

6ª Edición de la Escuela de Verano de
Ecología de Navarra: Cambio Global y
Paisajes Resilientes

07 - 09 SEPTIEMBRE

ona

idad Pública de Navarra
ko Unibertsitate Publikoa

CURSOS DE VERANO
UDAKO IKASTAROAK

Red española de Selvicultura adaptativa al cambio climático (SilvAdapt.net): hacia una selvicultura de procesos



Dr. Antonio D. del Campo (U.P.V.)

Grupo I+D Ciencia y Tecnología Forestal Re-ForeST

antdelcampo@gmail.com

ancamga@upv.es



MARTES 08 SEPTIEMBRE, 2020

SilvAdapt.net:

- Antecedentes
 - Cambio global y ¿paisajes resilientes?
 - Margen de acción para la silvicultura
 - Procesos y rasgos funcionales claves para una silvicultura adaptativa
- SilvAdapt.net:
 - Objetivo
 - Integrantes
 - Representación (bio)geográfica
 - Silvicultura y sistemas selvícolas
 - Grupos de trabajo
 - Hitos 2020-2021



Cambio global y paisajes resilientes

- Cambio climático: → evidencia y certidumbre
 - Fifth Assessment Report (AR5)

Fig. 1: Trends in annual and summer precipitation across Europe between 1960 and 2015

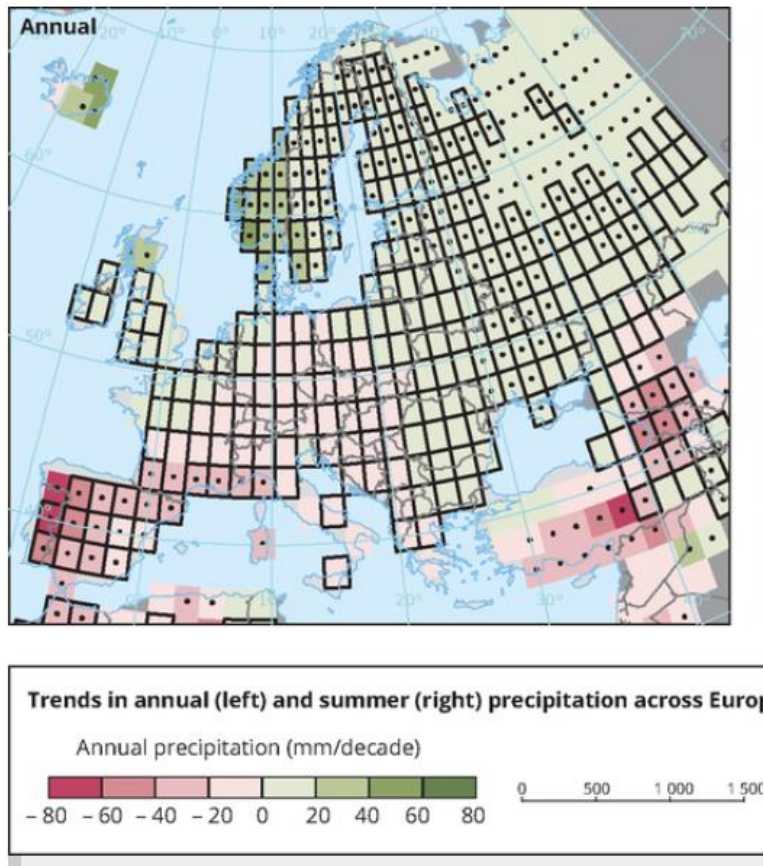
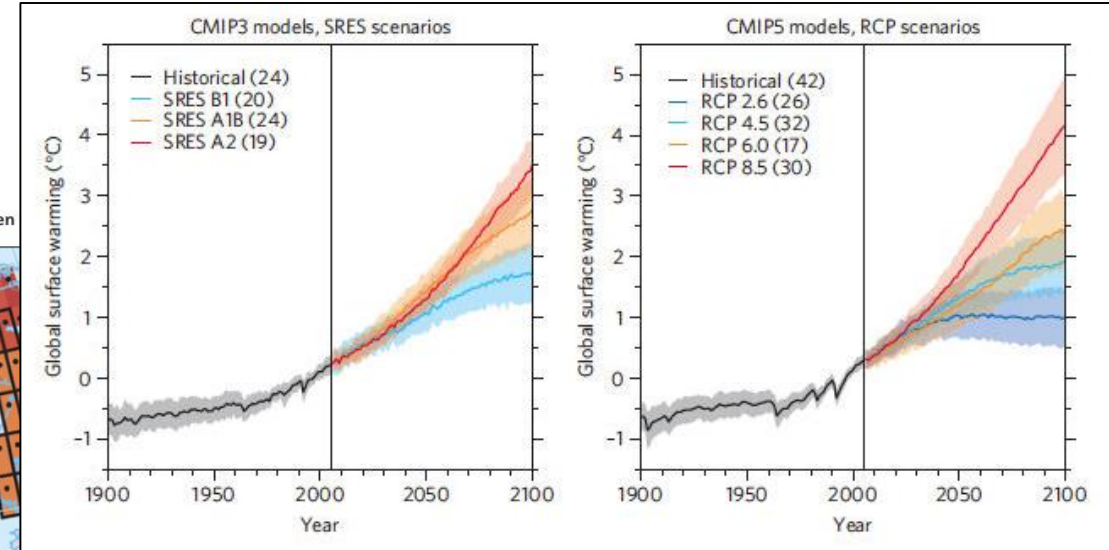
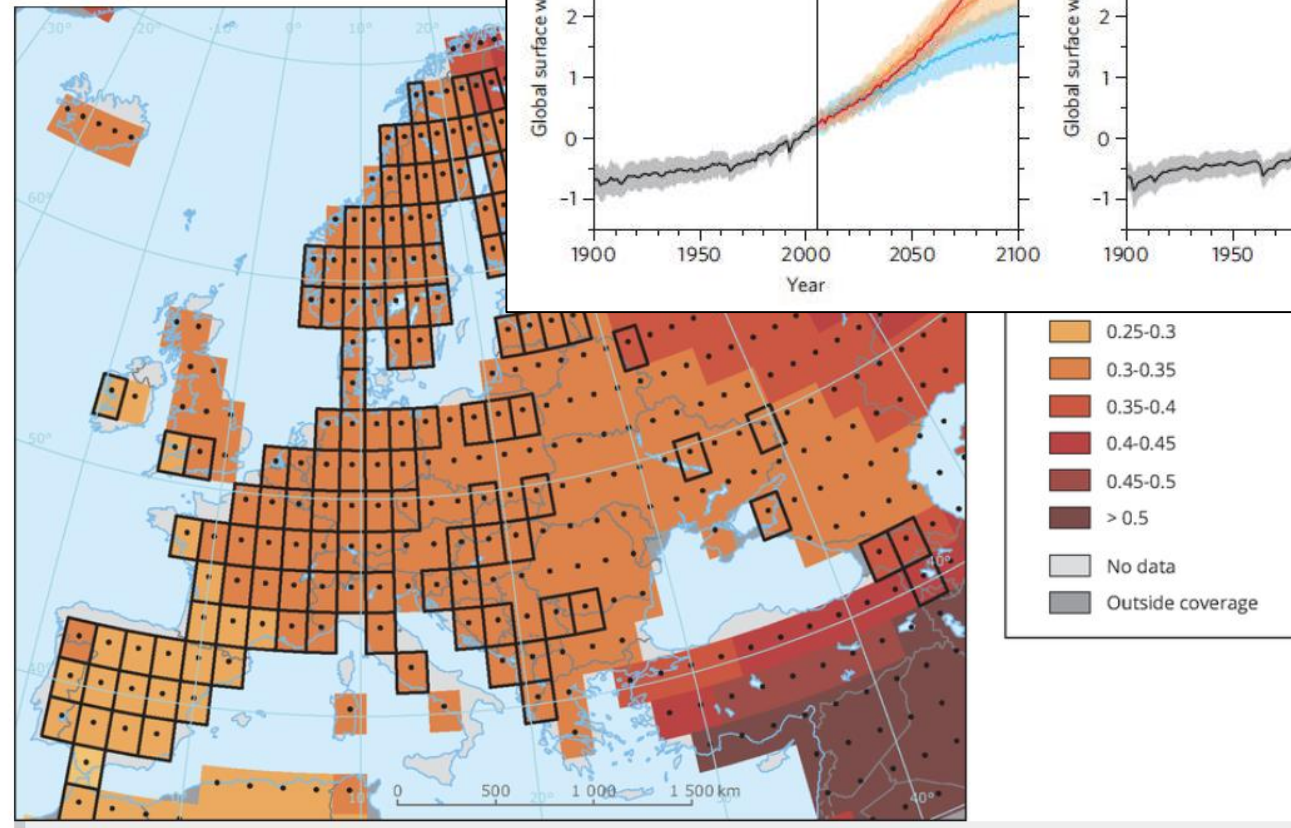
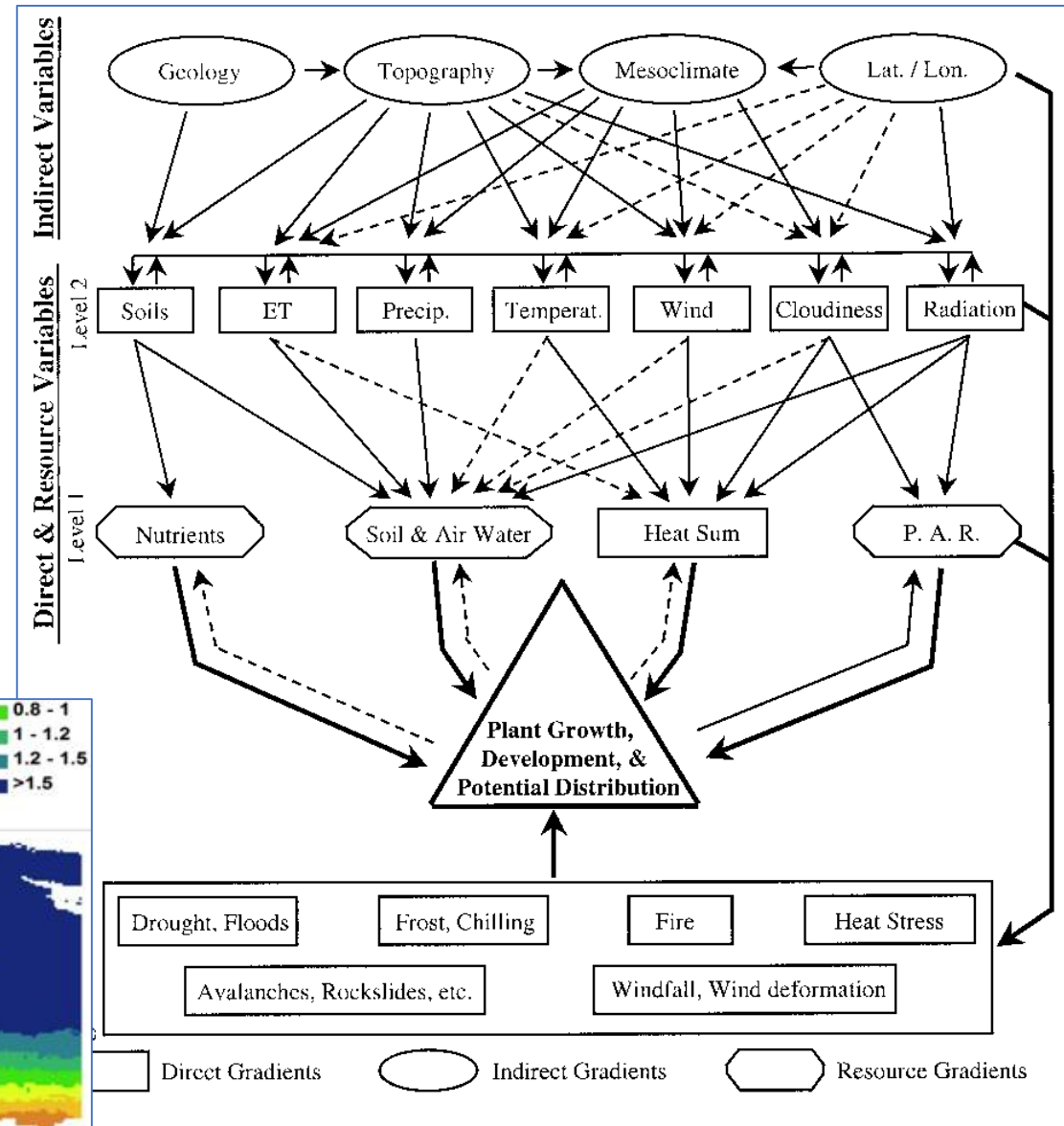
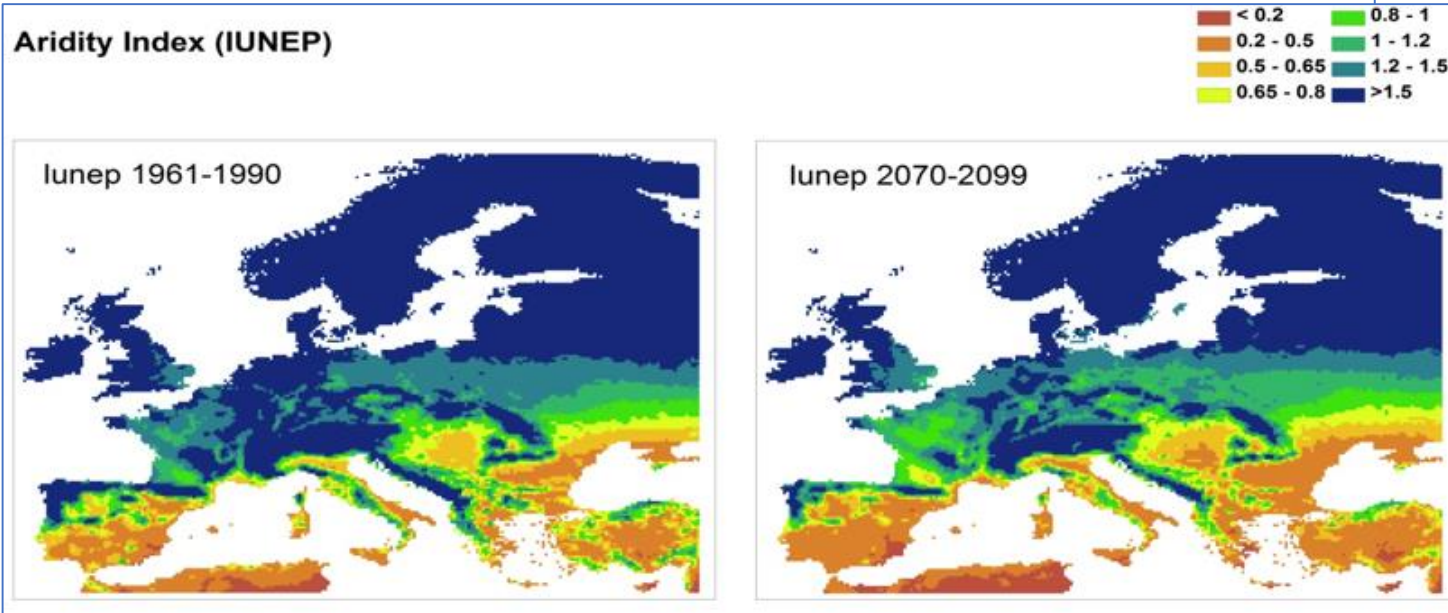


Fig. 3: Trends in annual temperature across Europe between 1960 and 2015



Cambio global y paisajes resilientes

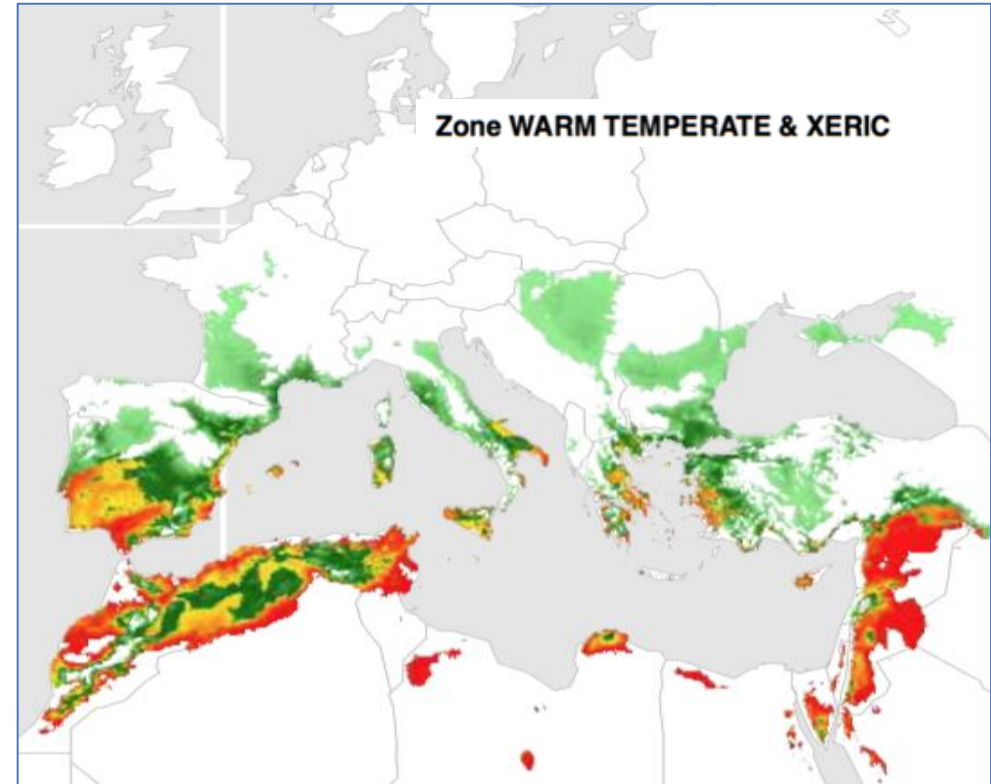
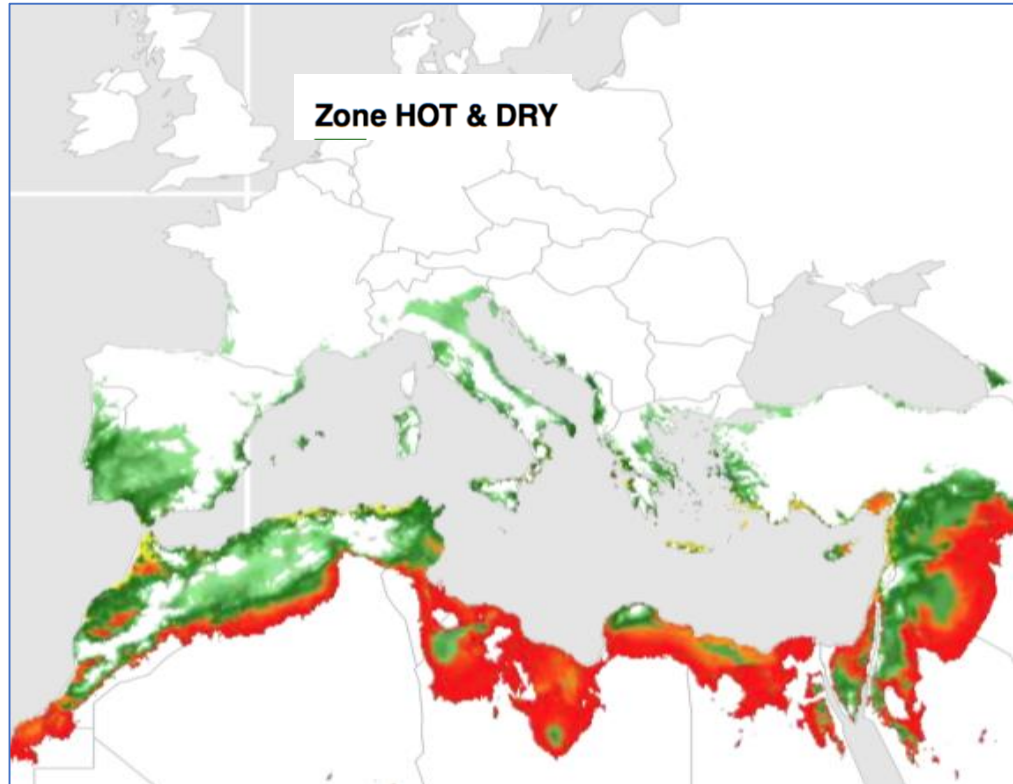
- Variables climáticas básicas → Variables derivadas con mayor significancia biológica
 - Precipitación estival/periodo vegetativo
 - Duración del period seco
 - Evapotranspiración, etc.



Cambio global y paisajes resilientes

- Cambios zonas biogeográficas para mitad de s XXI

- Soteriades et al 2017 Environ. Res. Lett. 12 084002



Cambio global y ¿paisajes resilientes?

- Impactos potenciales en los bosques: El mismo estrés de siempre, pero a peor ...

Forest Ecology and Management 259 (2010) 660–684

Contents lists available at ScienceDirect

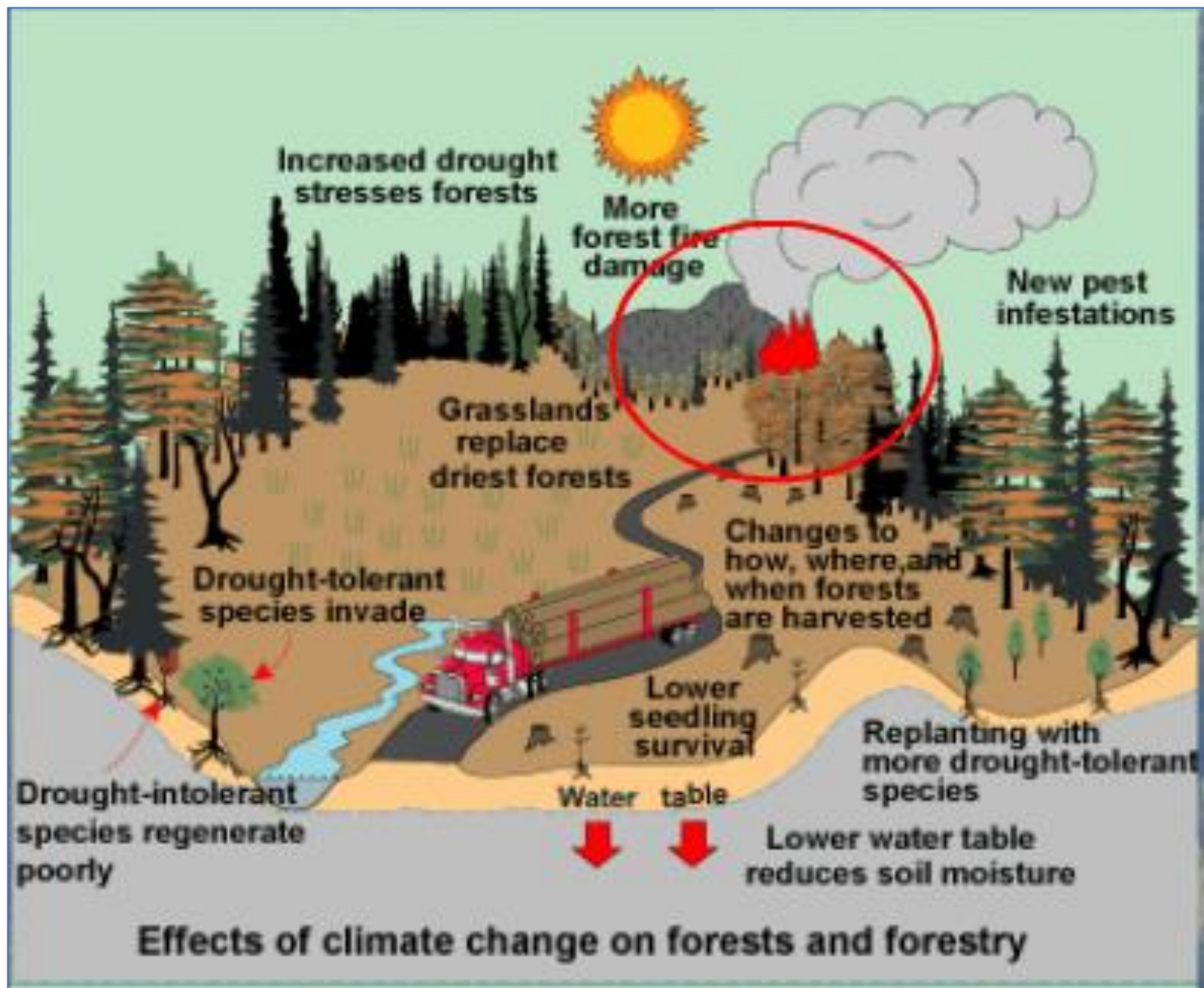
Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco

ELSEVIER

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

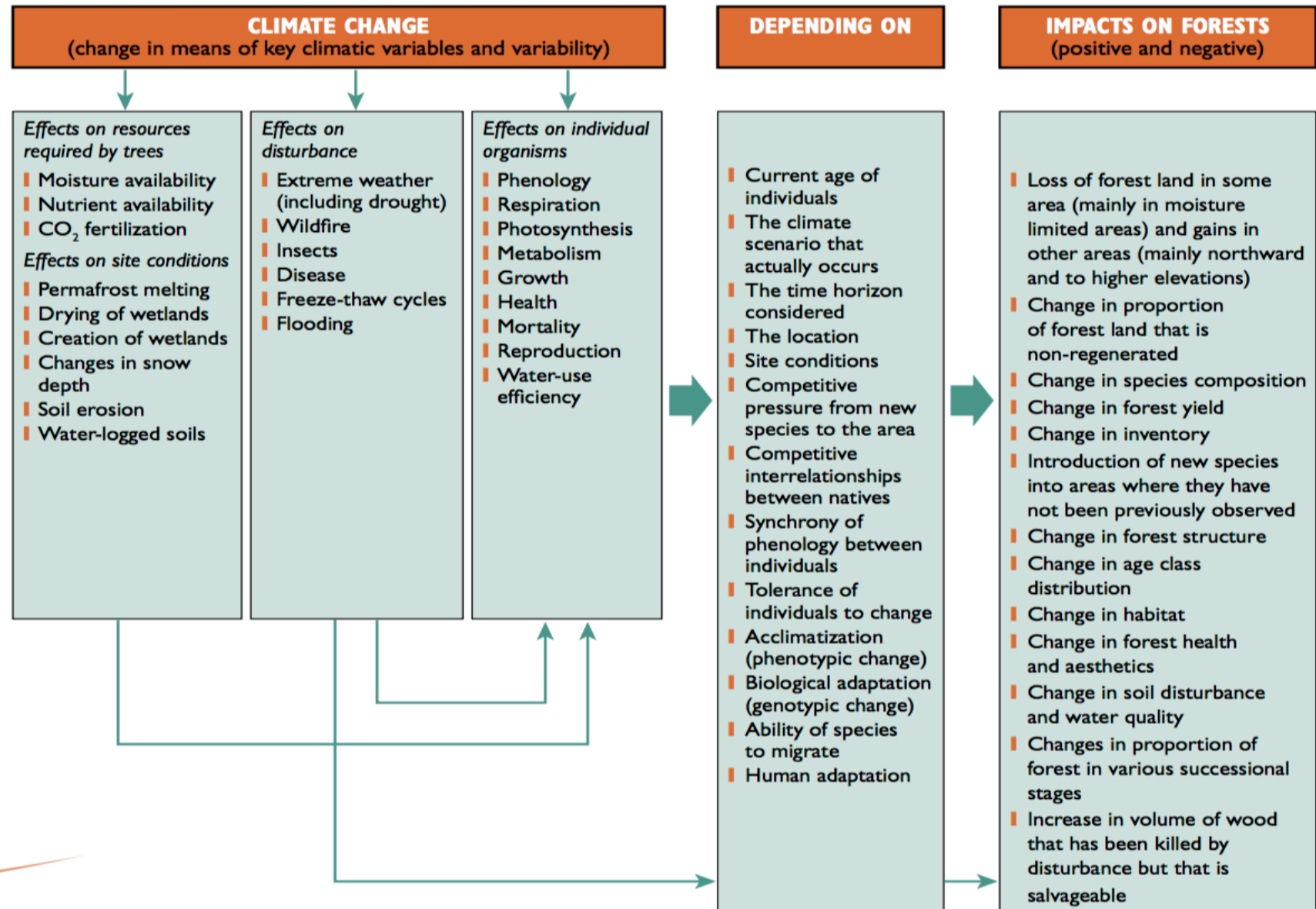
Craig D. Allen^{a,*}, Alison K. Macalady^b, Haroun Chenchouni^c, Dominique Bachelet^d, Nate McDowell^e, Michel Vennetier^f, Thomas Kitzberger^g, Andreas Rigling^h, David D. Breshearsⁱ, E.H. (Ted) Hogg^j, Patrick Gonzalez^k, Rod Fensham^l, Zhen Zhang^m, Jorge Castroⁿ, Natalia Demidova^o, Jong-Hwan Lim^p, Gillian Allard^q, Steven W. Running^r, Akkin Semerci^s, Neil Cobb^t



Cambio global y ¿paisajes resilientes?

- Impactos en los bosques:
→ No es una relación causa-efecto

FIGURE 2. A map of climate change impacts on forests. (Source: Williamson et al. 2009 – reprinted with permission)



Johnston, Mark H. Et al , 2009. Vulnerability of Canada's Tree Species to Climate Change and Management Options for Adaptation: An Overview for Policy Makers and Practitioners. Canadian Council of Forest Ministers

Cambio global y ¿paisajes resilientes?

(Reyer et al., 2013)

- La trasposición de cambio en clima a cambios en la estructura y funciones de los ecosistemas forestales no es directa (Lindner et al., 2014) por:
 - (i) la **incertidumbre** inherente en la **regionalización**,
→ clima local → decisiones de gestión;
 - (ii) la **falta de linealidad en las respuestas** del bosque a cambios en variables climáticas (T, P, ..) → precisas variables con > significado fisiológico
 - (iii) > importancia en la respuesta respecto a **cambios en extremos que en valores medios**
 - (iv) la respuesta diferencial de **distintos taxones/genotipos** y según tamaño y etapa vital.

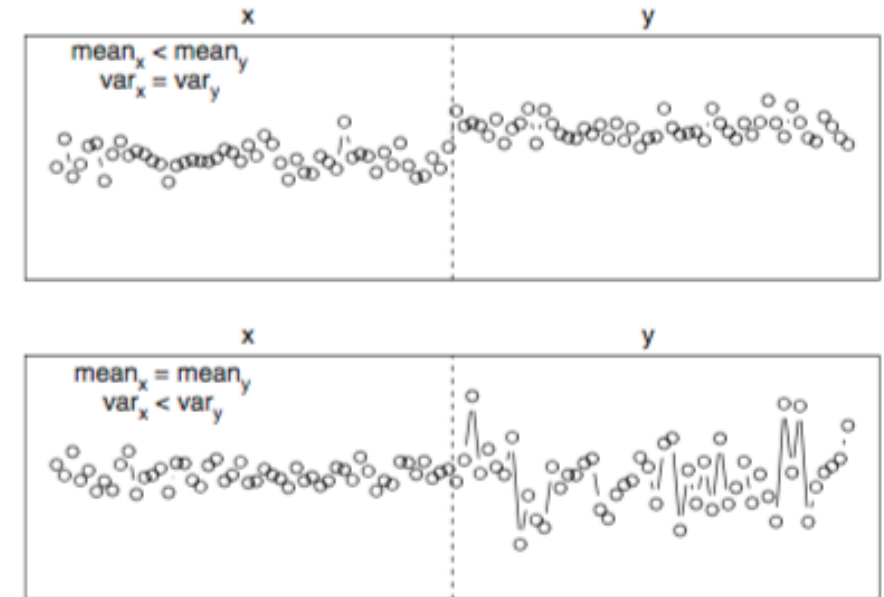


Fig. 1 The two theoretical cases of changing climatic drivers: (1) changes in the mean but not the variance (upper panel), (2) changes in the variance, but not the mean of a variable

Selvicultura adaptativa

- **Gestión forestal (o selvicultura) adaptativa** →
 - fin de **preservar o mejorar los SS.EE.** de los bosques en un contexto de cambio climático
 - adaptar los bosques a las nuevas condiciones ambientales o, especialmente, **mejorar la resiliencia** a regímenes de perturbaciones cambiantes (Seidl et al., 2016).
- **Fuerte base adaptativa** en contraposición a la selv. tradicional
- Debe nutrirse de
 - un abanico de **nuevos criterios sensibles a los impactos/respuesta de los bosques**
 - de **experiencias** reales que aporten datos complementarios para un correcto diagnóstico.
- Iniciativas varias por ej. la del US Forest Service (Millar et al., 2007; Nagel et al., 2017)

Algunas estrategias de S.A. (USDA, 2016):

- 1 Sustain fundamental ecological functions
- 2 Reduce the impact of biological stressors
- 3 Reduce the risk and long-term impacts of severe disturbances
- 4 Maintain or create refugia
- 5 Maintain and enhance species and structural diversity
- 6 Increase ecosystem redundancy across the landscape
- 7 Promote landscape connectivity
- 8 Maintain and enhance genetic diversity
- 9 Facilitate community adjustments through species transitions
- 10 Realign following severe disturbance

Selvicultura adaptativa: margen de acción

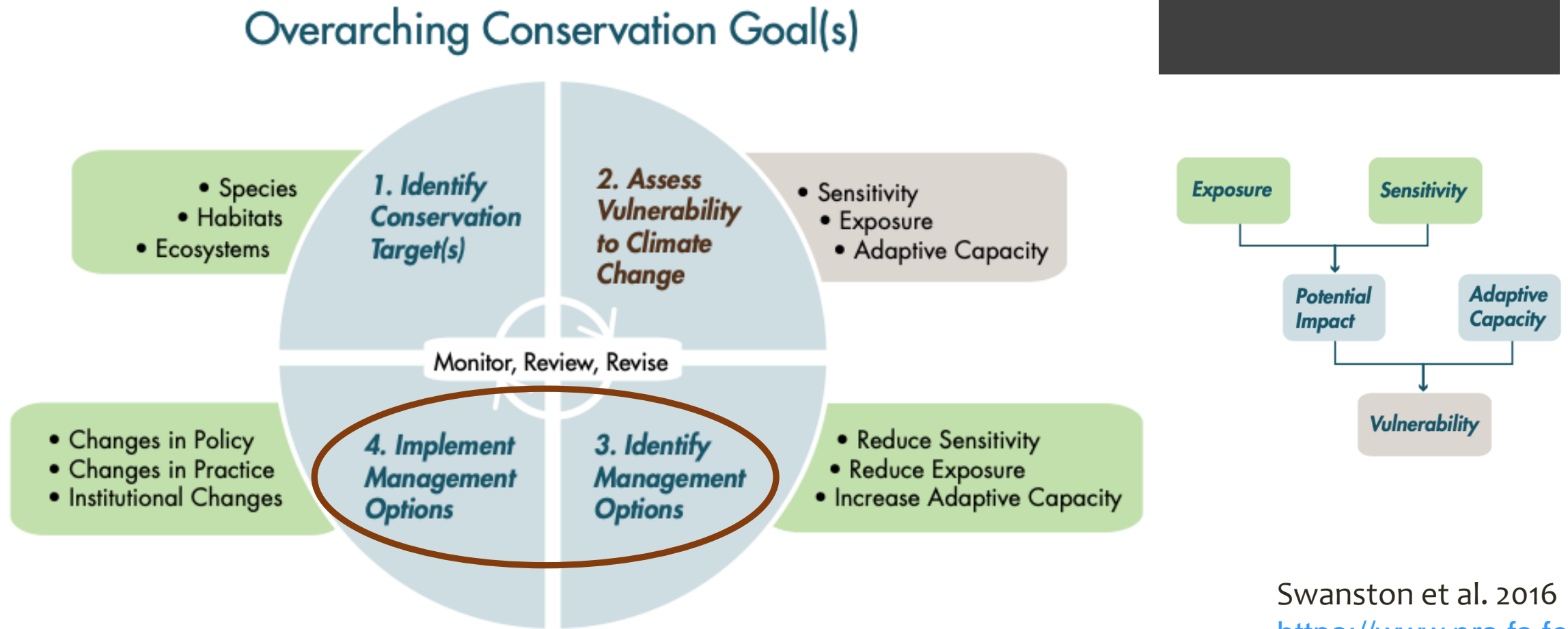
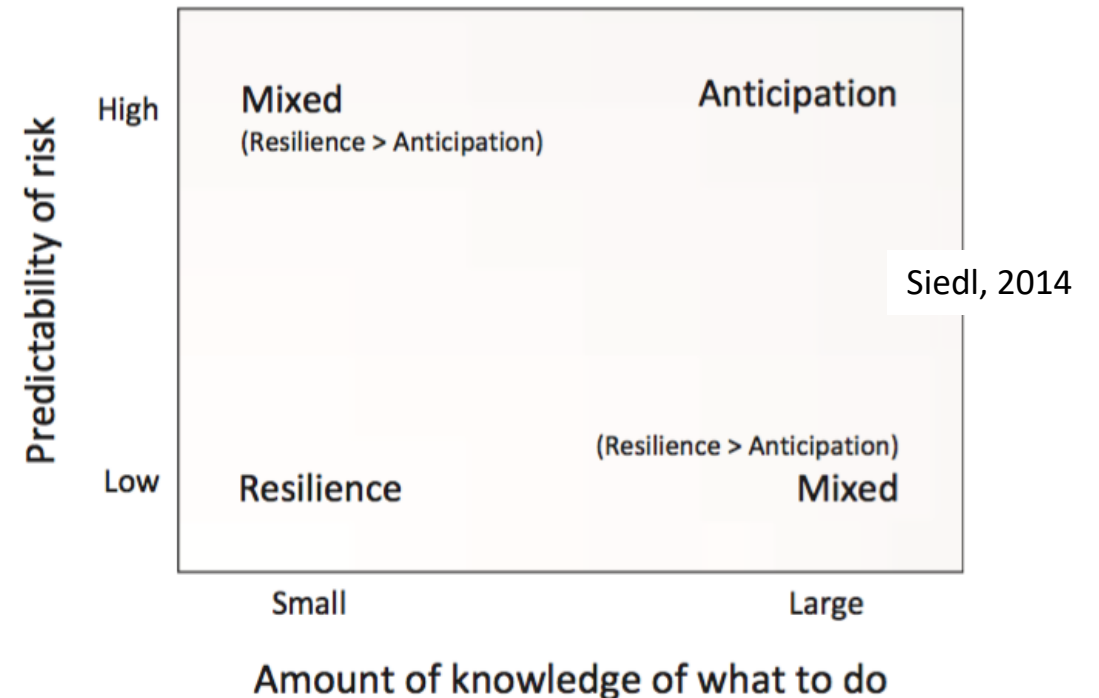
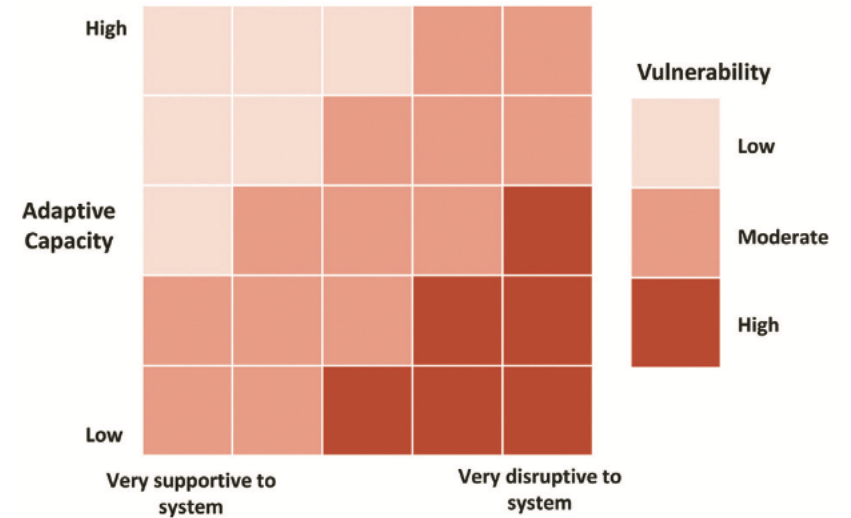


Figure 1.1. Framework for Developing Climate Change Adaptation Strategies

Swanston et al. 2016
<https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/52760>

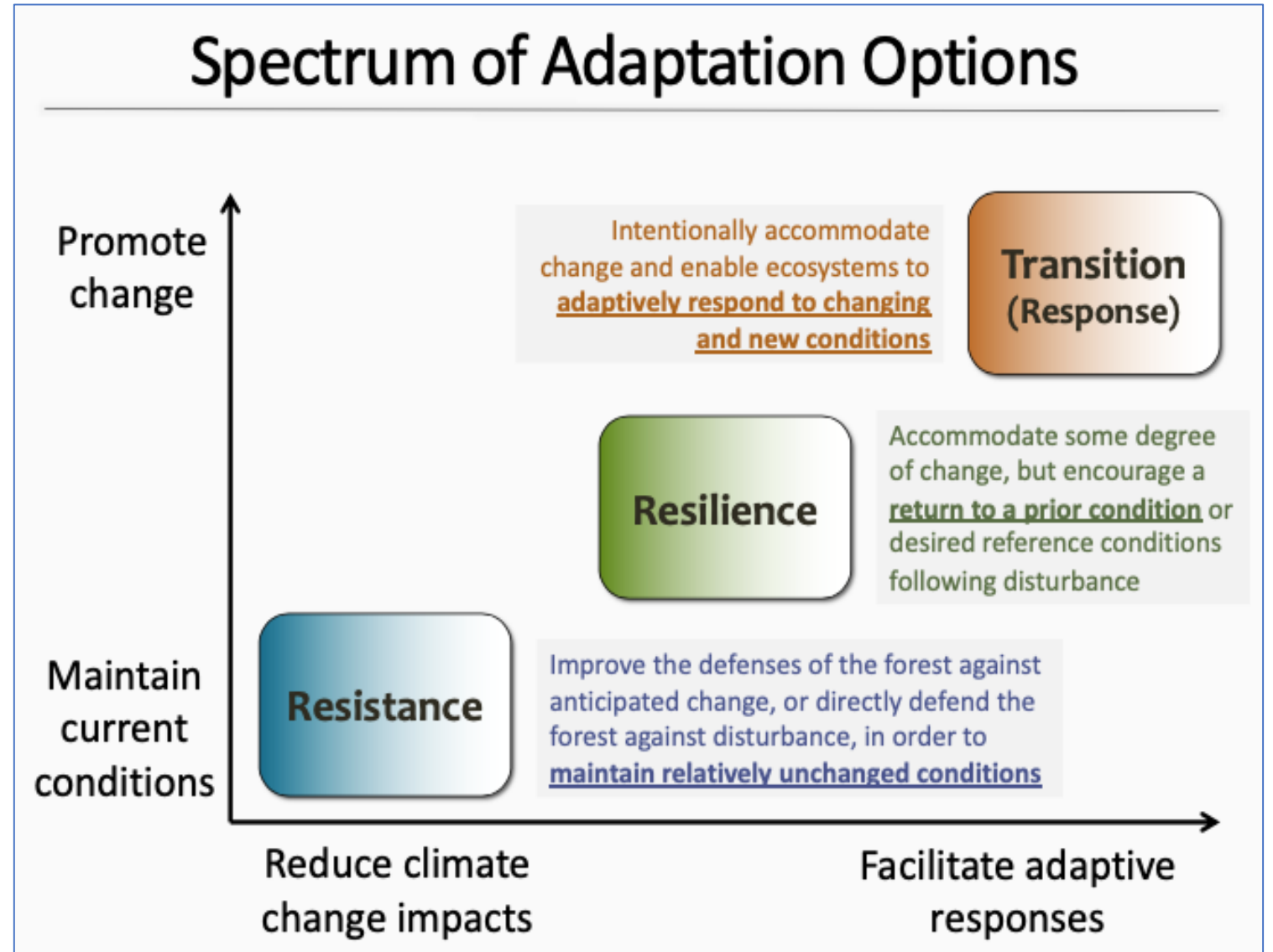
Selvicultura adaptativa: opciones

- De la vulnerabilidad,
 - → Selvicultura adaptativa **reactiva** frente a **proactiva** (Lindner et al 2014)
 - → **Anticipar** y mitigar riesgos frente a fomentar la **resiliencia** del bosque (Siedl, 2014).
- extremos de un continuo que va desde la **poca o nula** percepción de **daños** en el bosque hasta la presencia de **impactos muy severos** con mortalidad en pie de centenares de hectáreas.

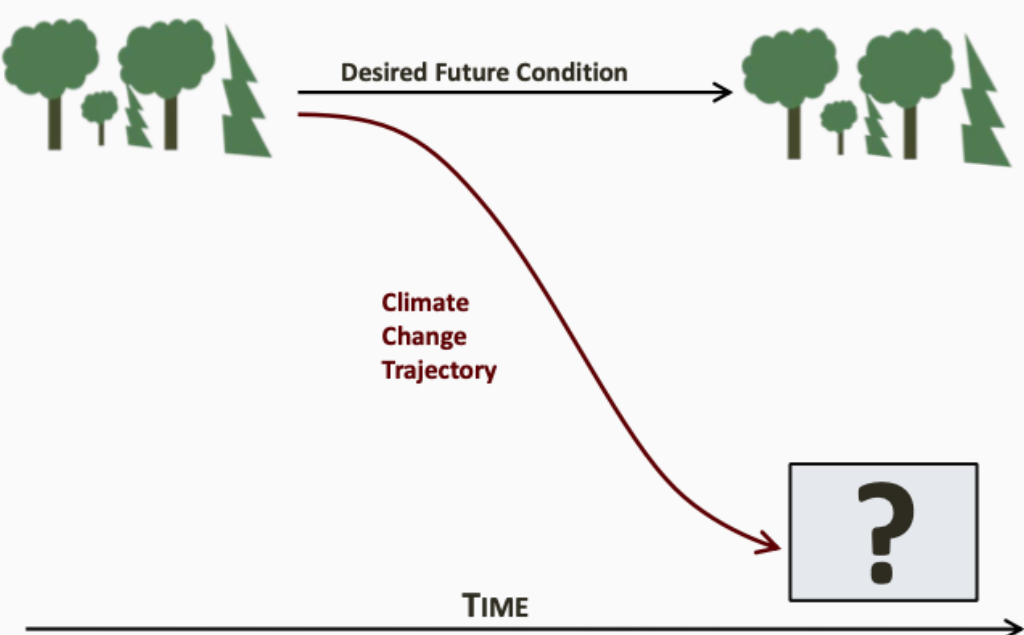


Selvicultura: margen de acción

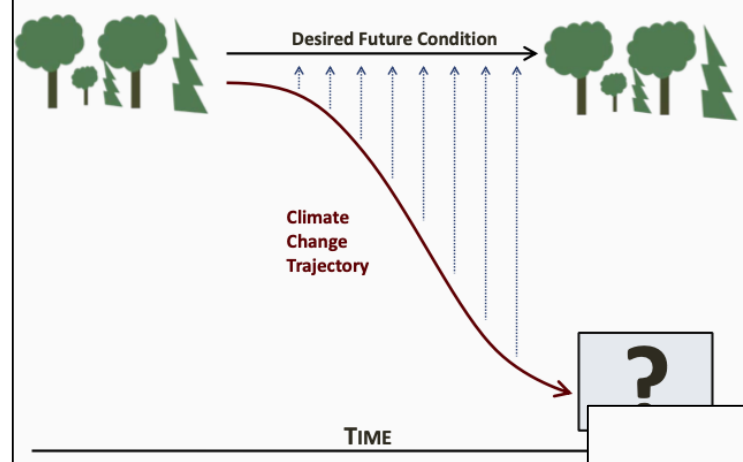
- **Vulnerabilidad** → marco de **opciones** de S.A. → cambios en estructura y funciones a inducir en la masa:
 - Tratamientos de **resistencia**: acciones que mejoran la defensa del bosque frente al cambio y las perturbaciones tratando de mantener condiciones relativamente inalteradas.
 - Tratamientos de **resiliencia**: acciones que persiguen un cierto grado de cambio, pero permiten el retorno a una condición previa o de referencia después de una perturbación.
 - Tratamientos de **transición**: acciones que intencionalmente acomodan y facilitan el cambio y permiten que los ecosistemas respondan de manera adaptativa a las condiciones cambiantes y nuevas.
 - **Sin tratamiento**: respuesta intrínseca del ecosistema forestal al cambio en ausencia de una selvicultura directa.



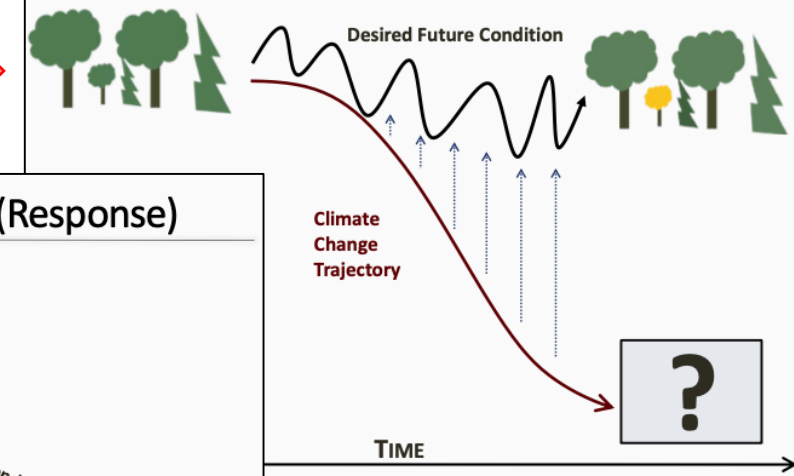
Climate-Driven Changes



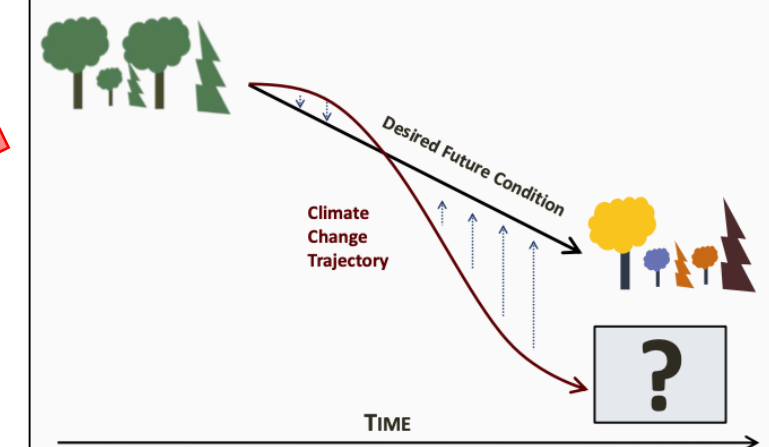
Option #1 – Resistance



Option #2 – Resilience



Option #3 – Transition (Response)

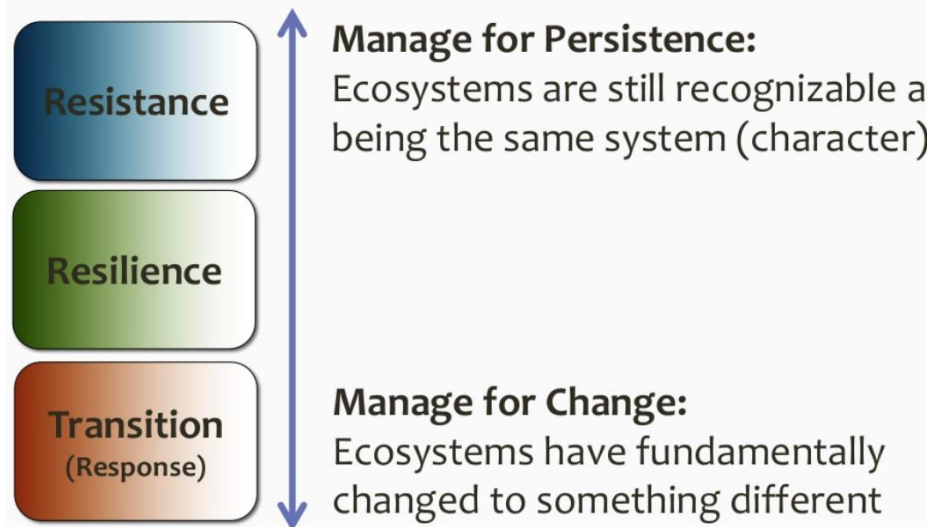


Peterson & Nagel, 2018. The Adaptive Silviculture For Climate Change (ASCC) Project
A Scientist-manager National Network. Meeting
Spring Green, WI. SlideShare.

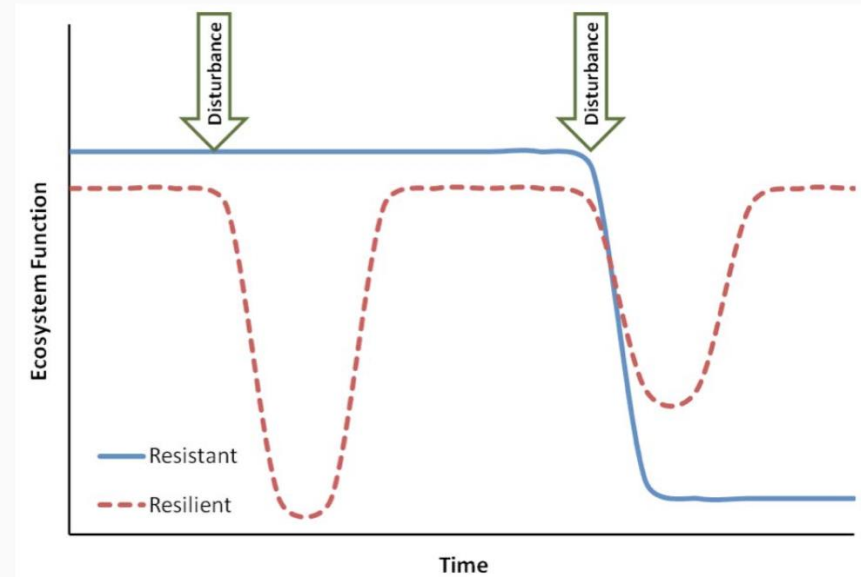
Selvicultura: margen de acción

Peterson & Nagel, 2018. The Adaptive Silviculture For Climate Change (ASCC) Project. A Scientist-manager National Network. Meeting Spring Green, WI. SlideShare.

Adaptation Options



Resistance vs. Resilience



Dominios de estabilidad

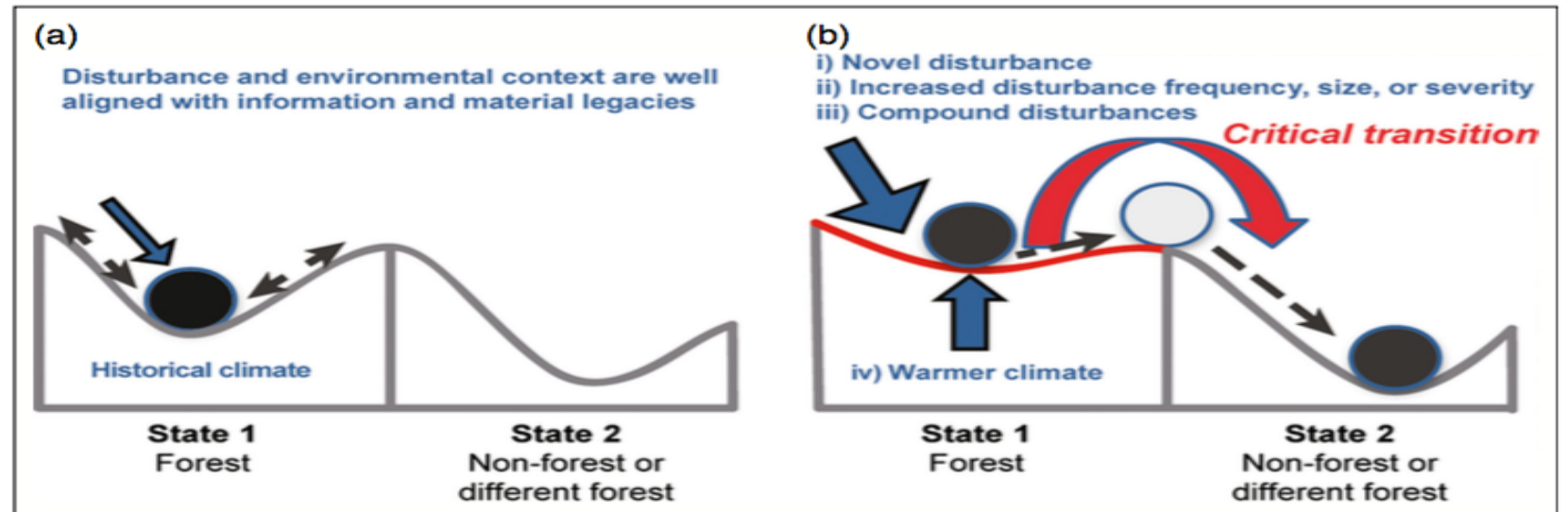
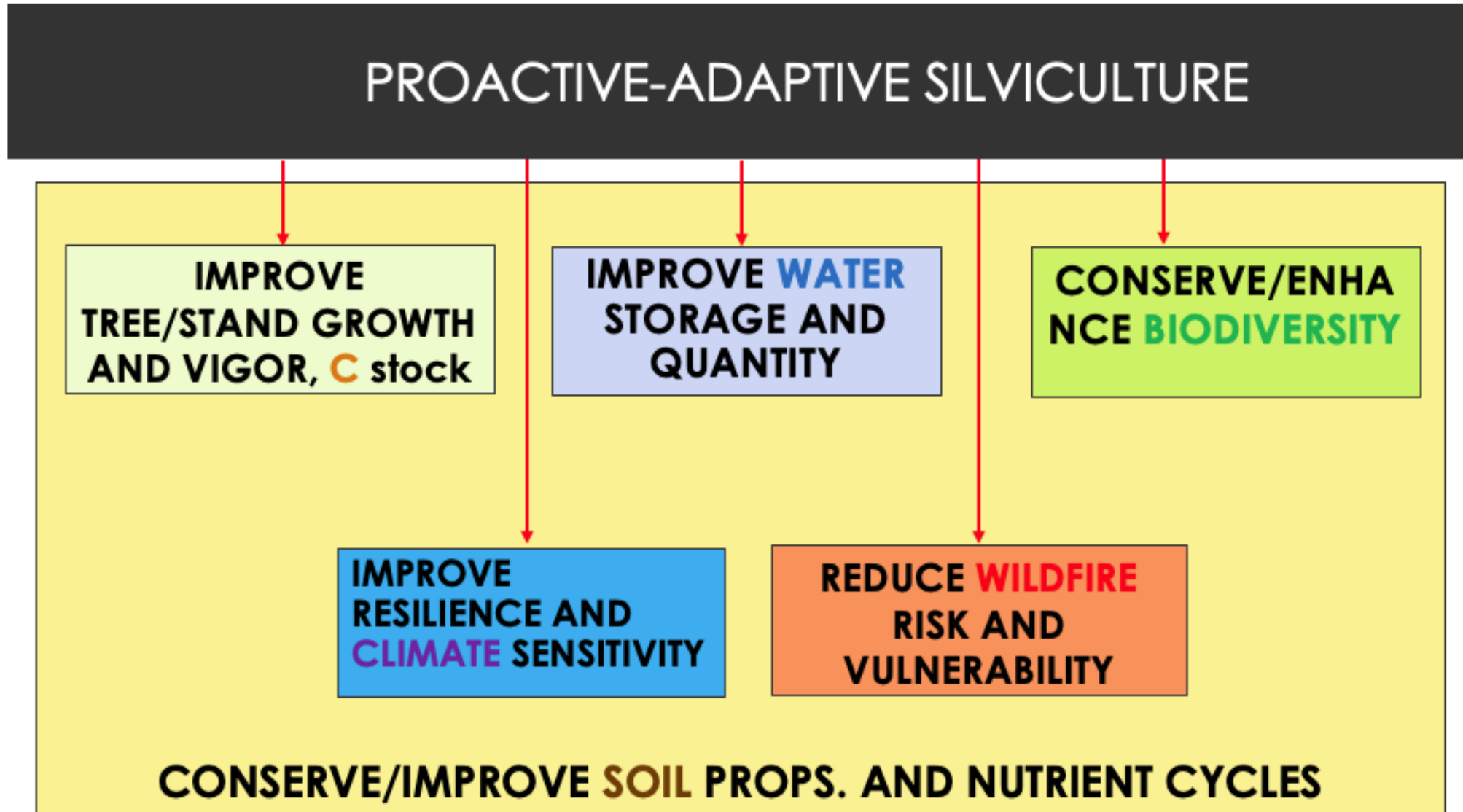


Figure 2. Conceptual representation of forest ecosystems (black ball) within a theoretical landscape of alternative ecosystem states (valleys separated by peaks). (a) Forests are resilient to disturbances lying within the safe operating space, indicated by disturbances that may move the system but not cause it to shift to another state. (b) Forests are likely to shift to a different state in response to four hypothesized mechanisms (i–iv) that move a system outside its safe operating space and trigger a shift to a different forest or non-forest state.

Johnstone et al., 2016.

De la silvicultura de productos a la silvicultura de procesos



... Cuantificando...

S.A: hacia procesos y rasgos funcionales claves

- Necesidad de cuantificar los procesos de los ecosistemas: carbono, agua, fuego, resiliencia, biodiversidad,...
- De la silvicultura de productos a la silvicultura de procesos

Silvicultura

=

Productos

+

otros SS.EE.



=



+

Forests provide ecosystem services



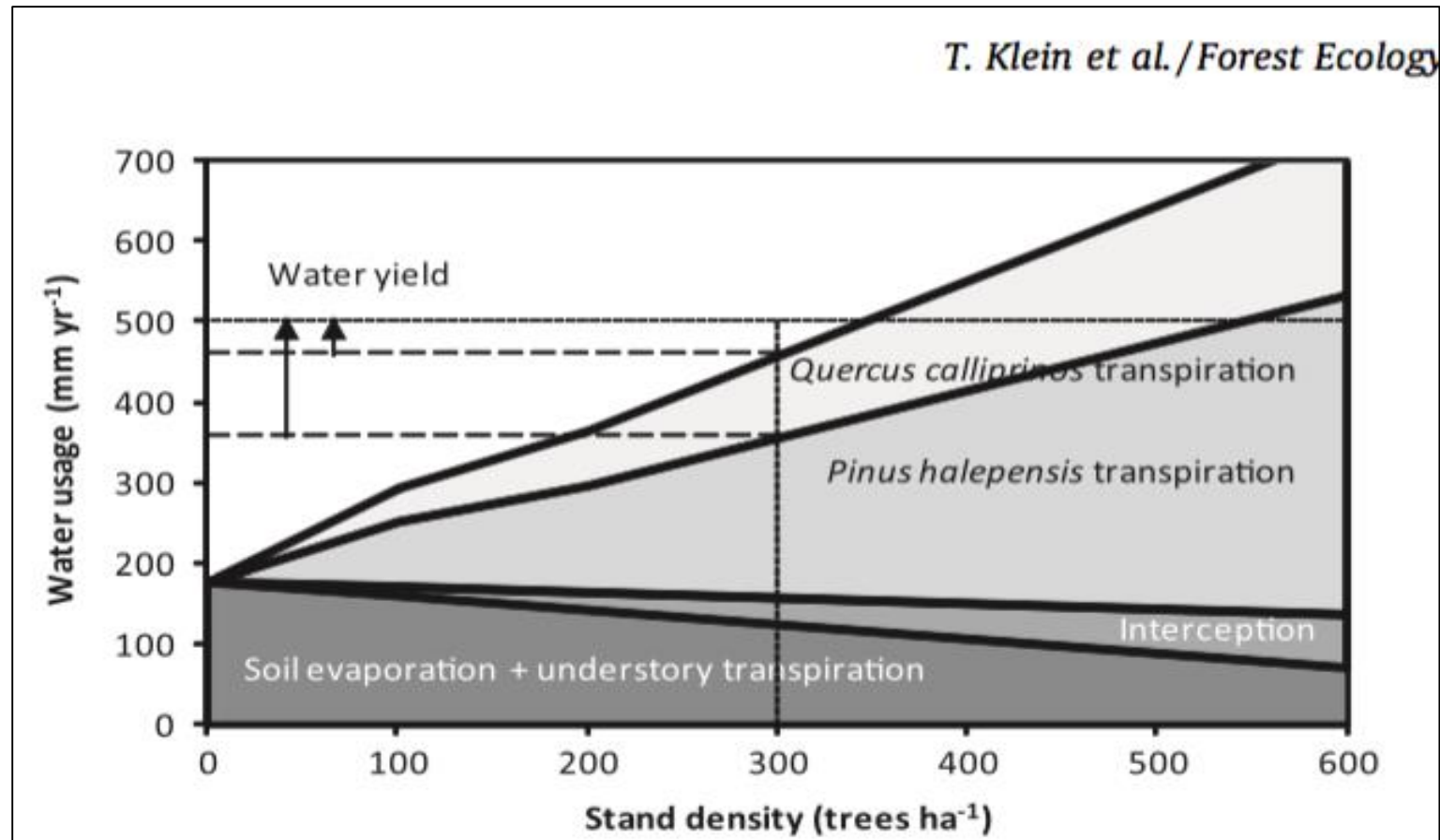
Source: Millenium Ecosystem Assessment, 2005.

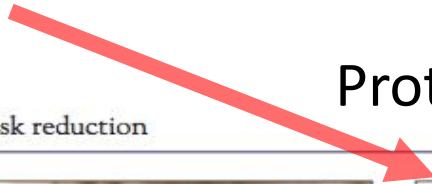
© 2011 Pearson Education, Inc.

- **Estrategia Forestal EU (2021):** El papel multifuncional de los bosques, Secuestro C, Mejorar la resiliencia de los ecosistemas, Proteger y preservar la biodiversidad y otros servicios de los ecosistemas.

Selvicultura: Procesos y rasgos funcionales claves

- Procesos hidrológicos:
 - Estructura física
 - Estructura biológica





Protection del Carbono y reducción riesgo incendio

Carbon protection and fire risk reduction

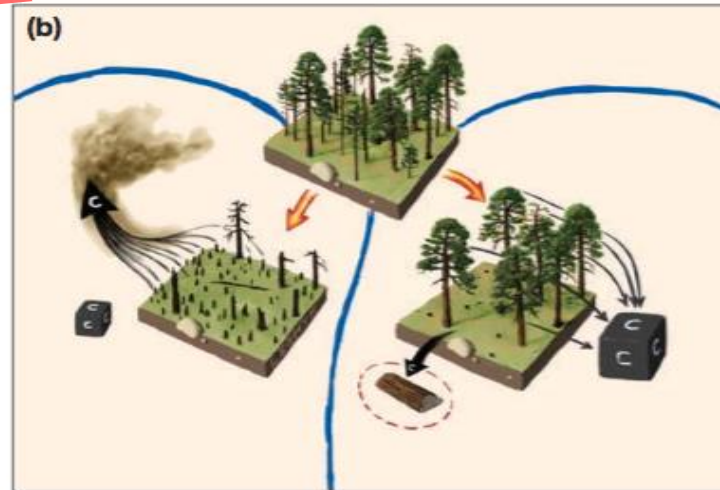
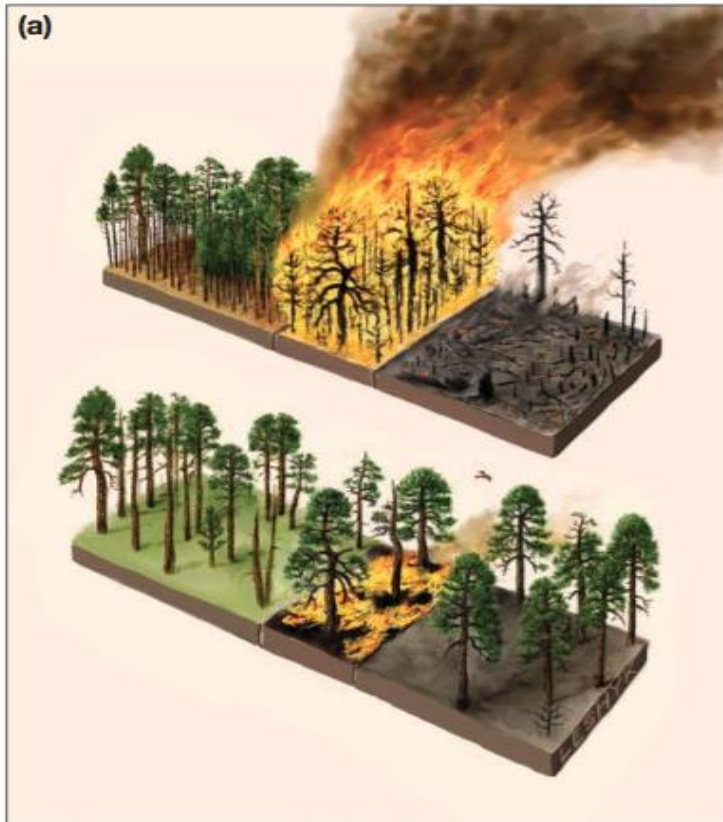
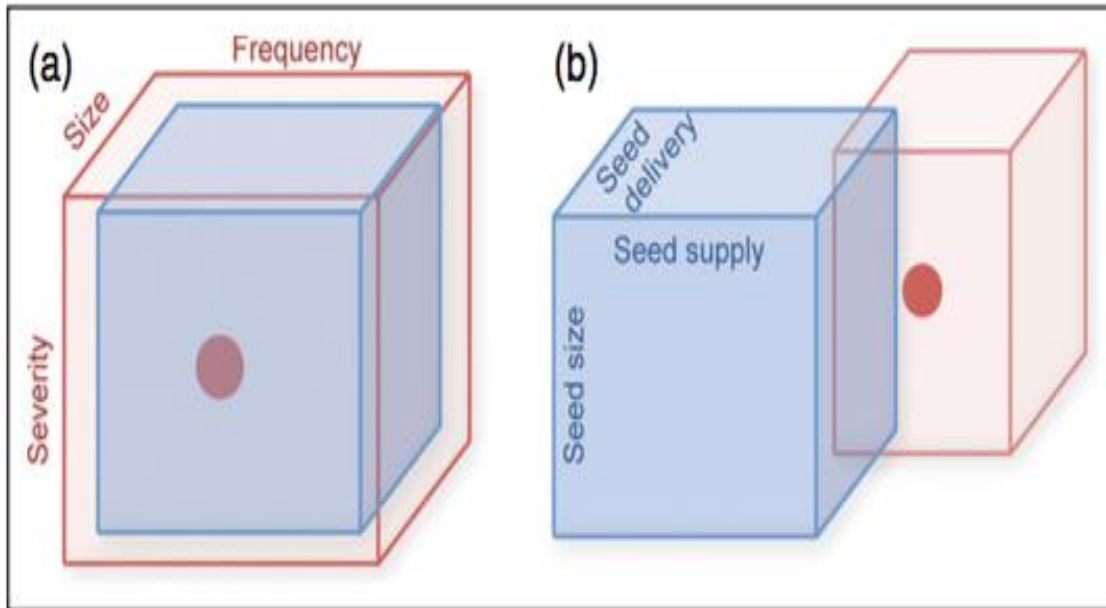


Figure 1. (a) Two options for a given forest stand and the resultant tree survivorship following a wildfire event. (b) The carbon accounting consequences of two possible options for a given forest stand and the results following a wildfire event. The cubes represent the amount of carbon remaining in the ecosystem after wildfire.

Hurteau et al., 2008 (Front Ecol Environ, 6(9),493-498, doi:10.1890/070187)

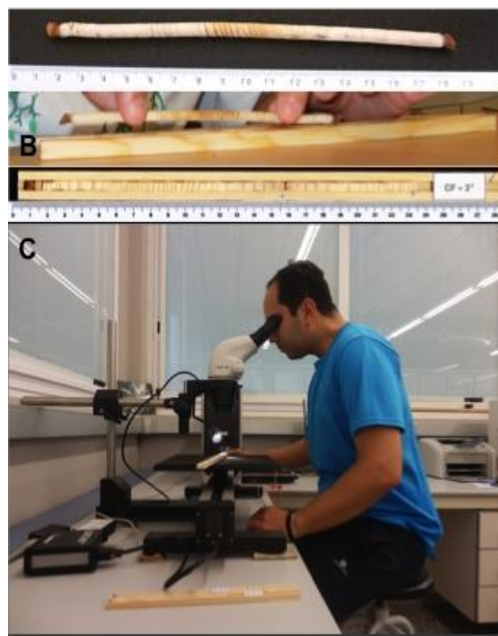
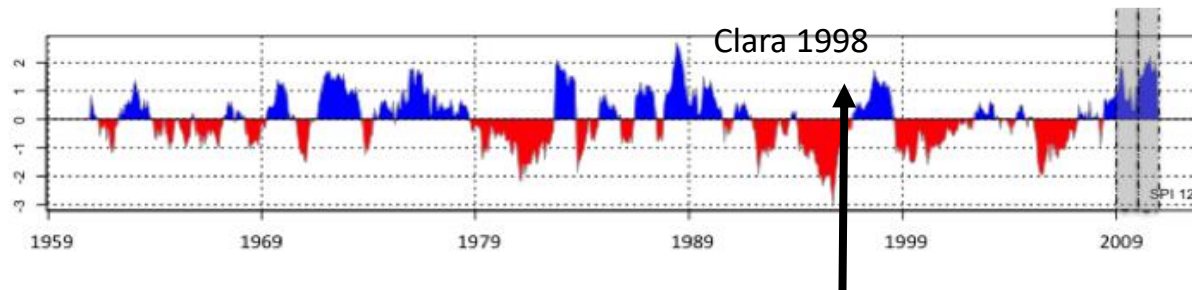


- Caja roja: **características de los regímenes de perturbación** con patrones de severidad, tamaño y frecuencia.
- Caja azul: **rasgos que afectan la respuesta a las perturbaciones**, como el tamaño, el suministro y la edad de madurez de la semilla

Table 1. Regeneration mechanisms of resilience to fire disturbance, and their vulnerabilities to changing disturbance characteristics

<i>Mechanism</i>	<i>Vulnerability to altered disturbance</i>	<i>Consequences</i>
Seed supply	Increased fire frequency or severity	Reduced tree recruitment if fire intervals are less than those required for an adequate seed crop, or severe fires consume stored seed
Seed delivery	Increased fire size	Reduced or retarded tree regeneration if high-severity burned patch size exceeds seed dispersal distances
Seedbed	Increased fire severity	Altered canopy composition due to environmental filters on tree seedling establishment and growth

Resiliencia climática: Mejora de las relaciones árbol-clima



Tiempo	Tipo año	Parcela	Ancho anillo (cm)
Antes Clara	SECO	Control	0.06 (a)
		Tratado	0.06 (a)
	LLUVIOSO	Control	0.12 (a)
		Tratado	0.07 (a)
Después clara	SECO	Control	0.04 (b)**
		Tratado	0.33 (a)**
	LLUVIOSO	Control	0.06 (b)**
		Tratado	0.37 (a)**

> **dependencia** en **CONTROL de la P** mensual a lo largo del año actual en cualquier temporada

Rasgos funcionales asociados a procesos (por ej. mortalidad inducida por sequía)

Choat et al. 2018. DOI:
10.1038/s41586-018-
0240-x

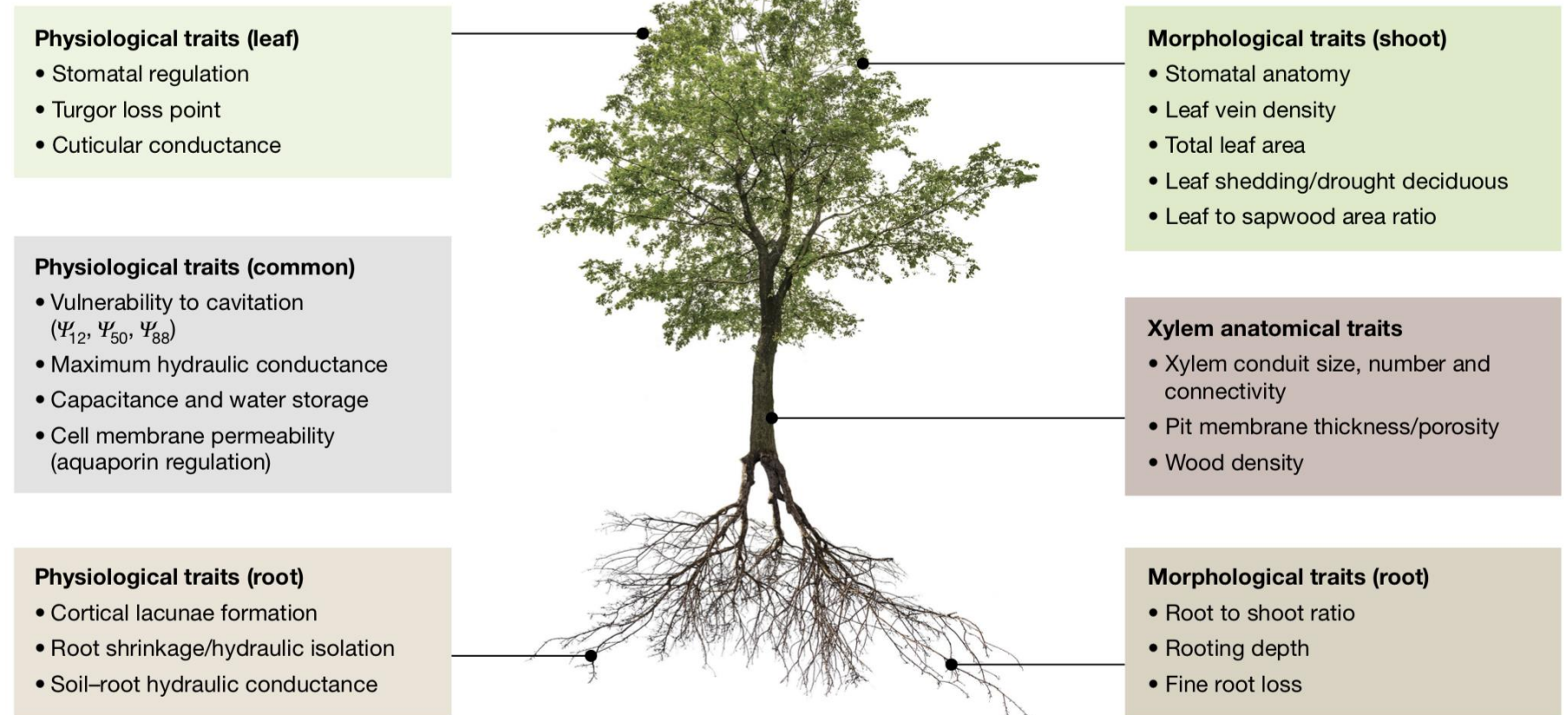


Fig. 3 | Tree hydraulic traits associated with drought-induced mortality. Trees use a variety of interdependent and coordinated morphological, anatomical and physiological traits to mitigate water loss and the development of increasingly negative xylem sap pressures during drought. This includes tissue-specific traits that function in the unique microenvironment of roots, stems and leaves, as well as traits that are common among most tissue types in trees. Many structure–function

relationships exist between traits, for example, variation in xylem anatomical traits (pit membrane porosity, conduit size and connectivity) determine species and population-level vulnerability to cavitation. Note that this figure does not represent an exhaustive list of hydraulic traits relevant to the response of trees to drought and drought-induced mortality.

El **objetivo fundamental** es la integración de diferentes grupos de investigación en S.A. al cambio climático, que contribuyan con conocimientos, planteamientos, metodologías, sitios experimentales activos y resultados al desarrollo de un marco analítico para una gestión forestal adaptativa generalizable a todo el territorio.

- Establecer una red de sitios demostrativos de gestión forestal adaptativa que incluya diferentes opciones de adaptación en una amplia representación de bosques españoles
- Armonizar metodologías de seguimiento para los indicadores más importantes (productividad, agua, clima, fuego, biodiversidad, etc.).
- Analizar comparativamente los resultados de la Red y aplicar modelos de procesos para generalizar alternativas de gestión para casos concretos.
- Identificar lagunas de conocimiento
- Intercambio de información y comunicación entre integrantes de la Red y transferencia de resultados a potenciales beneficiarios
- Comunicación y divulgación



SilvAdapt.net: Objetivos

SilvAdapt.net: Objetivos

SilvAdapt.net (Red española de Selvicultura adaptativa al cambio climático)

**Impactos
Observados/
Previstos
+
Objetivos de
Gestión**



Opciones de Adaptación:

- Resistencia
- Resiliencia
- Transición
- Sin tratamiento

Definición y cuantificación en cada caso de los tratamientos según tipo de masa y condiciones ambientales (al vuelo y al suelo, regeneración, regulación espesura, distribución edades y spp, etc.). Caso de bosques/spp. singulares



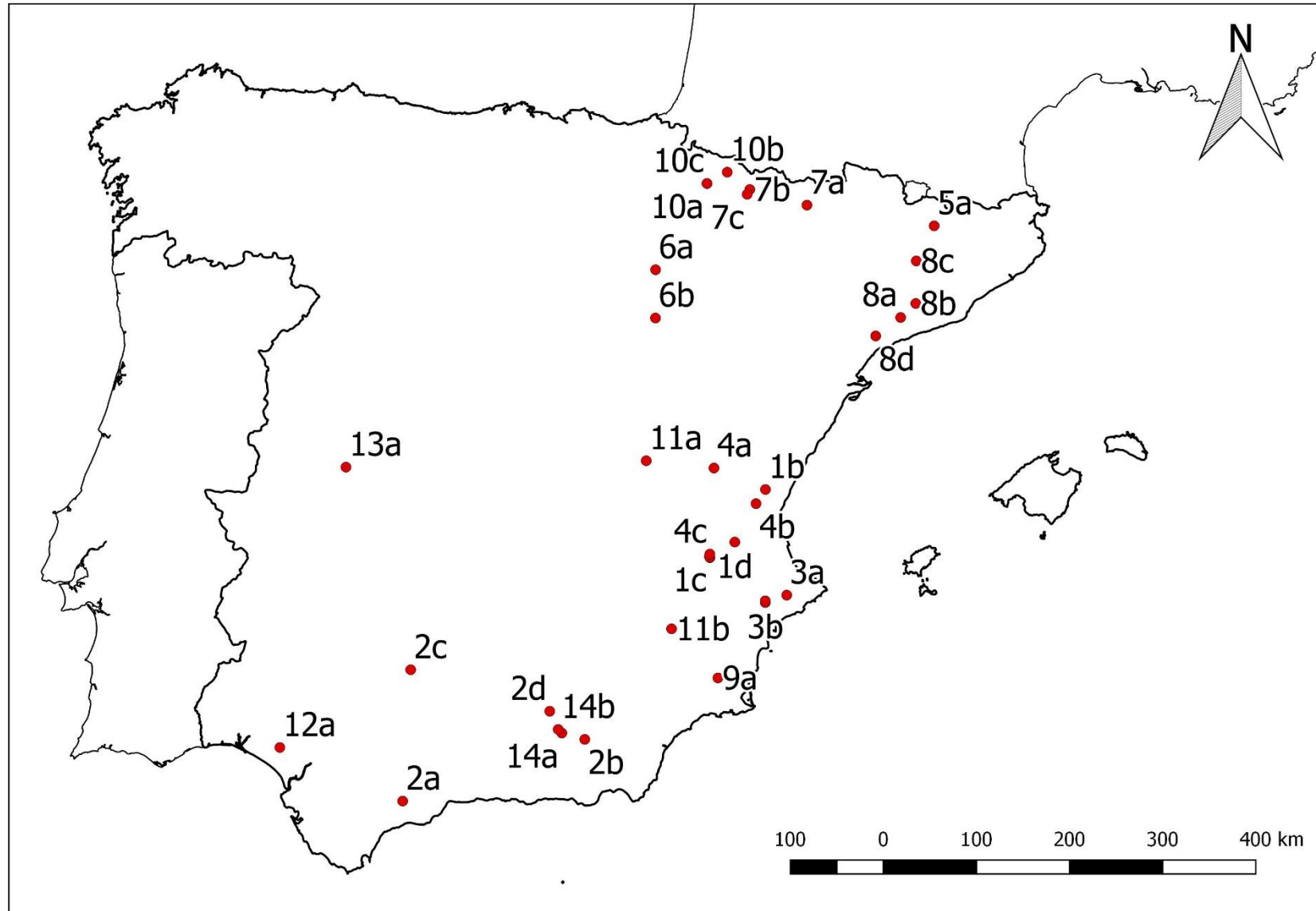
Evaluación y Seguimiento:

- Productividad (biomasa, BAI)
 - Rasgos funcionales
 - Sensibilidad al clima y perturbaciones
 - Agua y suelo
 - Composición spp/ biodiversidad
 - Estado Fitosanitario
-

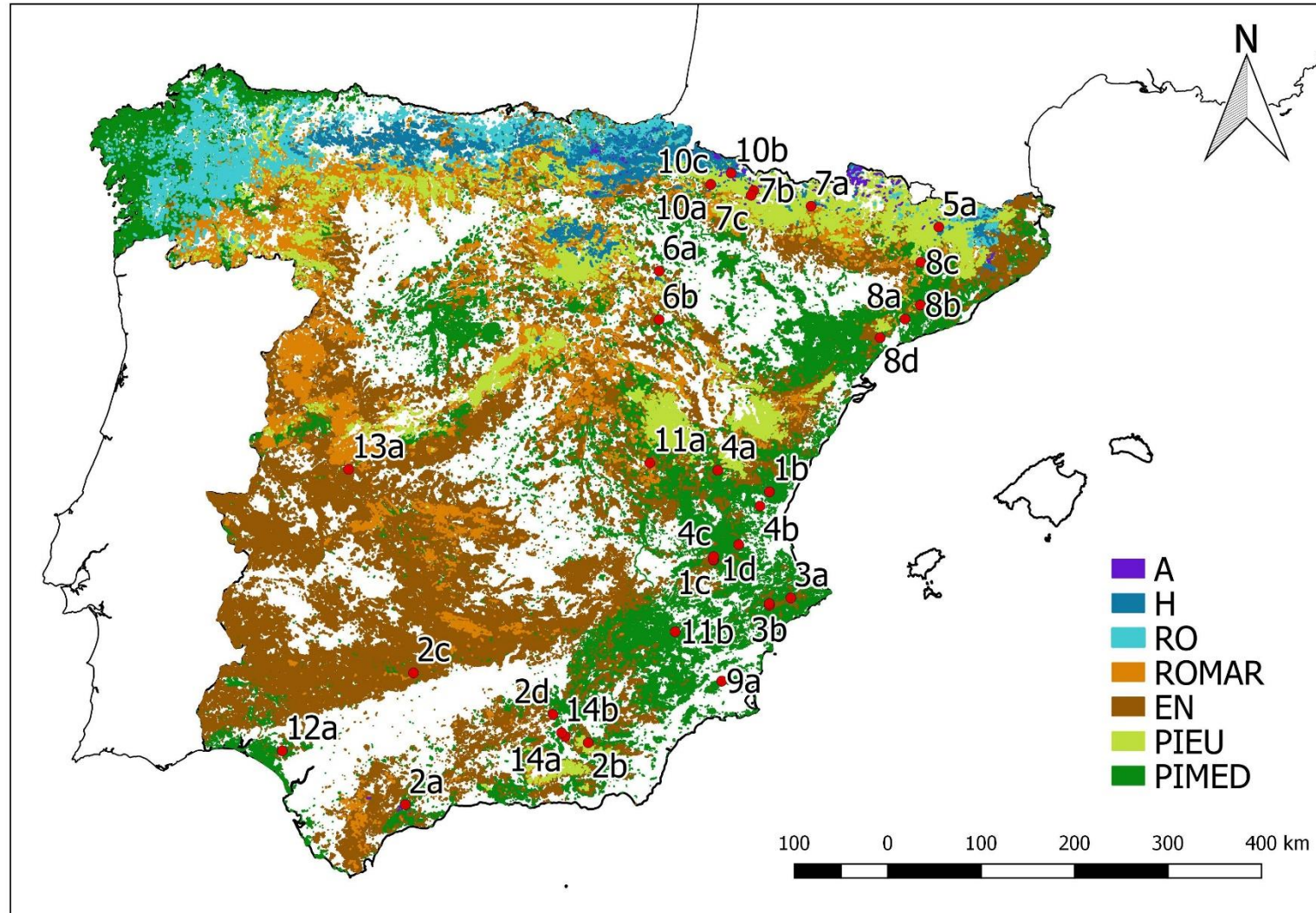
SilvAdapt.net: Integrantes

ID grupo	Entidad	Grupo	Responsable	Provincia
1	Universidad Politécnica de Valencia	Re-ForeST (UPV)	Antonio del Campo (IP)	Valencia
2	Universidad de Córdoba	Evaluación y Restauración de Sistemas Agrícolas y Forestales-RNM 360	Rafael Navarro	Córdoba
3	Universidad de Alicante	Grupo Gestión de Ecosistemas y Biodiversidad	Juan Bellot	Alicante
4	Centre d'Estudis Ambientals del Mediterrani (CEAM)	Investigación forestal	Alberto Vilagrosa	Alicante
5	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	Grupo de Hidrología Superficial y Erosión	Pilar Llorens	Barcelona
6	Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)	Depto. de Biodiversidad y Restauración, grupo de Dendroecología	Jesús Camamero	Zaragoza
7	Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)	Hidrología ambiental.	David Regües	Zaragoza
8	Centro de la Propiedad Forestal	Área de Fomento de la Gestión Forestal Sostenible	Teresa Cervera	Barcelona
9	Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C.E.B.A.S.-CSIC)	Conservación de Suelos y Aguas y Manejo de Residuos Orgánicos	Víctor Castillo	Murcia
10	Universidad Pública de Navarra	Grupo de Ecología y Medio Ambiente	Juan Blanco	Navarra
11	Universidad de Castilla La Mancha (ETSIAM, Campus de Albacete)	Ecología Forestal y Limnología	Manuel Esteban Lucas Borja	Albacete
12	Universidad de Huelva	Análisis y Planificación del Medio Natural	Reyes Alejano	Huelva
13	Universidad de Extremadura	INDEHESA-UEx (Dpto. Biología vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra)	Gerardo Moreno	Cáceres
14	Junta de Andalucía	Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica	Francisco B. Navarro Reyes	Granada

SilvAdapt.net: Integranter



SilvAdapt.net: Representación (bio)geográfica

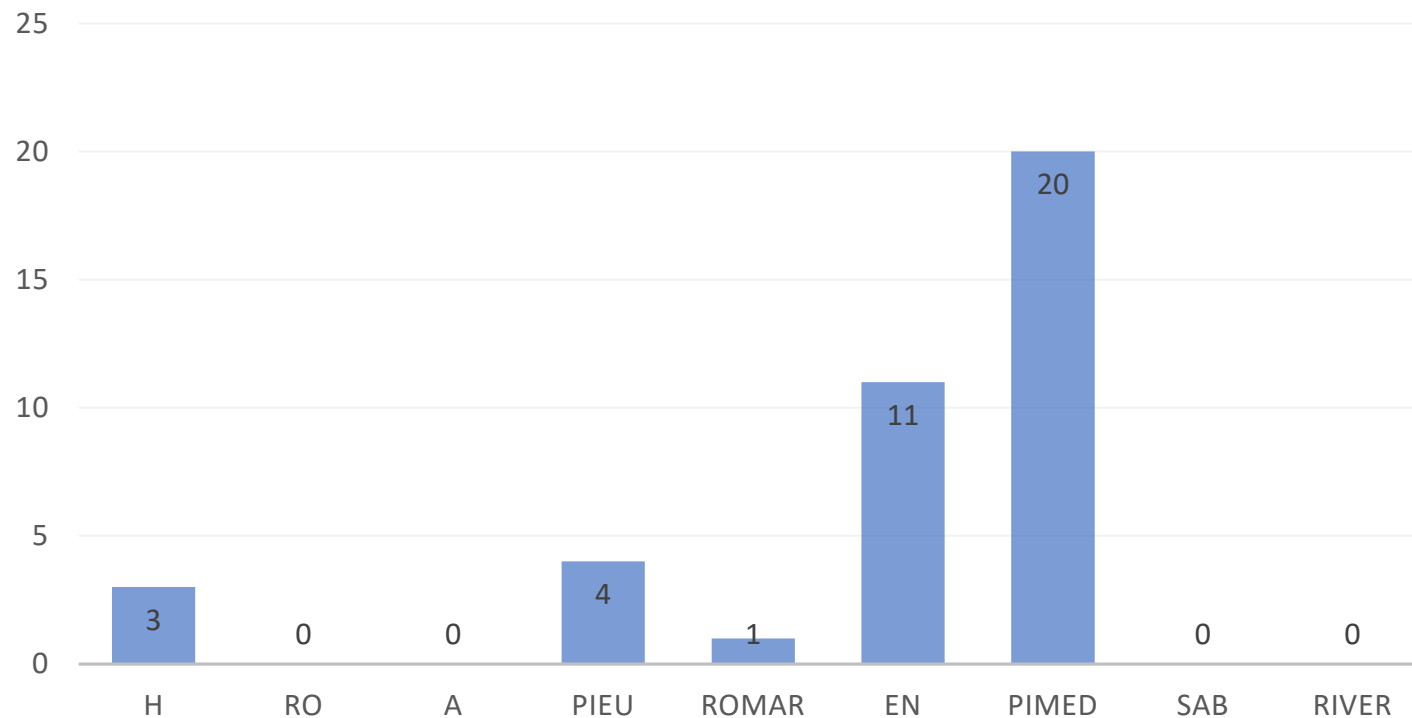


- H: hayedos
- RO: robledales y mixtas de frondosas
- ROMAR: robledales marcescentes
- EN: encinares y alcornoques
- PIEU: *P. sylvestris* y *uncinata*
- PIMED: pinos mediterráneos
- Blanco: otras formaciones y agrícola

SilvAdapt.net: Representación (bio)geográfica

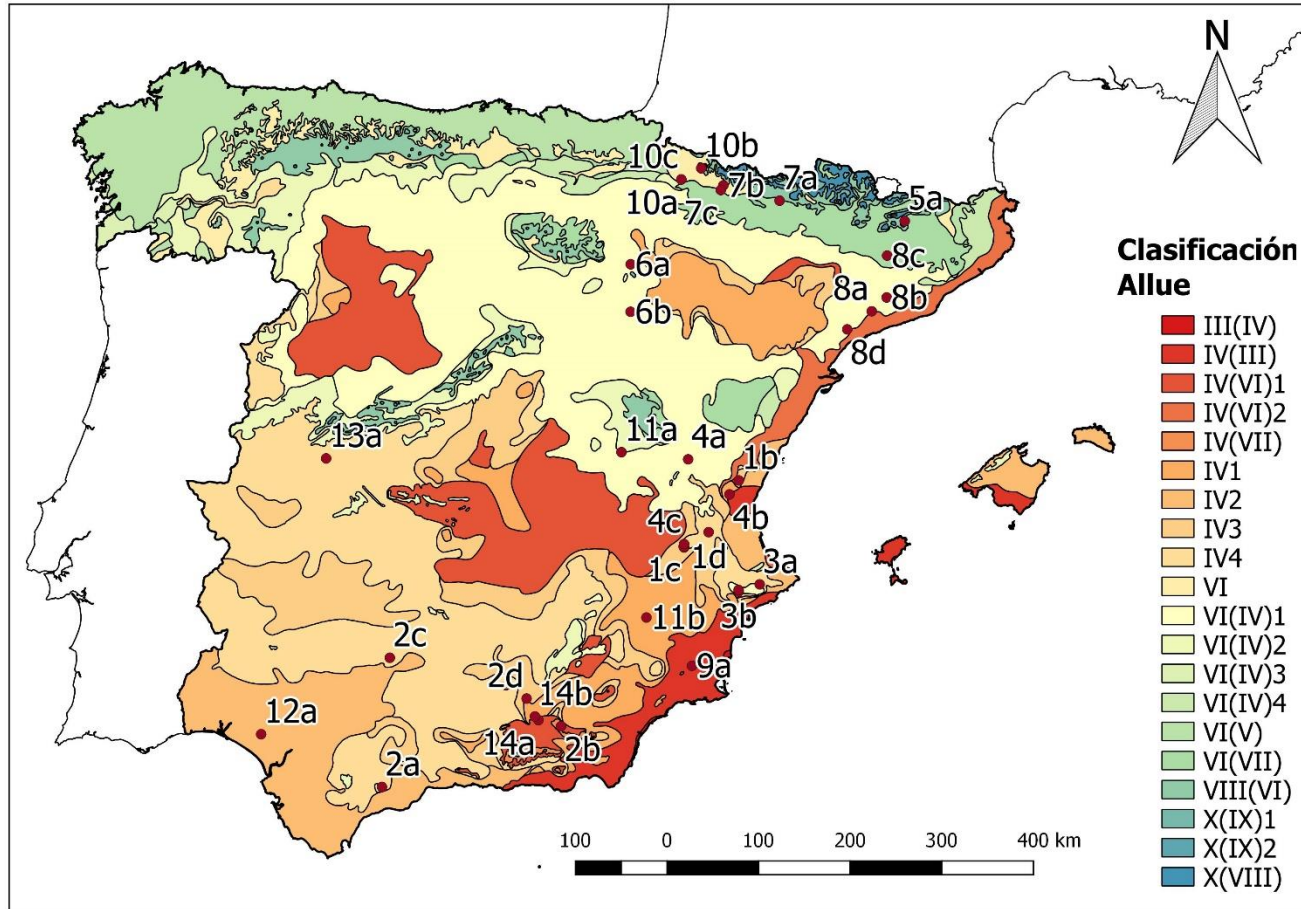
Distribución masas forestales medidas según tipos bosque

Presencia de cada tipo forestal en la red



- A: abetales
- H: hayedos
- RO: robledales y mixtas de frondosas
- ROMAR: robledales marcescentes
- EN: encinares y alcornoques
- PIEU: *P. sylvestris* y *uncinata*
- PIMED: Pinos Mediterráneos
- SAB: sabinares
- RIVER: bosques de ribera

SilvAdapt.net: Representación (bio)geográfica



Tipo	Subtipo
Árido	III(IV)
Mediterráneo	IV(III)
	IV(VII)
	IV1
	IV2
	IV3
	IV4
Nemorales	IV(VI)1
	IV(VI)2
	VI(IV)1
	VI(IV)2
	VI(IV)3
	VI(IV)4
	VI(VII)
VI(V)	
VI	
OROBOREALOIDES	VIII(VI)
	X(VIII)
	X(IX)1
	X(IX)2

Zonificación del territorio en función de fitoclimas : 20 subtipos en nuestro país según Allué

SilvAdapt.net: Representación (bio)geográfica

Distribución masas forestales medidas según los subtipos fitoclimáticos

ALLUE	H	RO	A	PIEU	ROMAR	EN	PIMED	SAB	RIVER
III(IV)									
IV(III)							2		
IV(VII)									
IV1						1	3		
IV2							1		
IV3						1	1		
IV4						3	3		
IV(VI)1						1	2		
IV(VI)2									
VI(IV)1						3	7		
VI(IV)2							1		
VI(IV)3									
VI(IV)4									
VI(VII)	1			1	1		1		
VI(V)									
VI									
VIII(VI)				1					
X(VIII)									
X(IX)1									
X(IX)2									

SilvAdapt.net: Selvicultura

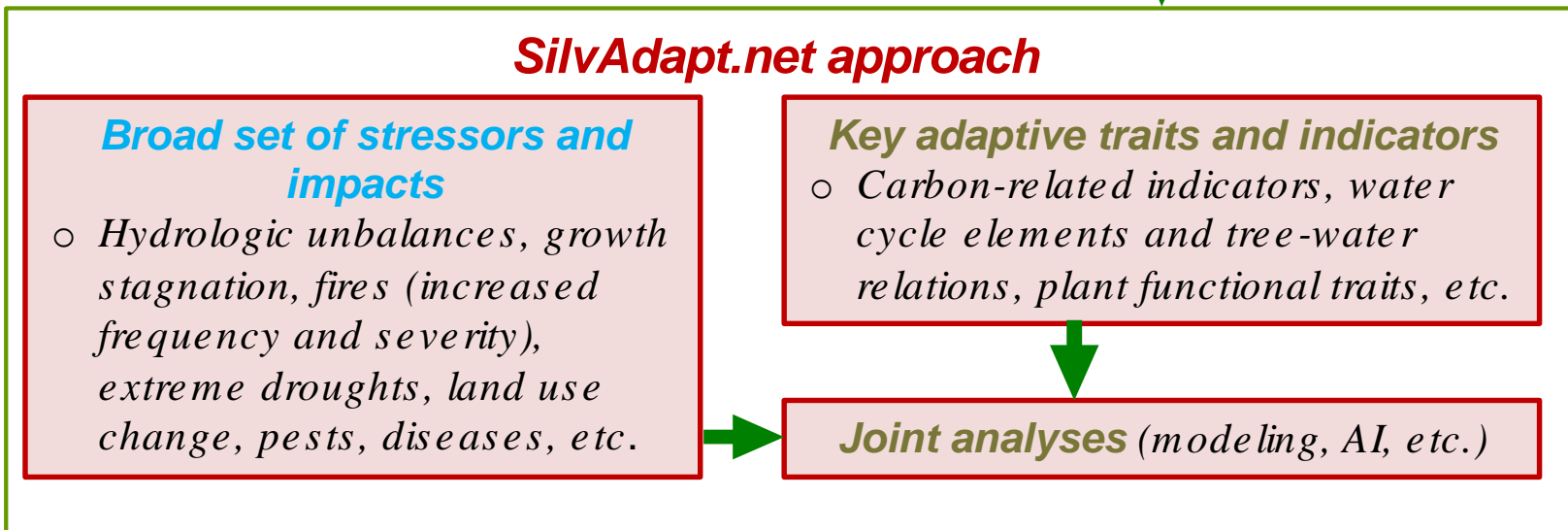
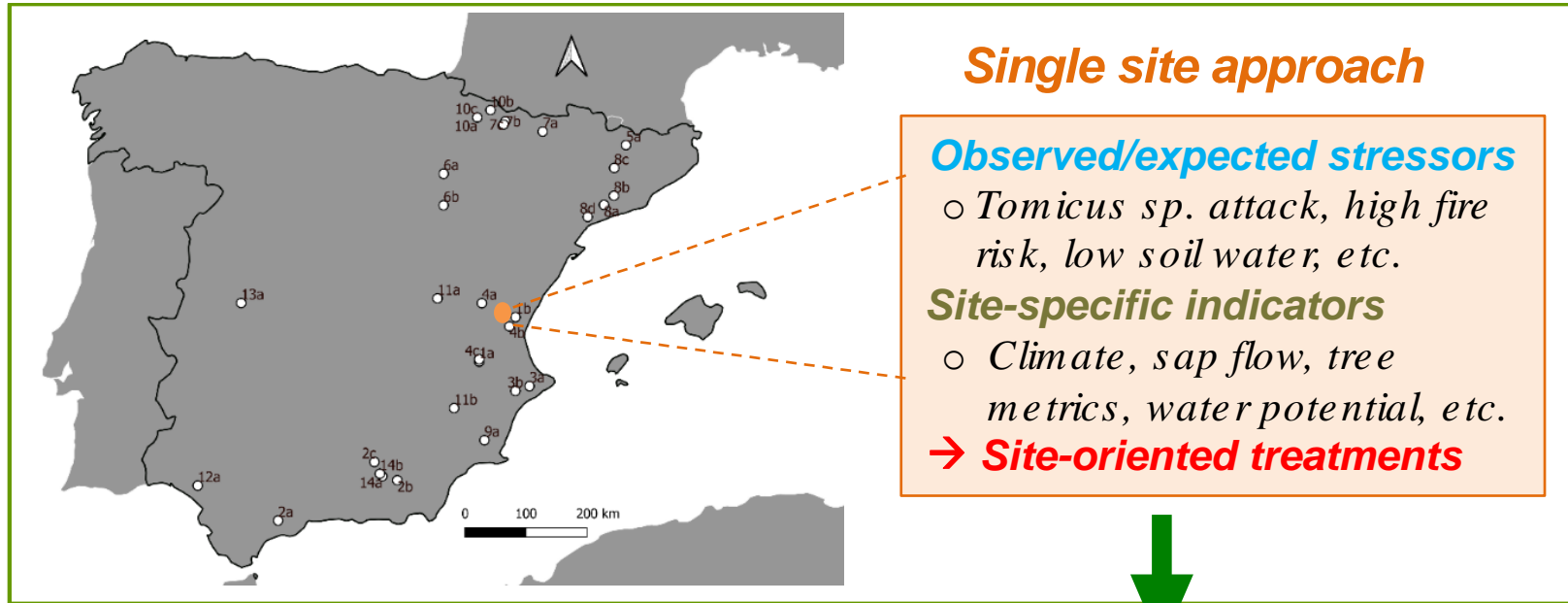
- No gestión (en **100 %** del total de sitios experimentales)
- Claras (en **16 %** del total de sitios experimentales)
- Clareos (en **45 %** del total de sitios experimentales)
- Resalveo (en **3%** del total de sitios experimentales)
- Tratamientos del suelo (en **10 %** del total de sitios experimentales)
- Restauración (en **26 %** del total de sitios experimentales)



SilvAdapt.net: Selvicultura

Indicadores clave:

- Estructura forestal, crecimiento y supervivencia (dendrocronología, inventario...) 57 % de los sitios
- Relaciones bosque-agua (flujo de savia, contenido agua suelo, nivel piezométrico, caudales...) 71 % de los sitios
- Fisiología de las especies (conductancia estomática, eficiencia uso agua, flujo de savia...) >60 % de los sitios
- Ciclos de nutrientes (composición del agua traslocada, trampas en suelo...)
- Procesos en el suelo (actividad enzimática, intercambio gaseoso...)
- Riesgo y propagación de incendios (KDBI, área quemada)



SilvAdapt.net approach

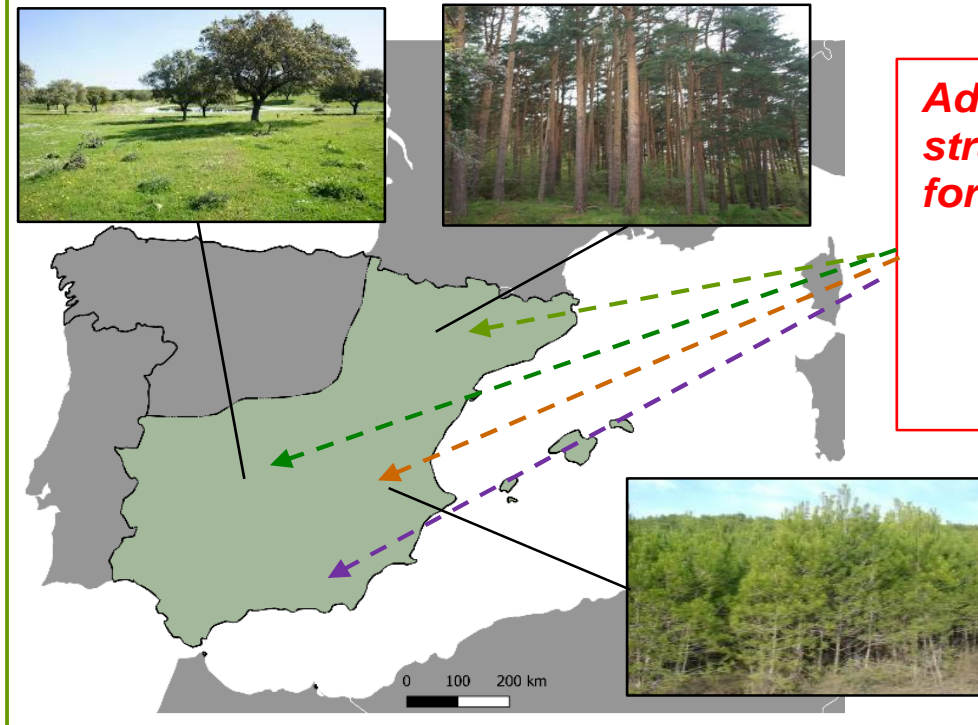
Broad set of stressors and impacts

- Hydrologic unbalances, growth stagnation, fires (increased frequency and severity), extreme droughts, land use change, pests, diseases, etc.

Key adaptive traits and indicators

- Carbon-related indicators, water cycle elements and tree-water relations, plant functional traits, etc.

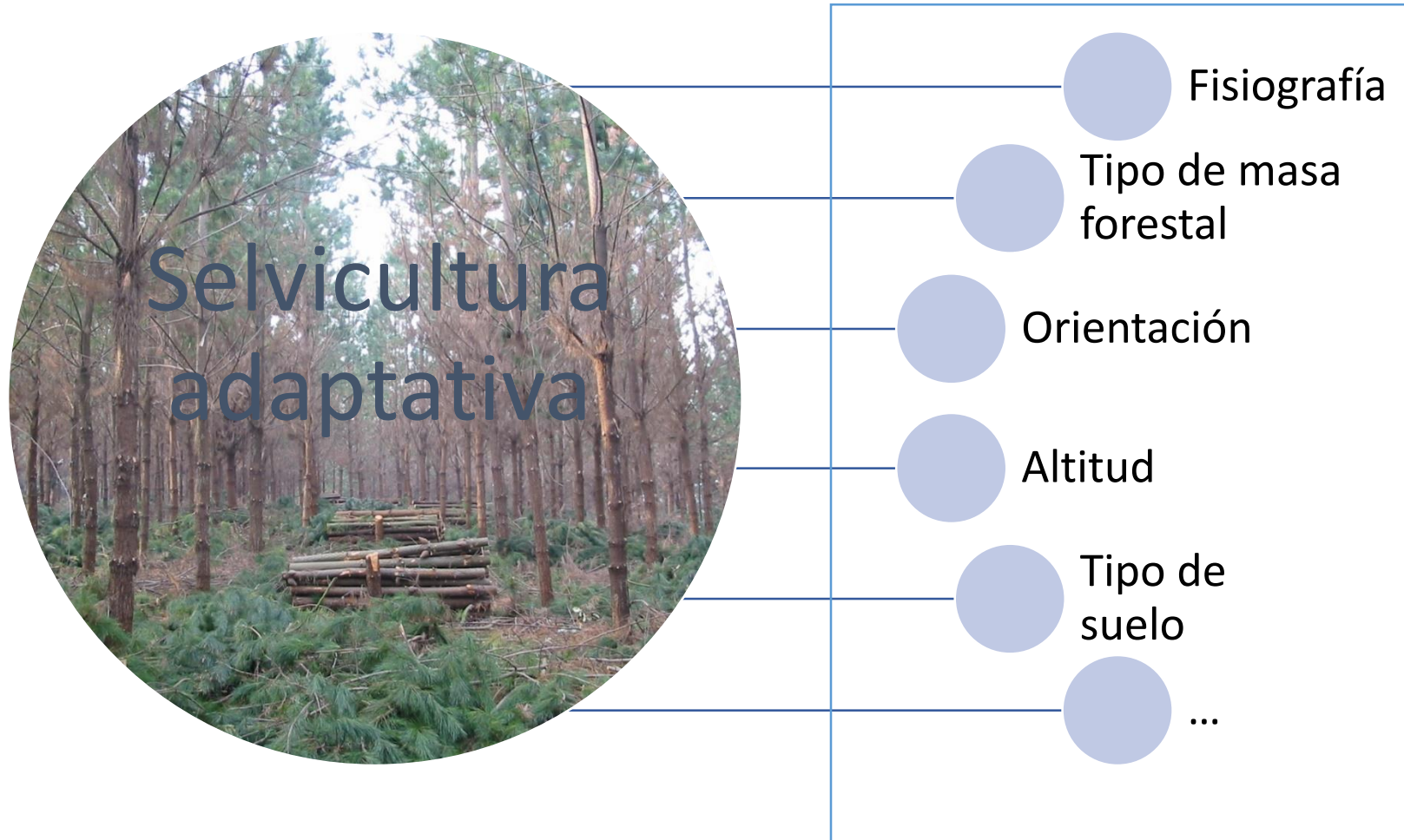
Joint analyses (modeling, AI, etc.)



Adaptive forest management strategy (AFM) for any given forest

- Resilience treatments
- Resistance treatments
- Transition treatments
- No treatment

Salvar la variabilidad local intra-zonal de los sitios



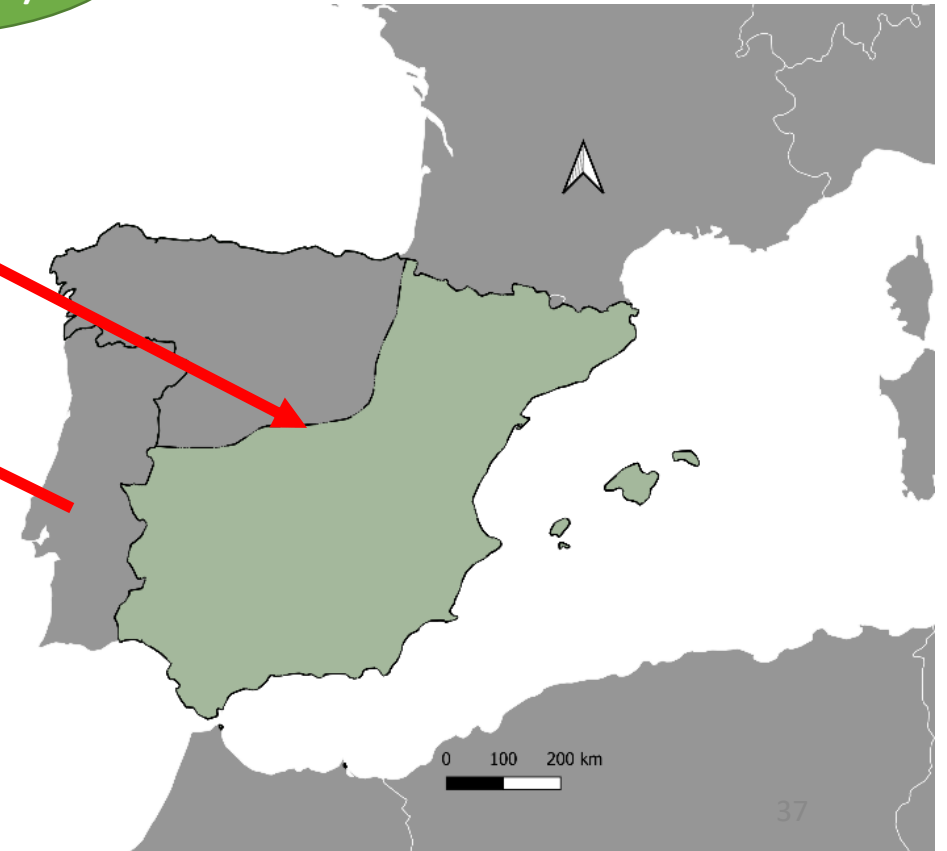
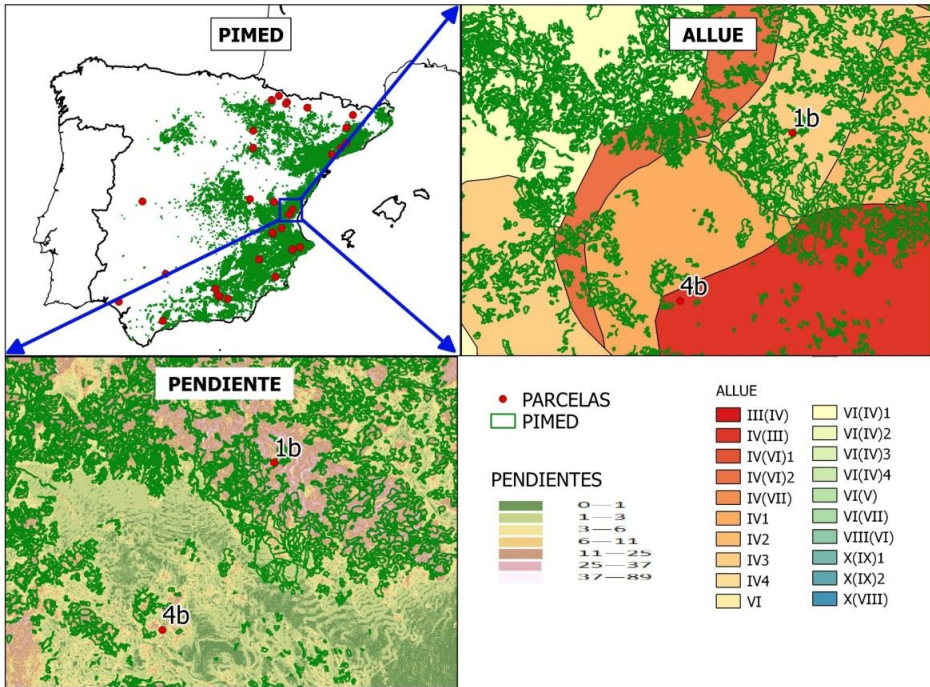
Descriptores intra-zonales Descriptores zonales

Efectos de la SA sobre procesos y situaciones particulares.



Esca
la de
trabajo:
Monte (stand)

Modelización



SilvAdapt.net: Grupos de trabajo

Grupos de trabajo: **temáticos** y **transversales**

Relaciones
bosque-agua

Resiliencia
climática

Biodiversidad

Resiliencia
frente al
fuego

Stocks de
carbono

Modeliza
ción

Transferencia
y difusión

Web

Guías (doc.
Técnico)



GRUPOS DE TRABAJO: Al menos 1 líder (institución) para cada grupo + colaboradores

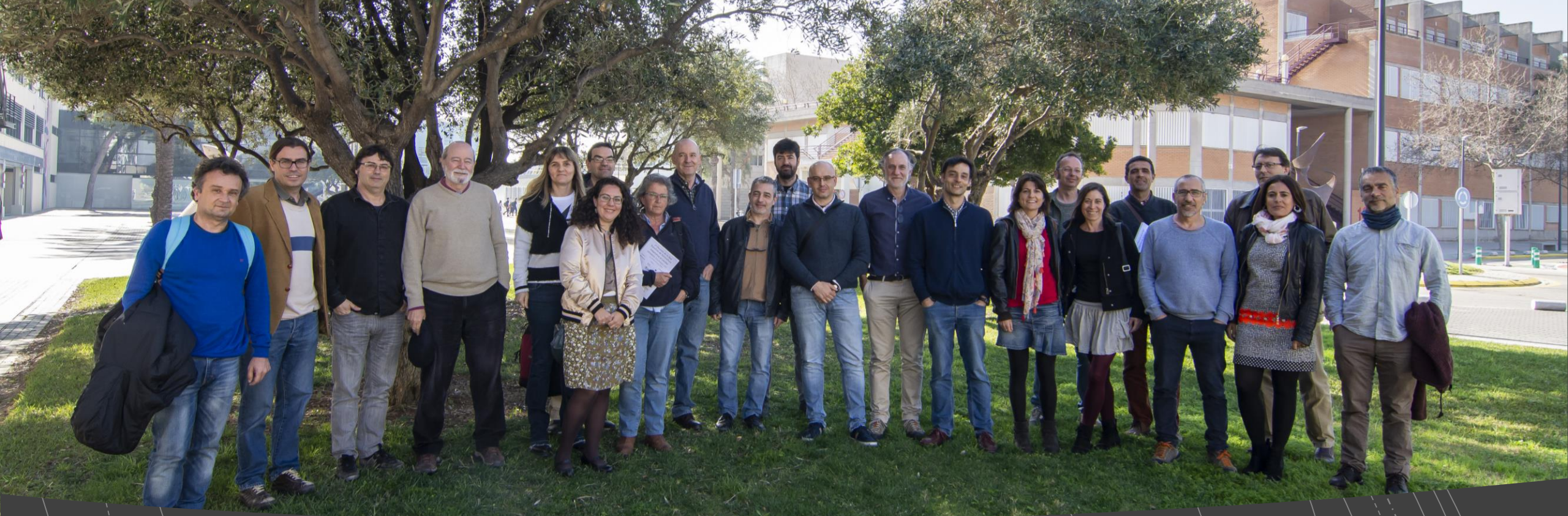
ENTIDAD	TEMÁTICOS					TRANSVERSALES			
	Bosque-agua	Resiliencia Climática	Resist. fuego	Stocks C	Biodiversidad	Model.	Transf. y Difusión	Web	Guías
UPV-IIAMA									
UCO									
U. Alicante									
CEAM									
IDAEA-CSIC									
IPE-CSIC Gov. Aragón IPE-CSIC									
Centro Propiedad Forestal									
CEBAS -CSIC									
UPN									
UCLM- ETSIAM									
UH									
INDEHESA-UEX									
IFAPA-J									



SilvAdapt.net: Hitos

- PRINCIPALES HITOS:

- Contribuciones científicas por **temática clave**
- **Guía de silvicultura adaptativa.** Documento técnico final del proyecto
 - **Libro de texto** (manual) de silvicultura adaptativa al cambio climático
- **Web** 100 % operativa
- Continuidad medio plazo
- Ampliar sitios/entidades
- Aumentar capacidad de auto-financiación



Gracias por su atención

La Red Española de Selvicultura Adaptativa al Cambio Climático (SilvAadpt.net) de referencia RED2018-102719-T, es un proyecto financiado por el ministerio de Ciencia e Innovación dentro de las Acciones de Dinamización “Redes de Investigación” Convocatoria 2018, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+I, Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020.