

---

# **Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC**

## **Capítulo 4: Ecosistemas Terrestres y de Agua dulce**

**José Manuel Moreno**

Universidad de Castilla-La Mancha

Editor de la Revisión del Capítulo 4

Vicepresidente del Grupo II del IPCC

Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo

---

## **Chapter 4. Terrestrial and Inland Water Systems**

### **Coordinating Lead Authors**

Robert Scholes (South Africa), Josef Settele (Germany)

### **Lead Authors**

Richard Betts (UK), Stuart Bunn (Australia), Paul Leadley (France), Daniel Nepstad (USA), Jonathan Overpeck (USA), Miguel Angel Taboada (Argentina)

### **Contributing Authors**

Craig Allen (USA), William Anderegg (USA), Celine Bellard (France), Paulo Brando (Brazil), Franck Courchamp (France), Wendy Foden (South Africa), Dieter Gerten (Germany), Scott Goetz (USA), Nicola Golding (UK), Patrick Gonzalez (USA), Ed Hawkins (UK), Thomas Hickler (Germany), George Hurtt (USA), Charles Koven (USA), Josh Lawler (USA), Heike Lischke (Switzerland), Georgina Mace (UK), Melodie McGeoch (Australia), Camille Parmesan (USA), Richard Pearson (USA), Beatriz Rodriguez-Labajos (Spain), Carlo Rondinini (Italy), Rebecca Shaw (USA), Stephen Sitch (UK), Klement Tockner (Germany), Piero Visconti (UK), Marten Winter (Germany)

### **Review Editors**

Andreas Fischlin (Switzerland), José M. Moreno (Spain), Terry Root (USA)

### **Volunteer Chapter Scientists**

Martin Musche (Germany), Marten Winter (Germany)

# Antecedentes del 4ºIE

- Capítulo 4: Ecosystems, their properties, goods and services (Fischlin *et al.*, 2007)
- Capítulo 3: Freshwater resources and their management (Kundzewicz *et al.*, 2007)
- Capítulo 1: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems (Sections 1.3.4 and 1.3.5; Rosenzweig *et al.*, 2007).

# Algunos mensajes del 4ºIE

- Evidencias basadas en las observaciones muestran que en todos los continentes y en la mayoría de los océanos **muchos de los sistemas naturales están siendo afectados por el cambio climático** regional, particularmente por el aumento de las temperaturas
- Un **20-30% de las plantas y animales** que han sido evaluados hasta ahora se consideraron como estar en un **riesgo de extinción mayor** si la temperatura media global excede los 2-3°C por encima del nivel preindustrial (*confianza media*)
- Los **cambios** sustanciales en la **estructura y funcionamiento** de los **ecosistemas** terrestres, marinos u otros ecosistemas acuáticos son muy probables bajo tal nivel de calentamiento y aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> asociada
- Los **almacenes de carbono** de los ecosistemas terrestres se consideran en **riesgo alto** debido al cambio climático y a los cambios de uso del suelo
- La capacidad de los **ecosistemas** para **adaptarse** naturalmente a los efectos combinados del cambio climático y otros factores de estrés es probable que se vea **excedida** si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan a los niveles actuales o por encima de ellos

# Cambio climático y factores múltiples de estrés

- Cambios en los usos de suelo y de la cobertura terrestre
- Deposición de Nitrógeno
- Ozono troposférico
- Aumentos del CO<sub>2</sub>
- Variaciones en la radiación difusa y directa
- Especies invasoras y exóticas

# Puntos críticos

- Nivel de cambio en las propiedades de un sistema más allá de las cuales el sistema se reorganiza, a menudo de manera abrupta, y persiste en su nuevo estado incluso cuando los motores del cambio desaparecen

# La respuesta de los ecosistemas a cambios pasados: La paleoecología

- La biota del planeta y los procesos ecosistémicos fueron alterados profundamente por cambios climáticos pasados a tasas de cambio climático inferiores que las que se proyectan durante el siglo XXI bajo escenarios altos de calentamiento (e.g., RCP8.5) (*confianza alta*).
- La mayoría de los ecosistemas son vulnerables a tasas de cambio climático como las que se proyecta bajo escenarios de bajo a medio nivel de calentamiento (e.g., RCP2.6 to RCP6.0).
- El registro paleoecológico muestra que cambios climáticos globales comparables en magnitud a los que se proyectan para el siglo XXI bajo todos los escenarios resultaron en desplazamientos a gran escala de los biomas, y en cambios en la composición de especies, y para tasas proyectadas bajo RCP6 y RCP8.5, estuvieron asociadas con extinciones de especies en algunos grupos (*confianza alta*)

# Cambios observados recientes

- Muchas especies vegetales y animales han desplazado sus rangos de distribución, alterado sus abundancias y modificado sus patrones de actividad estacional en respuesta al cambio climático observado durante las décadas recientes (*confianza alta*).
- Esto está ocurriendo en muchas regiones del mundo y continuará ocurriendo en respuesta al cambio climático proyectado futuro (*confianza alta*).
- Los patrones generales de desplazamiento hacia los polos y a alturas más elevadas en respuesta al calentamiento están bien establecidos para periodos de miles de años del pasado (*confianza muy alta*).

# Desplazamiento de los biomas

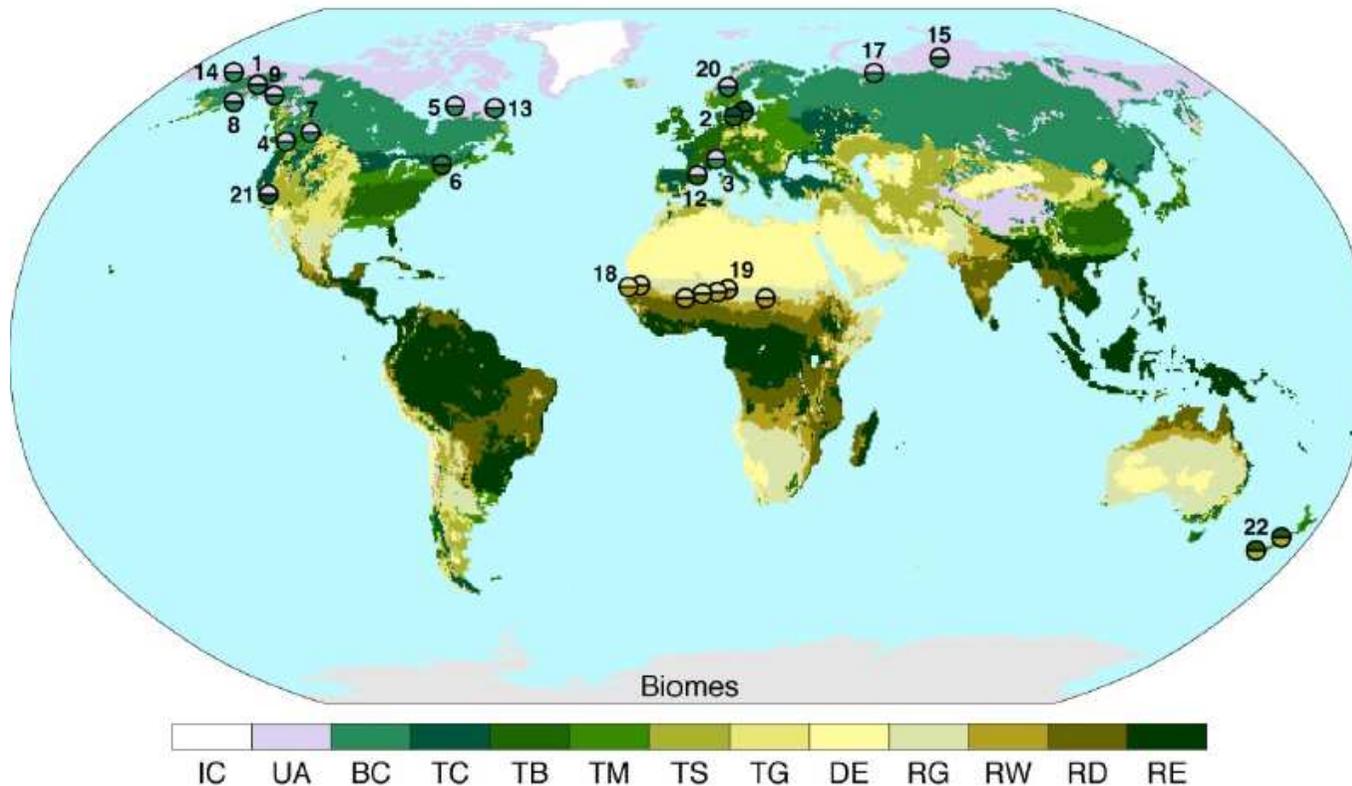


Figure 4-1: Locations of observed biome shifts during the 20<sup>th</sup> century, listed in Table 4-1, derived from Gonzalez *et al.* (2010). The color of each semi-circle indicates the retracting biome (top for North America, Europe, Asia; bottom for Africa and New Zealand) and the expanding biome (bottom for North America, Europe, Asia; top for Africa and New Zealand), according to published field observations. Biomes, from poles to equator: ice (IC), tundra and alpine (UA), boreal conifer forest (BC), temperate conifer forest (TC), temperate broadleaf forest (TB), temperate mixed forest (TM), temperate shrubland (TS), temperate grassland (TG), desert (DE), tropical grassland (RG), tropical woodland (RW), tropical deciduous broadleaf forest (RD), tropical evergreen broadleaf forest (RE). The background is the potential biome according to the MC1 dynamic global vegetation model under the 1961-1990 climate. [Illustration to be redrawn to conform to IPCC publication specifications.]

# Más cambios observados: Especies exóticas invasoras

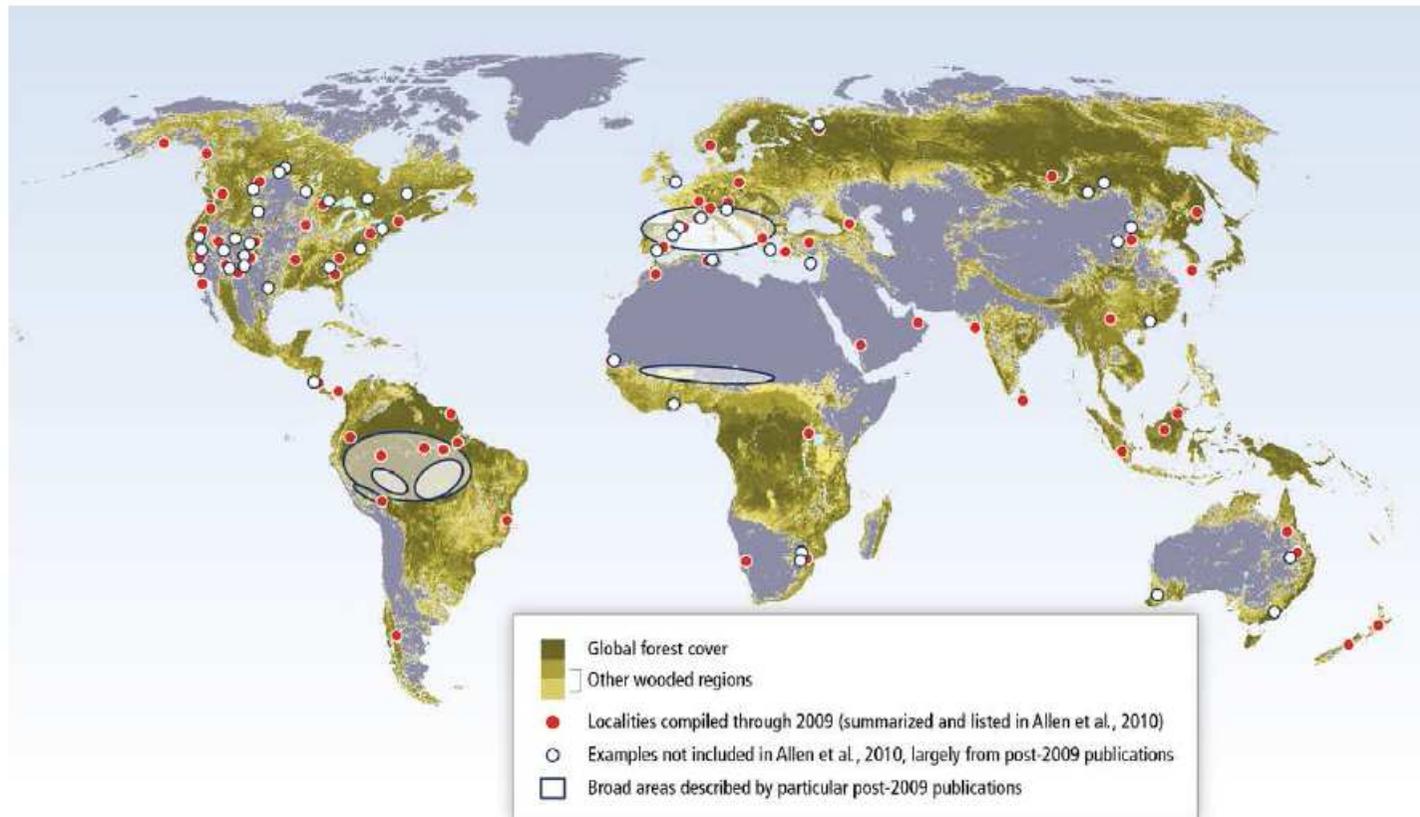
- El establecimiento, crecimiento y diseminación y supervivencia de poblaciones de especies exóticas invasoras ha aumentado (*confianza alta*), pero la capacidad de atribuir las invasiones de especies exóticas al cambio climático es baja en la mayoría de los casos
  - Algunas especies invasoras exóticas tienen características que favorecen su dispersión, supervivencia y reproducción bajo climas cambiantes.

# Aún más cambios observados:

## Mortalidad de árboles

- Se ha observado un incremento en la mortalidad de árboles en muchos sitios del mundo, y en algunas regiones ha sido atribuido al cambio climático (*confianza alta*).
- En algunos lugares es lo suficientemente intenso y generalizado como para hablar de decaimiento del bosque (*baja confianza*).
  - El decaimiento forestal es un riesgo ambiental mayor por sus grandes efectos potenciales sobre el clima, la biodiversidad, la producción de madera, calidad de agua, actividades recreativas y económicas.

# Mortalidad de árboles



# Sumideros de carbonos: Cambios inciertos debido al cambio climático

- Los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales han secuestrado aproximadamente un cuarto del dióxido de carbono emitido a la atmósfera por las actividades humanas en las últimas tres décadas (*confianza alta*).
  - Los flujos netos desde la atmósfera hacia la biomasa de las plantas y el suelo muestran una gran variabilidad de año en año; como resultado, hay una confianza baja en la capacidad para determinar si la tasa neta a la cual se ha fijado el carbono por los ecosistemas terrestres a escala global ha cambiado entre las décadas 1991-2000 y 2001-2010.

# Las perturbaciones están aumentando

- Se han detectado en muchas zonas del mundo incrementos en la frecuencia o intensidad de algunas perturbaciones sobre los ecosistemas, tales como sequías, tormentas, incendios y plagas que en algunos casos han sido atribuidas al cambio climático (*confianza media*)
- Cambios en el régimen de perturbación de un ecosistema más allá de sus variabilidad natural alterarán la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas (*confianza alta*)

# Alteraciones del ecosistema y sus efectos sobre el sistema climático

- Cuando los ecosistemas terrestres son alterados de manera sustancial (en términos de su recubrimiento vegetal, biomasa, fenología o dominancia de grupos de especies), bien por los efectos del cambio climático bien por otros mecanismos, tales como al conversión a tierras agrícolas o para asentamientos, el clima local, regional y global será también alterado (*confianza alta*).

# Impactos futuros del cambio climático

- El **cambio** climático se proyecta que será un **factor de estrés poderoso** sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales durante la segunda mitad del siglo XXI, especialmente bajo **escenarios** de calentamiento **altos**, como los RCP6.0 y RCP8.5 (*confianza alta*).
- Los **impactos humanos directos**, tales como los cambios en los usos del suelo, la contaminación, el uso de recursos hídricos continuarán **dominando** globalmente las amenazas sobre la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales (*alta confianza*) y los terrestres (*confianza media*) durante las tres **próximas décadas**.
- El **cambio climático exacerba** otros impactos sobre la biodiversidad (*confianza alta*)
- Los **cambios** sobre los ecosistemas resultantes del cambio climático pueden **no** ser totalmente **aparentes** durante varias décadas, debido a los largos tiempos de respuesta en algunos sistemas ecológicos (*confianza media*)

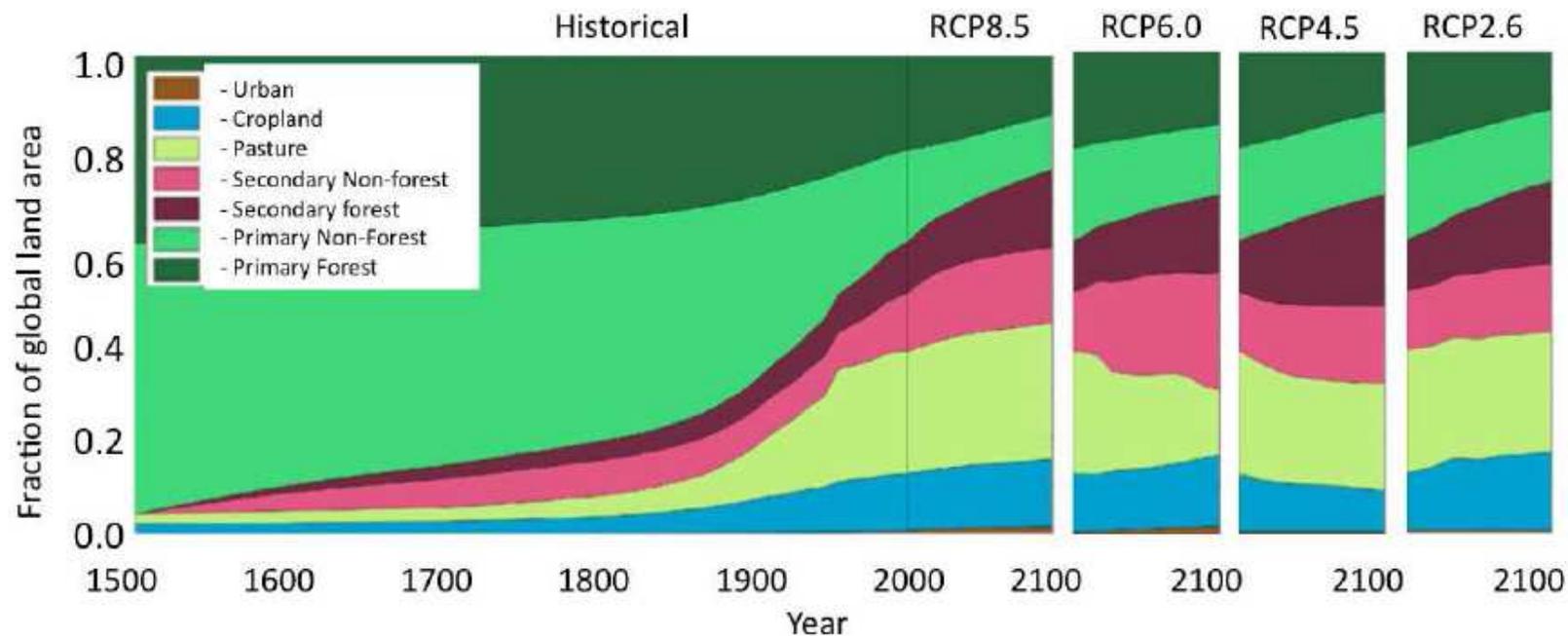


Figure 4-3: Proportion of global land cover occupied by primary and secondary vegetation (forest and non-forest), cropland, pasture and urban land, from satellite data and historical reconstructions up to 2005 (Klein Goldewijk *et al.*, 2010; Klein Goldewijk *et al.*, 2011), and from scenarios associated with the RCPs from 2005 to 2100 (Hurtt *et al.*, 2011). [Illustration to be redrawn to conform to IPCC publication specifications.]

# Impactos futuros del cambio climático

- Proyecciones basadas en modelos implican que bajo un **cambio climático moderado** (e.g., RCP2.6 to RCP6.0), los **efectos directos** de los cambios de uso del suelo continuarán **dominando** (y encubriendo) los cambios inducidos por el cambio climático como motor del cambio ecosistémico a escala global; para escenarios de **calentamiento mayor**, algunas proyecciones implican **cambios** inducidos en los **ecosistemas** debidos al cambio climático suficientemente **extensivos** o **iguales**, incluso **mayores**, que los impactos humanos **directo** a escala global (*confianza media*)
- En los ecosistemas **acuáticos** continentales y terrestres de latitudes y altitudes altas, **cambios climáticos** que **excedan** los proyectados bajo **RCP2.6** conducirán a **cambios** mayores en la distribución de las especies y en el **funcionamiento de los ecosistemas**, especialmente en la segunda mitad del siglo XXI (*confianza alta*).

# Especies acuáticas continentales

- El aumento de la **temperatura del agua** debido al calentamiento global conducirá a **cambios** en la **distribución** de las **especies** de los ecosistemas **acuáticos** continentales y a empeorar los problemas de calidad del agua, especialmente en aquellos sistemas que estén experimentando una alta carga de nutrientes (*confianza alta*)
- Cambios inducidos por el cambio climático en los **patrones de precipitación** conducirán a alterar sustancialmente atributos importantes del **flujo de agua** en muchos ríos y humedales, exacerbando los impactos del uso del agua por el hombre en las cuencas desarrolladas (*confianza media*)

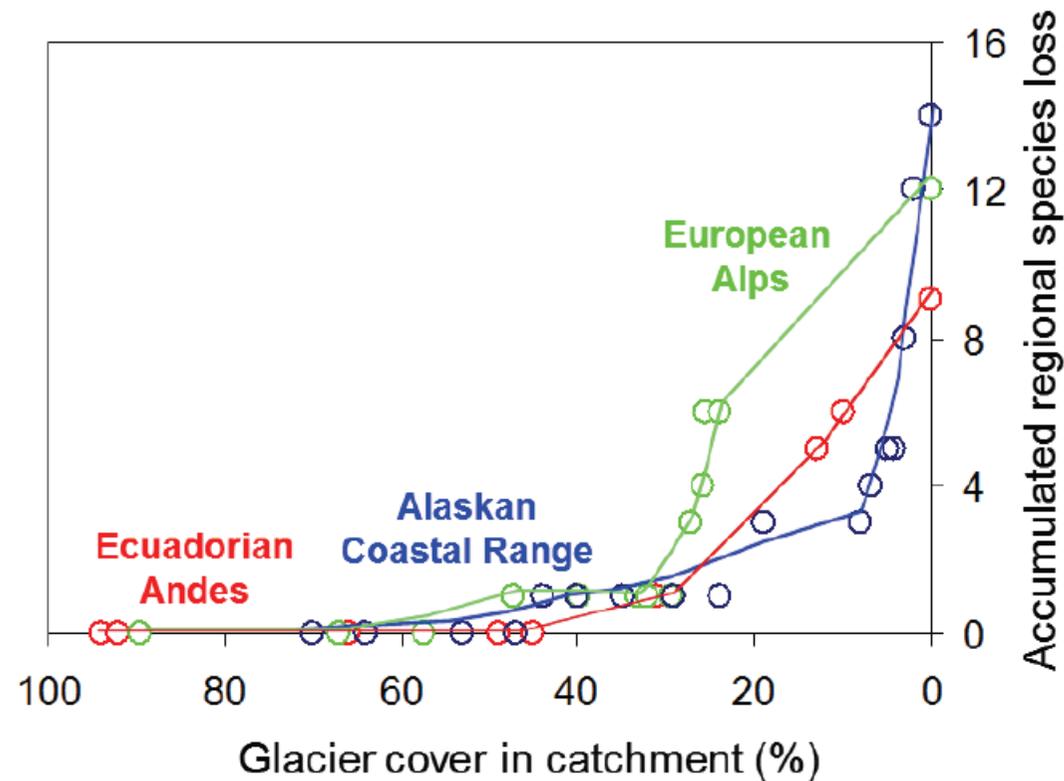
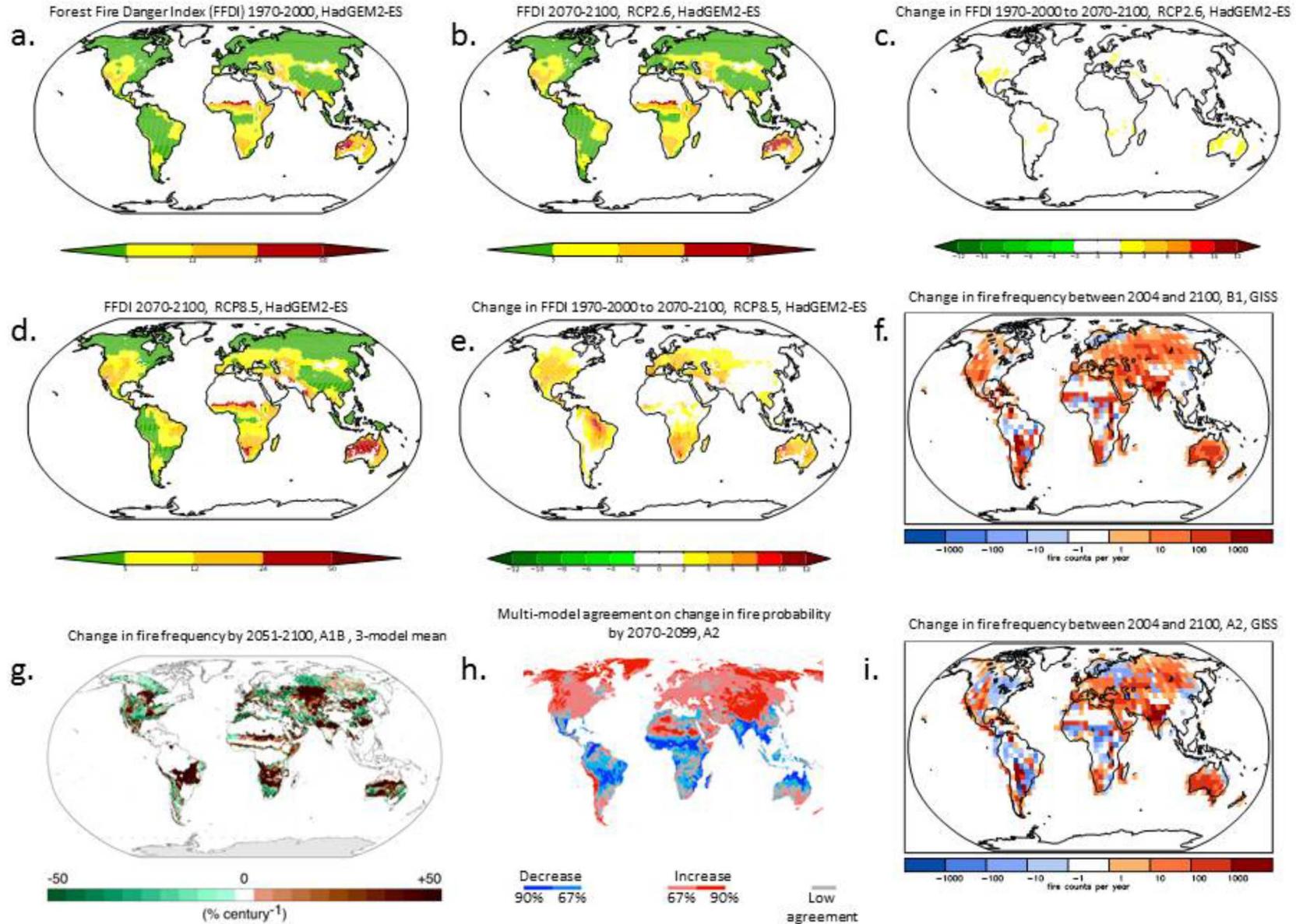


Figure RF-2: Accumulated loss of regional species richness (gamma diversity) of macroinvertebrates as a function of glacial cover in catchment. Obligate glacial river macroinvertebrates begin to disappear from assemblages when glacial cover in the catchment drops below approximately 50%, and 9-14 species are predicted to be lost with the complete disappearance of glaciers in each region, corresponding to 11, 16 and 38% of the total species richness in the three study regions in Ecuador, Europe and Alaska. Data are derived from multiple river sites from the Ecuadorian Andes and Swiss and Italian Alps, and a temporal study of a river in the Coastal Range Mountains of southeast Alaska over nearly three decades of glacial shrinkage. Each data point represents a river site or date (Alaska), and lines are Lowess fits. Adapted by permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature Climate Change*, Jacobsen *et al.*, 2012, © 2012.

# Impactos en los sumideros de carbono

- El **carbono almacenado** en la biosfera terrestre es **vulnerable** a ser emitido a la atmósfera como consecuencia de los **efectos directos** o indirectos del cambio climático, la deforestación y la degradación (*confianza alta*).
- La **transferencia** neta de dióxido de **carbono** desde la atmósfera a la tierra se proyecta que se **debilite** durante el siglo XXI (*confianza media*).
  - Los efectos directos del cambio climático sobre el carbono almacenado incluye las altas temperaturas, la sequía, tormentas, y los **indirectos el riesgo de incendio** y plagas.

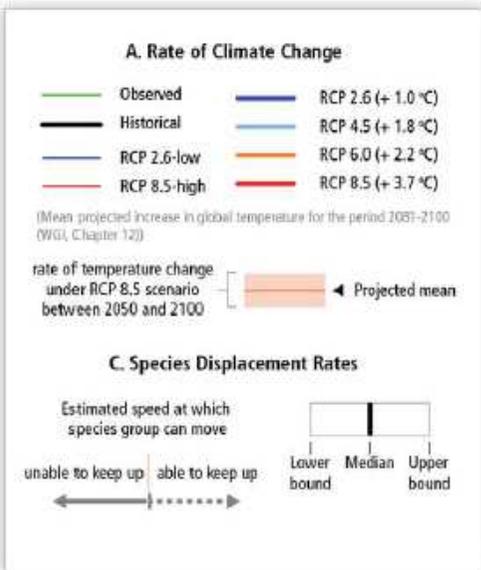
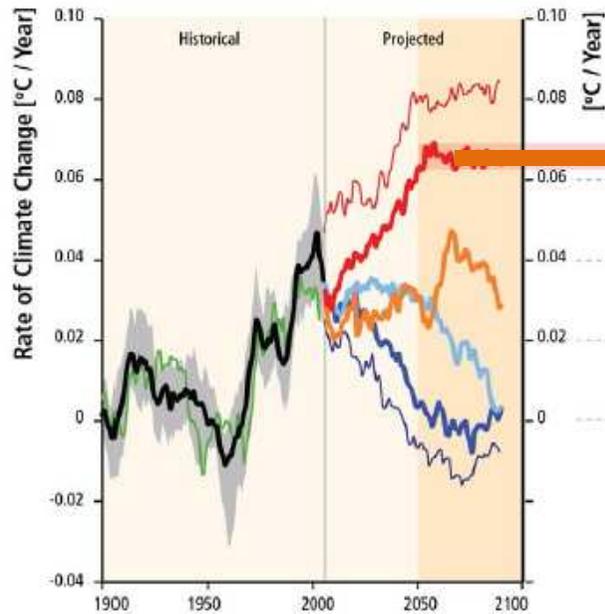
# Riesgo de incendio



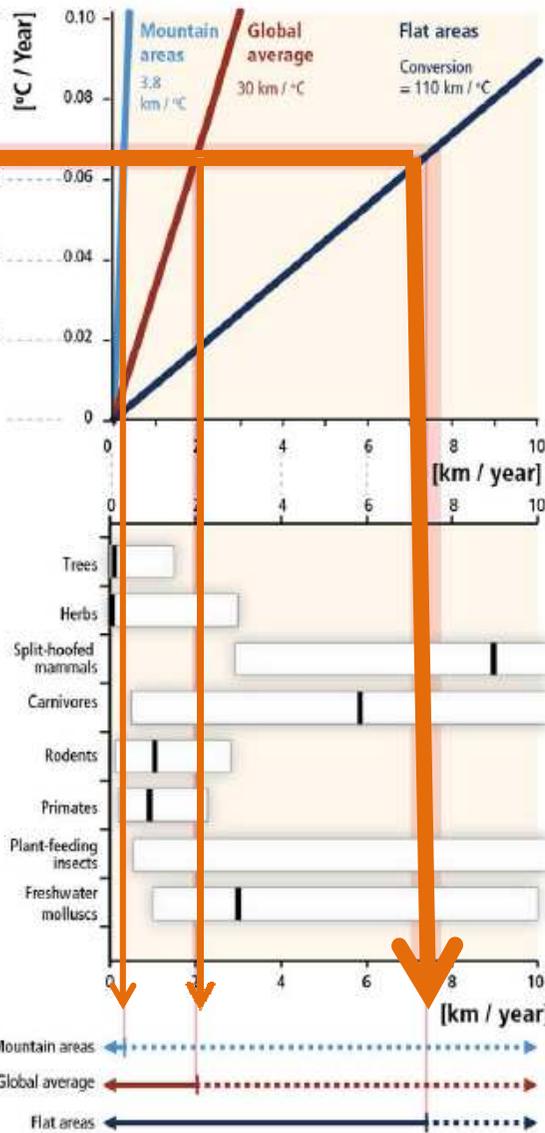
# Desplazamiento de las especies

- **Muchas especies no** serán capaces de **desplazarse** lo suficientemente rápido durante el siglo XXI para encontrar climas favorables bajo cambios climáticos a tasas medias y altas de cambio climático (i.e., RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) (*confianza media*).
- La **velocidad del clima** (la tasa de desplazamiento de clima a través del paisaje) **excederá** la **velocidad** máxima a la cual muchos **organismos**, en muchas situaciones, pueden dispersarse o migrar, excepto para después de mediados de siglo en el escenario RCP 2.6

### A. Climate Change Scenarios



### B. Estimate of Climate Velocity to Determine Rate of Displacement



### C. Species Displacement Rates (required to track climate velocity)

# Cambio climático alto y persistencia de las especies en ambientes aislados

- **Magnitudes altas** de cambio climático **reducirán** el **vigor** y la viabilidad de las especies con **poblaciones restringidas**, tales como las confinadas a hábitats pequeños y aislados, cumbres de montañas, ríos de montaña, incluso si la especie tiene una alta capacidad para desplazarse para encontrar un clima favorable (*confianza alta*).
- Los **efectos adversos** sobre las **poblaciones restringidas** son **modestos** para **magnitudes bajas** de cambio climático (e.g., RCP 2.6) pero **muy severas** para las **magnitudes más altas** de cambio climático proyectado (e.g., RCP 8.5)

# Riesgo de extinción futuro

- Una **fracción alta de las especies** terrestres y dulceacuícolas se enfrentan a un **incremento en el riesgo de extinción** durante el siglo XXI y después, especialmente en tanto el cambio climático interacciona con otros factores de estrés, como la modificación de los hábitats, la sobre-explotación, contaminación, especies invasoras (*alta confianza*)
  - El **riesgo** de extinción **aumenta** bajo todos los escenarios RCP, y aumenta con la **tasa y magnitud de cambio climático**.
  - Los modelos proyectan que el riesgo de extinción de las especies aumentará en el futuro debido al cambio climático, pero hay **poco acuerdo** en relación a la **fracción de especies** que se verá en **riesgo más elevado**, el foco regional y taxonómico de tales extinciones y el marco temporal sobre el que las extinciones ocurrirán.

# Límites a la adaptación

- La **capacidad** de muchas **especies** para responder al cambio climático se ve **constreñida** por **factores no climáticos** (*alta confianza*), incluyendo, pero no limitándose solo a ello, la presencia de usos del suelo inhóspitos, fragmentación de hábitats y pérdida de los mismos, competencia con especies exóticas, exposición a nuevas plagas y enfermedades, cargas de nitrógeno u ozono troposférico

# Cambios abruptos e irreversibles

- Existe un **alto riesgo** de que **magnitudes y tasas altas de cambio climático** asociadas a escenarios bajos en mitigación (RCP4.5 y superiores) resulten a lo largo de **este siglo** en **cambios** de escala regional **abruptos e irreversibles** en la composición, estructura y funcionamiento de ecosistemas terrestres y acuáticos continentales, especialmente en la **Amazonía** y en el **Ártico**, lo que conduciría a un cambio climático adicional (*confianza media*).

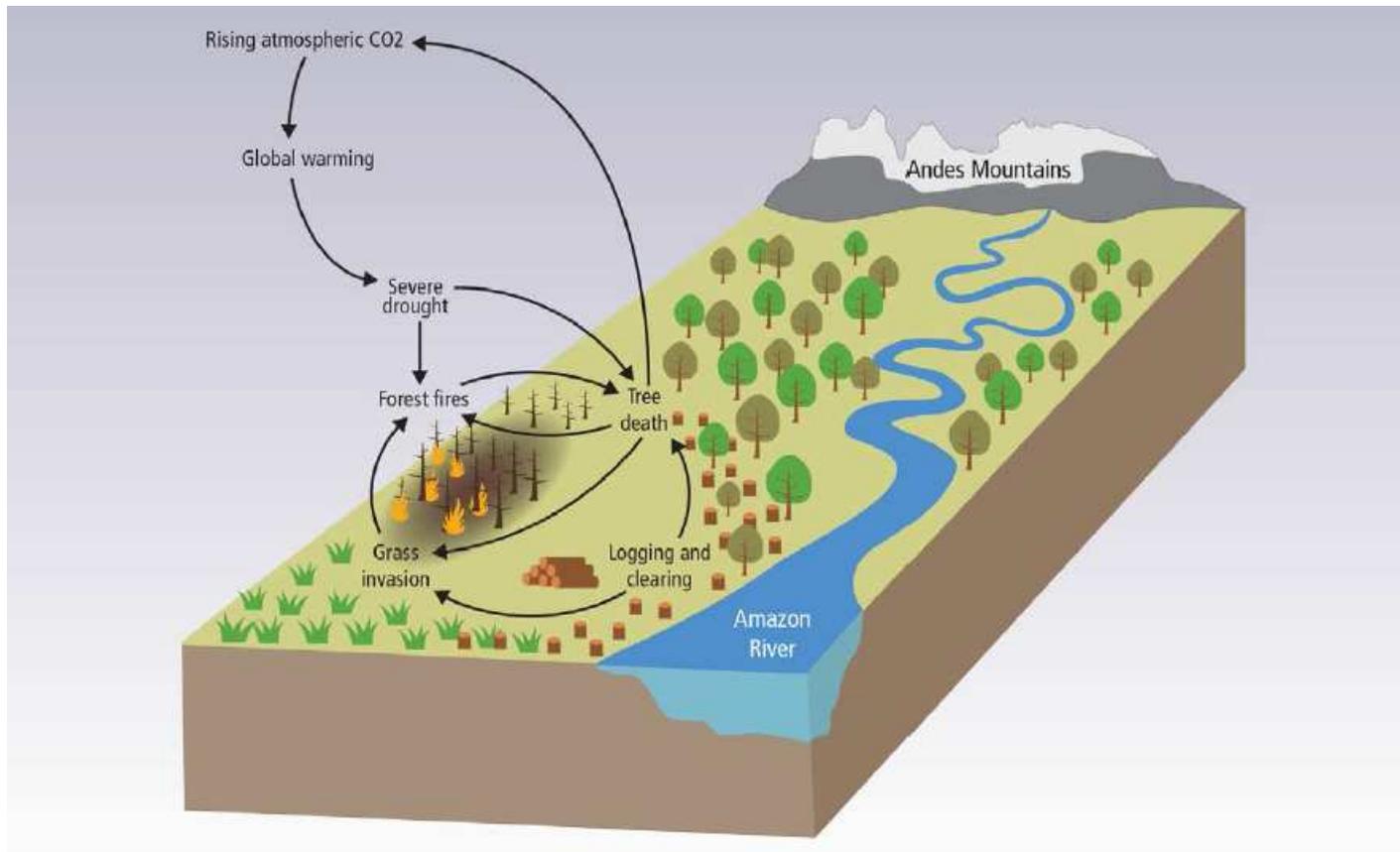


Figure 4-8: The forests of the Amazon Basin are being altered through severe droughts, land use (deforestation, logging), and increased frequencies of forest fire. Some of these processes are self-reinforcing through positive feedbacks, and create the potential for a large-scale tipping point. For example, forest fire kills trees, increasing the likelihood of subsequent burning. This effect is magnified when tree death allows forests to be invaded by flammable grasses. Deforestation provides ignition sources to flammable forests, contributing to this dieback. Climate change contributes to this tipping point by increasing drought severity, reducing rainfall and raising air temperatures, particularly in the eastern Amazon Basin (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*).]

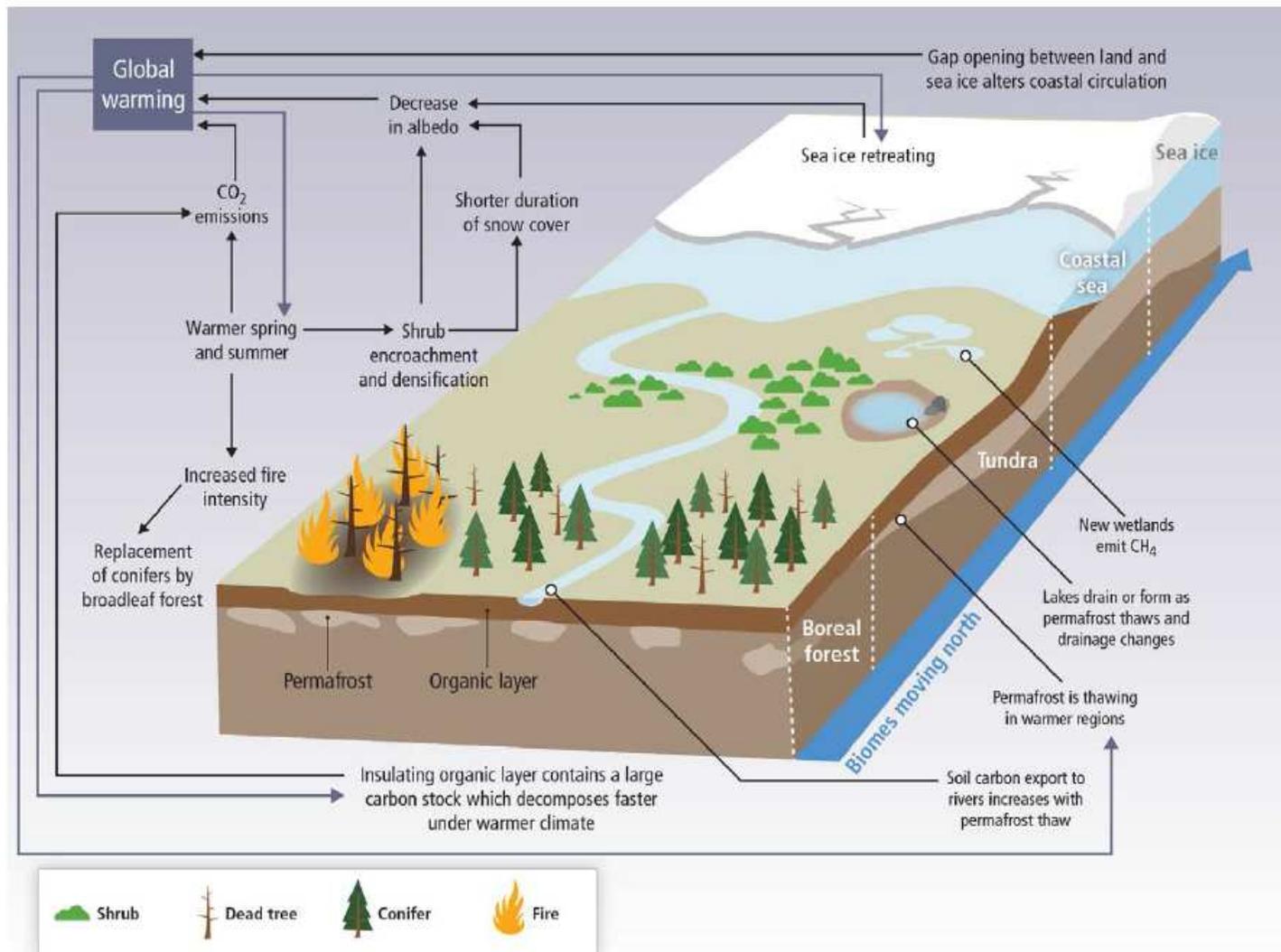


Figure 4-10: Tundra-Boreal Biome Shift. Earth system models predict a northward shift of Arctic vegetation with climate warming, as the boreal biome migrates into what is currently tundra. Observations of shrub expansion in tundra, increased tree growth at the tundra-forest transition, and tree mortality at the southern extent of the boreal forest in recent decades are consistent with model projections. Vegetation changes associated with a biome shift, which is facilitated by intensification of the fire regime, will modify surface energy budgets, and net ecosystem carbon balance, permafrost thawing and methane emissions, with net feedbacks to additional climate change.

# Limitaciones de la gestión

- La **gestión** puede **reducir** pero **no eliminar** los **riesgos** de los impactos sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales debidos al cambio climático, así como aumentar las capacidades inherentes de los ecosistemas y sus especies para adaptarse a un clima cambiantes (*confianza alta*)
  - La **capacidad** de los ecosistemas para **adaptarse** puede **incrementarse reduciendo** otros **estreses** sobre ellos, la tasa y magnitud de cambio climático, la fragmentación de los hábitats incrementando la conectividad, manteniendo un acervo genético alto y los procesos funcionales evolutivos, ayudando con la translocación de organismos lentos o de aquellos cuya migración está impedida, así como la de las especies de las que dependen, o manipulando los regímenes de perturbación para mantenerlos dentro de los rangos necesarios para la persistencia de las especies y el sostenimiento de del funcionamiento del ecosistema.

# Impactos negativos de la adaptación

- Las respuestas de **adaptación** al cambio climático en los sectores urbanos y agrícolas pueden tener **consecuencias negativas no intencionadas** para los ecosistemas terrestres y acuáticos (*confianza media*)

# Interacciones negativas con la mitigación

- La transformación generalizada de los ecosistemas terrestres para la **mitigación** del cambio climático, tales como para **favorecer el secuestro de carbono** por medio de plantación de especies arbóreas de crecimiento rápido en ecosistemas en los que no existían, o la **conversión de tierras** no previamente cultivadas o degradadas para **plantaciones bioenergéticas** llevara a impactos negativos sobre los ecosistemas y la biodiversidad (*alta confianza*)
  - Por ejemplo, el escenario de usos del suelo que acompaña es escenario de mitigación RCP2.6 conlleva una gran expansión de producción de biofuel, desplazando zonas de bosque

# Reconciliando el 4º y 5º IE

- ✓ Evidencias basadas en las observaciones muestran que en todos los continentes y en la mayoría de los océanos muchos de los sistemas naturales están siendo afectados por el cambio climático regional, particularmente por el aumento de las temperaturas
- ✓ Un 20-30% de las plantas y animales que han sido evaluados hasta ahora se consideraron como estar en un riesgo de extinción mayor si la temperatura media global excede los 2-3°C por encima del nivel preindustrial (*confianza media*)
- ✓ Los cambios sustanciales en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres, marinos u otros ecosistemas acuáticos son muy probables bajo tal nivel de calentamiento y aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> asociada
- ✓ Los almacenes de carbono de los ecosistemas terrestres se consideran en riesgo alto debido al cambio climático y a los cambios de uso del suelo
- ✓ La capacidad de los ecosistemas para adaptarse naturalmente a los efectos combinados del cambio climático y otros factores de estrés es probable que se vea excedida si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan a los niveles actuales o por encima de ellos