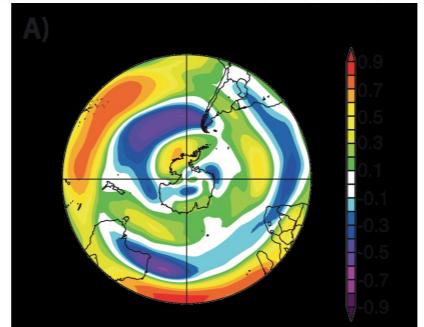


UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE

Funding Agency

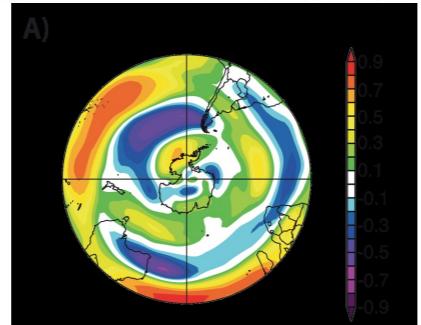


CONICYT
Conseljo Nacional
de Investigaciones
Científicas y Técnicas



Cambio global y su influencia en los bosques

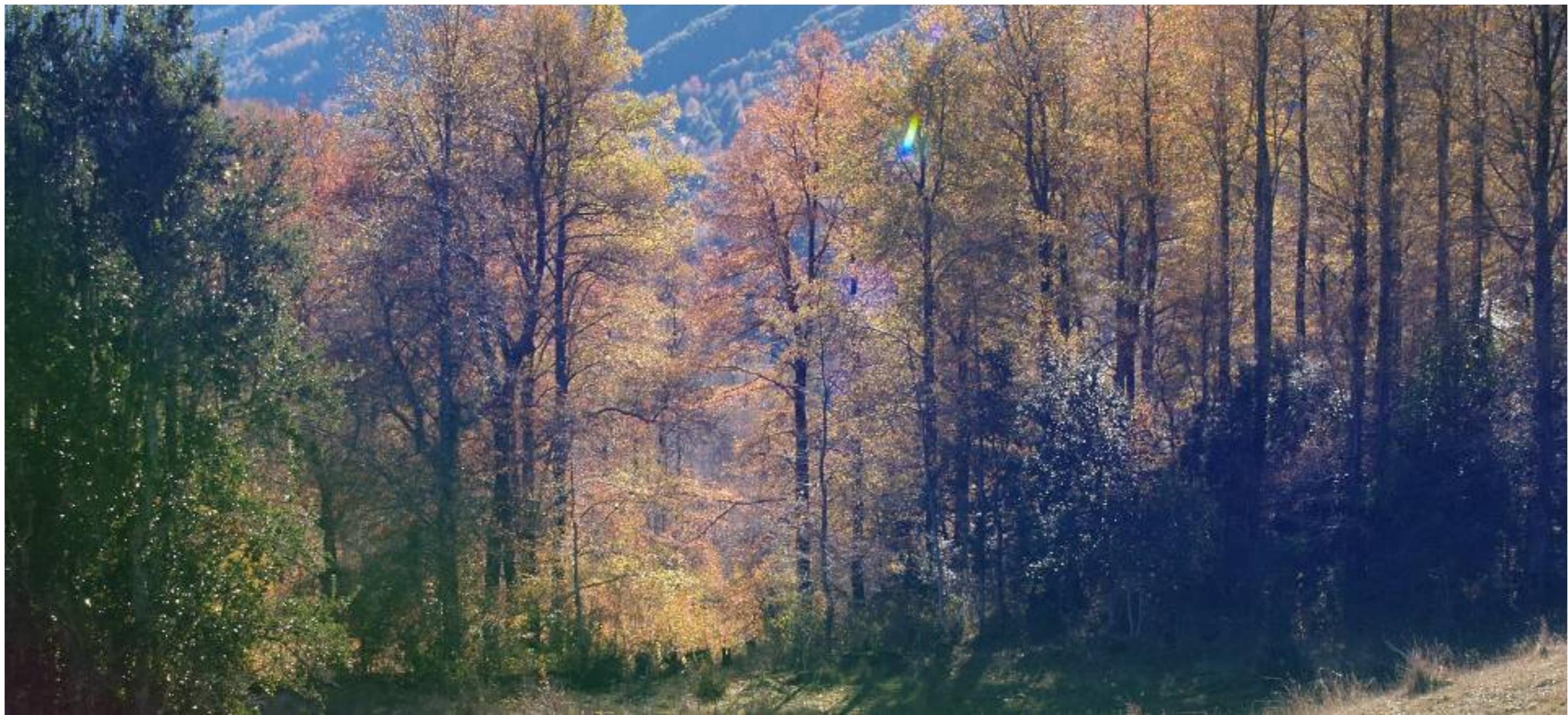
- Las predicciones climáticas para las próximas décadas en el centro-sur de Chile son de incremento de las temperaturas y reducción de las precipitaciones
- Se ha reconocido que estos cambios en el clima pueden afectar significativamente la ecología y dinámica de los bosques a través de cambios demográficos y alteraciones en los regímenes de disturbio (ej., incendios)
- Cambios en el uso de la tierra, procesos deforestación y degradación de los bosques (> 17% de los GEI) aumentan vulnerabilidad del territorio y disminuyen la provisión de servicios ecosistémicos



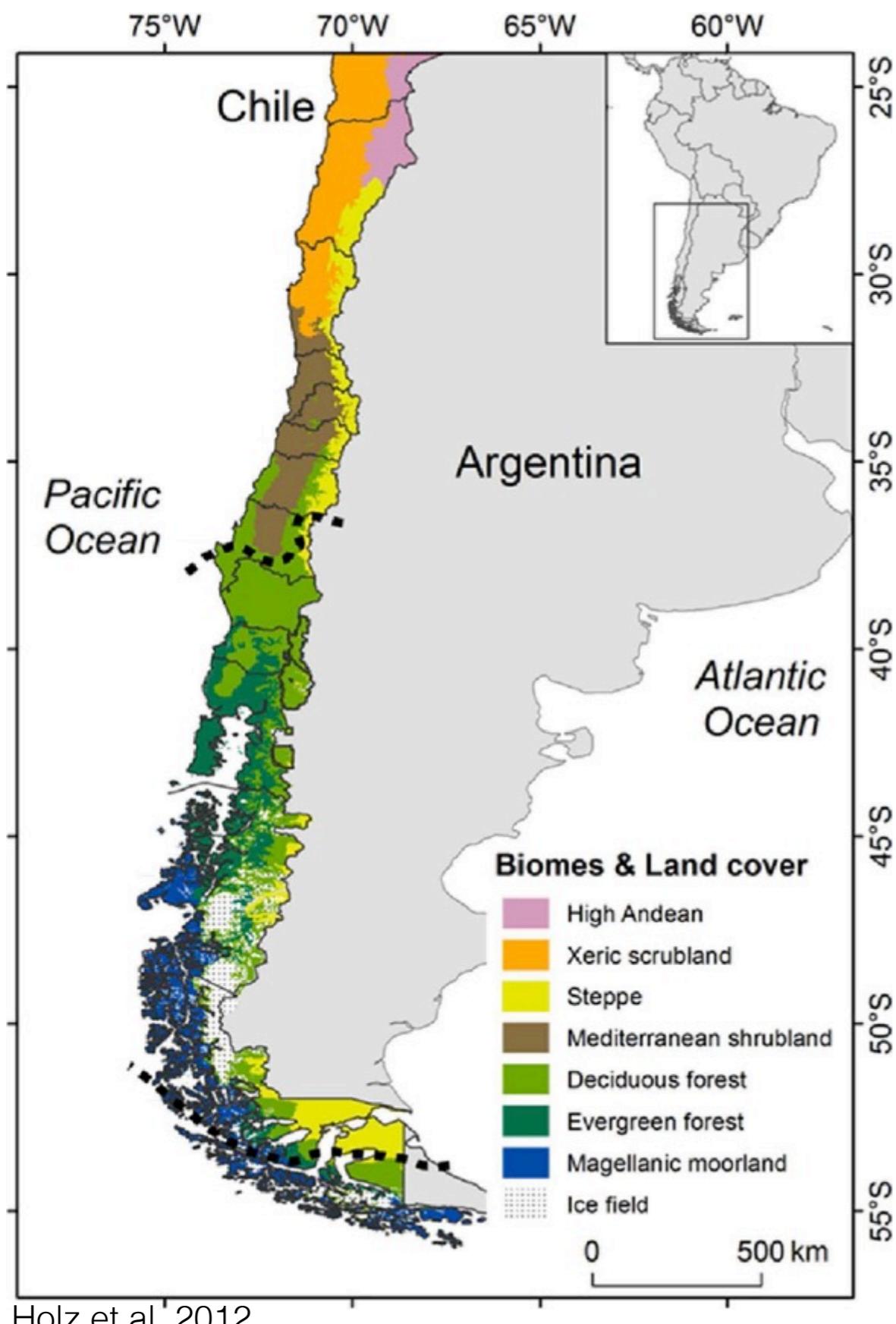
Indice

- Bosques nativos en Chile: principales tipos y su distribución
- Cambio climático global y sus impactos
 - Cambios en la demografía y regímenes de disturbio
 - Megasequía y ocurrencia de incendios
 - Efecto del uso (cobertura) del suelo y prácticas de manejo en la ocurrencia de incendios
 - Mega incendios consecutivos en bosques de Araucaria y su capacidad de resiliencia
- Estrategias de mitigación y adaptación: DL 701 y Ley de Bosques Nativos

BOSQUES NATIVOS DE CHILE

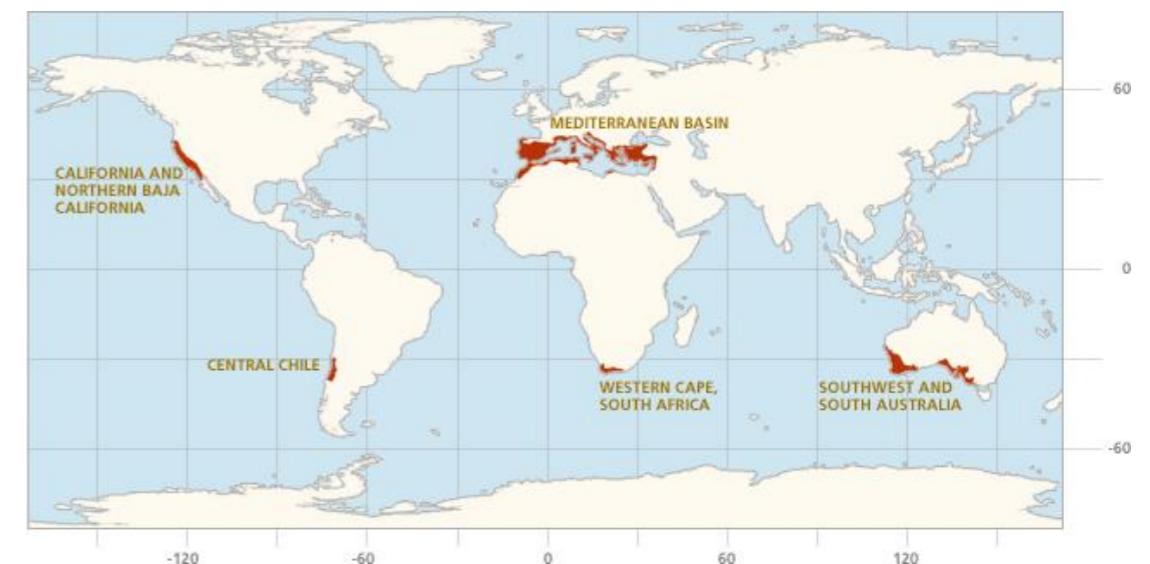


Bosques del centro-sur de Chile (32 -42° S)

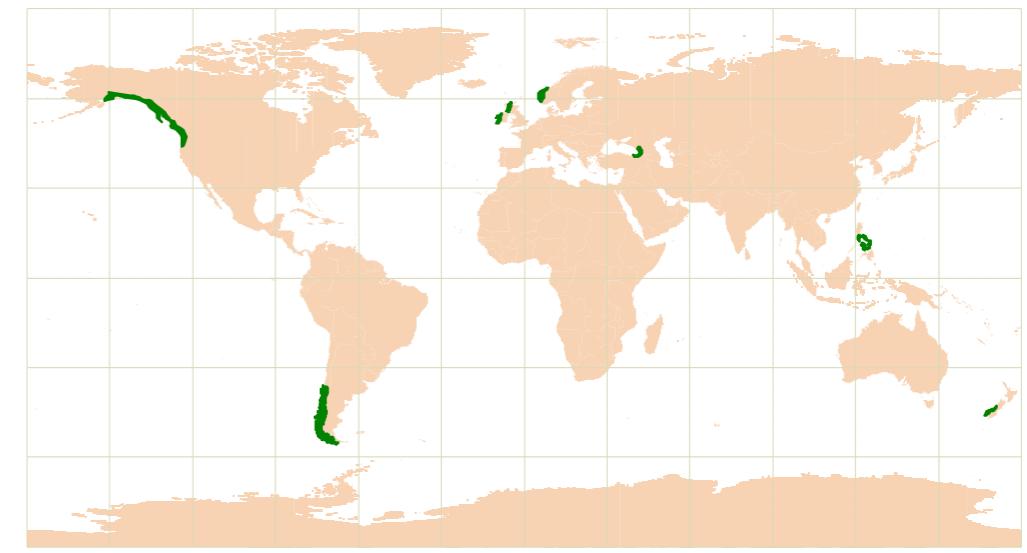


Holz et al. 2012

Bosques Mediterráneos

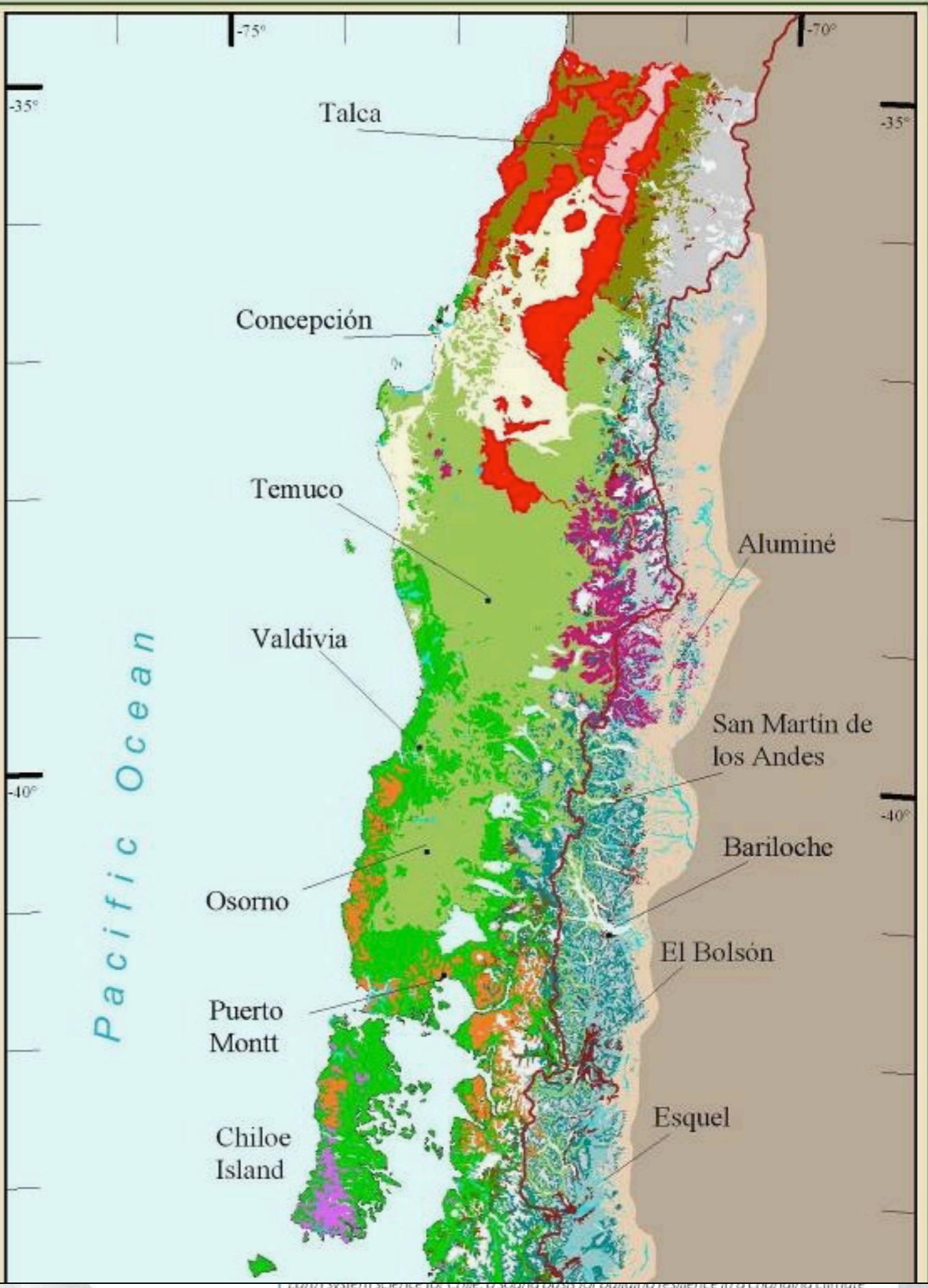


Bosques Templados



Vegetación histórica de los bosques del centro-sur de Chile (c. 1550)

- Esclerófilo y Palma chilena
 - Roble-Hualo
- Bosques de Nothofagus
- Roble / Raulí / Coigüe
- Coihue / Raulí / Tepa
- Remanentes originales
- Bosques de Araucaria
- Bosques Siempreverdes
 - Bosques de Lenga
 - Bosques de Alerce
- Bosques de C. Guaitecas



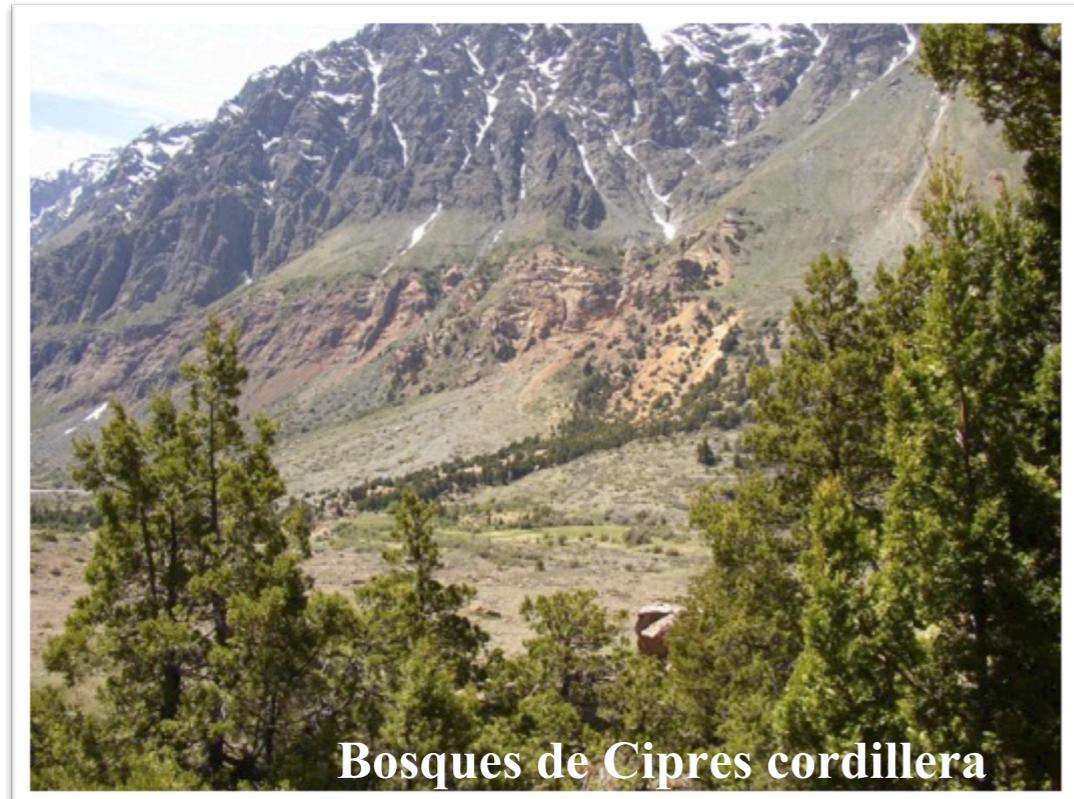
Bosques Mediterráneos (32-37° S)



Esclerófilo costero



Espinales de *Acacia caven*



Bosques de Cipres cordillera



Palma chilena

Bosques templados en el sur de Chile (38-40 ° S)



Bosques de Araucaria



Bosques de Alerce

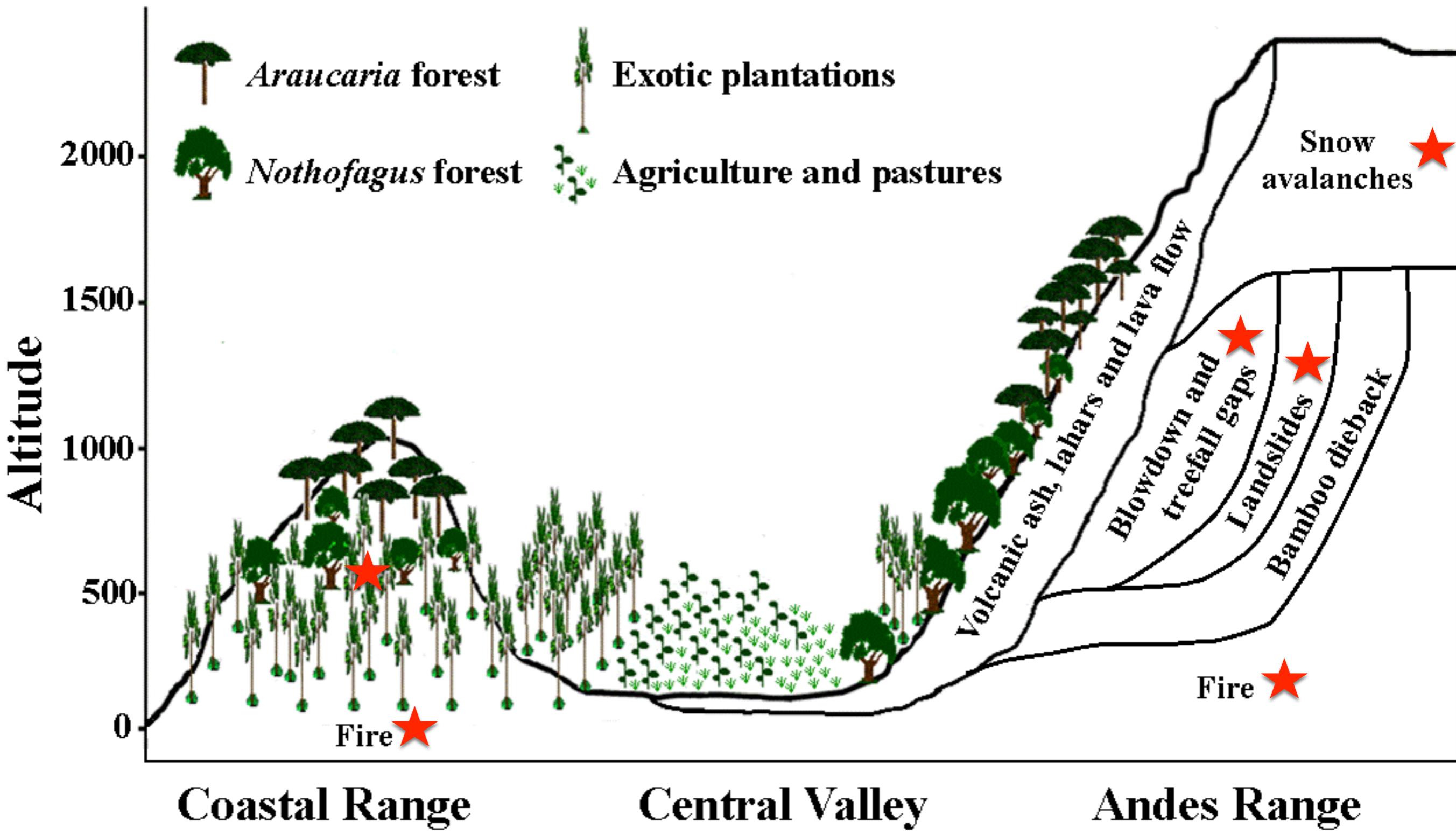


Bosques de Roble-Raulí



Bosques Siempreverdes

Principales Disturbios (38-40° S)



Transformación del paisaje en el centro-sur de Chile (32°- 42° S)



Ferrocarril 1890-1950

Impactos a bosques
asociados a minería,
agricultura (desde 1600)

Fuertes
procesos
erosivos

Reserva
Malleco (1907)

Ley Bosque
Nativo (2008)

1500

1900

2010



Colonización Euro-
Chilena (1850-1940)

38° -42° S



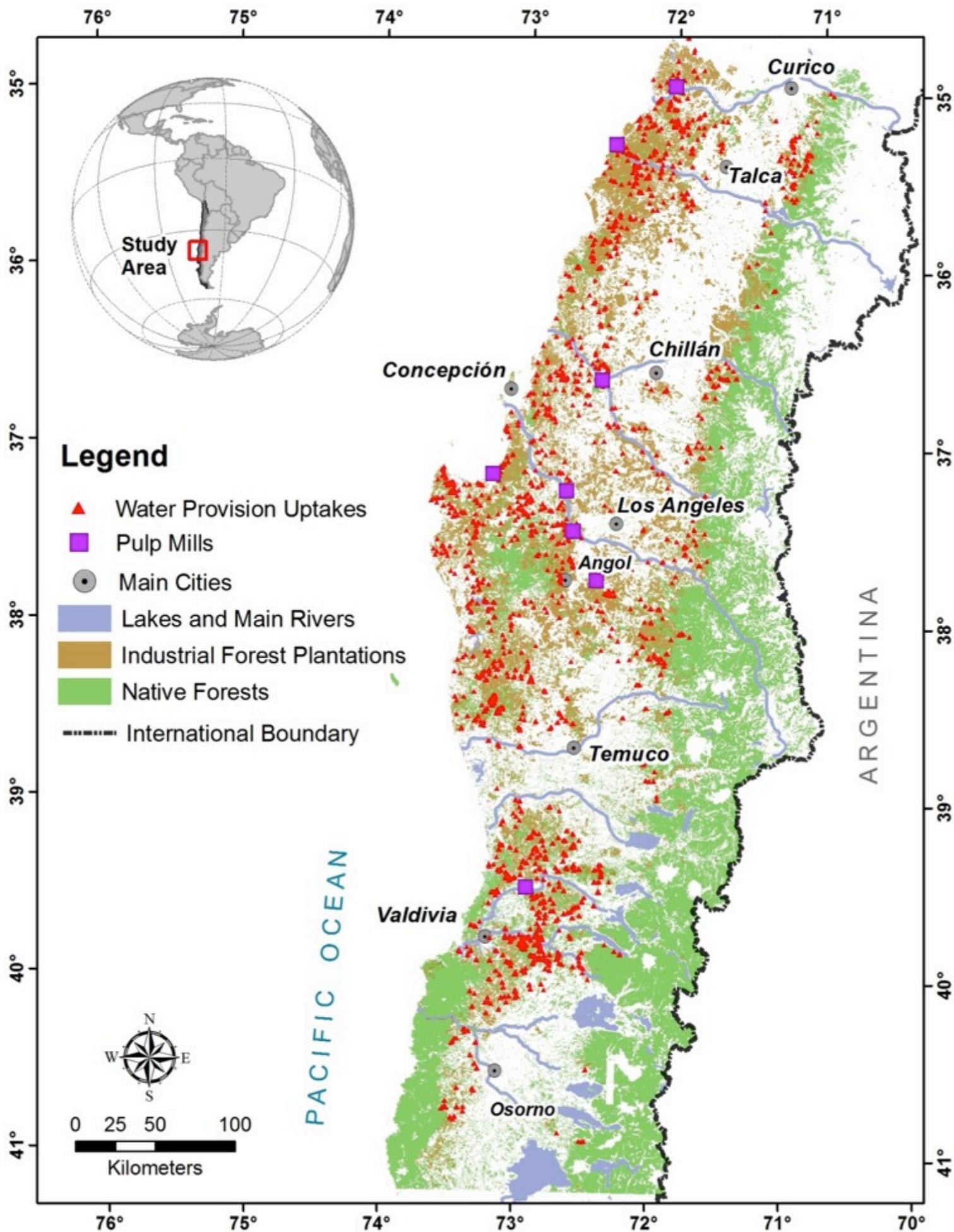
Madereo e incendios de
bosques (1920-1960s)

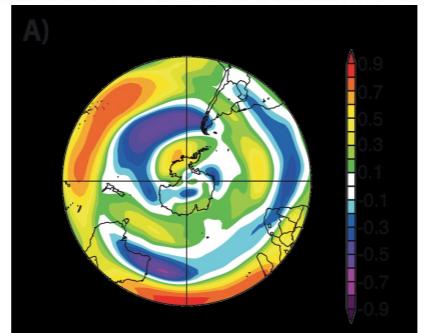


DL 701 (1974)

El bosque visto como un obstáculo y estorbo

Valoración ambiental y económica





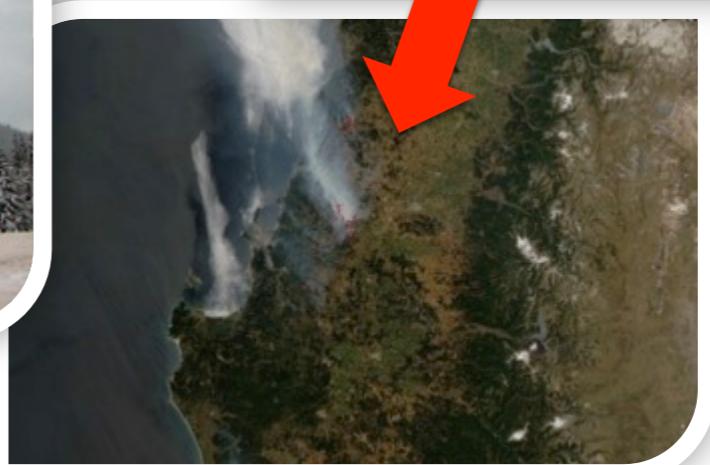
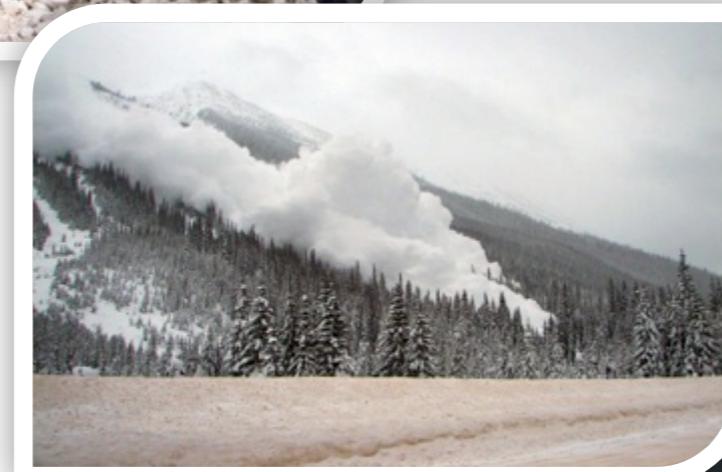
CAMBIO CLIMÁTICO Y SU EFECTO EN LOS BOSQUES DE CHILE

Cambio climático y su influencia en los ecosistemas forestales

- Cambios en patrones de temperatura y precipitación



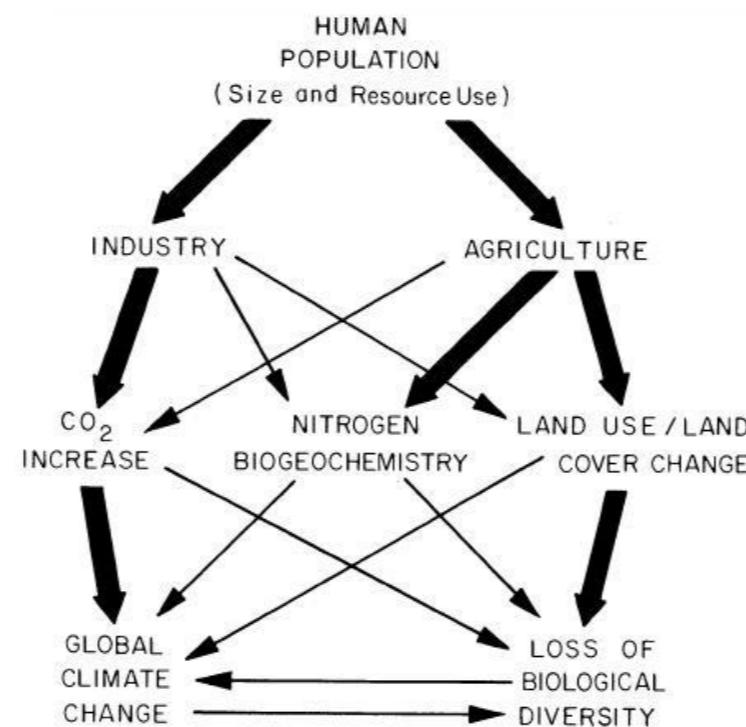
- Aumento eventos climáticos extremos



- Impacto en los regímenes de disturbio y procesos demográficos



¿Cómo el cambio climático global puede influenciar la salud de los ecosistemas forestales?





A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests

Craig D. Allen^{a,*}, Alison K. Macalady^b, Haroun Chenchouni^c, Dominique Bachelet^d, Nate McDowell^e, Michel Vennetier^f, Thomas Spies^g, Patrick Gonzalez^k, Rod Fernandes^h, Daniel L. McGuireⁱ, Jong-Hwan Lim^j, Gillian A.



El cambio climático está alterando el crecimiento y vigor de la vegetación redundando en mortalidad y acumulación de material combustible

Localities with increased forest mortality related to climatic stress from drought and high temperatures

Severe mortality of overstorey aspen (*Populus tremuloides*) following the 2001–2002 drought in the parkland zone of Saskatchewan, Canada (August 2004)



M. MCNAULIAN

Drought-induced mortality of *Pinus sylvestris*, Andalucía, Spain (April 2006)



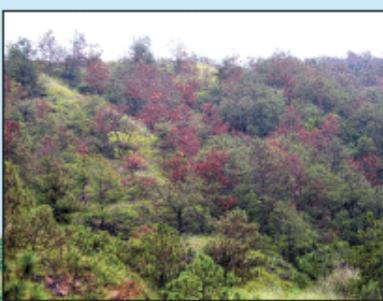
C. VILLALBA

Climate-induced mortality of *Pinus sylvestris*, Valais, Switzerland (1999)



A. BERNHARD

Pinus yunnanensis stand, Yunnan Province, China, showing mortality induced by a drought that resulted in outbreaks of *Tomicus yunnanensis* and *Tomicus minor* shoot beetles from 2003 to 2005 (July 2005)

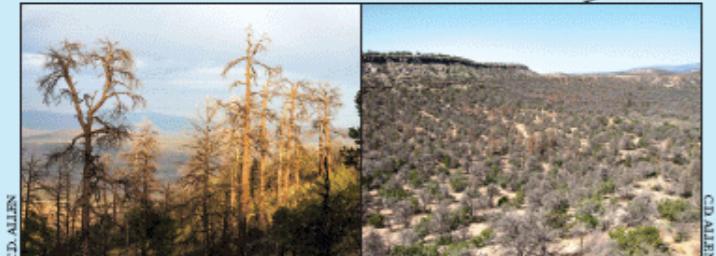


Z. ZHANG

Drought-induced death of *Acacia aneura*, eastern Australia (2007)

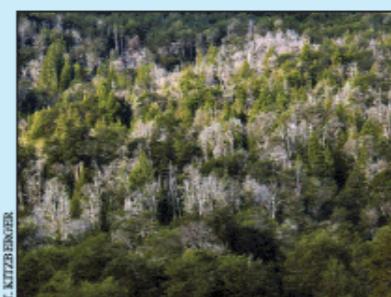


R. PEARCE



Mortality after warm drought in the early 2000s, Jemez Mountains, New Mexico, United States: left, *Pinus ponderosa* mortality (July 2006); right, mass mortality of *Pinus edulis* and scattered *Juniperus monosperma* survivors (May 2004)

C.D. ALLEN



T. KITZBINGER

Mortality of *Nothofagus dombeyi* in mixed *N. dombeyi*–*Austrocedrus chilensis* stand, induced by a warm drought in 1998–1999, northern Patagonia, Argentina (September 2004)

A dust storm blows through a stand of *Acacia alba* in the Senegalese Sahel where dieback was documented in the last half of the twentieth century (1993)



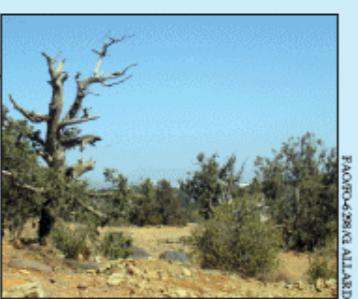
P. GONZALEZ



C. CHENCIONGUA & M. BINNS ACT

Cedrus atlantica mortality triggered by drought, Belezma National Park, Algeria, with surviving understorey including *Quercus ilex* (2007)

A. BERNHARD

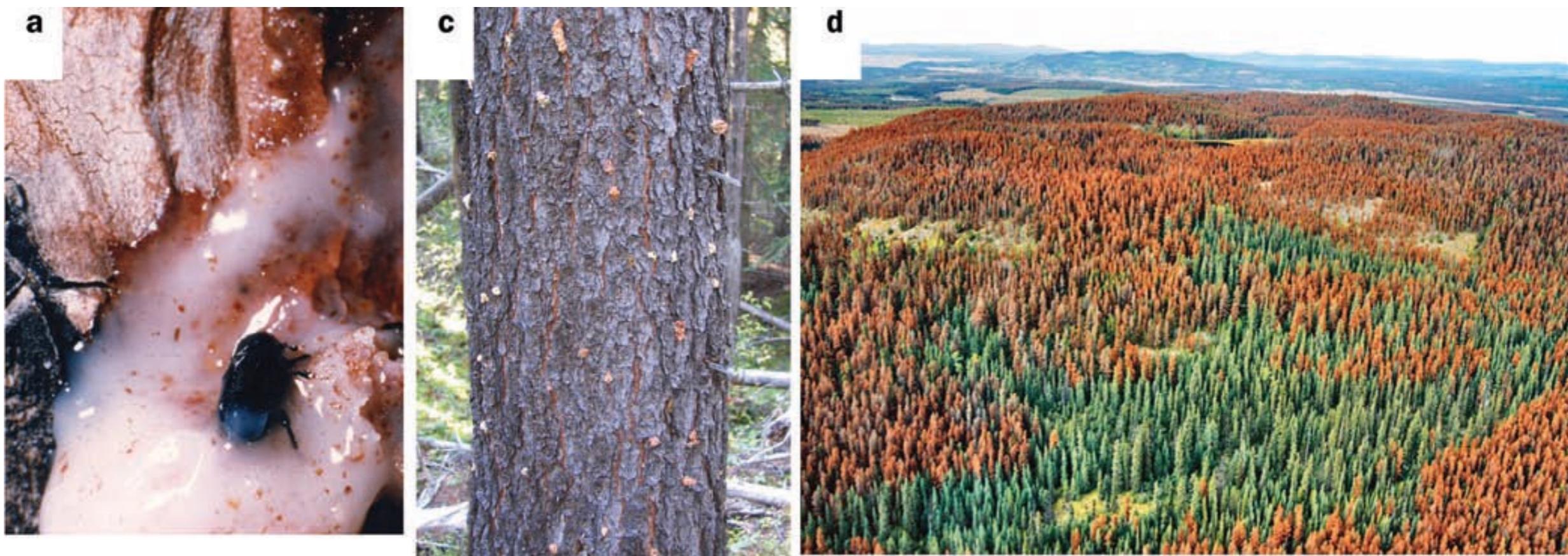
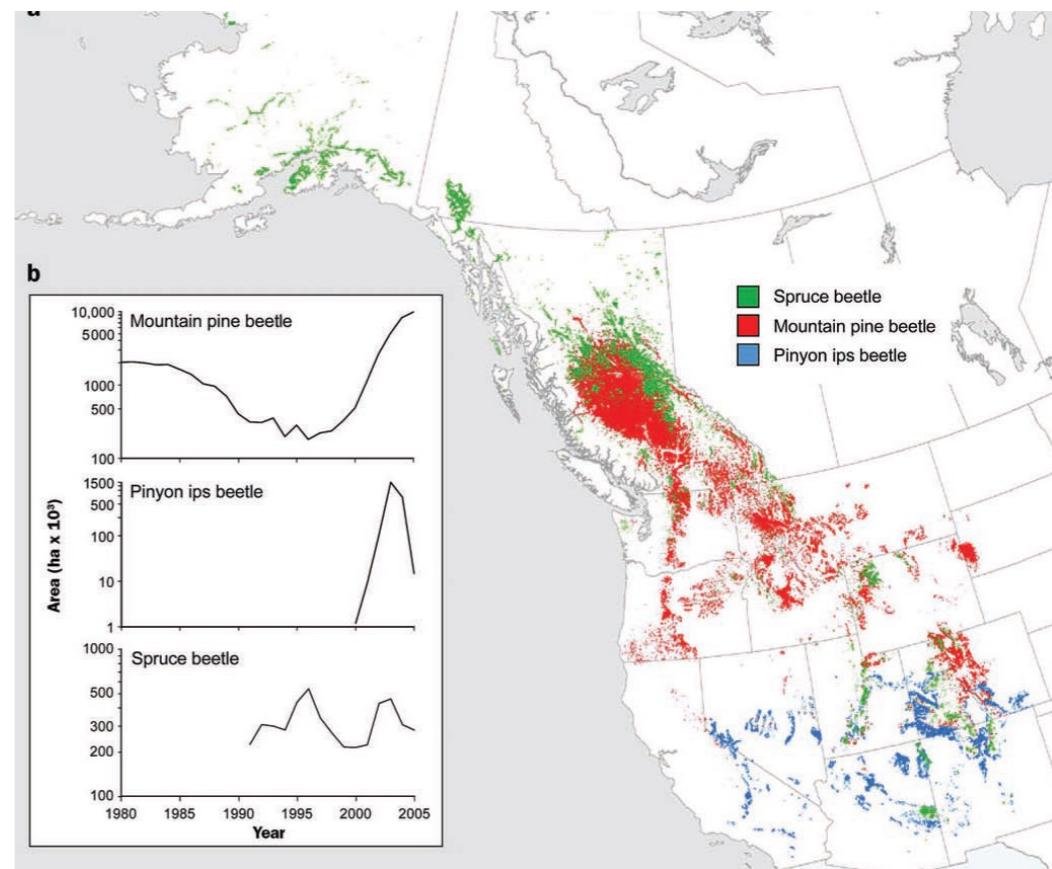


G. TAYEBI & S. POLOPO

Dieback and decline of *Juniperus procera*, Saudi Arabia (March 2006)

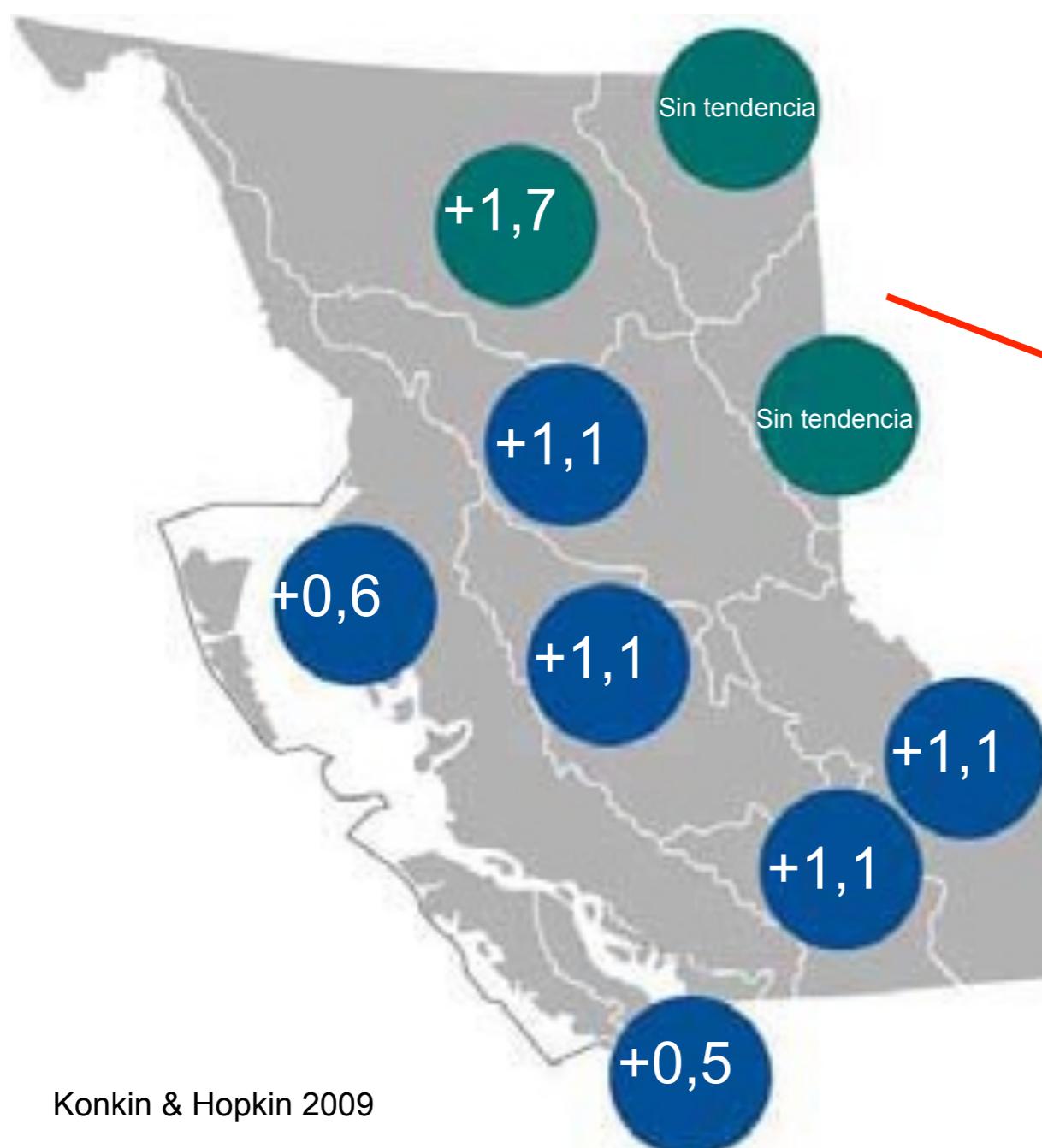
Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions

KENNETH F. RAFFA, BRIAN H. AUKEMA, BARBARA J. BENTZ, ALLAN L. CARROLL, JEFFREY A. HICKE, MONICA G. TURNER, AND WILLIAM H. ROMME

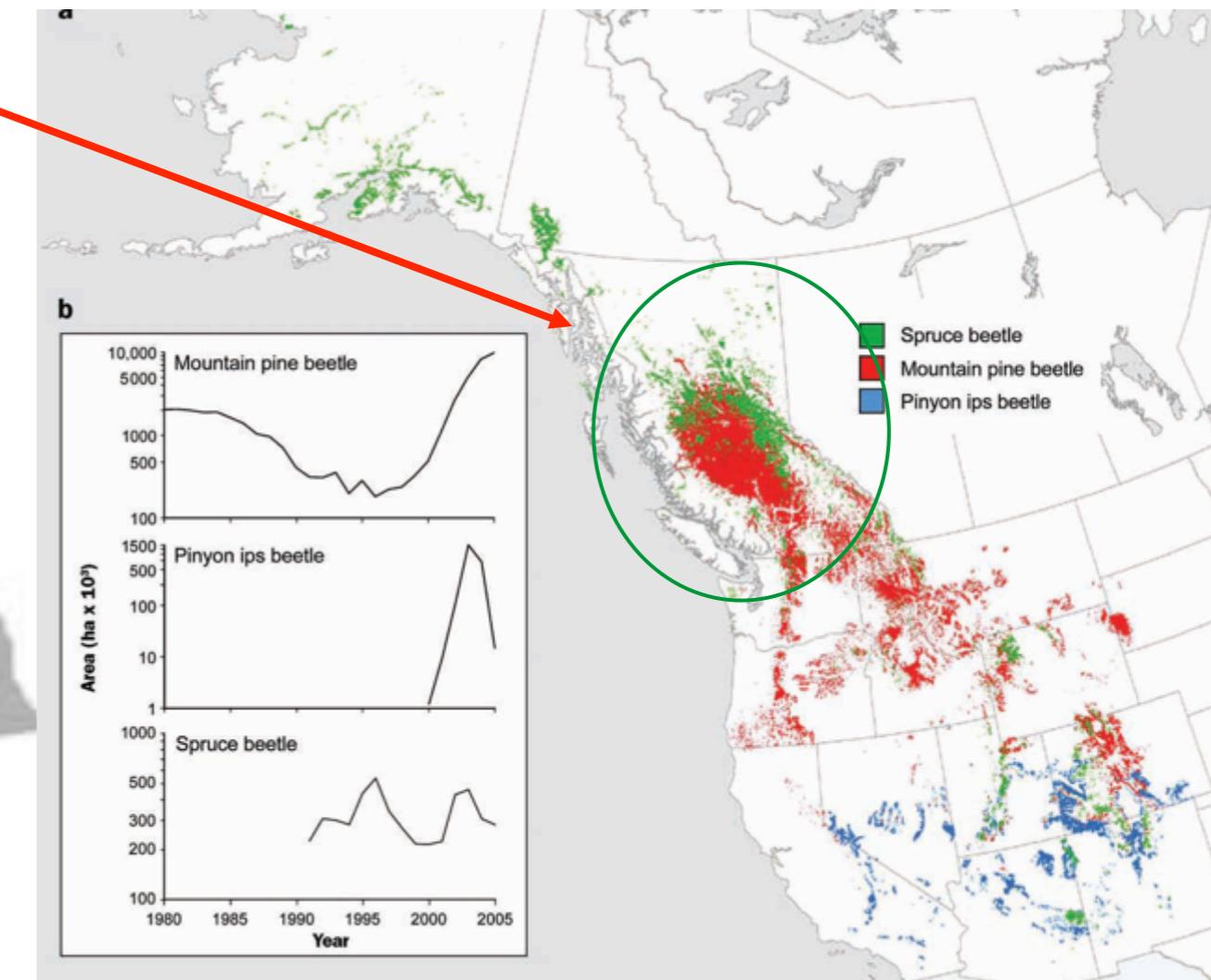


Los brotes de escarabajos de la corteza es un disturbio natural en los bosques del NW de Norteamérica. Sin embargo, los recientes ataques han excedido la frecuencia, severidad y extensión documentada de los últimos 125 años

Efecto de la variación climática sobre brotes de insectos



En Columbia Británica, Canadá, el aumento poblacional del barrenador desde 1999 ha afectado más de 13 millones de hectáreas



Mayores temperaturas invernales que favorecen
sobrevivencia escarabajo (*Dendroctonus ponderosae*)

Mortalidad de Bosques en el sur de Chile



Parque Nacional Huerquehue, abril 2015

Mortalidad de Bosques en el sur de Chile



Tolhuaca, abril 2016

Parque Nacional Villarrica, mayo 2015



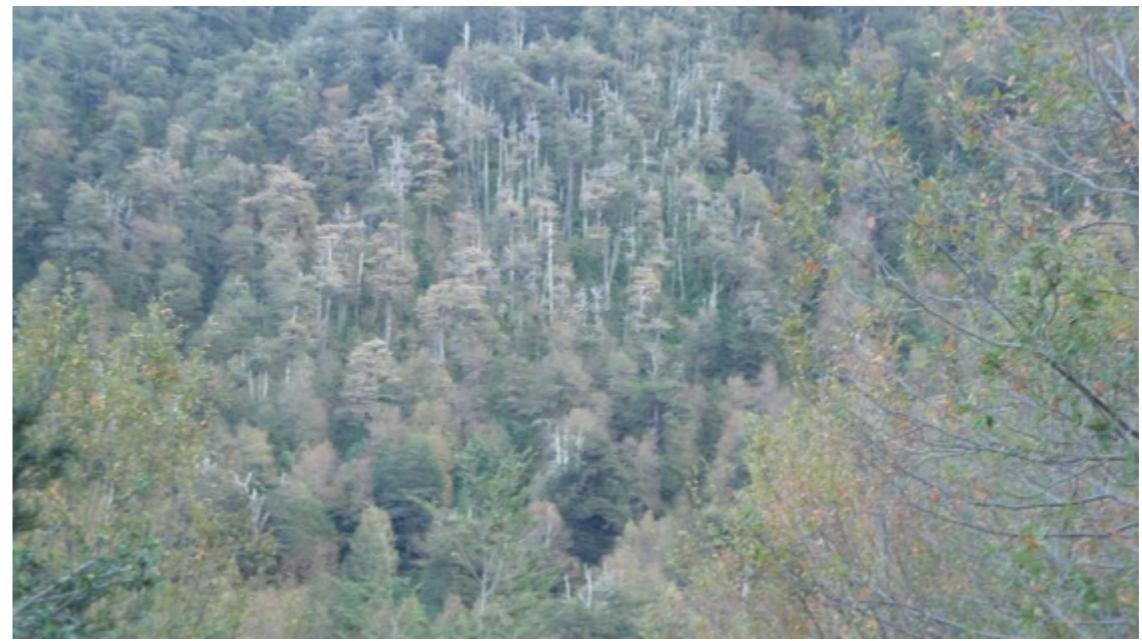
Parque Nacional Villarrica



Parque Nacional Villarrica



Curarrehue



Tolhuaca

Mecanismos que explican mortalidad

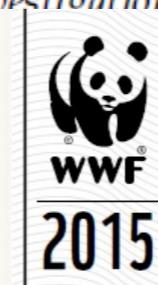


Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest

MIKE FLANNIGAN*, BRIAN STOCKS†, MERRITT TURETSKY‡ and MIKE WOTTON*

*Canadian Forest Service, Sault Ste. Marie, ON, Canada P6A 2E5, †B.J. Stocks Wildfire Investigations Ltd., Sault Ste. Marie,

ON, Canada P6A 4V4, ‡Department of Plant Biology, Michigan State University, East Lai



Incendios en España

BOSQUES LISTOS PARA ARDER



ARTICLE

Received 24 Nov 2014 | Accepted 15 May 2015 | Published 14 Jul 2015

DOI: 10.1038/ncomms8537

OPEI

Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013

W. Matt Jolly¹, Mark A. Cochrane², Patrick H. Freeborn¹

Grant J. Williamson⁵ & David M.J.S. Bowman⁵



ECOSPHERE

Climate change and disruptions to global fire activity

MAX A. MORITZ,^{1,†} MARC-ANDRÉ PARISIEN,^{1,5} ENRIC BATLLORI,¹ MEG A. KRAWCHUK,^{1,6} JEFF VAN DORN,^{2,7}
DAVID J. GANZ,^{3,8} AND KATHARINE HAYHOE^{2,4}

¹Department of Environmental Science, Policy, and Management, University of California, Berkeley, California 94720 USA

²ATMOS Research and Consulting, Lubbock, Texas 79490 USA

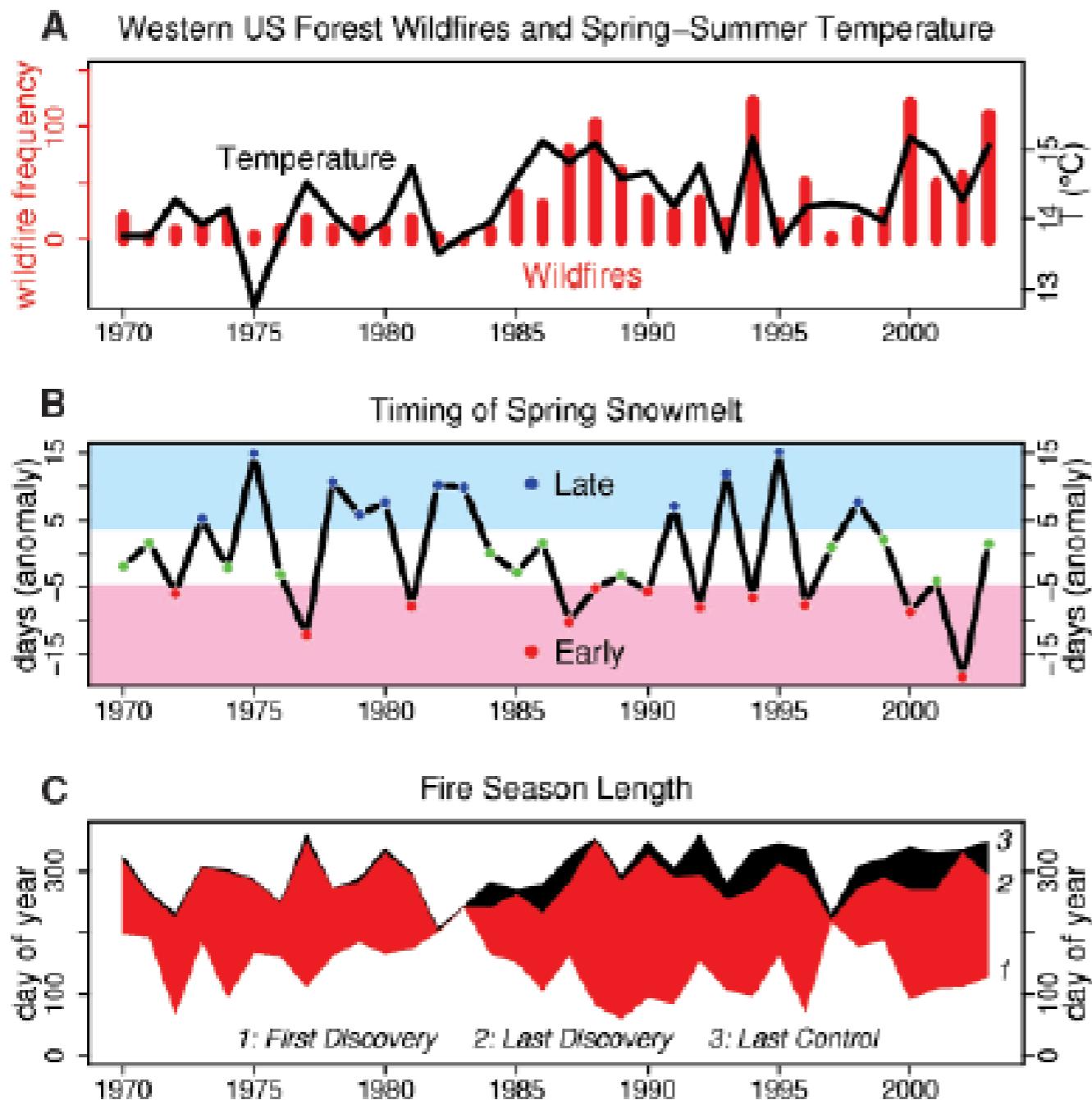
³The Nature Conservancy, Berkeley, California 94720 USA

⁴Climate Science Center, Texas Tech University, Lubbock, Texas 79409 USA

Calentamiento y aumento de los incendios de primavera en el Oeste de US

Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity

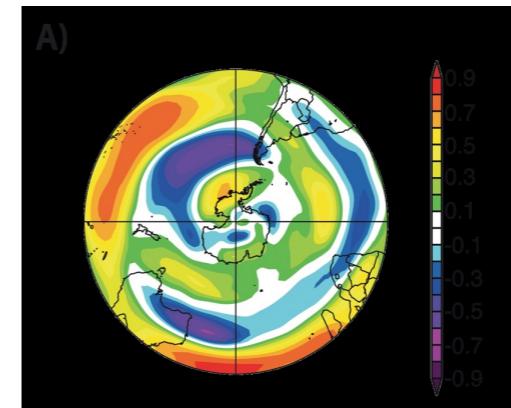
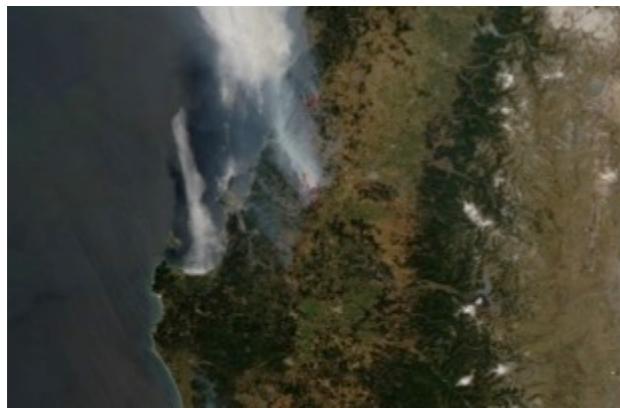
A. L. Westerling,^{1,2*} H. G. Hidalgo,¹ D. R. Cayan,^{1,3} T. W. Swetnam⁴



Aumento de los incendios de magnitud asociados a las mayores temperaturas de primavera y verano desde mediados 1980s

Temprano derretimiento de las nieves asociado al aumento de la ocurrencia de incendios

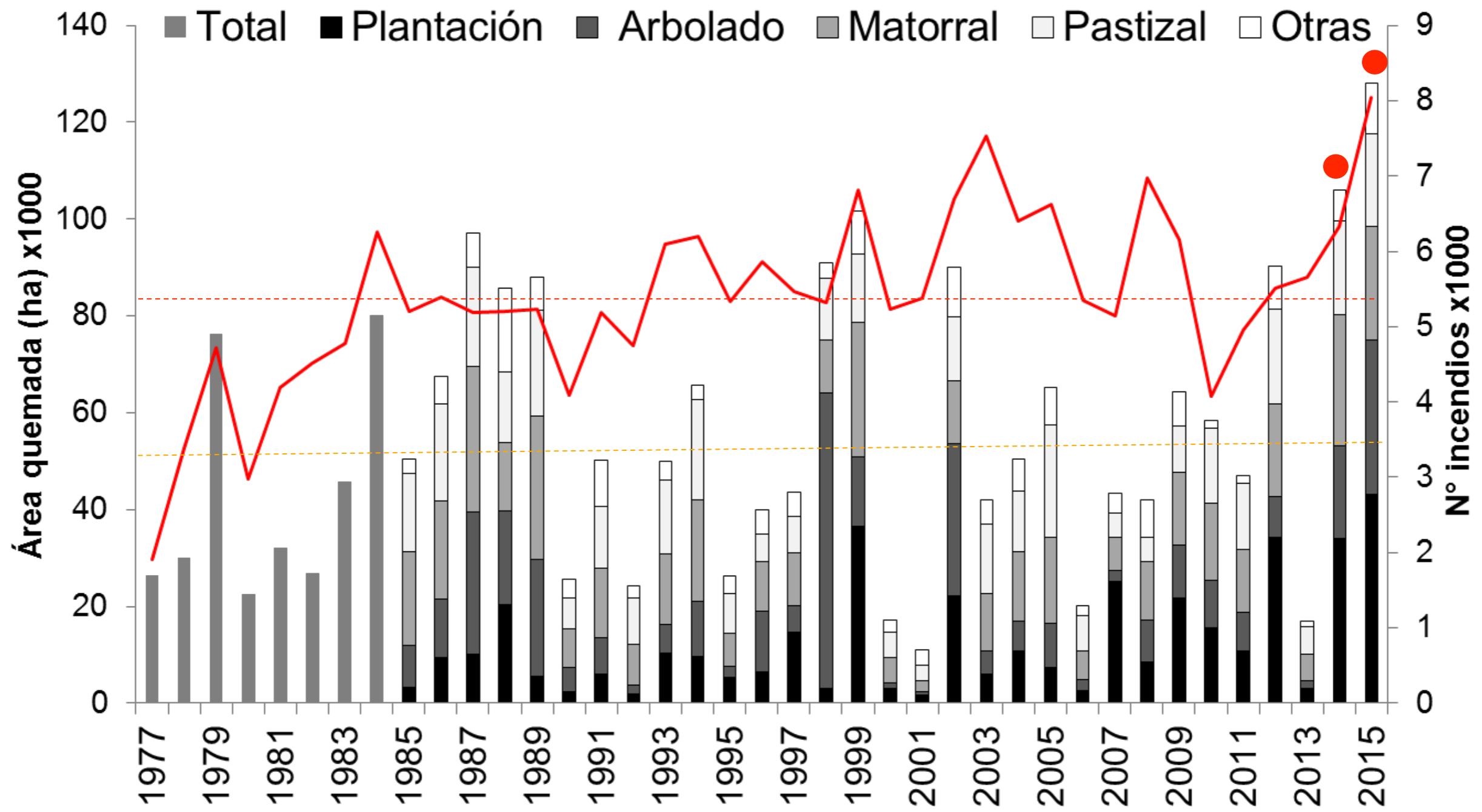
Aumento del largo de la temporada de incendios en un 64% desde 1987



¿Cuáles han sido los patrones temporales y espaciales de los incendios en Chile en los últimos 40 años?

Número de incendios y Área quemada en Chile (1977-2015)

> 120,000 ha quemadas
> 8,000 incendios



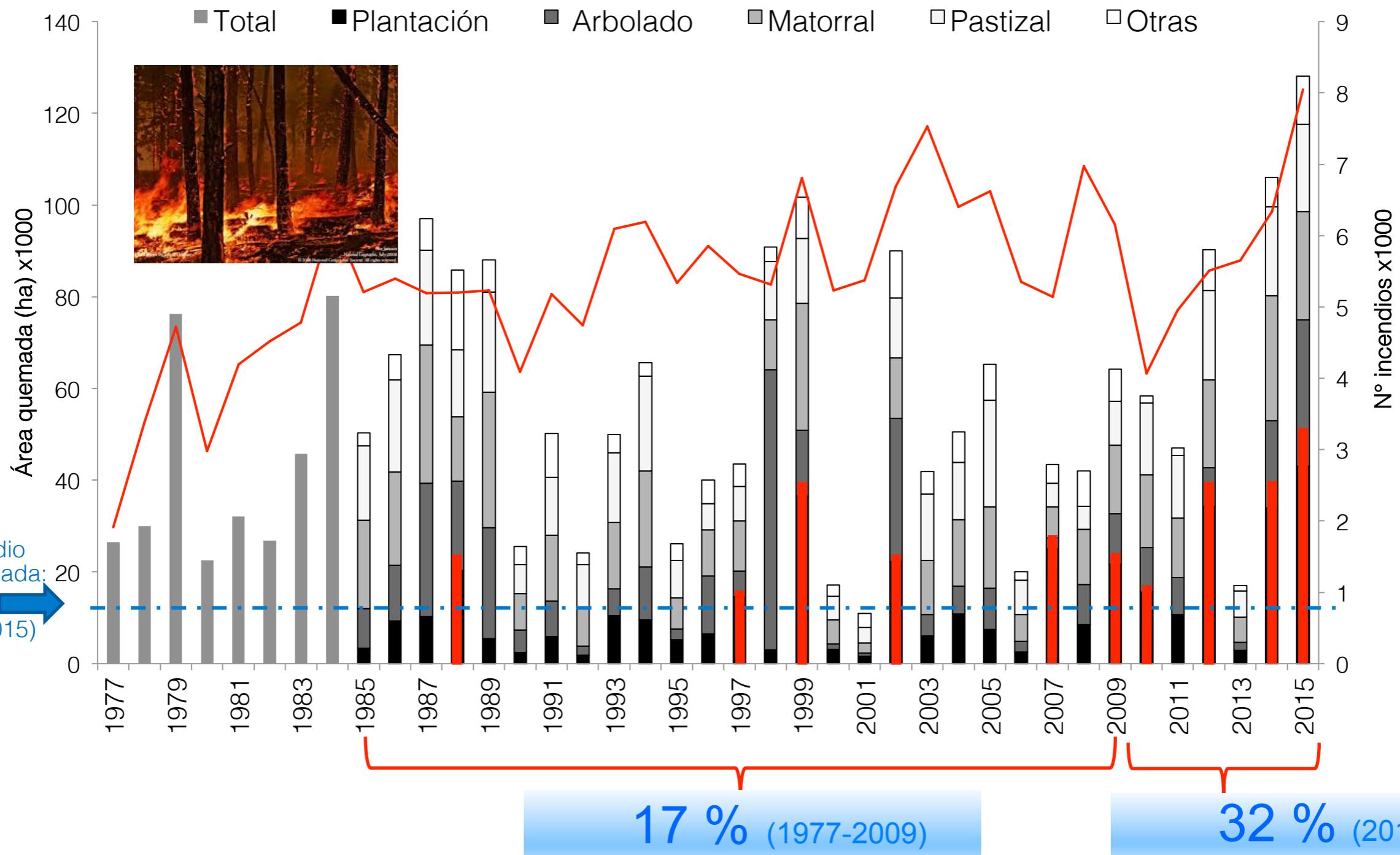
----- N° de incendios (media): 5,399 incendios/año

----- Área quemada (media): 54,802 ha/año

Área quemada de plantaciones en Chile (1985-2015)

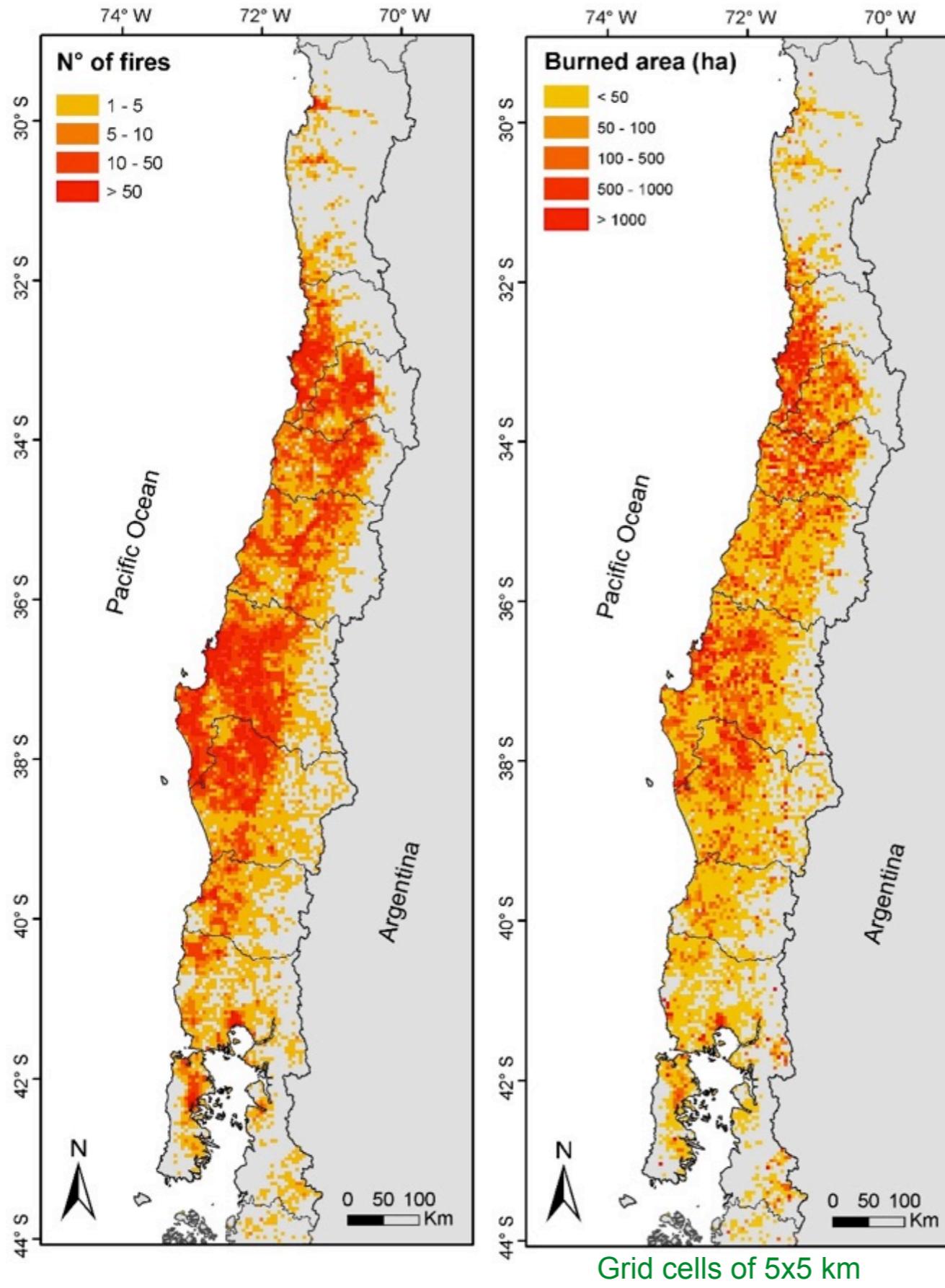
Forestación + Ref → 38.000 ha/año
(2000-2015)

Plantaciones quemadas → 18.000 ha/año

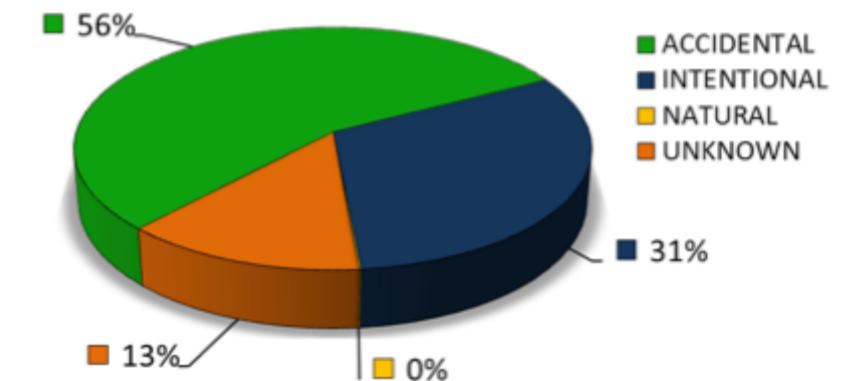


Porcentualmente se ha duplicado la superficie quemada de plantaciones

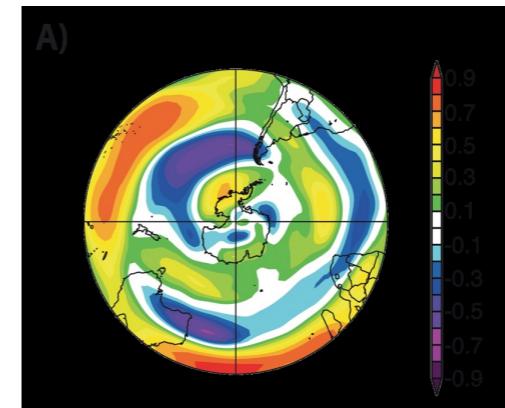
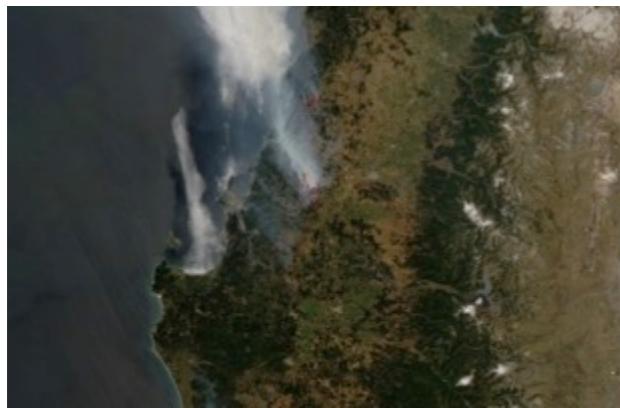
Distribución espacial del número de incendios y área quemada durante el periodo (1985-2012)



La mayor ocurrencia y daño por incendios ocurre en la depresión central y cordillera de la costa de la zona central de Chile



87% causas humanas
13% causas desconocidas
<1 % causas naturales

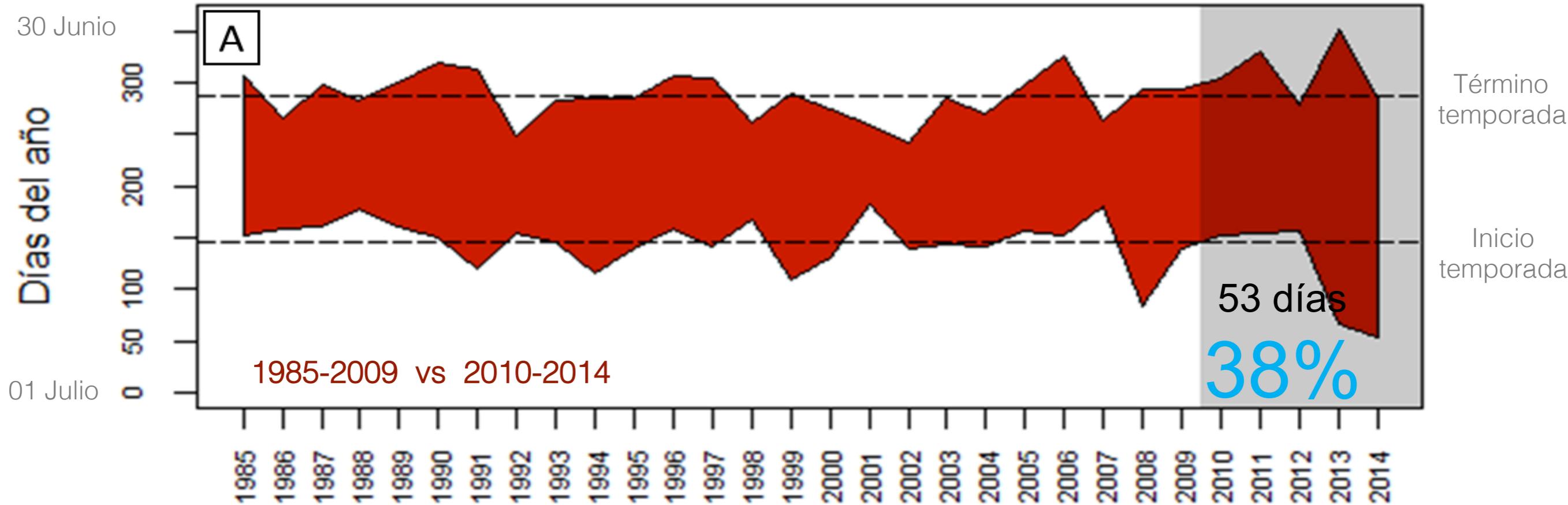


¿Cuál ha sido el impacto de la Megasequía (2010-15) en el régimen de incendios?

Temporada de incendios se ha prolongado en ~ 40% (Valparaíso a la Araucanía)

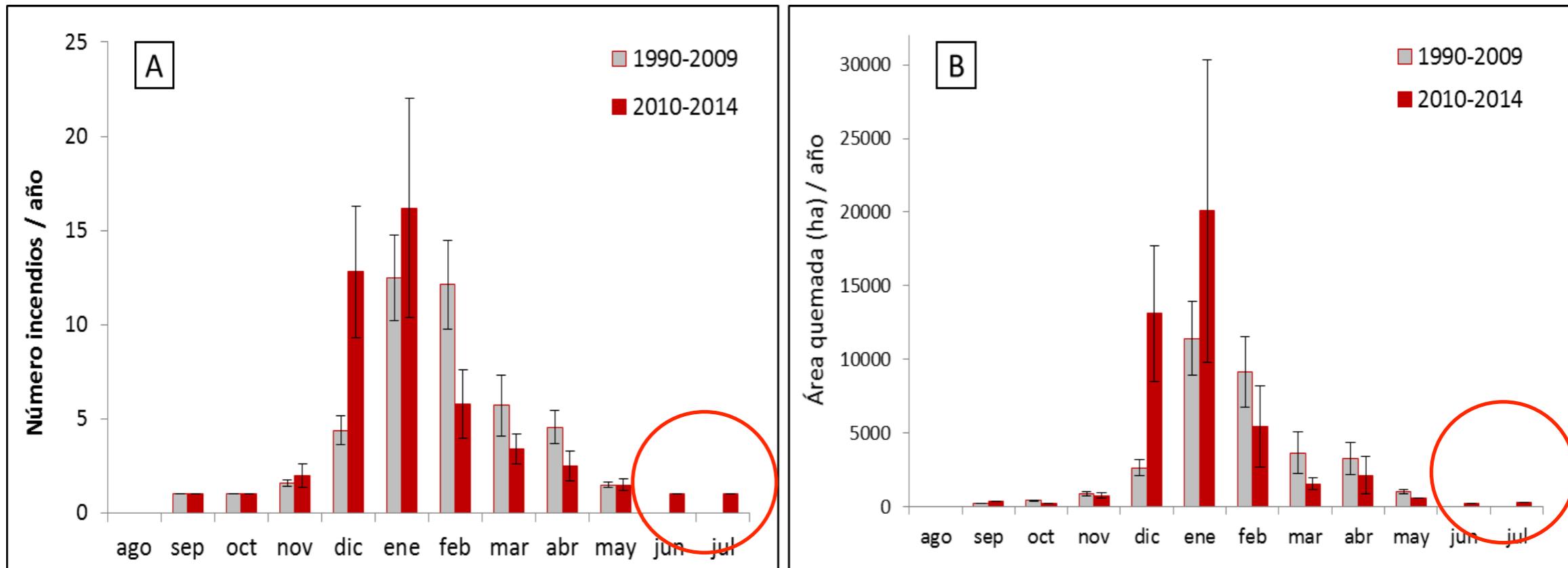
Incendios de mayor extensión (> 200 ha)

Mega Sequía



- Sequía y temporadas de incendios más prolongadas están favoreciendo incendios más frecuentes, de mayor tamaño y simultáneos
- Estos patrones irán en aumento de acuerdo a las predicciones climáticas

Distribución mensual promedio de incendios de magnitud (> 200 ha)

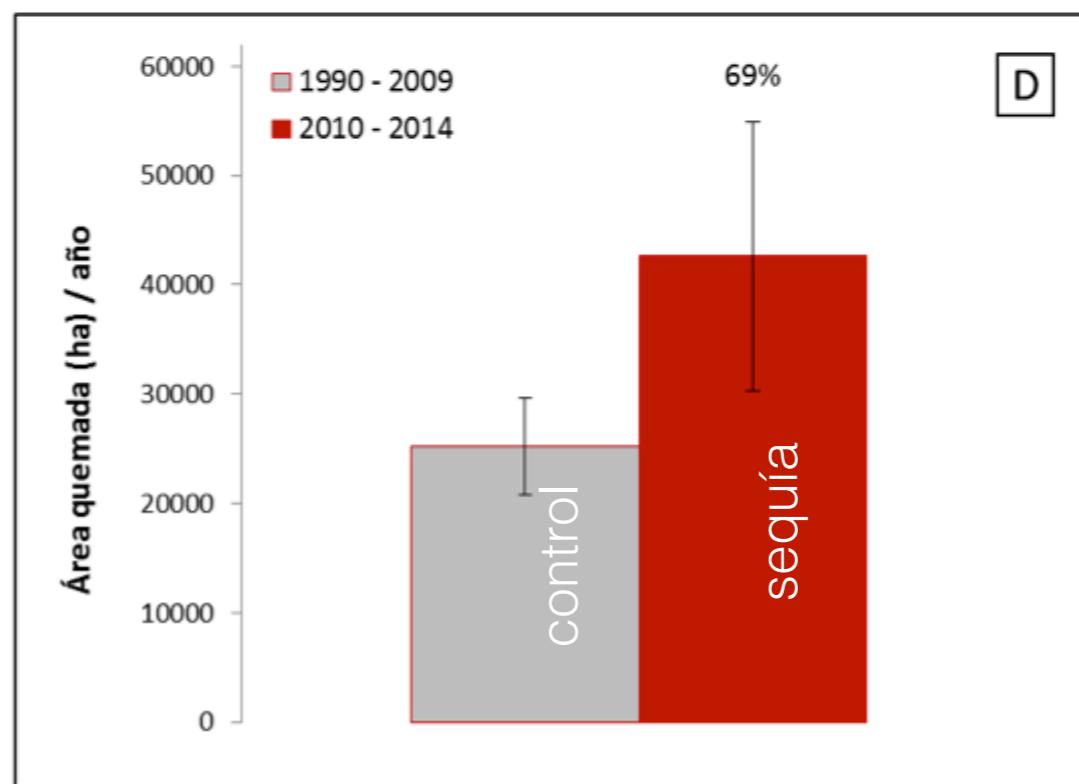
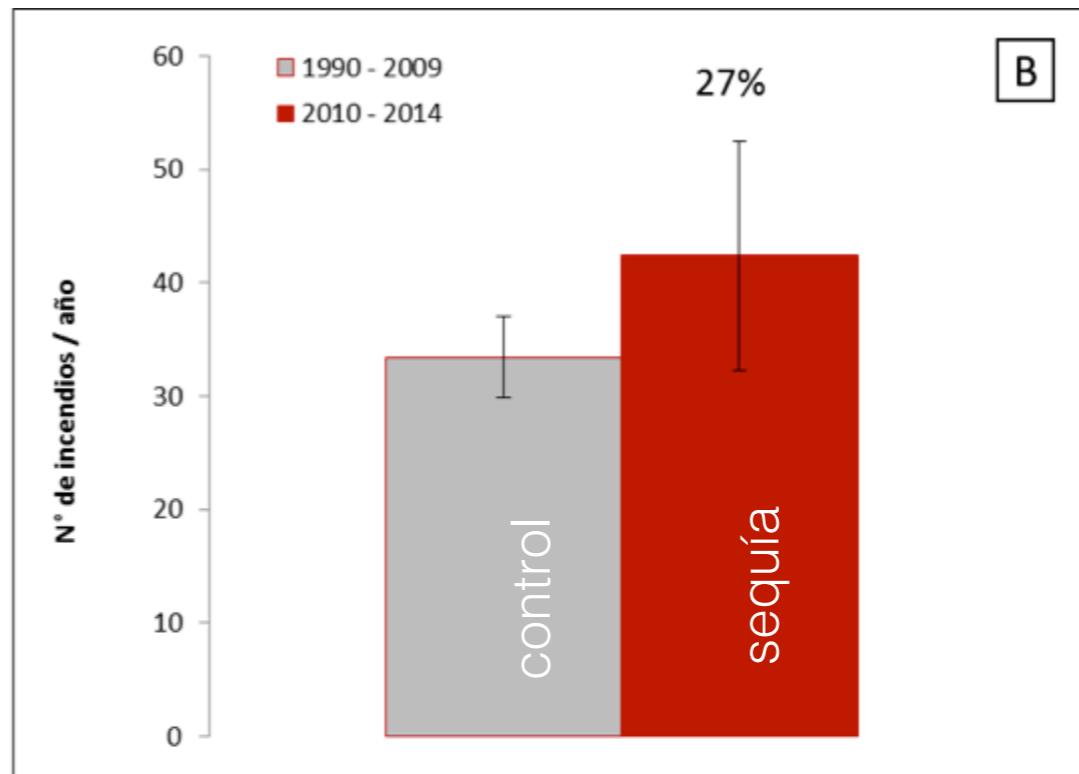
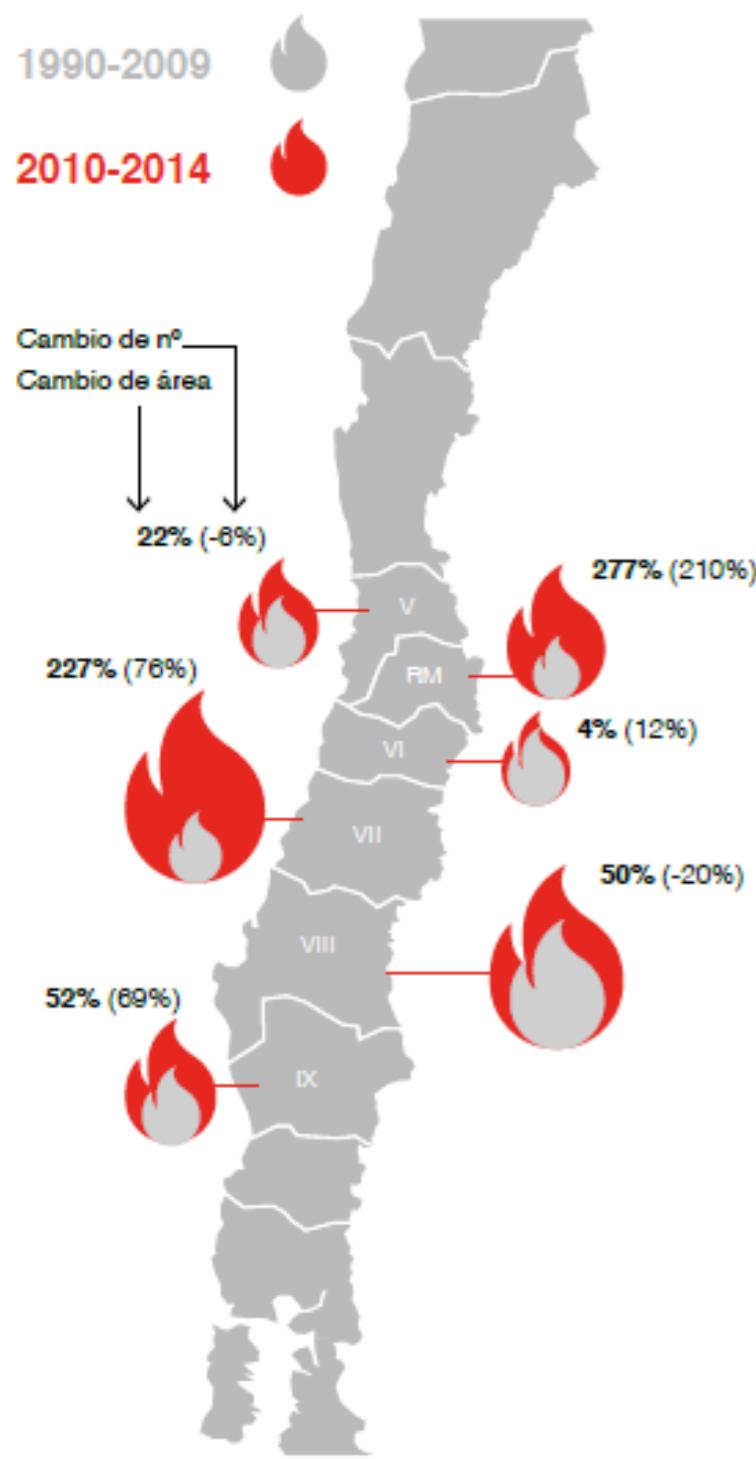


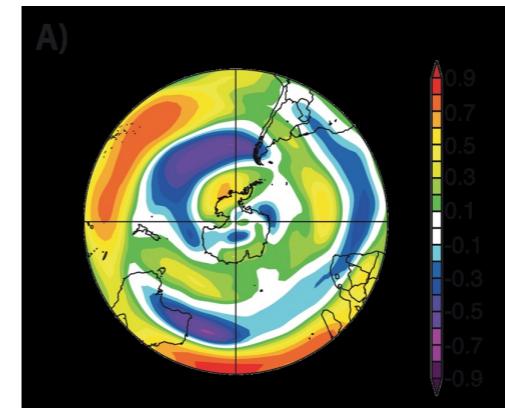
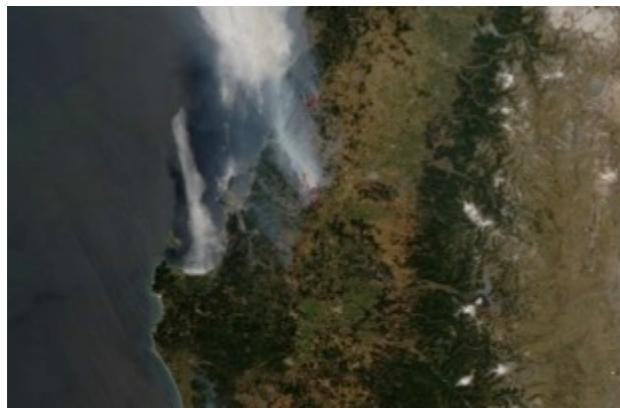
Incendios de magnitud

- Se adelantan en la temporada (fines primavera/inicio verano)
 - Pueden ocurrir en pleno meses de invierno

Aumento en número y área quemada annual

Incendios de magnitud (> 200 ha)





¿Cómo el uso (cobertura) del suelo
y prácticas de manejo influencian la
ocurrencia de incendios en el
centro-sur de Chile?

Abandono de campos por migración rural y revegetación natural



Expansión Interfase Urbano-Rural



Incendio 1997

Menque, Memorias Para El Futuro

Pueblo Forestal de la Comuna de Tomé,
Provincia de Concepción. Chile

Prácticas tradicionales: Quemas agrícolas

Región de la Araucanía se queman 140.000 ha/año



Quemas agrícolas en interfase con plantaciones



Quemas de rastrojo pueden transformarse en incendios fuera de control

Invasión de especies exóticas en el bosque nativo favorecen ignición y propagación

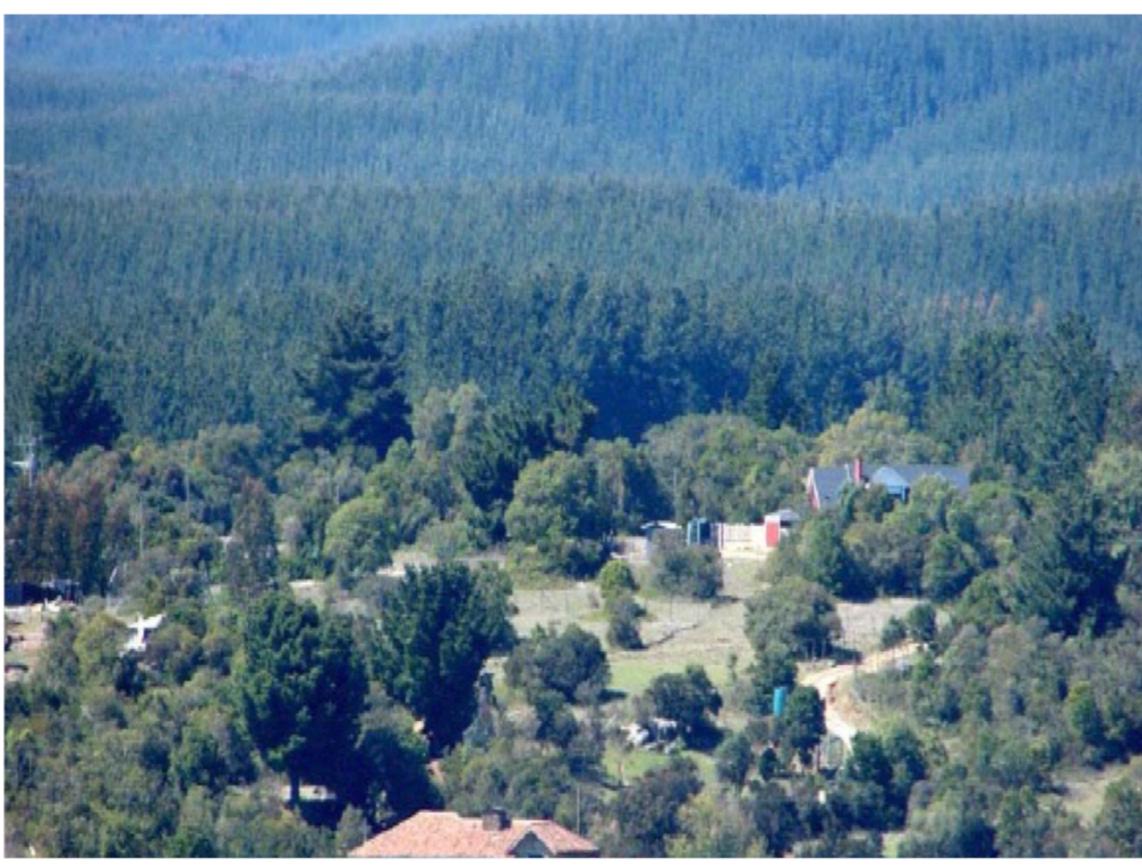


Invasión de especies exóticas en el bosque nativo



Expansión de plantaciones comerciales

Amplifica o exacerba la ocurrencia y tamaño de incendios



Plantaciones de *Pinus radiata* en interfase con urbe



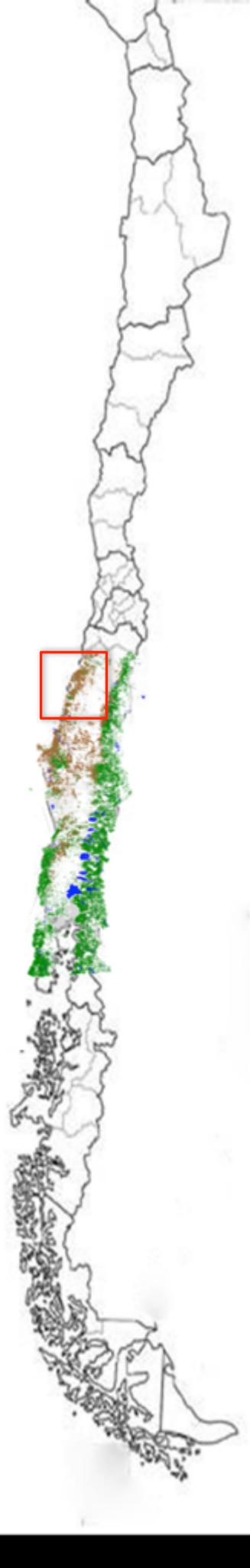
Invasión de pino en bosques de *Nothofagus glauca* (Maule)

- Continuidad de plantaciones (proceso de coalescencia, sin áreas buffer)
- Bosque nativo invadido por especies exóticas (*Pinus radiata*, *Acacia* spp.)
- Mayor carga combustible
- Alta inflamabilidad
- Mayor continuidad vertical y horizontal del combustible



Paisaje con mayor riesgo
en un contexto de sequías

- Aumento ignición y propagación
 - Gran superficie afectada



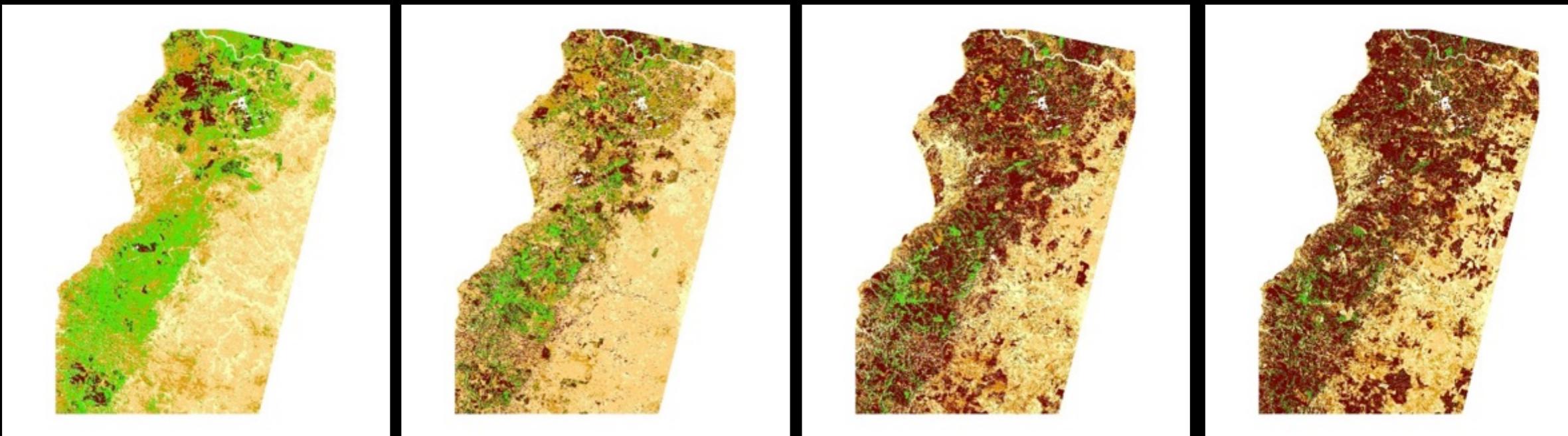
Expansión de plantaciones en la costa de la región de Maule (0.5 mill. ha)

1975

1990

2000

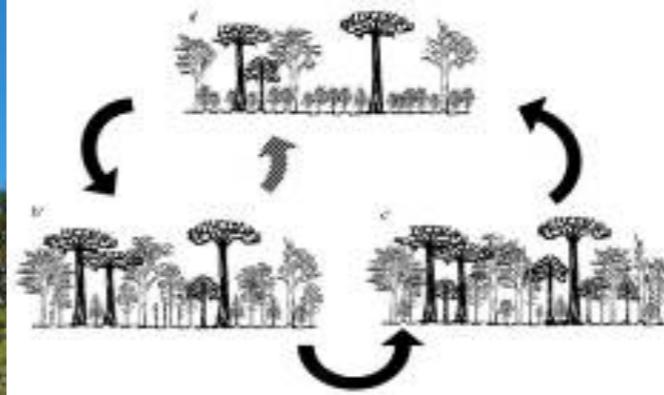
2007



Echeverría et al., 2006

- **Schrublands**
- **Forests**
- **Agriculture**
- **Exotic Plantations**

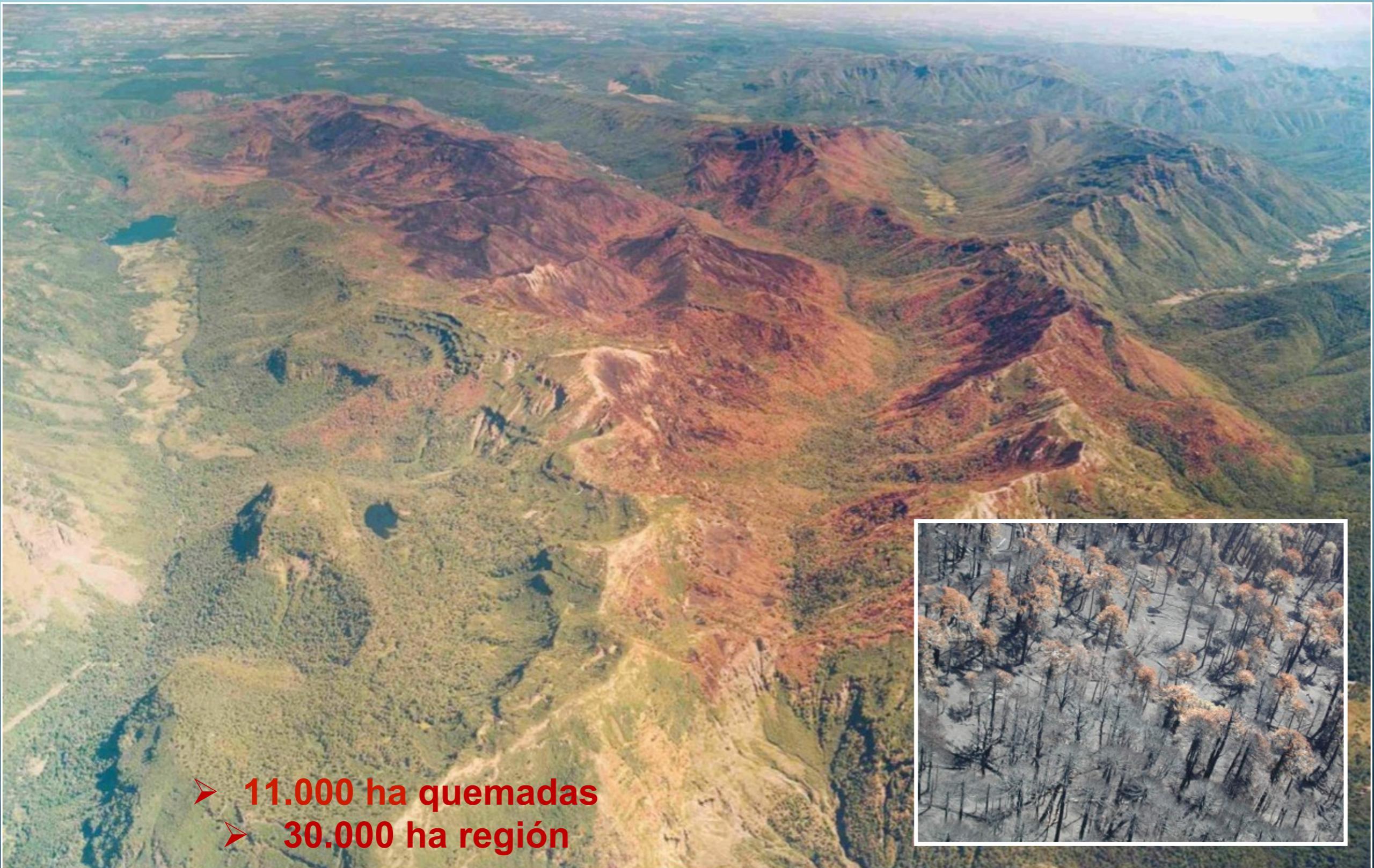
Aumento del riesgo de incendio
y destrucción del escaso
bosque nativo remanente



Mega incendios consecutivos en bosques de Araucaria: influencia del clima y capacidad de resiliencia

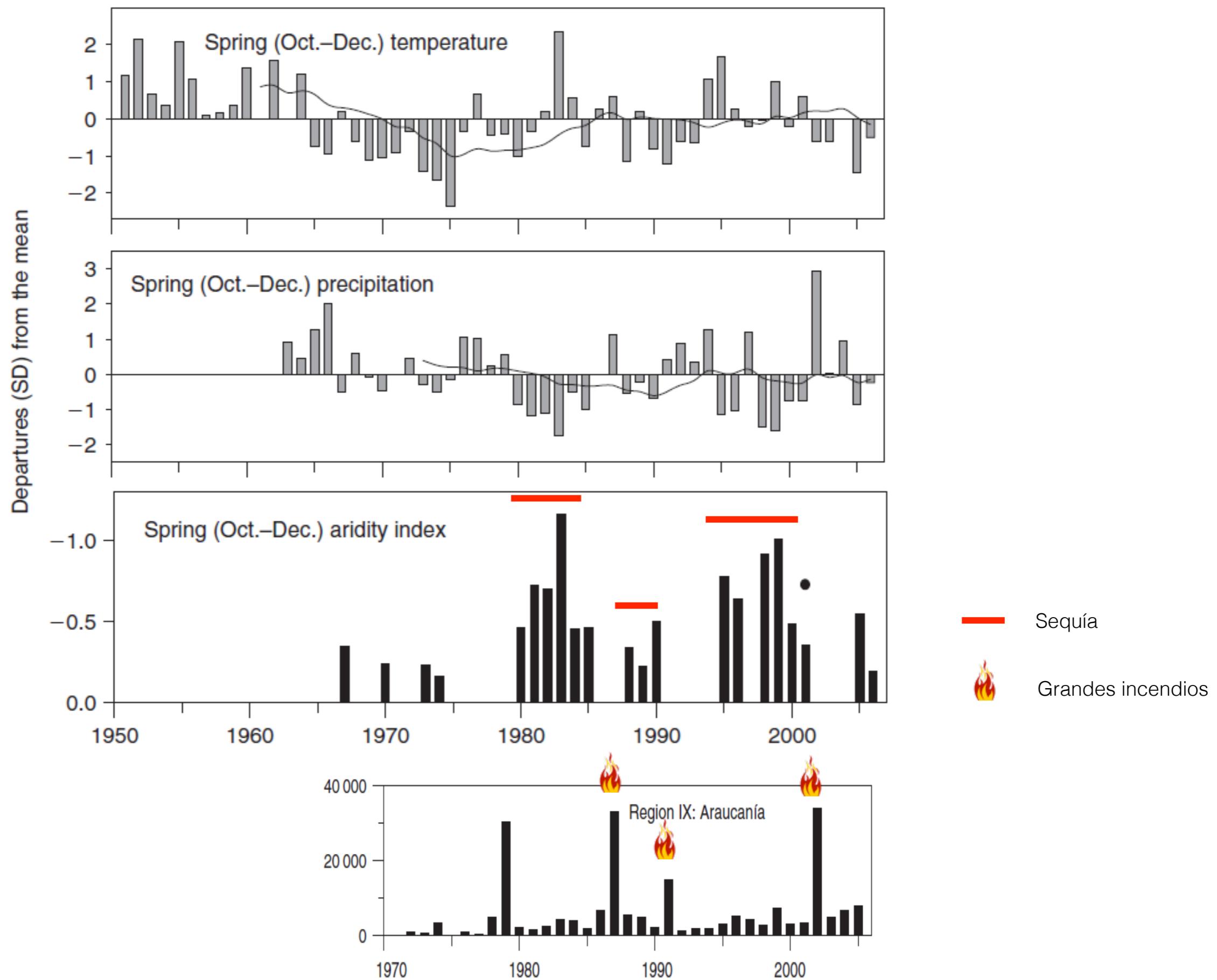
El caso del Parque Nacional Tolhuaca

Incendio causado por rayos en Parque Nacional Tolhuaca y Reserva Malleco (2002)



- 11.000 ha quemadas
- 30.000 ha región

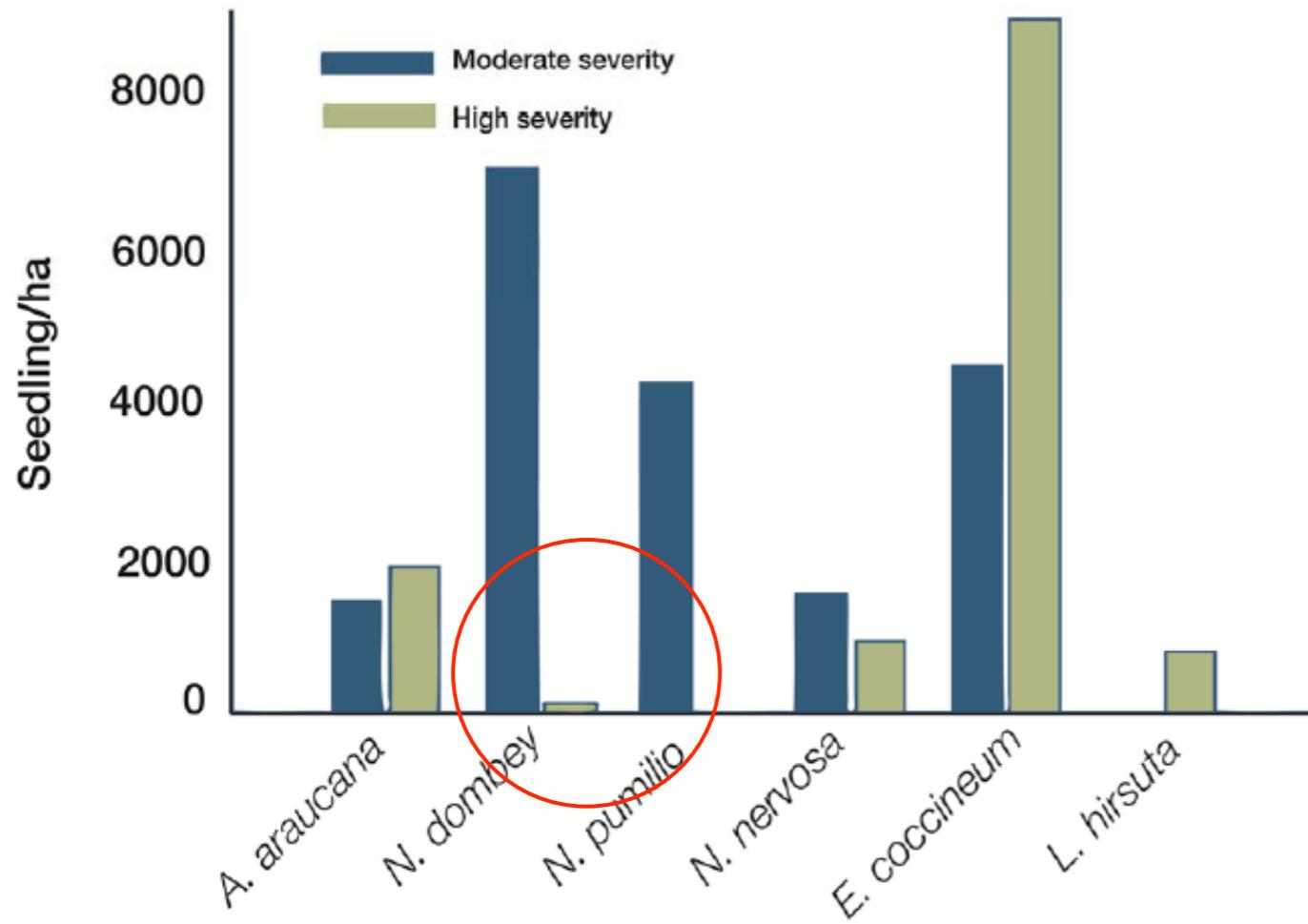




Aspecto luego de pocos meses del incendio en 2002

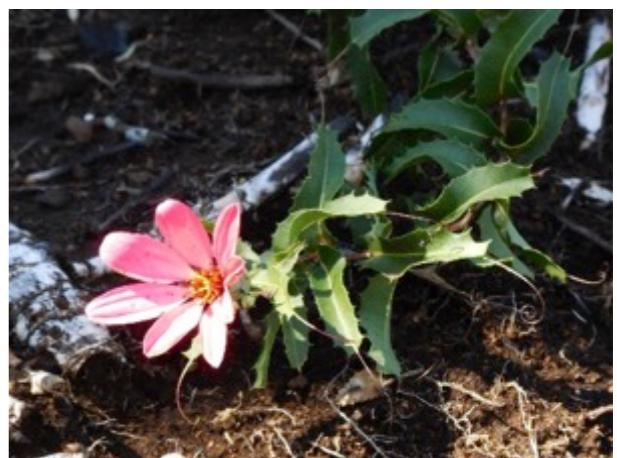


Reclutamiento post-fuego



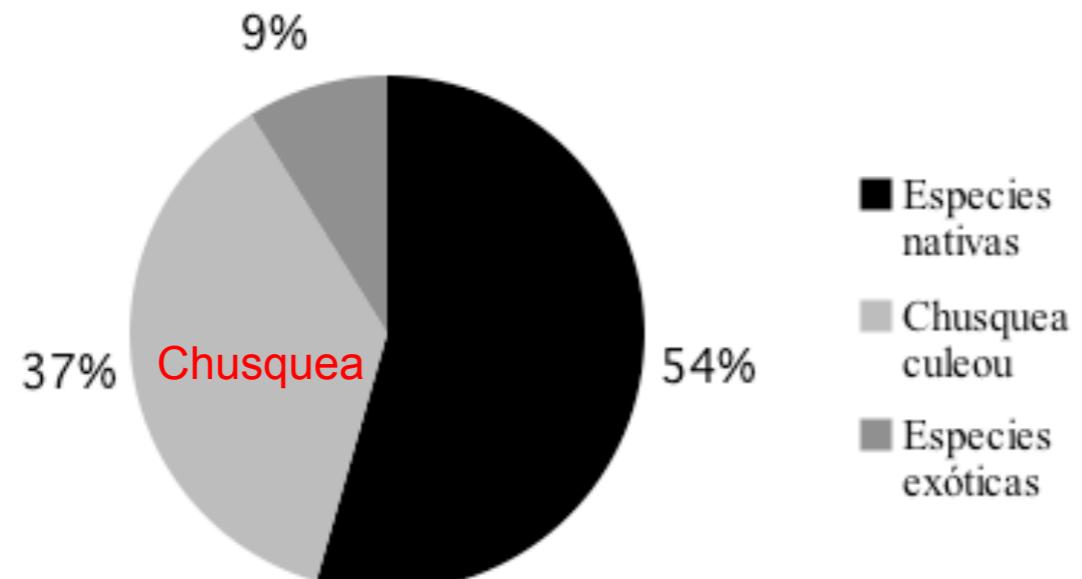
Especies	Media (n = 90)		Alta (n = 90)	
	FR (%)	CR (%)	FR (%)	CR (%)
Árboles (< 2 m)				
<i>Araucaria araucana</i> (Mol.) K. Koch	2,2	0,65	1,8	0,19
<i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	3,5	0,82	0,3	0,01
<i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. et Endl.)	4,0	2,7		
<i>Nothofagus nervosa</i> Phil.	1,5	1,3	0,3	0,9
<i>Embothrium coccineum</i> J.R. et G. Forster	3,0	2,8	3,0	3,6
<i>Lomatia hirsuta</i> Lam. Diels ex Machr.	0,3	0,9		
Arbustos				
<i>Chusquea culeou</i> Desv.	14,4	36,3	9,8	20,3
<i>Ovidia andina</i> (OPEP. Et. Ende.) Meissn.	0,2	0,52		
<i>Maytenus disticha</i> (Hook.f.) Urban	8,7	6,8	1,5	0,18
<i>Ribes magellanicum</i> Poir.	2,7	1,5	5,7	8,0
<i>Baccharis</i> spp.	2,7	2,5	1,2	0,51
<i>Senecio</i> spp.(1)	0,2	0,21		
<i>Berberis</i> spp.	0,2	0,21	0,6	0,9
<i>Myrceugenia</i> spp.	2,2	3,0	2,7	0,87
<i>Drimys andina</i> (Reiche) R.A.Rodr. et Quez.	0,7	1,47	1,5	2,64
<i>Pernettya</i> spp.	3,5	3,74	5,1	2,34
<i>Azara lanceolata</i> Hook. f.	0,5	1,23	1,5	0,87
<i>Myochilas oblonga</i> R. et P.	1,7	1,32	0,6	0,08
Trepadoras, helechos, briófitas				
<i>Dioscorea brachybotrys</i> OPEP.	5,7	1,7	8,3	3,64
<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (J.E. Sm.) Johnst.	5,4	6,13		
<i>Blechnum penna-marina</i> (Poirer Kuhn)	0,2	0,21	0,6	0,43
Musgo	5,5	7,5	3,6	7,52
<i>Marchantia</i> spp.	3,5	3,7	1,5	3,18
Hierbas				
<i>Senecio</i> spp.(2)	1,2	0,24	0,9	0,04
<i>Senecio</i> spp. (3)	5,0	2,91	14	18,24
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	0,7	0,06	3,6	0,32
<i>Lathyrus</i> spp.	5,1	1,02		
<i>Acaena</i> spp.	0,9	0,78		
<i>Solanum</i> spp.	0,6	0,02		
<i>Adesmia</i> spp.	1,8	0,37		
<i>Alstroemeria aurantiaca</i> D. Don	4,5	3,8	4,8	5,83
<i>Libertia</i> spp.	2,0	0,43	3,9	2,13
Gramínea	0,2	0,87	1,5	2,58
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	0,2	0,01	1,8	1,0
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	0,2	0,04	0,3	0,07
<i>Festuca</i> spp.	0,2	0,52	4,8	3,18
<i>Perezia</i> spp.	2,5	1,70	0,3	0,89
<i>Rubus geoides</i> J.E. Sm.	1,7	0,7		
<i>Galium</i> spp.	1,2	0,68		
<i>Juncus</i> spp.	0,2	0,21		
<i>Quinchamalium dombeyi</i> Brongn.	0,2	0,04		
<i>Viola reichenb.</i> Skottsb.	3,0	0,8		
<i>Adenocaulon chilense</i> Less.	3,5	3,25		
<i>Ranunculus</i> spp.	0,2	0,04		
<i>Lycopodium</i> spp.	3,2	2,5		
Especie 1	0,2	0,04		
Especie 2	0,3	0,07		
Especie 3	0,3	0,01		

FR = frecuencia relativa; CR = cobertura media relativa. La nomenclatura sigue a Marticorena & Quezada (1985)

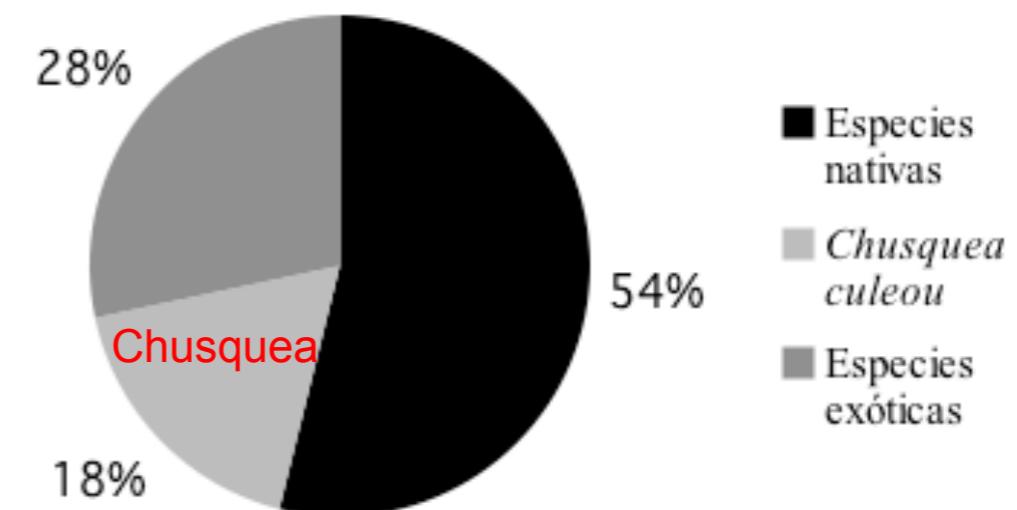


Cobertura de sotobosque

Severidad moderada



Severidad alta



El incendio del 2015

30% deficit hídrico



Fotografías repetidas en valle Mesacura (PN Tolhuaca)

Incendio 2002



Foto 2004

Incendio 2015

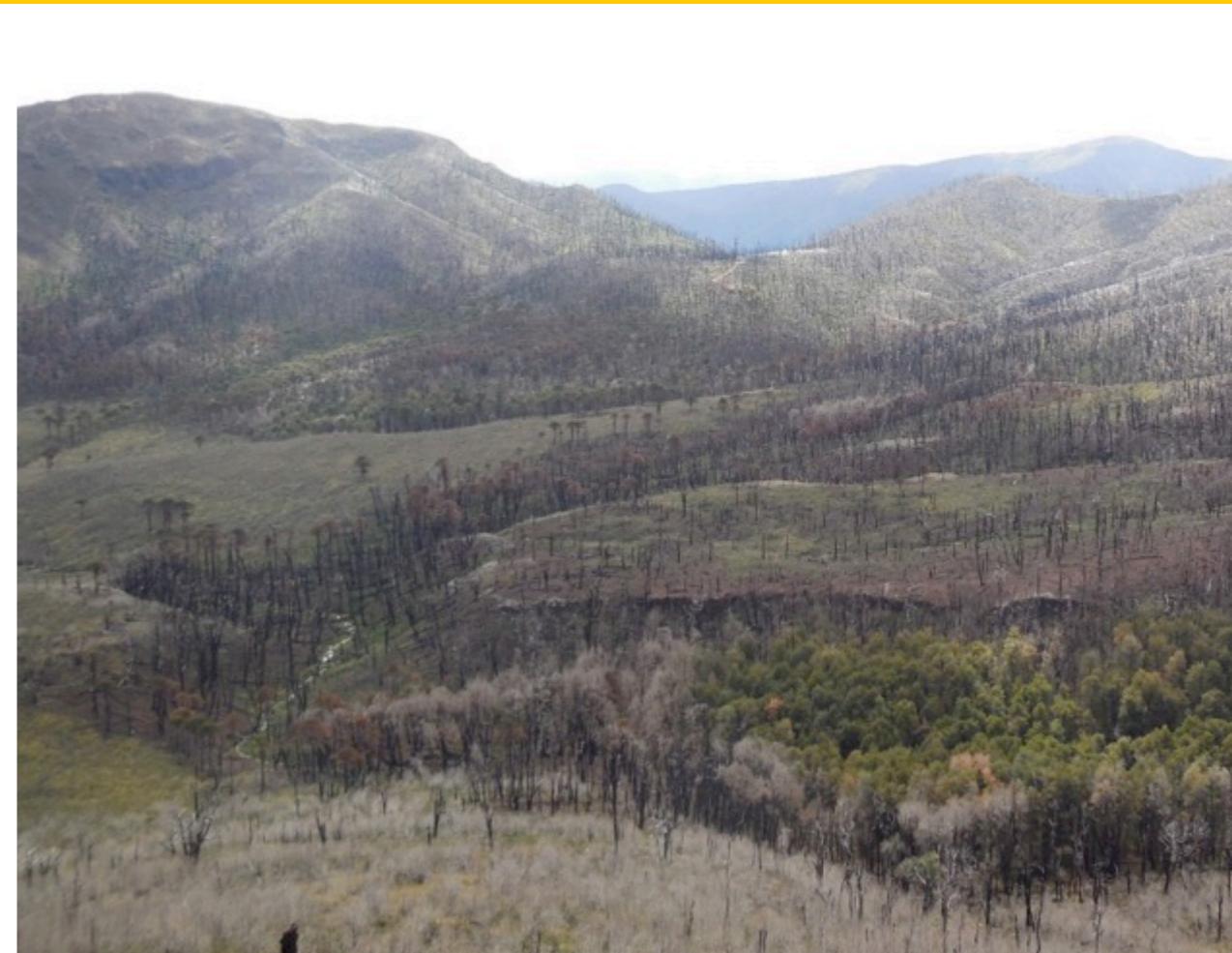


Foto 2016

Fotos repetidas del Mirador El Roble (PN Tolhuaca)

Incendio 2002



Foto 2006

Incendio 2015



Foto 2015

Doble impacto (incendio repetido + sequía) → Regeneración puede retrasarse por décadas o ecosistema cambia estado alternativo

Tolhuaca – Sector Mirador El Roble

Foto 2008



Foto nov. 2015



Respuesta post-fuego (Nov 2015)

Solo especies con capacidad de rebotar

- *Chusquea culeou*
- *Gaultheria poeppigii*
- *Alstroemeria aurantiaca*
 - *Vicia spp*
- Escasa sobrevivencia de plantas de *Araucaria*



Culmos of *Chusquea*

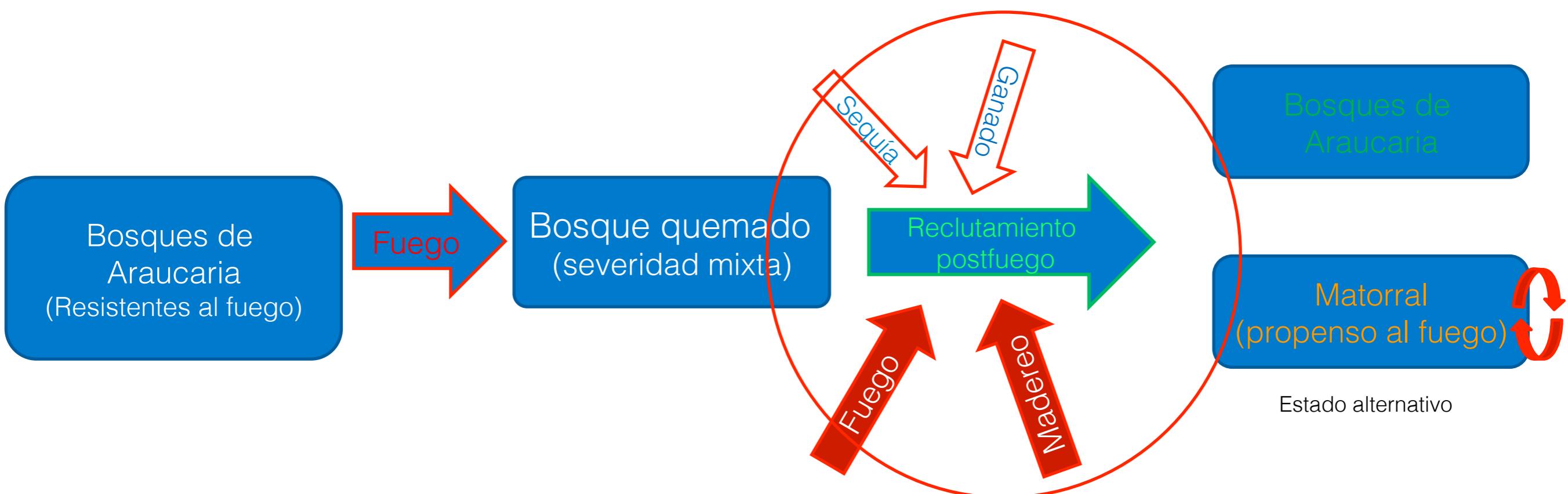


Gaultheria poeppigii



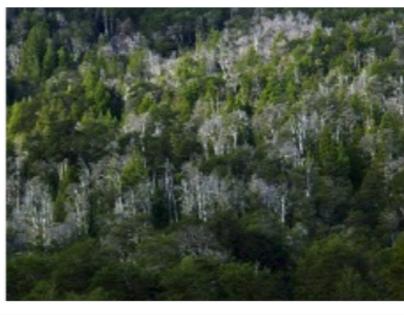
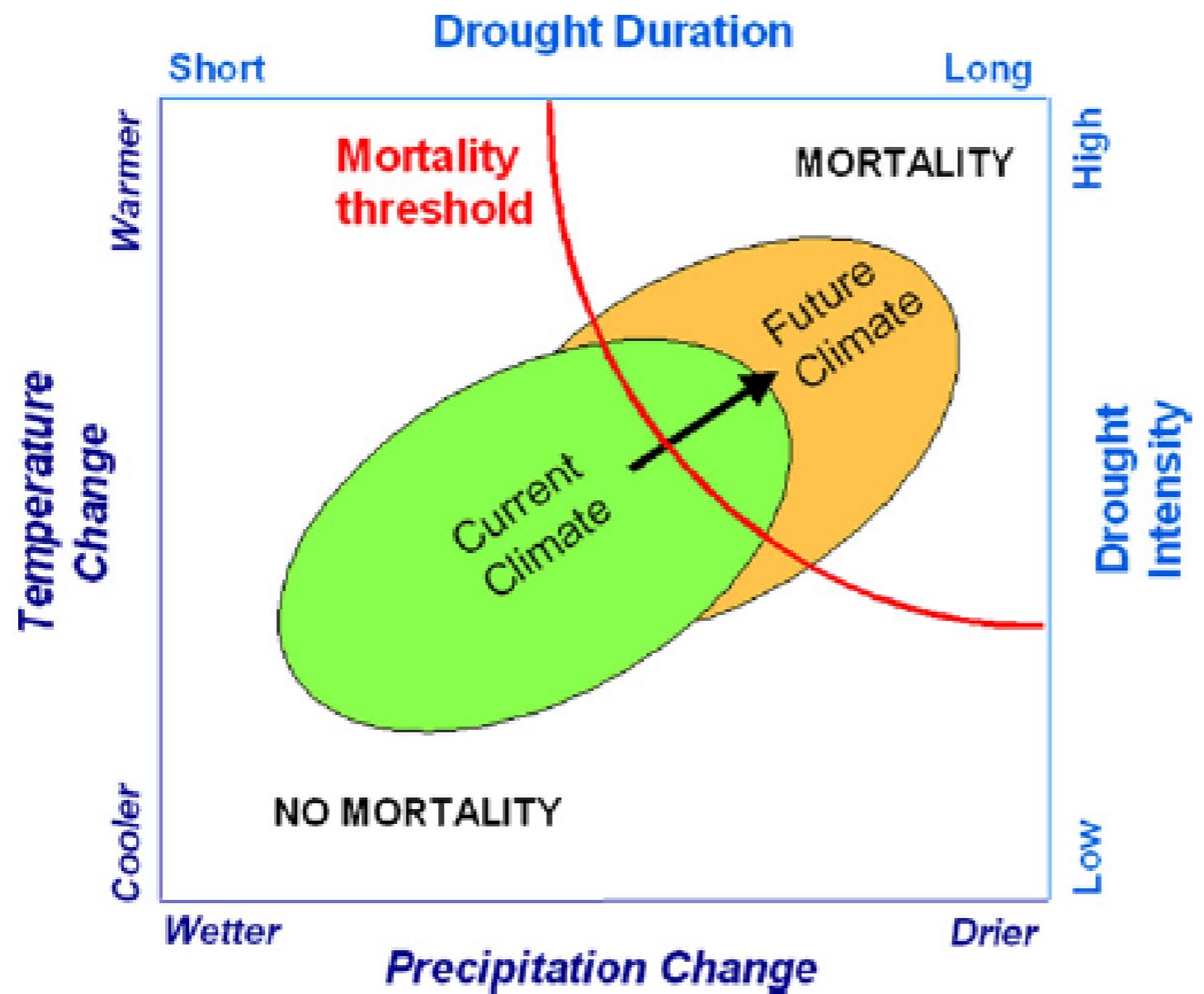
Alstroemeria aurantiaca

Ruta sucesional postfuego de bosques de *Araucaria*- *Nothofagus* y estado alternativo



Cambios en el régimen de incendios y otros agentes de disturbio pueden resultar en el cambio de bosques de *Araucaria*-*Nothofagus* por vegetación arbustiva más susceptible a incendios (fire-prone shrublands)

Clima futuro y su efecto en la mortalidad de bosques



La actual paradoja del DL 701

Expansión de las plantaciones como medida de mitigación al cambio climático

DICTACIÓN DL 701

- Forestación para resolver los graves problemas de erosión y escases de madera
- Desarrollar el sector forestal y proveer de madera y fibra a la industria

PRINCIPALES RESULTADOS

- Más de 3 millones de hectáreas plantadas
- Industria forestal moderna y exitosa (US\$ 6000 millones exportación (> 3% PIB))

El otro lado de la moneda del DL 701

IMPACTOS AMBIENTALES

- Sustitución de más de 50.000 ha de bosque nativo sustituido desde 1994
- Pérdida de biodiversidad y amenazada de ecosistemas/especies en peligro crítico (la mayor diversidad de especies vasculares entre Maule y Bío Bío)

IMPACTOS SOCIALES

- Desplazamiento y emigración rural
- Concentración de la tierra (> 60% plantaciones) y del negocio forestal (> 80%) en dos Compañías
- Impactos en la provisión de agua para uso humano
- Conflictos con otros sectores económicos
- Comunas con alta incidencia de incendios forestales
- Contaminación del aire y problemas de salud
- Plantaciones no han contribuido a la superación de la pobreza (entre Maule y Araucanía IDH más bajos)

Estrategias complementarias de mitigación y adaptación del sector forestal

Plantaciones más sustentables

- Plantaciones de nueva generación que implica diversas opciones de manejo y diseño (densidad, tamaño tala rasa, diversificación, regular expansion de monocultivos en cuencas)

Manejo de Bosque Nativo productivo (Ley del Bosque Nativo)

- Manejo de renovales y bosque adulto degradado, y nuevas plantaciones

Restauración del Bosque Nativo

- Restaurar miles de hectáreas en proceso de degradación (incendios, cortas ilegales, ganadería, invasión de exóticas)

Socioecosistemas más saludables y resilientes



Etapas de la Restauración

1600 arb/ha



1300 arb/ha



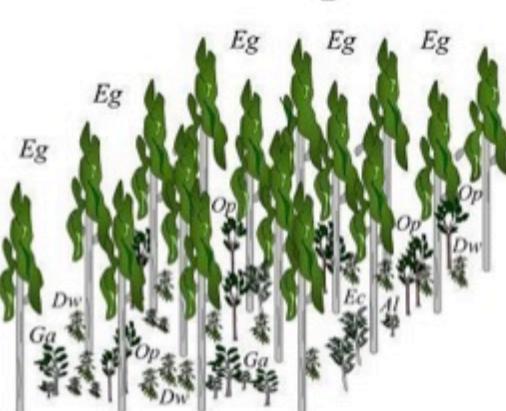
Reclutamiento natural



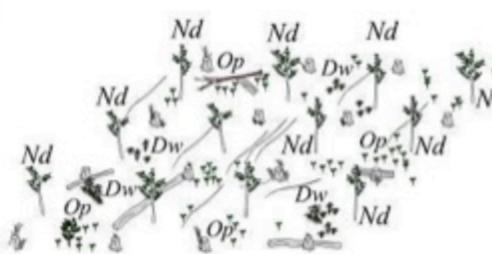
Bosque referencia



I



II



III



Time (years)

0

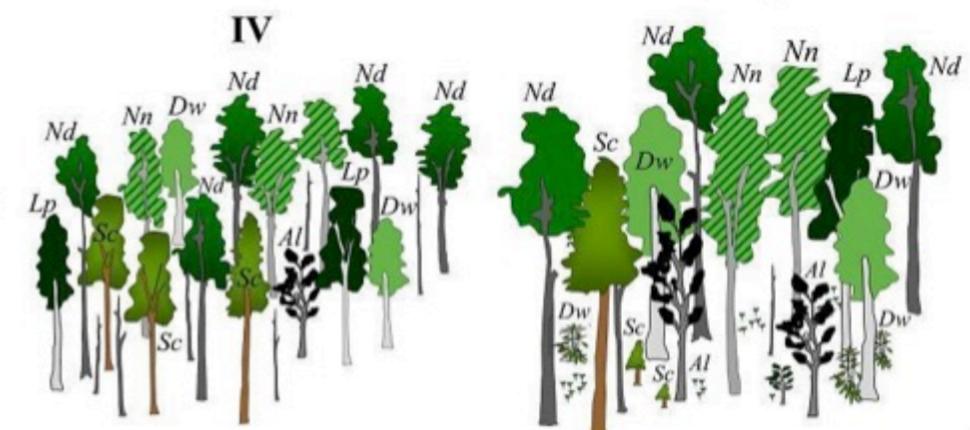
1 - 2

5 - 8

50 - 70

130 - 180

V



130 - 180

Science

AAAS

Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis

José M. Rey Benayas, et al.

Science 325, 1121 (2009);

DOI: 10.1126/science.1172460

“Ecological restoration is likely to lead to large increases in biodiversity and provision of ecosystem services, offering the potential of a win-win solution in terms of combining biodiversity conservation with socio-economic development objectives”.

Restoration Ecology

THE JOURNAL OF THE SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION

EDITORIAL OPINION

Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time to Roll up our Sleeves

James Aronson^{1,2,*}, Sasha Alexander³

Issue

Ecosystem restoration is now globally recognized as a key component in conservation programs and essential to the quest for the long-term sustainability of our human dominated planet.

POLÍTICA FORESTAL 2015 - 2035

4

EJE ESTRATÉGICO Protección y Restauración del Patrimonio Forestal

Conservar e incrementar el patrimonio forestal del Estado, desarrollar los bienes y servicios ambientales y restaurar y proteger la biodiversidad que brindan los recursos y ecosistemas forestales.



GRACIAS

Estudio de la Unidad de Cambio Climático de la Conaf:

Bosques y plantaciones del sur captan más CO₂ del que emiten

El balance para Chile es positivo, comparado con otros países de la región como Brasil o Perú, donde la pérdida de bosque ha sido enorme. Aquí lo que más preocupa es su degradación.

Una de las principales fuentes de emisión proviene de la deforestación y degradación de los bosques y plantaciones quemadas



El bosque, actor clave para secuestrar carbono

1,4 millones de toneladas de CO₂

(cantidad de carbono anual retenida por la masa forestal)

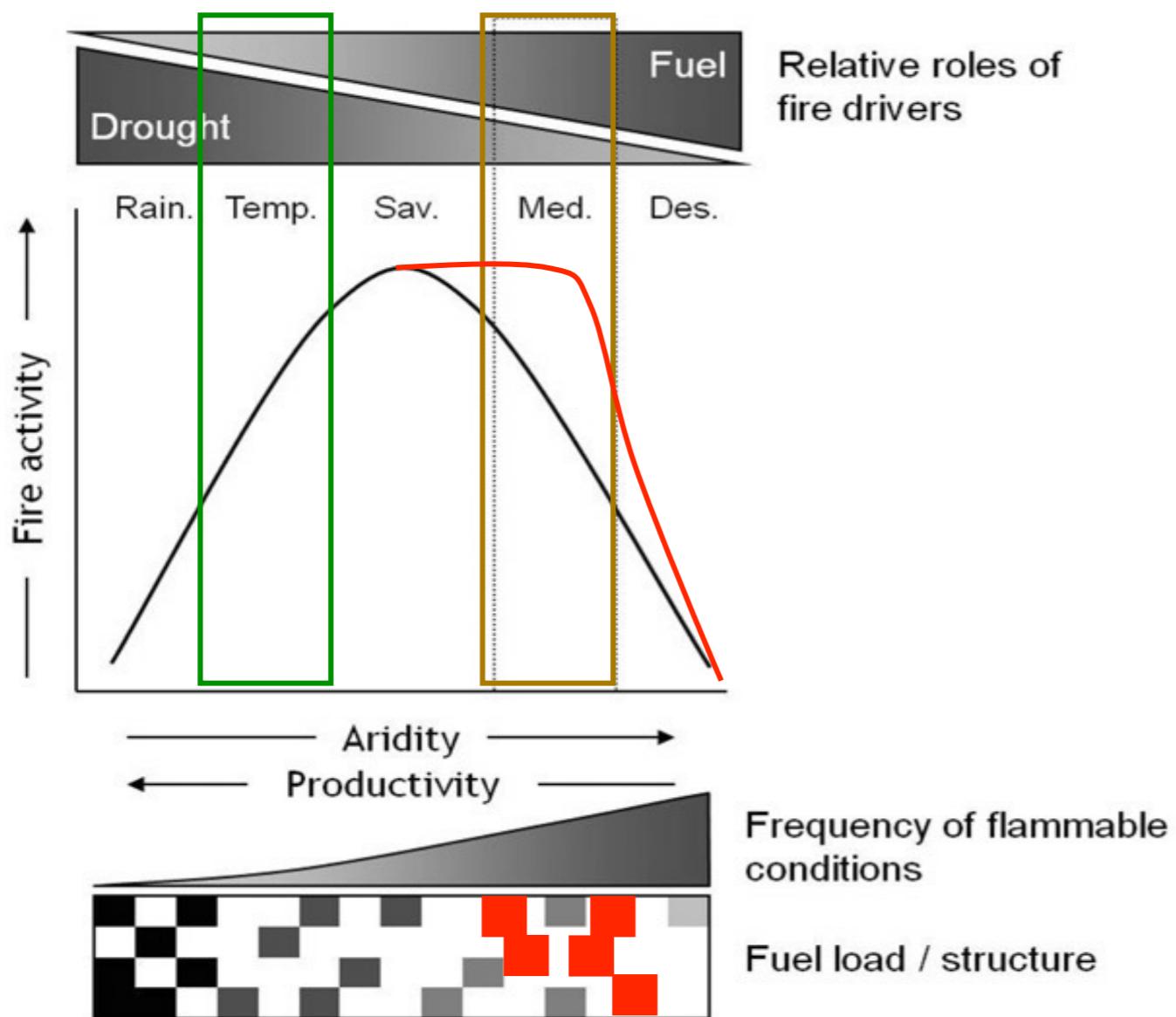


RESEARCH
PAPER



Fuel shapes the fire–climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems

Juli G. Pausas^{1*} and Susana Paula^{2,3}



Modificado de Pausas & Bradstock 2007